



**UFAM**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA - PPGBIOTEC**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA MADEIRA PLÁSTICA  
(WOOD PLASTIC) PRODUZIDA COM PLÁSTICO RECICLÁVEL E  
ENDOCARPO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum* sp.)**

**ANTONIO CLAUDIO KIELING**

**MANAUS  
2018**

**ANTONIO CLAUDIO KIELING**

**VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA MADEIRA PLÁSTICA  
(WOOD PLASTIC) PRODUZIDA COM PLÁSTICO RECICLÁVEL E  
ENDOCARPO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum* sp.)**

Tese apresentada ao Programa Multi-Institucional de Pós-graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, como requisito para obtenção do título de Doutor em Biotecnologia.

**ORIENTADORA: Professora Doutora Maria Cristina dos Santos**

**COORIENTADOR: Professor Doutor Genilson Pereira Santana**

**MANAUS  
2018**

## Ficha Catalográfica

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

K47v Kieling, Antonio Claudio  
VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA MADEIRA  
PLÁSTICA (WOOD PLASTIC) PRODUZIDA COM PLÁSTICO  
RECICLÁVEL E ENDOCARPO DE TUCUMÃ (*Astrocaryum* sp.) /  
Antonio Claudio Kieling. 2018  
150 f.: il. color; 21 x 29,7 cm.

Orientadora: Maria Cristina dos Santos  
Coorientador: Genilson Pereira Santana  
Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do  
Amazonas.

1. Madeira PLástica. 2. Tucumã. 3. Viabilidade Técnica e  
Econômica. 4. Wood Plastic. 5. Plástico Reciclável. I. Santos, Maria  
Cristina dos II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Poder Executivo  
Ministério da Educação  
Universidade Federal do Amazonas  
Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia



### 239ª. ATA DE DEFESA DE TESE

No dia 07 de dezembro (sexta-feira) de 2018, às 09h, no auditório da Biotecnologia, Bloco "M", Setor Sul – UFAM. **Antonio Claudio Kieling** defendeu sua Tese de Doutorado intitulada: "Viabilidade técnica e econômica da madeira plástica (Wood plastic) produzida com plástico reciclável e endocarpo de tucumã (*Astrocaryum sp.*)"

#### Banca de Examinadores:

Membros	Parecer	Assinatura
Profa. Dra. Maria Cristina dos Santos - Presidente	Aprovado (X) Reprovado ( )	Assinatura: CPF: 106.461.048-02
Profa. Dra. Marlene Araújo de Faria – UEA	Aprovado (X) Reprovado ( )	Assinatura: CPF: 297.587.504-53
Profa. Dra. Virginia Mansanares Giacon – UFAM	Aprovado (X) Reprovado ( )	Assinatura: CPF: 1.886.49.248-41
Profa. Dra. Rebecca Freire de Castro – UNINORTE	Aprovado (X) Reprovado ( )	Assinatura: CPF: 55804666294
Prof. Dr. Raimundo Kennedy Vieira – UFAM	Aprovado (X) Reprovado ( )	Assinatura: CPF: 336115132-33

Manaus, 07 de dezembro de 2018.

**Resultado Final:** Aprovado(a) (X)  
Reprovado(a) ( )

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
Programa Multi-Institucional de Pós-Graduação em Biotecnologia  
  
Prof. Dr. Edson de Andrade  
19.12.2018

Coordenador do PPGBIOTEC/UFAM

## DEDICATÓRIA

“Dedico este trabalho à minha esposa Eliete, um exemplo de mãe, companheira amorosa e mulher virtuosa, dando sentido à minha vida e sempre me acompanhando e incentivando em todos os momentos desta caminhada, contribuindo decisivamente para que um sonho distante de outrora se tornasse uma realidade. *I love you!*”

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por ser a pedra angular da minha vida, por sua provisão diária, misericórdia, amor incondicional, direcionamento das minhas escolhas e conforto nos momentos difíceis.

Aos meus orientadores, professores doutores Maria Cristina dos Santos e Genilson Pereira Santana, por seus ensinamentos, exemplos, amizade, orientação, supervisão, paciência e apoio incondicional, sem os quais esta tese não seria uma realidade. Muito obrigado!

A minha esposa Eliete, por me apoiar, amar e incentivar sempre, por sua paciência e compreensão de que uma tese de doutorado muitas vezes tem um viés de solidão, o que causou em alguns momentos a privação de nossa convivência conjunta. Obrigado *amoremio!*

Aos meus pais (*in memoriam*) Fernando Olivo Kieling e Carlota dos Santos, por todo carinho, amor e apoio durante a minha vida, vocês foram os melhores pais do mundo!

Aos meus filhos queridos e amados Kevin e Kristian, por representarem uma semente de continuidade no desenvolvimento de boas obras neste mundo.

Ao Programa Multi-institucional de Pós-graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Amazonas – PPGBIOTEC UFAM, por proporcionar a formação de pessoas para o desenvolvimento da exploração sustentável da Biodiversidade Amazônica e gerar oportunidades de negócios para o desenvolvimento do Estado do Amazonas e do Brasil. Agradecimento especial aos professores doutores Edmar Vaz de Andrade, Carlos Gustavo Nunes da Silva, Cíntia Mara de Oliveira e Spartaco Astolfi Filho, e também a secretária da coordenação Nubiane Pinon.

A todos que me apoiaram nos ensaios realizados no material da tese: João Christian Paixão e Dra. Solenise Kimura da EST – UEA (caracterização química da lignina e celulose), Dr. Sérgio Duvoisin Jr e Sara do Laboratório de Química da EST – UEA (ensaios de FTIR e absorção de água), Dr. Gilberto del Pino (UEA – USP/ensaio de impacto), Dr. José Costa de Macedo Neto, Josiel Oliveira e Patrick Novo (Laboratório de P&D e LAMAT – UEA, ensaios de tração, compressão, flexão e inflamabilidade), MSc. Raimundo Nonato Alves da Silva (ensaio quebra dos caroços), Dr. Rainier do LAMAC – UFAM (ensaio de TG/DSC), Dra. Virgínia Giacon (LAMAC – UFAM, moagem do pó de tucumã), Springer Plásticos da Amazônia Ltda do Polo Industrial em Manaus, especialmente aos senhores Eng. Eduardo

Maeda, Ari Senedesse, Eng. José Onofre Ribeiro, José Martins e Adm. Walder Bezerra (injeção da *wood plastic*), Eng<sup>a</sup>. Wanderlayni (INDT/AM, ensaio de envelhecimento), TESCAN/SP e INPA/AM (ensaio de MEV) e MSc. Marcos Dantas dos Santos (UEA – USP/ensaio de riscamento).

Agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, de alguma maneira contribuíram para a execução deste trabalho e minha formação acadêmica, seja pela ajuda constante ou por palavras de incentivo, solidariedade ou amizade.

**“Tudo posso naquele que me fortalece”. Filipenses 4:13**

“A mente que se abre a uma nova ideia,  
jamais volta ao seu tamanho original.” (Albert  
Einstein)

## RESUMO

A viabilidade econômica e produtiva de madeira plástica (*wood plastic*) em Manaus foi desenvolvida neste trabalho. Inicialmente, a cadeia de comercialização do tucumã foi caracterizada, a fim de estabelecer a distribuição dos vendedores e pontos de fornecimento do fruto nas zonas da cidade. Numa segunda etapa, realizou-se uma investigação da produção de resíduos plásticos recicláveis, de acordo com as zonas da cidade, visando aumentar a quantidade de informações. Além disso, foram propostas estratégias baseadas no estudo de viabilidade econômica para a implantação de programas de reciclagem, segundo as melhores regiões da cidade. Na terceira etapa, uma revisão abordando vários aspectos da cadeia produtiva, como evolução histórica, composição, produção e aplicação da *wood plastic* em termos mundiais foi apresentada. Numa quarta etapa, a possibilidade de produzir *wood plastic* a partir da mistura de polietileno de baixa densidade (PEBD) e do endocarpo do tucumã é reportada. Diante do sucesso da produção de wood plastic com PEBD, foi obtido e caracterizado composto de *wood plastic* obtido a partir da mistura de polipropileno (PP) e do endocarpo do tucumã. Neste trabalho é possível observar que com as quantidades de endocarpo lenhoso e de PP descartados no ambiente, seria possível injetar na economia local cerca de R\$ 3,58 milhões anuais para serem aplicados em uma gama de possibilidades de produtos, tais como placas de pisos e revestimentos, suporte de telefones celulares, porta-retratos, pranchetas, etc. Em contrapartida atualmente são descartados anualmente R\$ 46 milhões em plásticos recicláveis no aterro sanitário da AM-10 que poderiam ser reaproveitados comercialmente.

**Palavras-chave:** Reciclagem, Cadeia Produtiva, Compósitos, Comercialização de Recicláveis, Upcycling.

## ABSTRACT

The economical and productive viability of wood plastic in Manaus was developed in this work. Initially, the marketing chain of the tucumã was characterized in order to establish the distribution of the vendors and points of supply of the fruit in the zones of the city. In a second stage, an investigation was carried out into the production of recyclable plastic waste, according to the city zones, aiming to increase the amount of information. In addition, strategies were proposed based on the economic viability study for the implementation of recycling programs according to the best regions of the city. In the third step, a review covering several aspects of the production chain, such as historical evolution, composition, production and application of wood plastic in world terms was presented. In a fourth step, the possibility of producing wood plastic from the mixture of low-density polyethylene (LDPE) and the endocarp of tucumã is reported. Due to the success of the production of wood plastic with LDPE, a composite of wood plastic obtained from polypropylene (PP) and the endocarp of tucumã was obtained. In this work it is possible to observe that with the quantities of woody endocarp and PP discarded in the environment, it would be possible to inject in the local economy around R\$ 3.58 million per year to be applied in a range of product possibilities, such as floor plaques and coatings, support of cell phones, picture frames, clipboards, etc. In contrast, R\$ 46 million in recyclable plastics are disposed annually in the sanitary landfill of the AM-10 that could be reused commercially.

**Keywords:** Recycling, Production Chain, Composites, Commercialization of Recyclables, Upcycling.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Atratividade e crescimento do mercado de <i>wood plastic</i> global.....	20
Figura 1.2 – <i>Wood plastic</i> para decks, pisos e portas internas.....	21
Figura 1.3 – Desenvolvimento de <i>Parklets</i> para convívio público.....	22
Figura 1.4 – Aplicações de <i>wood plastic</i> na indústria automotiva. a) peça fabricada com PP e 30% de sisal. b) componentes fabricados de <i>wood plastic</i> .....	23
Figura 1.5 – a) Scooter desenvolvida pela empresa Van.Eko com <i>wood plastic</i> . b) carenagem com fibra de cânhamo.....	23
Figura 1.6 – Produtos com <i>wood plastic</i> fabricados pela empresa Polywood.....	24
Figura 1.7 – Produtos diversos de componentes industriais e de consumo.....	24
Figura 1.8 – Palmeira de Tucumã com seus frutos.....	26
Figura 1.9 – Distribuição geográfica do Tucumã na América do Sul.....	26
Figura 1.10 – Estruturação da presente tese.....	27
Figura 2.1 – Características do fruto do Tucumã.....	34
Figura 2.2 – Localização dos vendedores (azul) e locais de fornecimento (preto) do Tucumã em Manaus-AM.....	39
Figura 2.3 – locais de origem das plantações de Tucumã que abastecem Manaus (Roraima, Amazonas e Pará) .....	40
Figura 2.4 – Quantidades em sacos compradas de Tucumã, forma de compra e venda.....	41
Figura 2.5 – Forma de venda do Tucumã em cento, dúzia e polpa.....	42
Figura 2.6 – Destino dos caroços do Tucumã.....	44
Figura 3.1 – Distribuição dos 823 entrevistados na cidade de Manaus referente ao descarte de resíduo sólido urbano (RSU).....	52
Figura 3.2 – Tipo de lixo gerado nas residências e embalagens plásticas descartadas semanalmente em Manaus-AM.....	54
Figura 3.3 – Potencial mensal de garrafas PET para reciclagem em Manaus-AM.....	58
Figura 3.4 – Potencial mensal de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) para reciclagem em Manaus-AM.....	60

Figura 3.5 – Potencial mensal de PP (Polipropileno) para reciclagem em Manaus-AM.....	61
Figura 3.6 – Potencial mensal total de plásticos selecionados para reciclagem em Manaus-AM.....	63
Figura 4.1 - Classificação dos tipos de compósitos utilizando vários tipos de reforço.....	70
Figura 4.2 – Evolução mundial da produção de plásticos de 1950 a 2015 em milhões de toneladas.....	77
Figura 4.3 – Produção global de plásticos e consumo.....	77
Figura 4.4 – Artigos manufaturados com <i>wood plastic</i> .....	81
Figura 5.1 - Análise termogravimétrica do pó. a) água (25-100 °C), b) estável (100-250 °C), c) celulose e hemicelulose (250-350 °C) e d) lignina (350-550 °C) .....	91
Figura 5.2 – Caracterização do compósito com granulação pequena (GLP), média (GLM) e grande (GLG) com 10, 20 e 30% em matriz de PEBD: diâmetro das partículas, tensão de compressão e módulo de elasticidade.....	92
Figura 5.3 – Compressão versus Elasticidade.....	92
Figura 5.4 – Fraturas típicas observadas na compressão dos compósitos produzidos a partir do endocarpo do Tucumã e PEBD no ensaio de compressão. (a) compósito polimérico de tucumã 10% GLG e 90% PEBD após o ensaio. (b) Fratura na superfície do compósito.....	93
Figura 6.1 – Curvas de FTIR para os materiais utilizados e das composições formuladas.....	107
Figura 6.2 – Curvas TG/DSC do PP, pET e das composições produzidas.....	108
Figura 6.3 – Relação da perda de massa do pó de Tucumã (580–620 °C) versus PP puro (360–430 °C) .....	109
Figura 6.4 - MEV dos materiais com campo de visão 150x e 800x.....	109
Figura 6.5 – Propriedades mecânicas do PP puro e dos compósitos.....	111
Figura 6.6 – Taxa de queima dos materiais compostos desenvolvidos.....	115
Figura 6.7 – Fotomicrografias das composições utilizadas antes e depois do ensaio de inflamabilidade em ampliação 100 vezes.....	115
Figura 6.8 – Aparência superficial das amostras antes e depois da exposição durante 400 horas em câmara climática.....	117
Figura 6.9 – Resultados do ensaio de absorção de água em 24 horas.....	118

Figura 7.1 – Proposta de ciclo produtivo de <i>wood plastic</i> a partir de PP + madeira do endocarpo do Tucumã.....	126
Figura 7.2 – Placas injetadas produzidas industrialmente neste trabalho e produtos potenciais.....	127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1- Características geográficas e econômicas de alguns vendedores ambulantes e camelôs comparados com a venda do Tucumã.....	37
Tabela 2.2 – Preços históricos do fruto de Tucumã praticados em Manaus (valores médios pesquisados) .....	43
Tabela 3.1 – Análise gravimétrica percentual (%) de resíduos sólido urbano em Manaus.....	55
Tabela 3.2 – Quantidade de resíduos coletados em Manaus em 2015.....	56
Tabela 3.3 – Percentuais de plásticos encontrados no RSU em municípios selecionados.....	57
Tabela 4.1 – Dados sobre <i>wood plastic</i> , materiais e aplicação.....	75
Tabela 4.2 – Tipos de termoplásticos, utilização corriqueira e símbolo de reciclagem segundo ABNT NBR 13230/1994.....	76
Tabela 4.3 – Mercado global de <i>wood plastic</i> em 2010 e projeção para 2015.....	78
Tabela 4.4 –Uso de <i>wood plastic</i> em várias aplicações.....	80
Tabela 5.1 – Percentagem da perda de umidade para os GLP, GLM e GLG de acordo com o diâmetro ( $\phi$ ).....	91
Tabela 6.1- Dados técnicos informados pelo fabricante do Polipropileno.....	99
Tabela 6.2- Propriedades mecânicas, normas relacionadas e unidades de medida.....	102
Tabela 6.3 – Teores de celulose e lignina encontrado em <i>wood plastic</i> .....	106
Tabela 6.4 – Resultados dos ensaios mecânicos de tração, compressão, flexão e impacto nas amostras de PP e dos compósitos e o coeficiente de correlação $r$ de Pearson.....	110
Tabela 6.5 – Coeficiente de atrito dinâmico (COF) dos materiais ensaiados.....	119

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1 <i>WOOD PLASTIC</i> .....	19
1.1.1. Aplicações na construção Civil.....	21
1.1.2. Componentes automotivos.....	22
1.1.3. Produtos industriais e de consumo.....	23
1.2. MATÉRIA PRIMA EM <i>WOOD PLASTIC</i> .....	24
REFERÊNCIAS.....	29
<b>2. CADEIA DO TUCUMÃ COMERCIALIZADO EM MANAUS-AM.....</b>	<b>33</b>
2.1. INTRODUÇÃO.....	34
2.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
2.3.1. Características geográficas e econômicas dos vendedores de Tucumã.....	36
2.3.2. Localização do comércio do Tucumã.....	38
2.3.3. Procedência e comercialização do Tucumã.....	39
2.3.4. Quantidade Comprada em sacos de Tucumã.....	40
2.3.5. Forma de venda ao consumidor.....	41
2.3.6. Tempo de venda do Tucumã.....	43
2.3.7. Destino do caroço do Tucumã.....	43
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
REFERÊNCIAS.....	44
<b>3. ESTUDO DO POTENCIAL ECONÔMICO DE PLÁSTICOS RECICLÁVEIS NA CIDADE DE MANAUS – AM.....</b>	<b>47</b>
3.1. INTRODUÇÃO.....	48
3.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.3.1. Características geográficas e econômicas dos entrevistados em Manaus-AM.....	53
3.3.2. Distribuição de PET, PEAD E PP nas zonas de MANAUS e seu valor econômico.....	57
3.3.2.1. Contribuição do PET.....	57
3.3.2.2. Contribuição do PEAD.....	59

3.3.2.3. Contribuição do PP.....	60
3.3.2.4. Contribuição do Plástico Duro.....	62
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
REFERÊNCIAS.....	64
<b>4. COMPÓSITOS DE <i>WOOD PLASTIC</i>: CONSIDERAÇÕES GERAIS.....</b>	<b>68</b>
4.1. INTRODUÇÃO.....	69
4.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	70
4.3. HISTÓRICO DE <i>WOOD PLASTIC</i> .....	71
4.4. COMPONENTES DE <i>WOOD PLASTIC</i> .....	74
4.5. PRODUÇÃO DE <i>WOOD PLASTIC</i> .....	77
4.6. APLICAÇÃO DE <i>WOOD PLASTIC</i> .....	79
4.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
REFERÊNCIAS.....	82
<b>5. COMPÓSITO FABRICADO DO ENDOCARPO DO TUCUMÃ (<i>ASTROCARYUM ACULEATUM</i>) COM POLÍMERO TERMOPLÁSTICO.....</b>	<b>86</b>
5.1. INTRODUÇÃO.....	87
5.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	88
5.2.1. Obtenção do pó do caroço de Tucumã.....	88
5.2.2. Perda de umidade e termogravimetria TGA do pó.....	89
5.2.3. Fabricação dos compósitos.....	89
5.3. RESULTADOS.....	90
5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
REFERÊNCIAS.....	94
<b>6. SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE <i>WOOD PLASTIC</i> A PARTIR DO ENDOCARPO DO TUCUMÃ E POLIPROPILENO RECICLADO.....</b>	<b>96</b>
6.1 INTRODUÇÃO.....	97
6.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	99
6.2.1. Obtenção e preparo dos caroços de Tucumã .....	99
6.2.2. Análise da composição de celulose e lignina no pó de Tucumã.....	100
6.2.3. Obtenção do ecocompósito.....	100
6.2.4. Caracterização por FTIR.....	101

6.2.5. Termogravimetria (TG/DSC) .....	101
6.2.6. Ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	102
6.2.7. Ensaio mecânicos.....	102
6.2.7.1. Ensaio de Tração.....	102
6.2.7.2. Ensaio de Compressão.....	103
6.2.7.3. Ensaio de Flexão.....	103
6.2.7.4. Ensaio de Impacto Izod.....	103
6.2.8. Ensaio de Inflamabilidade.....	104
6.2.9. Ensaio de envelhecimento.....	104
6.2.10. Ensaio de Absorção de Água.....	104
6.2.11. Ensaio de Riscamento ( <i>Scratch Test</i> ) .....	105
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	105
6.3.1. Composição de celulose e lignina no pó de endocarpo de Tucumã.....	105
6.3.2. Caracterização do PP, pET e das composições do ecocompósito.....	106
6.3.3. Ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV).....	109
6.3.4. Ensaio Mecânicos.....	110
6.3.4.1. Ensaio de Tração.....	111
6.3.4.2. Ensaio de Compressão.....	112
6.3.4.3. Ensaio de Flexão.....	113
6.3.4.4. Ensaio de Impacto Izod.....	113
6.3.5. Ensaio de Inflamabilidade.....	114
6.3.6. Ensaio de envelhecimento.....	116
6.3.7. Ensaio de absorção de água.....	117
6.3.8. Ensaio de Riscamento ( <i>Scratch Test</i> ) .....	119
6.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
REFERÊNCIAS.....	120
<b>7. SÍNTESE CONCLUSIVA.....</b>	<b>124</b>
REFERÊNCIAS.....	129
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>131</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, os plásticos são considerados grandes vilões ambientais, pois enormes quantidades são descartadas indiscriminadamente em praticamente todo o globo terrestre. Infelizmente, apenas 14% desse passivo ambiental vem tendo destinação ambientalmente correta. A ineficiência do uso correto do plástico faz com que a cada ano cerca de oito milhões de toneladas sejam despejadas nos oceanos. O expressivo volume, encontrado nos corpos hídricos, fauna e flora marinha da Terra, permite afirmar que praticamente toda a cadeia alimentar humana já se encontra contaminada de alguma forma por plástico. Para reduzir essa calamidade muitos países estão adotando medidas de redução desse impacto ambiental. A Comissão Europeia de meio ambiente, por exemplo, estabeleceu várias medidas concretas, destacando:

1. A redução do uso de recipientes para alimentos feitos de poliestireno expandido;
2. A extensão do uso de recipientes feitos de poliestireno expandido para alimentos;
3. A imposição do princípio do poluidor-pagador para novos produtos, fornecendo novos canais para coleta e reciclagem;
4. Imposição até 2029 de instalação de filtros de recuperação de partículas de plástico nos locais onde são produzidos e/ou utilizados;
5. Aumento do recolhimento de recipientes plásticos em áreas com alto potencial poluidor, como cafés, hotéis, restaurantes, etc.
6. Combate a formação de lixões.

Por outro lado, o resíduo à base de plástico pode gerar grandes negócios na área ambiental da ordem de 80 a 120 bilhões de dólares anualmente (O'CONNOR, 2017). Estrategicamente, o resíduo plástico pode ser usado para:

1. Reciclagem associada ou não a um processo de coleta seletiva (MILIOS et al., 2018);
2. Uso do plástico para a geração de energia (WONG et al., 2015), (HORVATH; MALLINGUH; FOGARASSY, 2018)
3. Queima dos resíduos plásticos levando em conta o efeito estufa (SEVIGNÉ-ITÓIZ et al., 2015), (BOZDAY; BÁNHEVI, 2016).
4. Reaproveitamento em processo industrial (BRAZ et al., 2018);
5. Biodegradação (NIZAMI et al., 2017).

Existe um consenso entre as nações mundiais no estabelecimento de uma legislação mais rígida para redução da quantidade de plástico descartado no ambiente. É possível encontrar diversas estratégias na forma de leis. Vamos citar alguns exemplos de estratégias. Na China, em 2017, foi aprovada uma legislação que restringe a importação de resíduos plásticos de países ocidentais (WODINSKY, 2018). Na Índia, o governo promulgou as Normas de Gestão de Resíduos de Plástico com objetivo além da responsabilização das zonas rurais (GOVERNMENT OF INDIA, 2016). Na França, a legislação se baseou na responsabilização das autoridades locais para coleta, transporte e tratamento de resíduos domésticos e coleta seletiva, além da definição de critérios para a deposição de resíduos finais em aterros e a recuperação de resíduos para reutilização, reciclagem ou qualquer outra ação projetada para produzir nova matéria-prima, ou energia (PAPREC GROUP, 2018). Na Alemanha, foi implantado a legislação de coleta de embalagens pós-consumo e de cadeias de descarte de metais e plásticos (RECYCLING TODAY, 2015). As Nações Britânicas (*Commonwealth of Nations*) definiram para a Austrália uma redução da quantidade de resíduos gerados e o aumento urgente da reciclagem. Em conjunto com os governos locais australianos, atualizou a sua Política Nacional de Resíduos para melhor gestão do RSU (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2018).

Ao contrário de outros países, nos Estados Unidos, existem legislações de acordo com o estado. No estado da Califórnia (EUA), em 27 de junho de 2012, foi aprovado o regulamento AB 341 (Capítulo 476, Estatuto de 20111 (Chesbo, AB 341) definindo a reciclagem obrigatória para estabelecimentos que geram mais de quatro jardas cúbicas de RSU por semana (GOVERNMENT OF CALIFORNIA, 2018). No estado de Connecticut a reciclagem é obrigatória de RSU, contemplando garrafas, latas, jornais, papelão e baterias de Ni-Cd (STATE OF CONNECTICUT, 2018). O estado de Massachussets criou a lei do depósito em bebidas e garrafas, onde o consumidor paga cinco centavos de USD reembolsáveis em todos os recipientes de refrigerantes, cervejas e bebidas de malte carbonatadas (MASSACHUSETTS GOVERNMENT, 2018). No estado de New Jersey foi promulgada a legislação de reciclagem pelo Ato de Reciclagem N.J.S.A. 12:1E-99, de abril de 1987, que exige dos 21 municípios do estado planos de reciclagem para no mínimo três tipos de recicláveis além de papel, envolvendo estratégias para coleta, transporte e comercialização dos materiais recicláveis. (STATE OF NEW JERSEY, 2018). O estado da Carolina do Norte (EUA) estabeleceu a Lei 2007-5550, de 1º de julho de 2008, criou uma taxa de dois USD por tonelada de deposição de RSU em aterros sanitários, sendo que cada material reciclável tem seu programa específico (contenedores,

plásticos, materiais agrícolas, eletrônicos, garrafas plásticas e pallets (STATE OF NORTH CAROLINA, 2018). No estado da Pennsylvania (EUA) o Ato 101, de 1998, define a cobrança de dois USD por tonelada de RSU em aterros sanitários e locais de transferência, cujos valores financeiros arrecadados permitem aos municípios a terem planos de gerenciamento do lixo gerado, incluindo usinas de geração de energia, programas de coleta seletiva, educação para a reciclagem (3 R's), processamento de materiais recicláveis, equipamentos de compostagem e treinamento dos envolvidos na cadeia de reciclagem (STATE OF PENNSYLVANIA, 2018). O estado de Wisconsin (EUA) promulgou em seu Estatuto Estadual no Capítulo 287 a política de reciclagem do RSU, com a seção 287.11 regulando os programas efetivos de reciclagem com penalidades recorrentes de seu não cumprimento, podendo chegar a multas de milhares de USD. A Lei foi publicada, em 1990, quando apenas 17% do RSU era reciclado, em 2004, a reciclagem atingiu 32%. Atualmente, o mercado de reciclagem está aquecido e em expansão, gerando empregos desviando os RSU de aterros sanitários para um destino mais nobre (WISCONSING STATE LEGISLATURE, 2018).

No Brasil, está tramitando atualmente no Senado Federal, graças a pressão da sociedade sobre a “sopa de plástico” dos oceanos, na Comissão de Meio Ambiente (CMA) o projeto (PLS 92/2018) que prevê a retirada gradual do plástico da composição de pratos, copos, bandejas e talheres descartáveis, que foi aprovado em 17 de abril de 2018. Pelo texto, no prazo de dez anos, o plástico deverá ser substituído por materiais biodegradáveis em itens destinados ao acondicionamento de alimentos prontos para o consumo, devendo o plástico ser substituído em 20% dos utensílios no prazo de dois anos após a eventual vigência da lei. Esta exigência subirá para 50% após quatro anos; para 60%, após seis anos; e para 80%, após oito anos. O plástico deverá ser totalmente banido após dez anos (RICCHINI, 2018).

### 1.1 WOOD PLASTIC

Em função do significativo e crescente acúmulo de resíduos plásticos, já na década de 90, os EUA vem comercializando recicláveis a base de polímeros, dentre os quais a *wood plastic*, que é uma tecnologia de reciclagem com a vantagem de utilizar diversos tipos de materiais, como restos de madeira e plásticos, tais como o Polipropileno (PP), Politereftalato de etileno (PET), Polietileno de Alta Densidade (PEAD), sacolas de supermercados/Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), tornaram-se altamente viáveis (OLIVEIRA; OLIVEIRA, COSTA, 2013). O *wood plastic* pode ser classificado como: a) compósitos de Polietileno-

madeira, b) compósitos de Policloreto de Vinila-madeira, c) compósitos de Polipropileno-madeira, e d) outros (ALLIED MARKET RESEARCH, 2018).

Além de questões técnicas e econômicas, o uso dos resíduos na produção de *wood plastic* tem influência importante no aspecto ecológico. O uso dos compósitos de madeira plástica está crescendo rapidamente e isso se deve às vantagens desse produto em relação à madeira, como não rachar, não empenar, exigir pouca ou nenhuma manutenção e ser facilmente moldado em formas complexas (BRANDT; FRIDLEY, 2003). A *wood plastic* tem se destacado por se tratar de *upcycling* que aumenta consideravelmente o ciclo de vida dos polímeros (OTA, 2004). Este conceito utiliza os produtos descartados em sua forma original, convertendo-os em novos produtos com as vantagens de não usar produtos químicos, de consumir pouca energia e não emitir poluentes, o que permite a geração de emprego e renda para a sociedade, com baixo custo na geração de produtos de maior valor (LETÍCIA, 2012, SUNG, 2015).

Existem diversas aplicações do *wood plastic* em todas as regiões do mundo, sendo as principais: a) construção civil, b) componentes automotivos, c) produtos industriais e de consumo, e d) outros (Figura 1.1). O mercado mundial de *wood plastic* foi avaliado em 2,55 milhões de USD, em 2016, sendo esperadas vendas na ordem de 6,58 bilhões de USD até 2023, um crescimento médio de 12,6% ao ano neste período. O mercado global está sendo direcionado pela alta disponibilidade de plásticos não reutilizáveis e resíduos de madeira descartados, principalmente a demanda crescente de aplicações na construção civil, cujos regulamentos são rigorosos sobre o uso de produtos químicos em materiais de construção (ALLIED MARKET RESEARCH, 2018).

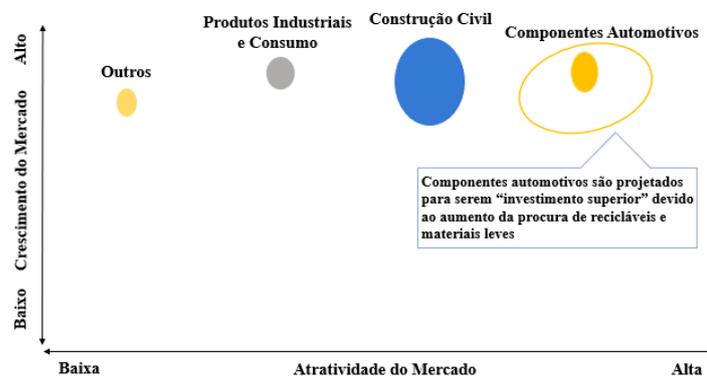


Figura 1.1 – Atratividade e crescimento do mercado de *wood plastic* global (Fonte: adaptado de ALLIED MARKET RESEARCH, 2018)

### 1.1.1. Aplicações na construção Civil

Tábuas de *wood plastic* são fabricadas tanto para aplicações externas como internas. A empresa China *Wood plastic* vende tábuas para pisos e *decks* com preços variando de 27.38 a 36.41 USD/m<sup>2</sup> (Figura 1.2). Material para *decks* resistente a radiação UV e a prova d'água com preço de USD 14/m<sup>2</sup>. Piso de *wood plastic* com PVC com espessura de 23 mm com preços na faixa de 2.2 a 2.5 USD por metro linear. Material de altíssimo valor agregado especial para deck de piscinas ultra resistente com preços de 1050 USD/m<sup>2</sup> (MADE-IN-CHINA.COM, 2018). O plástico mais utilizado na fabricação de *wood plastic* nos EUA é o PEAD, na Europa o PP e o PVC, com suas composições variando de 10 a 50% de madeira (LAHR, CHRISTOFORO, 2013).

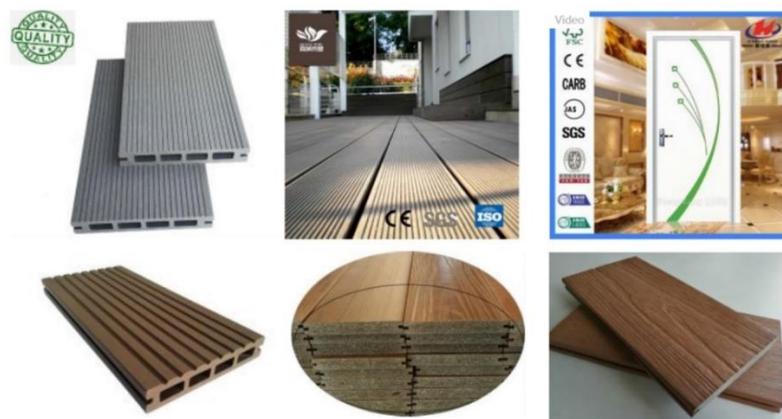


Figura 1.2 – *Wood plastic* para decks, pisos e portas internas (Fonte: [www.made-in-china.com](http://www.made-in-china.com)).

O Brasil, também é um fabricante de *wood plastic* principalmente na produção de *decks*, pergolados, fachadas e revestimentos (Mandirituba/PR – Madeplast, União da Vitória/PR – Inbrasil e Itatiba/SP – Wisewood) (GUAMÁ et al., 2008). Esses produtos brasileiros são fabricados na proporção de 70% resíduos de madeira e 30% plástico. Os fabricantes brasileiros de *wood plastic* usam também resíduos oriundos de indústrias madeireiras localizadas em áreas rurais (ZOCH, 2013). Aplicações incluem a construção de *Parklets*, que são áreas contíguas a calçadas de circulação de pessoas onde o foco é a criação de áreas de lazer e convívio (Figura 1.3). Tem-se o caso da cidade de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul, onde áreas com bicicletários, bancos, lixeiras e floreiras foram colocadas à disposição da população (NUNES; CORRÊA, PICCOLI, 2016).



Figura 1.3 – Desenvolvimento de *Parklets* para convívio público. (Fonte: NUNES; CORRÊA; PICCOLI, 2016).

### 1.1.2. Componentes automotivos

Por muitos anos as fibras naturais têm sido consideradas como reforço para plásticos pois apresentam boas características mecânicas tendo sido utilizadas em muitos projetos na indústria automobilística. Geralmente, a *wood plastic* vem sendo utilizado nas partes internas dos automóveis, conforme Figura 1.4. Considerando o atual estágio de desenvolvimento desta indústria, produtos modelados por injeção parecem ser os mais promissores. O Polipropileno é o material mais utilizado como matriz, pois já é largamente considerado em aplicações relevantes e as suas propriedades térmicas permitem a composição com fibras naturais (BAUR, 2012).

Na Europa, os carros regulares, transportes motorizados como vespas, carros elétricos e veículos claros tem que obedecer a Diretriz Europeia 2000/53 que requer 85% de reciclagem nos carros (EUROPEAN COMMISSION, 2002). Na era da sustentabilidade, a biodegradabilidade e a reciclabilidade tornaram-se prioridades na concepção de peças automotivas. Com a introdução de moto denominada Scooter cujo material principal é o *wood plastic* (Figura 1.5), a empresa Holandesa Van.Eko provavelmente estará na vanguarda em oferecer um produto que esteja em total conformidade com os padrões ambientais requeridos pela Diretriz Europeia (FLEX FORM TECHNOLOGIES, 2014).

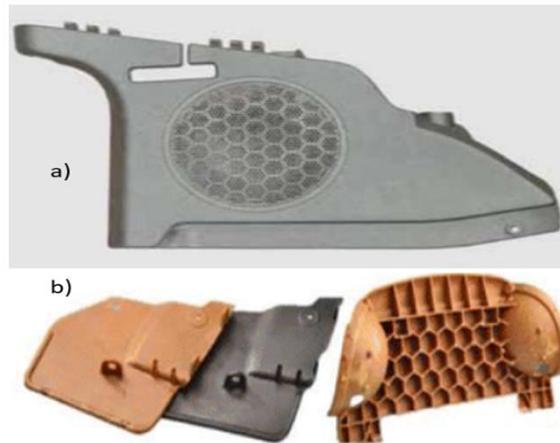


Figura 1.4 – Aplicações de *wood plastic* na indústria automotiva. a) peça fabricada com PP e 30% de sisal. b) componentes fabricados de *wood plastic*. (Fonte: BAUR, 2012, GARDNER; HAN; WANG, 2015).

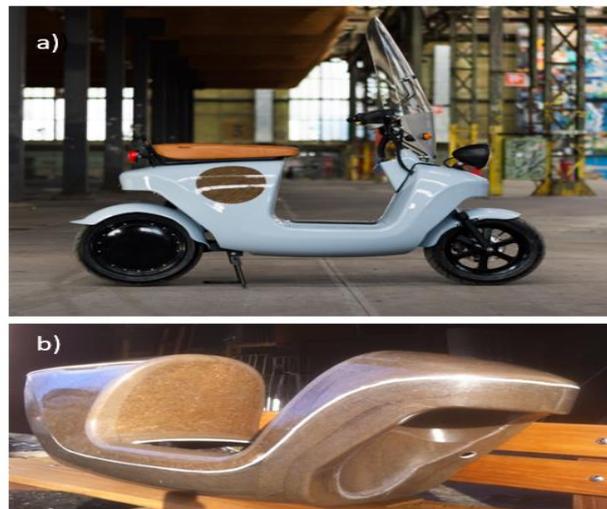


Figura 1.5 – a) Scooter desenvolvida pela empresa Van.Eko com *wood plastic*. b) carenagem com fibra de cânhamo (Fonte: [www.naturalfibersforautomotive.com](http://www.naturalfibersforautomotive.com)).

### 1.1.3. Produtos industriais e de consumo

O *wood plastic* é usado pela indústria moveleira e de consumo de modo geral para fabricar mesas, cadeiras, utensílios domésticos entre outros. Por exemplo, a empresa Poliwood fábrica *wood plastic* marca Poliwood® com garantia de 20 anos para produtos de utilização externa e interna, incluindo móveis de pátio, jardim, casa e uma linha náutica com proteção especial anti-UV, como evidenciado na Figura 1.6 (POLIWOOD, 2018). Já, a empresa Seven Trust, fabricante chinesa de *wood plastic* a partir de plásticos reprocessados e madeira, produz material com rigidez maior que o plástico convencional, incluindo a fabricação de móveis para

piscina, jardim, casa e etc., conforme Figura 1.7 (SHANGHAI SEVEN TRUST INDUSTRY, 2018).



Figura 1.6 – Produtos com *wood plastic* fabricados pela empresa Polywood. (Fonte: [www.polywoodoutdoor.com](http://www.polywoodoutdoor.com)).



Figura 1.7 – Produtos diversos de componentes industriais e de consumo (Fonte: GARDNER; HAN; WANG, 2015)

## 1.2. MATÉRIA PRIMA EM *WOOD PLASTIC*

O processo de fabricação do *wood plastic* é relativamente simples, consiste usualmente na extrusão de uma madeira e um polímero. Existe uma variedade de matérias primas na produção de *wood plastic*, que depende da disponibilidade e conveniência. Assim, o *wood plastic* pode ser fabricado com pó de serragem e plásticos recicláveis, como PP entre outros. A composição de polímero e madeira na sua produção é definida na forma empírica todavia levando-se em conta o apelo ambiental e econômico; ou seja, adiciona-se gradativamente quantidades pré-determinadas de madeira moída ou em fibras ao polímero, proporção em peso,

define-se o processo de fabricação (usualmente extrusão, injeção ou termo-formagem) e obtenção de matérias-primas e realizam-se testes químico-mecânicos de avaliação das propriedades do material resultante. Existem composições das mais variadas proporções de polímero e madeira em produtos para construção civil, componentes automotivos, industriais e de consumo.

Por exemplo, o *wood plastic* pode também ser feito a partir de diferentes misturas de plásticos termo-formados, com pigmentação e inibidores de radiação UV com aditivos de processamento selecionados. As matérias-primas são principalmente derivadas de resíduos de garrafas pós-consumo, como garrafas de leite e detergente ou outro material pós-industrial (PP e PEAD). Este material é limpo por um processo de descontaminação a um alto nível de pureza, que remove contaminantes, como resíduos de alimentos, papel e adesivos. Em seguida, é produzido um material extrudado na forma de placa rígida, resultando em um produto *eco-friendly*, ideal para fabricação de mobiliário e aplicações exteriores, com excepcional resistência às substâncias corrosivas, como óleo, sal marinho e outras tensões ambientais. O *wood plastic* não requer impermeabilização, pintura, coloração ou manutenção similar quando usada em aplicações externas (POLYWOOD, 2018).

O *wood plastic* também é produzido em tábuas com comprimento de 2.2 m, 3.66 m ou 4.88m, largura de 140 mm e espessura de 21 mm. Sua aplicação inclui pisos externos e internos, passarelas de jardim, *decks* para piscinas, etc. Resistente a água e corrosão, à prova de álcalis e traças, é maleável com baixo risco de poluição e livre de odor. Fabricado em PEAD ou PP + fibras vegetais longas e outros aditivos e moldado por extrusão, disponível em acabamentos polido (liso), ranhurado e serrilhado (WEIFANG YUNDING NEW MATERIAL TECHNOLOGY, 2018). Existem *wood plastic* com fibras baseadas em plásticos convencionais e em bioplásticos, que são resistentes às intempéries. Produtos com Poliestireno (PE) e Polipropileno (PP) com variedades de madeiras estão disponíveis no mercado (JELU-WERK, 2018). O *wood plastic* é usado em uma nova geração de tijolos para brinquedo ecologicamente corretos (JELU-WERK, 2018). Enfim, o *wood plastic* serve para aplicações diversas, nos espaços exteriores de pequenos pátios urbanos, ao ar livre, espaços de entretenimento, desenhos cantileverados, *decks* de coberturas, áreas de piscina, áreas comerciais, apartamentos, escolas, asilos para pessoas da terceira idade e outras (OUTDURE, 2018).

Nos EUA e União Europeia por causa legislação específica a *wood plastic* é produzida a partir resíduos contendo fibras celulósicas de toda a natureza. Em princípio é levado em conta

a viabilidade econômica e ambiental. Baseados nesse princípio nesta tese de doutorado foi realizado um estudo utilizando caroços (endocarpo lenhoso) de tucumã e plásticos recicláveis de PP e PEPD. Deve ser salientado que o tucumã (Figura 1.8), também conhecido como tucumã-do-amazonas ou tucumã-açu, é uma palmeira de crescimento monopodial, arborescente e monoica, sendo encontrada, na região Amazônica, que compreende os Estados brasileiros do Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima, Pará e Mato Grosso, além das Guianas, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia (CAVALCANTE 1991), (KAHN; MILLÁN, 1992) (Figura 1.9).



Figura 1.8 – Palmeira de Tucumã com seu fruto. Fonte: ([www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)).



Figura 1.9 – Localização geográfica do Tucumã na América do Sul. Fonte: ([www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)).

O tucumã ocorre em floresta de terra firme, vegetação secundária (capoeiras), savanas, pastagens e roçados, sendo excepcionalmente tolerante a solos pobres e degradados (FAO, 1987). A exploração da polpa de tucumã e de seus derivados representa uma atividade econômica significativa e crescente no âmbito da região Norte do Brasil. O tucumã, cuja polpa alaranjada está no cotidiano dos amazônidas como recheio de tapiocas e sanduíches da culinária etc., apresenta consumo médio de 31 toneladas mensais somente em Manaus (DIDONET; FERRAZ, 2014). Essa iguaria local tem o potencial de produzir cerca de 20 toneladas mensais somente na forma de caroços (FIGLILOLO; DA SILVA, 2009).

A presente tese está estruturada em cinco capítulos além da Introdução e Considerações Finais (Figura 1.10). A INTRODUÇÃO tem a finalidade de colocar o problema de pesquisa, os objetivos do estudo, as hipóteses trabalhadas e a delimitação do estudo.

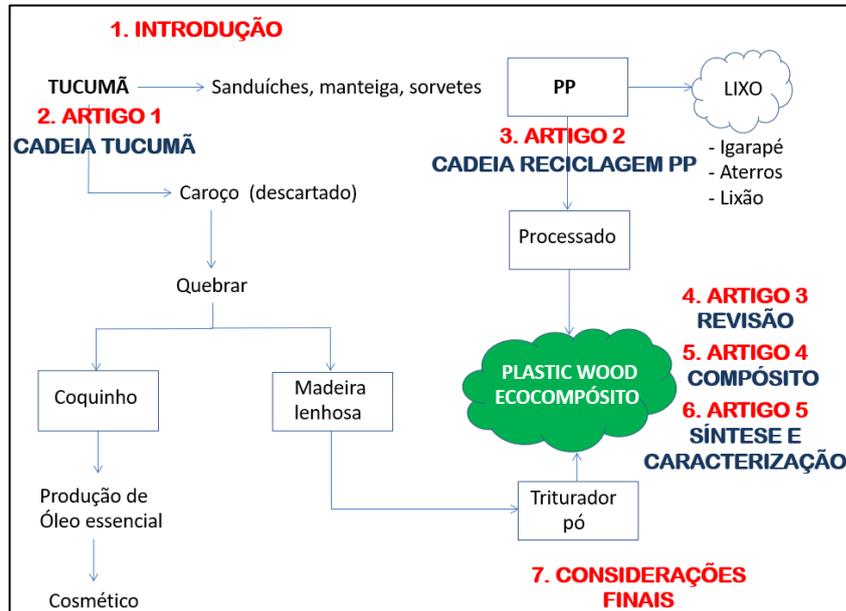


Figura 1.10 – Estruturação da presente tese.

Tradicionalmente, no consumo de tucumã majoritariamente a polpa é a mais requisitada, e as outras partes do fruto praticamente são descartadas na natureza. A quantidade consumida da polpa de tucumã motivou o estudo da viabilidade econômica do uso do endocarpo para a produção de *wood plastic*. Essa viabilidade é apresentada no Capítulo 2 – CADEIA DO TUCUMÃ COMERCIALIZADO EM MANAUS-AM – desta tese, cujo o objetivo foi estudar a cadeia produtiva do tucumã vendido em Manaus e avaliar o abastecimento e comercialização desse fruto. Formulários foram aplicados em 85 vendedores, distribuídos pelas zonas da cidade, que responderam sobre características econômicas, localização do comércio, procedência e comercialização do tucumã, quantidade comprada em sacos de tucumã, forma de venda ao consumidor e tempo de venda do tucumã.

Um estudo do POTENCIAL ECONÔMICO DE PLÁSTICOS RECICLÁVEIS NA CIDADE DE MANAUS - AM (Capítulo 3) foi realizado também para aumentar o acervo de informações da potencialidade de reciclagem de plásticos em Manaus, estabelecendo a viabilidade econômica e a redução do descarte do uso de PP ao ser usado como matéria prima na produção de *wood plastic*. Para isso, foi realizado um levantamento junto a população de Manaus em seis zonas geográficas da cidade, cujos habitantes responderam sobre questões

econômicas, tipos de resíduos gerados e os tipos de plásticos descartados. Foi aplicado questionário para mais de 800 pessoas.

Uma vez estabelecidos a viabilidade e quantidade potenciais de redução do resíduo no ambiente, uma revisão sobre os COMPÓSITOS DE MADEIRA PLÁSTICA: CONSIDERAÇÕES GERAIS (Capítulo 4) foi escrita com o objetivo de mostrar alguns aspectos da madeira plástica como evolução histórica, composição, produção e aplicação, a partir de uma busca acadêmica de publicações relacionadas ao tema utilizando-se as bases de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e as ferramentas de pesquisa Google Acadêmico e, considerando o período de 2007 a 2018.

Como próxima etapa na produção de *wood plastic* a partir de endocarpo de tucumã e PEBD foi desenvolvido um estudo sobre o COMPÓSITO FABRICADO DO ENDOCARPO DO TUCUMÃ (*ASTROCARYUM ACULEATUM*) COM POLÍMERO TERMOPLÁSTICO (Capítulo 5) cujo o objetivo foi a obtenção de compósito polimérico utilizando o endocarpo lenhoso do fruto tucumã como reforço e Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) como matriz polimérica. Caracterizou-se o compósito produzido com TG, análise granulométrica e teor de umidade. Com base na norma ASTM D695 02-a para ensaio de compressão, foram produzidos compósitos com três tamanhos de grãos diferentes e com proporções distintas e realizado ensaio de compressão nos corpos de prova. A partir dos resultados obtido foi desenvolvido outro estudo, dessa vez sobre a SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE MADEIRA PLÁSTICA A PARTIR DO ENDOCARPO DO TUCUMÃ E POLIPROPILENO RECICLADO (Capítulo 6) em que foi obtido e caracterizado o compósito de *wood plastic* a partir da mistura de polipropileno (PP) e do endocarpo do tucumã. Corpos de prova com 10, 20, 30, 40 e 50% em peso de pó do endocarpo de tucumã (pET) com granulometria  $577 \pm 134 \mu\text{m}$  adicionados ao PP foram preparados pela moldagem por injeção, após processo prévio de secagem e homogeneização manual. Os materiais de origem estavam na forma de mínimo reprocessamento, sem aditivos.

E, por fim, as CONSIDERAÇÕES FINAIS, onde são apresentados os resultados do trabalho de tese, a viabilidade econômica do produto gerado e possíveis aplicações, bem como sugestões de tópicos que poderão ser abordados em outros estudos desta natureza.

## REFERÊNCIAS

- ALLIED MARKET RESEARCH. Wood Plastic Composites Market by Type (PE-based Composites, PVC-based Composites, PP-based Composites, and Others) and Application (Building & Construction, Automotive Components, Industrial & Consumer Products, and Others) - Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2017-2023. 2018. Acesso em 19/09/2018. Disponível em <<https://www.alliedmarketresearch.com/wood-plastic-composite-market>>
- ASHORI, A. Wood-plastic composites as promising green-composites for automotive industries! Elsevier. *Bioresource Technology*, Volume 99, Issue 11, July 2008.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. Department of The Environment and Energy. National Waste Policy. Minister's agreed statement - 27 April 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<http://www.environment.gov.au/protection/waste-resource-recovery/national-waste-policy>>
- BAUR, E. Material and flow models for natural fiber reinforced injection molding materials for practical use in automotive industry. *Bioplastics Magazine*, vol 7, p. 20, 2012.
- BODZAY, B.; BÁNHEGYI, G. Polymer waste: controlled breakdown or recycling? *International Journal of Design Sciences & Technology*. Vol. 22 Issue 2, p.109-138, 2016.
- BRANDT, C. W.; FRIDLEY, K. J. Effect of load rate on flexural properties of wood-plastic composites. *Wood and Fiber Science*, v.35, n.1, p.135-147, 2003.
- BRAZ, J. A.; CARVALHO, A. P.; CARDOSO, F. F.; JACINTHO, J. C. GERENCIAMENTO DA RECICLAGEM NA PRODUÇÃO INTERNA DAS INDÚSTRIAS PLÁSTICAS. *REGRASP (ISSN 2526-1045)*, v. 3, n. 1, p. 45-50, fev. 2018.
- CAVALCANTE, P.B. Frutas comestíveis da Amazônia. 5.ed. Belém: Edições CEJUP/Museu Paraense Emílio Goeldi. 279pp. (Coleção Adolfo Ducke) - 1991.
- CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem. *CEMPRE Review 2015*. 2015. Disponível em <http://cempre.org.br/artigo-publicacao/artigos>. Acesso em 30/05/2017.
- CORSTEN, M.A.M.; WORRELL, E. and VAN DAEL, J.C.M. The potential for Waste Management in Brazil to Minimize GHG emissions and Maximize Re-use of Materials. Ministry of Infrastructure and the Environment, Netherlands. Universiteit Utrecht, 2012.
- DIDONET, A. A.; FERRAZ, I. D. K. O comércio de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey - *Arecaceae*) nas feiras de Manaus (Amazonas, Brasil). *Rev. Bras. Frutic.* [online]. 2014, vol.36, n.2, pp.353-362.
- EUROPEAN COMMISSION. Directive 2000/53/EC on end-of-life vehicles. 2002. Acesso em 24/09/2018. Disponível em <[http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/guidance\\_doc.pdf](http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/guidance_doc.pdf)>
- FAO. *Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos*. 3. Ejemplos de America Latina, 44/3. Rome: FAO. 241pp, 1987.
- FERREIRA, E. M. Gestão da qualidade na reciclagem de pet para transformação em cobertura ecológica em indústria na cidade de Manaus (AM). Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – UFAM, 2009.

- FIGLIUOLO, R.; SILVA, J. D. Cadeia Produtiva Sustentável e Integral do Tucumã do Amazonas: do lixo à produção de cosméticos e biodiesel. 32a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2009.
- FLEX FORM TECHNOLOGIES. Natural Fiber Composite Reinforced Scooter. 2014. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<http://www.naturalfibersforautomotive.com/>>
- GARDNER, D. J.; HAN, Y.; WANG, L. Wood–Plastic Composite Technology. *Curr Forestry Rep.* 1:139–150. Doi 10.1007/s40725-015-0016-6. 2015.
- GOVERNMENT OF CALIFORNIA. CALRECYCLE. Mandatory Commercial Recycling. 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<https://www.calrecycle.ca.gov/Recycle/Commercial/>>
- GOVERNMENT OF INDIA, Press Information Bureau, Ministry of Environment, Forest and Climate Change. Minimum Thickness of Plastic Carry Bags Increased from 40 to 50 Microns. 18-March-2016. Acesso em 21/09/2018. Disponível em <<http://pib.nic.in/newsite/printrelease.aspx?relid=138144>>
- GUAMÁ, Fernando; COSTA, Raphaella; ROCHA, Henrique; ISENSEE, Fabio; Futuro, Leonardo – Lixo Plástico – De sua produção até a madeira plástica, 2008.
- HORVATH, B.; MALLINGUH, E.; FOGARASSY, C. Designing Business Solutions for Plastic Waste Management to Enhance Circular Transitions in Kenya. *Journal Sustainability*, 10, 1664; doi:10.3390/su10051664, 2018.
- JELU-WERK. LUCO TOYS: Advances in toy bricks with JELUPLAST. 2018. Acesso em 25/09/2018. Disponível em <<https://www.jelu-werk.com/luco-toys-bricks-from-jeluplast/>>
- JELU-WERK. Natural fibres. Simple and effective. 2018. Acesso em 25/09/2018. Disponível em <<https://www.jelu-werk.com/>>
- JELU-WERK. WPC granulate from JELU. 2018. Acesso em 25/09/2018. Disponível em <<https://www.jeluplast.com/en/wpc/products/jeluplast/premixed-compounds/>>
- KAHN, F.; MILLÁN, B. *Astrocaryum* (Palmae) in Amazonia: a preliminary treatment. *Bulletin Institute Français d'Étude Andines*, 21(2): 459-531., 1992
- KOENIG, K. M.; SYPKENS, C. W. Woodplastic composites for market share. *Wood and Wood Products*, v.107, n.5, p.49-58, 2002.
- LAHR, F. A. R.; CHRISTOFORO, A. L. (Orgs). *Painéis de Partículas de Madeira e de Materiais Lignocelulósicos*. São Carlos, EESC/USP, 2013.
- LETICIA, J. O Estado de Minas. Reutilização inteligente: Imóveis podem ser transformados pela técnica do upcycling. postado em 11/03/2012. 2012. Acesso em 19/09/2018. Disponível em <[https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/decoracao/2012/03/11/interna\\_decoracao,45903/imoveis-podem-ser-transformados-pela-tecnica-do-upcycling.shtml](https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/decoracao/2012/03/11/interna_decoracao,45903/imoveis-podem-ser-transformados-pela-tecnica-do-upcycling.shtml)>
- MADE-IN-CHINA.COM. Plastic Wood. 2018. Acesso em 21/09/2018. Disponível em <[https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Plastic\\_Wood.html](https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Plastic_Wood.html)>
- MASSACHUSETTS GOVERNMENT. Massachusetts Department of Environmental Protection. 301 CMR 4.00: Provisions for Recycling of Beverage Containers (Bottle Bill). 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<https://www.mass.gov/regulations/301-CMR-400-provisions-for-recycling-of-beverage-containers-bottle-bill>>

MILIOS, L.; CHRISTENSEN, L. H.; MCKINNON, D.; CHRISTENSEN, C.; RASCH, M. C.; ERIKSEN, M. H. Plastic recycling in the Nordics: A value chain market analysis. *Waste Management*. Volume 76, p. 180-189, June, 2018.

NIZAMI, A. S.; SHAHZAD, K.; REHAN, M.; OUDA, O. K. M.; KHAN, M. Z.; SMAIL, I. M. I.; ALMEELBI, T.; BASAHI, J. M.; DEMIRBAS, A. Developing waste biorefinery in Makkah: A way forward to convert urban waste into renewable energy. *Applied Energy*. Volume 186, Part 2, p. 189-196, January, 2017.

NUNES, J. R.; CORRÊA, L. G. V.; PICCOLI, M. Desenvolvimento de Espaço de Convívio Urbano Utilizando Madeira Plástica: Parklet Socializar. 5º FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR. 1ª CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE SUSTENTABILIDADE E INOVAÇÃO. Santa Maria/RS – 9 a 12 de agosto, 2016.

O'CONNOR, M. C. Only 14% of plastics are recycled – can tech innovation tackle the rest? *The Guardian Sustainable Business*. The Guardian. 22 Feb 2017. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/feb/22/plastics-recycling-trash-chemicals-styrofoam-packaging>>

OLIVEIRA, Evely; OLIVEIRA, Emilly; COSTA, Raissa – Dossiê Técnico Madeira Plástica - Instituto Euvaldo Lodi IEL/BA, 2013.

OTA, W. N. Análise de compósitos de polipropileno e fibras de vidro utilizados pela indústria automotiva nacional, 2004.

OUTDURE. Ecodecking for a Natural Finish that Lasts. 2018. Acesso em 25/09/2018. Disponível em <<http://www.outdure.com/ecodecking-composite-decking>>

PAPREC GROUP. Understanding Recycling. Recycling Regulation in France. 2018. Acesso em 22/09/2018. Disponível em <https://www.paprec.com/en/understanding-recycling/recycling/recycling-regulation-france>

POLIWOOD. Outdoor Furniture. 2018. Acesso em 21/09/2018. Disponível em <<https://www.polywoodoutdoor.com/>>

POLYWOOD. What Is POLYWOOD? Our Lumber. 2018. Acesso em 24/09/2018. Disponível em <<https://www.polywoodoutdoor.com/our-lumber>>

RECYCLING TODAY. News and Information for Recycling Professionals. Germany makes progress toward modern recycling law. 2015. Acesso em 19/09/2018. Disponível em <http://www.recyclingtoday.com/article/germany-recycling-proposal-bvse/>

RICCHINI, R. SETOR RECICLAGEM. Comissão de Meio Ambiente aprova o fim dos plásticos descartáveis. 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<http://www.setorreciclagem.com.br/legislacao/senado-aprova-o-fim-dos-plasticos-descartaveis/>>

SEMA – Secretaria do Estado do Meio Ambiente do Estado do Amazonas. Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos 2015-2018. 2015.

SEVIGNÉ-ITOIZ, E.; GASOL, C. E.; RIERADEVALL, J.; GABARREL, X. Contribution of plastic waste recovery to greenhouse gas (GHG) savings in Spain. *Waste Management*. Volume 46. p. 557-567. December, 2015.

SHANGHAI SEVEN TRUST INDUSTRY. Decking & Material Wholesalers. 2018. Acesso em 21/09/2018. Disponível em <<http://npsccalculator.in/>>

SHARMA, N.; AMISH, S. A. Current State of Plastic Recycling in India. International Conference of Advance Research and Innovation (ICARI-2015), 2015.

STARK, N. M.; MATUANA, L. M.; CLEMONS, C. M. Effect of processing method on surface and weathering characteristics of wood-flour/HDPE composites. *Journal of Applied Polymer Science*, v.93, n.3, p.1021-30, 2004.

STATE OF CONNECTICUT. Department of Energy & Environmental Protection. Recycling...It's the Law! 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <[https://www.ct.gov/deep/cwp/view.asp?a=2714&q=324896&deepNav\\_GID=1645](https://www.ct.gov/deep/cwp/view.asp?a=2714&q=324896&deepNav_GID=1645)>

STATE OF NEW JERSEY. Department of Energy & Environmental Protection. NJ Statewide Mandatory Source Separation and Recycling Act. N.J.S.A. 13:1E-99.11 et seq. (Recycling Act). 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <[https://www.nj.gov/dep/dshw/recycling/recy\\_act\\_link.htm](https://www.nj.gov/dep/dshw/recycling/recy_act_link.htm)>

STATE OF NORTH CAROLINA. Environmental Assistance and Customer Service. NC Disposal Tax Information. 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<https://deq.nc.gov/conservation/recycling/local-government-recycling-assistance/nc-disposal-tax-information>>

STATE OF PENNSYLVANIA. Department of Environmental Protection. Recycling in Pennsylvania. 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<https://www.dep.pa.gov/Business/Land/Waste/Recycling/Pages/default.aspx>>

SUNG, K. A Review on Upcycling: Current Body of Literature, Knowledge Gaps and a Way Forward. ICECESS 2015: International Conference on Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability, vol. 17, n. 4, p. 28-40, Part I, Venice, Italy, Apr 13-14, 2015. Acesso em 19/09/2018. Disponível em: <<https://www.waset.org/abstracts/25698> >

SWAIN, J. Northeastern University. Endless recycling possibilities. Sciencewatch. CERN Courier. June 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<https://cerncourier.com/endless-recycling-possibilities/>>

WEIFANG YUNDING NEW MATERIAL TECHNOLOGY. Wood Plastic Composite Co-Extrusion Flooring for Outdoor, WPC Flooring/Decking, Composite Wood. 2018. Acesso em 24/09/2018. Disponível em <<https://yundingwpc.en.made-in-china.com/product/zjQnXhVOckWA/China-Wood-Plastic-Composite-Co-Extrusion-Flooring-for-Outdoor-WPC-Flooring-Decking-Composite-Wood.html>>

WISCONSING STATE LEGISLATURE. Chapter 287. Solid Waste Reduction, Recovery and Recycling. 2018. Acesso em 20/09/2018. Disponível em <<http://docs.legis.wisconsin.gov/statutes/statutes/287>>

WODINSKY, S. China's plastic waste ban will leave 111 million tons of trash with nowhere to go. But it's goa go somewhere, right? The Verge. Jun 20 2018. Acesso em 21/09/2018. Disponível em <<https://www.theverge.com/2018/6/20/17484866/chinas-plastic-waste-import-ban-trash>>

WONG, S. L.; NGADI, N.; ABDULLAH, T.A.T.; INUWA, I.M. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 50, p. 1167-1180, October, 2015.

ZOCH, Vanessa – Produção e Propriedades de Compósitos Madeira – Plástico utilizando resíduos minimamente processados, 2013.

## 2. CADEIA DO TUCUMÃ COMERCIALIZADO EM MANAUS-AM

Antonio Claudio Kieling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor Assistente do Departamento de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade Estadual do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: antonio.kieling@yahoo.com

Genilson Pereira Santana<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: gsantana2005@gmail.com

Maria Cristina dos Santos<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Professora Titular do Laboratório de Imunoquímica, do Departamento de Parasitologia, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: mcsantos@ufam.edu.br

Hirla de Cassia Castro Jaqton<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: hdccj.eng@uea.edu.br

Caio César Pantaleão Monteiro<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: pantaleaocaio1996@gmail.com

**RESUMO:** O fruto da palmeira de tucumã é encontrado na Amazônia cuja polpa (mesocarpo) é consumida em diversos pratos da culinária de Manaus-AM. Em termos nutricionais o fruto possui alto teor de vitamina A, lipídios e energia com valor médio de  $\beta$ -caroteno e o endocarpo utilizado somente no artesanato local. Neste trabalho foi estudado a cadeia produtiva do tucumã vendido em Manaus com o objetivo avaliar o abastecimento e comercialização desse fruto. Para isso, foram aplicados formulários em 85 vendedores distribuídos pelas zonas da cidade que responderam sobre características econômicas, localização do comércio, procedência e comercialização do tucumã, quantidade comprada em sacos de tucumã, forma de venda ao consumidor e tempo de venda do tucumã. Os resultados mostraram que o tucumã é proveniente de 21 cidades diferente e disponibilizado aos vendedores em três locais: Manaus Moderna, Feiras da Panair e do Produtor. A quantidade total mensal comercializado em Manaus foi de 86.066 kg em 2017, sendo que 49.840 kg são caroços (30.537 kg é endocarpo lenhoso), 20.777 kg polpa comestível e 12.460 kg material orgânico/cascas. A renda obtida pelos vendedores foi de até três salários mínimos mensais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cadeia Produtiva, *Astrocaryum aculeatum*, Mesocarpo, Endocarpo.

**ABSTRACT:** The fruit of the tucumã palm is found in the Amazon rainforest, whose pulp (mesocarp) is consumed in several dishes of the Manaus-AM cuisine. In nutritional terms, the fruit has high content of vitamin A, lipids and energy with reasonable value of  $\beta$ -carotene and the endocarp is used generally in local crafts. In this work, the productive chain of the tucumã sold in Manaus was studied with the objective to evaluate the supply and commercialization of this fruit. Thus, forms were applied to 85 vendors distributed throughout the city, who answered on economic characteristics, location of commerce, origin and commercialization of tucumã, quantity purchased in tucumã bags, way of sale to the consumer and time of sale of tucumã. The results showed that the tucumã comes from 21 different cities and is available to sellers in three locations (Manaus Moderna, Panair and Producer Fairs). The total monthly quantity traded in Manaus was 86,066 kg in 2017, of which 49,840 kg are kernel (30,537 kg is woody

endocarp), 20,777 kg of edible pulp and 12,460 kg of organic material/bark. The income earned by sellers is up to three monthly minimum wages.

**KEYWORDS:** Production Chain, *Astrocaryum aculeatum*, Mesocarp, Endocarp.

## 2.1. INTRODUÇÃO

Conhecida como a maior biodiversidade do Planeta, a Amazônia, além de ter o maior patrimônio genético da humanidade é considerada um dos maiores desafios de exploração mundial (FARIA; RIBEIRO; RIBEIRO, 2017, ALCANTARA; PEREIRA, 2018). Como explorar essa megadiversidade sem destruir o maior patrimônio genético do mundo? Cultural e historicamente o amazônida aprendeu a explorar seus recursos naturais sem causar grandes degradações ambientais. Por exemplo, palmeiras como o tucumã, açaí, da Amazônia são, amplamente utilizadas pela população local na produção de alimentos, artesanatos, fibras (CHAGAS; SOPRANA, 2014), construção de casas, cosméticos, remédios, utensílios domésticos, etc. (LORENZI et al., 2004, ROMANATTO, 2014).

A espécie *Astrocaryum aculeatum* conhecida como tucumã do Amazonas, ou tucumã-açu, é uma palmeira de crescimento monopodial, arborescente e monoica (Figura 2.1). Essa palmeira é amplamente distribuída nos Estados brasileiros como Amazonas, Acre, Rondônia, Roraima, Pará e Mato Grosso, além das Guianas, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia (CAVALCANTE, 1991, KAHN; MILLÁN, 1992). A palmeira de tucumã pode ser encontrada em floresta de terra firme, vegetação secundária (capoeiras), savanas, pastagens e roçados, sendo excepcionalmente tolerante a solos pobres e degradados (FAO, 1987).

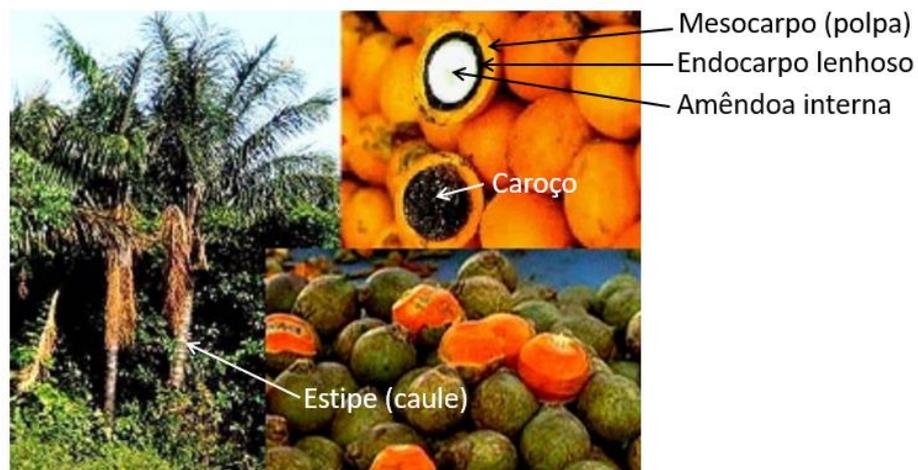


Figura 2.1 – Características do fruto do tucumã. Fonte: (www.embrapa.br).

A exploração da polpa de tucumã e de seus derivados representa uma atividade econômica significativa e crescente no âmbito regional. A polpa alaranjada do tucumã está no cotidiano dos amazônidas, que é consumida *in natura* em diversos pratos da culinária local, como sanduíches, tapiocas, pães, cremes e sorvetes. Devido a sua coloração amarela, a polpa contém alto teor de pró-vitamina A (caroteno, 51.000 unidades internacional – UI/100 g), lipídios e energia, teor médio de  $\beta$ -caroteno (VIEIRA et al., 2017). Por sua vez, a espécie *Astrocarym vulgare* Mart. contém cerca de 46% de umidade, 5% de proteínas, 30% de lipídios, 9% de fibras e 3% de minerais além dos nutrientes citados anteriores. De modo geral, o consumo de 30 g de tucumã supre três vezes a necessidade diária de vitamina A de uma criança e representa a dose/dia recomendada para um adulto (FERREIRA et al., 2008). A polpa contém entre 33 e 47% de óleo e a amêndoa entre 30 e 50%, sendo que 81-84% são ácido graxos saturados e 63-73% de glicérides trissaturados (LIMA; TRASSATO; COELHO, 1986).

Em termos de cadeia produtiva, nota-se que o fruto do tucumã é explorado basicamente na retirada da polpa e na fabricação de artesanatos. O endocarpo (Figura 2.1) é empregado pelos artesãos na confecção de brincos, anéis, pulseiras, colares e outros artefatos curiosos. O estipe (Figura 2.1) é utilizado na construção de cercas, currais e casas rústicas. Das folhas retiram-se fibras finas e resistentes empregadas no preparo de rede de pescar e de dormir, linhas de arco de flecha, cordas, cestos e balaio (LIMA; TRASSATO; COELHO, 1986, DIDONET; FERRAZ, 2014). As modalidades de uso do tucumã demonstram que esta palmeira exerce influência significativa nos produtores de baixa renda, naquelas áreas onde é encontrada em maior ocorrência. Todavia, esse processo de exploração é remarcado por não ter valor agregado e tampouco tecnologias inovadoras. Para reforçar essa afirmativa deve ser informado que a produção natural de polpa e amêndoa por hectare é de 33,4 e 8,5 toneladas, respectivamente (LIMA; TRASSATO; COELHO, 1986).

A literatura mostra que os frutos e as polpas de tucumã comercializados, em feiras e mercados, eram, em 2012, provenientes de 20 diferentes localidades, com distâncias de até mil km de Manaus, sendo os municípios mais citados: Itacoatiara, Terra Santa, Rio Preto da Eva, Autazes e os da bacia do Rio Madeira e que essa alternância de procedências, garantia o abastecimento contínuo ao longo do ano. Em 2012, foram comercializadas cerca de 367,8 toneladas de frutos de tucumã, sendo 53% desta quantia descascada durante a jornada de trabalho dos feirantes. Por causa dos desperdícios, o tucumã é considerado um dos frutos mais caros no comércio de Manaus. Apesar disso, o mercado de tucumã continua em expansão, o que demanda novos estudos sobre sua cadeia produtiva. Portanto, este estudo tem como

objetivo estudar a cadeia produtiva sistematizando a origem do tucumã vendido em Manaus, bem como a caracterização geográfica e econômica dos vendedores.

## 2.2. MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados referentes a cadeia da comercialização e descarte dos resíduos do tucumã, em Manaus, foi realizada com 85 vendedores, distribuídos por todas as zonas da cidade ao longo do quarto trimestre de 2017 e primeiro trimestre de 2018. Inicialmente, realizou-se uma avaliação exploratória de pontos potenciais de venda, percorrendo-se a cidade em suas seis zonas de aglomeração geográfica (Norte, Sul, Centro Sul, Centro Oeste, Leste e Oeste). A ferramenta de coleta de dados consistiu em questionário com 23 perguntas abertas e fechadas, buscando-se informações referentes a caracterização geográfica e econômica dos vendedores (idade, renda familiar, escolaridade, sexo, naturalidade, estado conjugal, tempo de residência, tipo de moradia, familiares, naturalidade), bem como elementos referentes a cadeia de comercialização do tucumã (localização do ponto, procedência do tucumã, compra em sacos, compra em cento, compra em dúzia, compra de outra forma, vende em sacos, vende em cento, vende em dúzia, vende de outra forma, tempo de venda, destino do caroço).

Os questionários aplicados foram analisados e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Humanos com o parecer de número 96523518.8.0000.5020.

## 2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.3.1. Características geográficas e econômicas dos vendedores de tucumã

Os vendedores de tucumã na cidade de Manaus possuíam idade variando de 18 a 72 anos, com média de  $40,0 \pm 12,5$  anos. A maioria dos vendedores (48%) estava na faixa de 30 a 48 anos de idade. Os ganhos mensais com a atividade variaram de um a cinco salários mínimos, sendo que 91% dos vendedores ganhavam até três salários mínimos. A escolaridade informada pelos vendedores variou de “sem escolaridade” até “ensino superior completo”. A predominância dos entrevistados foi de “ensino fundamental incompleto” com 52%, “ensino fundamental completo” com 10%, ensino médio completo com 25% e ensino médio incompleto com 7%. Verificou-se que 75% dos entrevistados eram do sexo masculino e 25%, do sexo feminino. Dos entrevistados, 77% eram amazonenses (três a cada quatro vendedores), seguidos de 7% maranhenses, de 5% paraenses e de 2% venezuelanos.

Quanto ao estado civil, 63% dos entrevistados eram casados, 28% solteiros, 5% não responderam, 2% separados, 2% desquitado e 2% divorciados. No que se refere ao tempo em

que os vendedores residem em Manaus, 76% informaram que residem a 10 anos ou mais na cidade, 10% reportaram de 5 a 10 anos e 14%, menos de 5 anos. Três em cada quatro vendedores residem mais de 10 anos em Manaus, o que corrobora a informação de que trabalham há muito tempo no comércio do tucumã. Dos entrevistados 82% responderam que residem em casas de alvenaria enquanto 12% residem em casa de madeira, 2%, em casas mistas (madeira/alvenaria) e 4% não responderam. Verificou-se que 72% dos entrevistados apresentam até 5 (cinco) familiares residindo sob o mesmo teto, com preponderância de 3 (três) pessoas (23%) e 2 (duas) pessoas (14%), 11% informaram residir oito pessoas ou mais na residência.

Constata-se, assim, uma predominância de vendedores do sexo masculino em detrimento do sexo feminino. Segundo a classificação das classes sociais reportada em IBGE (2017), a renda de um a três salários mínimos (reportada por 91% dos entrevistados) corresponde a classe “D”. Já para a ABEP (2016) e Kuzma, Aguiar e Moresco (2017) os vendedores de tucumã estão nas classes C1 e C2. A Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE, 2012) classifica os vendedores na classe média, com renda per capita de até R\$ 641,00 e renda familiar de até R\$ 2.564,00. Atividades similares podem ser encontradas em outras regiões brasileiras, a Tabela 2.1 expressa os dados que representam o perfil do vendedor ambulante comparado com o vendedor de tucumã.

Tabela 2.1- Características geográficas e econômicas de alguns vendedores ambulantes e camelôs comparados com a venda do tucumã.

HOMENS (%)	IDADE (ANOS)	EFI (%)	RENDA (SM)	SETOR	LOCAL	AUTOR
33	20-49 (45%), 50-77 (55%)	71	2 (95%)	EF	Marajó-PA	Soares et al. (2017)
63	21-40 (56%)	63*	1 (94%)	EF	Caxias-MA	Silva et al. (2016)
83	21-55 (47%)	60	3 (97%)	Camelôs	Uberlândia-MG	Rosa e Cleps (2016)
67	18-39 (60%)	50	2 (100%)	Ambulantes	São Paulo	Pamplona (2013)
50	18-40 (70%)	68	2 (62%)	Camelôs	São Luiz	Silva e Pereira (2012)
64	37 (média)	28	2 (71%)	Camelôs	Vitória	Fraga et al. (2017)
100	n/a	52	1 (100%)	EF	Cariús-CE	Souza, Alencar e Alencar (2017)
63	18-30 (68%)	32	1 (100%)	AE	Belo Horizonte	Monteiro (2015)
75	30-48 (48%)	52	3 (91%)	Vendedor-Tucumã	Manaus	Este Trabalho

Ensino fundamental incompleto = EFI, Extrativismo-frutas = EF, Ambulantes-alimentos =AE, \*Até médio incompleto, n/a = Não informado

Observa-se que as atividades de vendas e extrativismo não estão relacionadas com empreendedorismo, uma vez que o perfil apresentado está mais ajustado para uma atividade fundamentalmente ligada a subsistência das famílias, tipicamente uma renda proveniente de um trabalho sem qualificação.

### **2.3.2. Localização do comércio do tucumã**

Neste item considerou-se como vendedor aquele indivíduo que permanece em local fixo em um ponto da calçada, ambulante aquele que fica andando pela cidade sem ter um local fixo, feirante aquele que comercializa em feiras da cidade e comerciante aquele vendedor que tem uma venda e vende, neste local, o seu tucumã. A maioria dos vendedores, 59%, declarou ser ambulantes, enquanto 19%, comerciantes em suas vendas, 16% feirantes e 5% vendedores, em local fixo na rua. A preponderância de vendedores ambulantes na comercialização leva a interpretação de que estes comerciantes estão sempre em movimento pelos bairros e ruas buscando uma melhor potencialidade de venda de suas mercadorias, principalmente em pontos de maior concentração de pessoas, em cruzamentos e sinaleiras. A Figura 2.2 apresenta a distribuição dos vendedores na cidade de Manaus. Nota-se que os vendedores estão praticamente em toda a cidade, destacando a região norte e sul.

Em termos de fornecedores de frutos de tucumã, local onde os vendedores compram os frutos, foram encontrados apenas três grandes locais: o maior é Manaus Moderna (feira coberta na região do porto da cidade), seguido da Feira da Panair e da Feira do Produtor (Figura 2.2). Nos dados apresentados, em 2012, eram comercializadas cerca de 31 toneladas mensais, neste trabalho notou-se que a quantidade média mensal recebida e comercializada teve aumento anual de 22%. Os vendedores de frutos de tucumã comercializaram mensalmente aproximadamente 83.066 kg, em 2017, e esta mesma quantidade foi prevista para 2018. Estima-se que cada vendedor recebe e vende 1.138 kg mensais em média. Isso significa um aumento de 168% em cinco anos, com uma média de 22% ao ano de crescimento do consumo de tucumã em Manaus. Em termos de quantidade de caroços como resíduo, estima-se que cerca de 60% (ou 49.840 kg) são produzidos mensalmente, dos quais 61,3%, um total de 30.537 kg se refere ao endocarpo lenhoso. A polpa corresponde a 25% em peso do fruto, ou seja, 20.777 kg de polpa de tucumã são mensalmente consumidos nos mais variados tipos de comida (tapiocas, sanduíches, sorvetes, etc.). A casca, que é a sobra de material orgânico, corresponde a 15% em peso; ou seja, aproximadamente a 12.460 kg mensais.

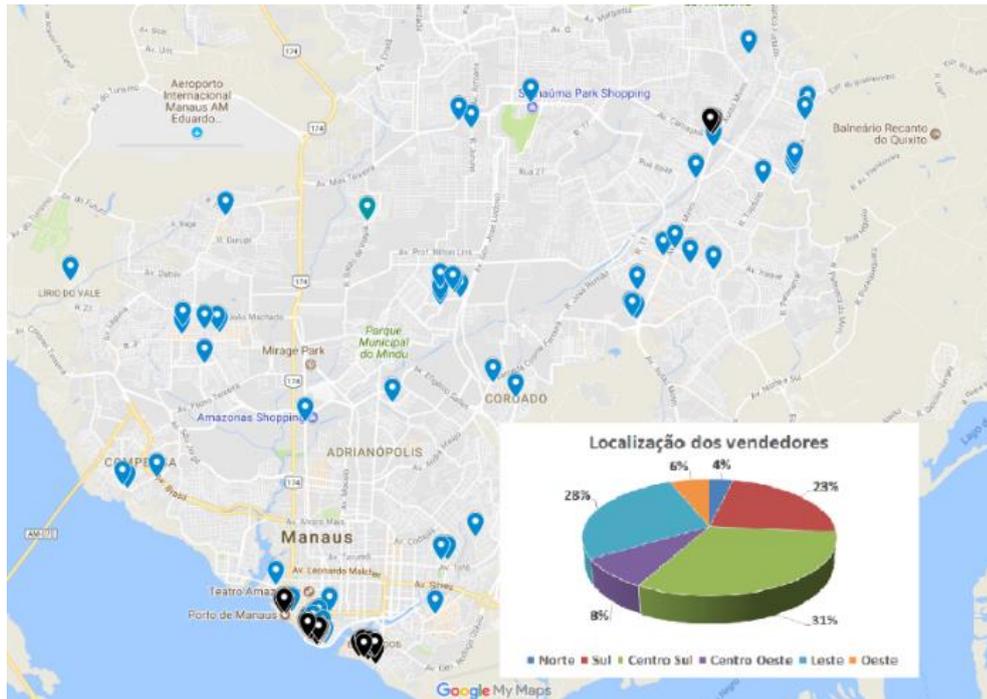


Figura 2.2 – Localização dos vendedores (azul) e locais de fornecimento (preto) do tucumã em Manaus-AM.

### 2.3.3. Procedência e comercialização do tucumã

A Figura 2.3 apresenta os locais de procedência do tucumã que é comercializado em Manaus-AM. Verifica-se que as cidades Terra Santa-PA (23,1%), Urucará-AM (23,1%), Rio Preto da Eva-AM (13,2%), Autazes-AM (8,8%), Boa Vista-RO (4,4%), Itacoatiara-AM (4,4%), Nhamundá-AM (3,3%), Barreirinha-AM (2,2%), Manicoré-AM (2,2%), Presidente Figueiredo-AM (2,2%), São Sebastião do Uatumã-AM (2,2%), Anori-AM (1,1%), Careiro-AM (1,1%), Fonte Boa-AM (1,1%), Itapiranga-AM (1,1%), Manacapuru-AM (1,1%), Manaus-AM (1,1%), Pedras-AM (1,1%), Silves-AM (1,1%), Tabatinga-AM (1,1%) e Tefé-AM (1,1%). As cidades de Terra Santa-PA, Urucará-AM, Rio Preto da Eva-AM, Autazes-AM, Boa Vista-RO, Itacoatiara-AM e Nhamundá-AM fornecem mais de 80% do total comercializado em Manaus. Em termos de quantidade em kg de peso, verifica-se que Terra Santa-PA fornece aproximadamente 18.211 kg, Urucará-AM 20.128 kg, Rio Preto da Eva-AM 10.954 kg, Autazes-AM 7.303 kg, Boa Vista-RO e Itacoatiara-AM 3.651 kg e Nhamundá-AM 2.738 kg e as demais cidades somadas com 16.431 kg. Este trabalho fornece informações adicionais a (DIDONET; FERRAZ, 2014) ao relatar as quantidades fornecidas por cada cidade provedora, embora estas sejam basicamente as mesmas.

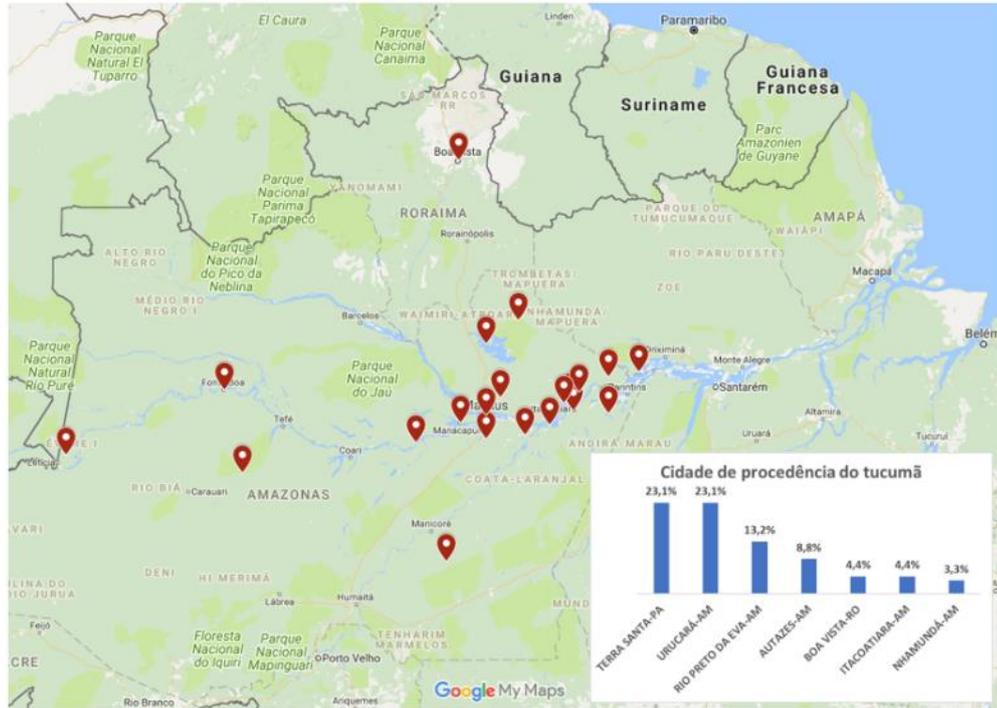


Figura 2.3 – locais de origem das plantações de tucumã que abastecem Manaus (Roraima, Amazonas e Pará).

#### 2.3.4. Quantidade Comprada em sacos de tucumã

O tucumã é adquirido em sacos em 89% dos casos investigados. Dentre os entrevistados, 11% reportaram que possuem plantação própria. Os sacos têm 45 kg em média. Os valores pagos por saco variam de 50 a 200 reais em 90% das negociações, sendo que 10% reportaram pagarem mais de 200 reais. A quantidade de sacos mensalmente comprada varia de 1 (um) a 75 (setenta e cinco) para 46% dos vendedores, porém 4% informaram que compram 90 (noventa) ou mais. Cinquenta e dois por cento dos vendedores não responderam, muito provavelmente pelo medo de que estivesse sendo avaliado o montante gerado, para futura cobrança de impostos, visto que esse tipo de comércio é informal. Os dados coletados estão expressos na Figura 2.4.

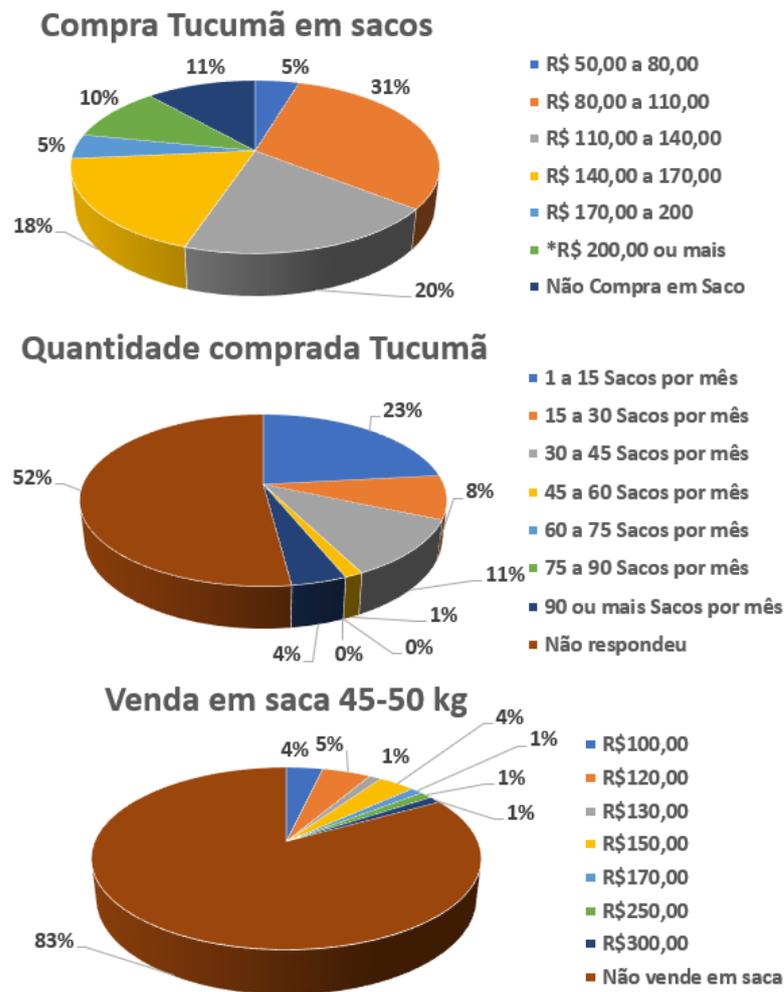


Figura 2.4 – Quantidades em sacos compradas de tucumã, forma de compra e venda.

A venda do tucumã adquirido é na grande maioria realizada em fracionamento para 83% dos entrevistados, ao passo que 17% revendem o produto em sacos, apenas repassando para outro comprador, atuando como um atravessador, como é possível observar na Figura 2.4. O preço da revenda em sacas varia de 100 a 300 reais, com maior frequência na faixa de 100 a 150 reais por saca.

### 2.3.5. Forma de venda ao consumidor

A Figura 2.5 demonstra que 48% dos comerciantes vendem o tucumã em cento (100 unidades), com preços variando de 30 a 80 reais ou mais. Destes, 34% vendem o cento entre 30 e 50 reais. Cinquenta e dois por cento dos entrevistados reportaram que vendem de formas e custos diferentes. Preços de 50 reais ou mais são praticados quando o tucumã está fora de época, ou seja, na entressafra onde existe escassez de produto no mercado.

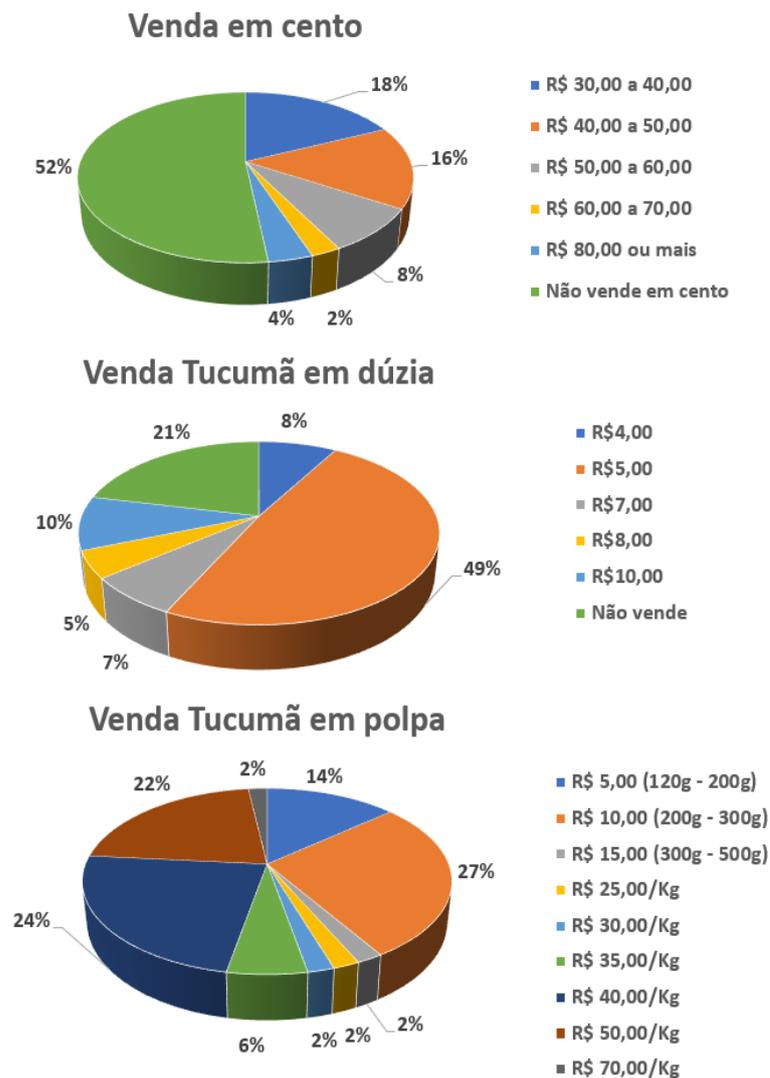


Figura 2.5 – Forma de venda do tucumã em cento, dúzia e polpa.

O tucumã é normalmente vendido em dúzia por 79% dos comerciantes entrevistados com preços variando de 4 a 10 reais, 49% vendem a dúzia a 5 reais e 21% informaram que não vendem o tucumã em dúzia. Esta informação cruzada com a informação anterior leva a interpretação de que muitos vendedores vendem o tucumã em cento e também em dúzia. Outras formas de venda foram reportadas por 51 entrevistados (62% dos entrevistados). O tucumã é vendido após descascado em forma de polpa. A polpa é vendida nas seguintes condições: 120 a 200 g – 5 reais (14%), 200 a 300 g – 10 reais (27%), 300 a 500 g – 15 reais (2%), 1 kg – 25 a 70 reais (57%, com predominância para 40 a 50 reais o kg informado por 56% dos entrevistados).

Tabela 2.2 – Preços históricos do fruto de tucumã praticados em Manaus (valores médios pesquisados)

TRABALHO	ANO	POLPA (kg)	FRUTO (dúzia)	SACA (unid.)
Kahn e Moussa, 1999	1995	-	R\$ 1,81	
Costa et al., 2005	2003	R\$ 18,33	R\$ 1,60	R\$ 21,00
Schroth, 2004	2004	R\$ 19,80	-	-
Rabelo, 2012	2010	R\$ 35,60	R\$ 4,20	-
Didonet e Ferraz, 2014	2011	R\$ 31,47	R\$ 3,79	R\$ 77,91
Presente trabalho	2018	R\$ 43,00	R\$ 5,86	R\$130,00

Referente aos preços praticados, a Tabela 2.2 evidencia que existe um aumento histórico desses preços refletindo as condições de mercado (oferta e procura do fruto) e também seguindo os elementos inflacionários de reajustes de preços na economia. Os preços do kg de polpa no período 2010-2018 aumentaram 21% enquanto a dúzia do fruto comercializada aumentou 40%, já o preço da saca comprada pelos vendedores no período de 2011 a 2018 aumentou 67%.

### 2.3.6. Tempo de venda do tucumã

O conhecimento do tempo em que as quantidades compradas demoram para serem vendidas é importante para a determinação do giro do produto no mercado e também indicar a potencialidade de ganho financeiro do vendedor. Dos vendedores, 73,5% informaram a venda de um até dez sacos por dia, com preponderância de até dois sacos por dia para 46% dos entrevistados. Também existe a venda de um a oito sacos mensais, reposta de 12% dos vendedores e 13,2% dos entrevistados não responderam este item.

### 2.3.7. Destino do caroço do tucumã

O destino do caroço após o consumo da polpa do fruto do tucumã é um indicador importante para a avaliação da potencialidade de reaproveitamento do seu endocarpo lenhoso para a fabricação de produtos comercializáveis ecologicamente corretos, tais como derivados de *wood plastic* e ecocompósitos. A Figura 2.6 mostra que 91,9% dos caroços são descartados no lixo, sem reaproveitamento, 2,3% destinados ao artesanato (botões, anéis), 2,3% utilizados para plantação do fruto, 1,2% para criação de animais, 1,2% para venda e 1,2% para doação. Em base a esta informação verifica-se o grande potencial de reaproveitamento do caroço do tucumã.

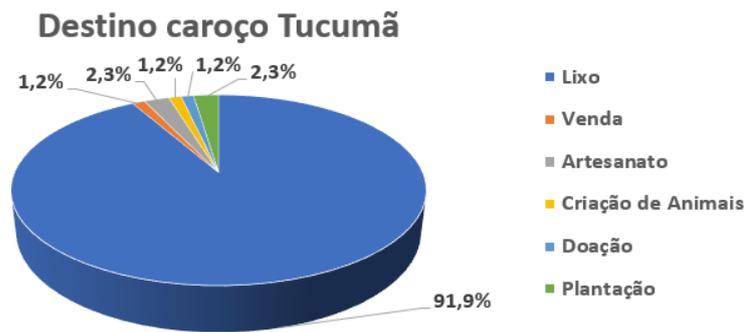


Figura 2.6 – destino dos caroços do tucumã.

## 2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados mostram que os vendedores apresentam idade entre 28 e 53 anos, com renda mensal de até três salários mínimos, sendo a maioria homens que moram em casa de alvenaria com até cinco pessoas e possuem ensino fundamental incompleto. Nos últimos cinco anos houve um aumento significativo no consumo do fruto de tucumã e sua comercialização. A distribuição dos vendedores é diversificada abrangendo praticamente todas as zonas da cidade, para apenas três locais que recebem o tucumã colhido, em 21 cidades. Os diversos fornecedores garantem a venda do fruto por todo o ano. Em termos de consumo, 83 toneladas de frutos são comercializadas mensalmente, sendo 21 toneladas de polpa de tucumã (descascada manualmente) e constatou-se que cerca de 60% são resíduos, 50 toneladas, que são destinadas ao lixo, que podem gerar 30 toneladas de madeira/endocarpo lenhoso. Referente aos preços praticados, estes aumentaram seguindo as condições de oferta e procura dos frutos ao longo do tempo, com atenção especial ao preço da saca de frutos que aumentou o dobro do aumento do preço do kg de polpa e da dúzia de frutos vendidos, refletindo a crescente demanda por estes produtos por parte da população de Manaus, no período de 2011-2018, no qual aumentou 168% o consumo do tucumã.

## REFERÊNCIAS

ABEP – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa. Critério Brasil de Classificação Econômica. 2016.

ALCANTARA, E. R.; PEREIRA, S. C. C. Dinâmica organizacional de empreendimentos que comercializam produtos amazônicos na capital do Estado do Pará. Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa, v. 14, n. 2, p. 114-133, 2018.

- CAVALCANTE, P.B. Frutas comestíveis da Amazônia. 5.ed. Belém: Edições CEJUP/Museu Paraense Emílio Goeldi. 279pp. (Coleção Adolfo Ducke). 1991.
- CHAGAS, A.; SOPRANA, R. Usos sustentáveis da fibra do tucumã em comunidades rurais na Amazônia: Estudo de caso na vila de Acarajó – Bragança-PA. 11º P&D Design. Anais...Gramado: 2014.
- DIDONET, A. A.; FERRAZ, I. D. K. O COMÉRCIO DE FRUTOS DE TUCUMÃ NAS FEIRAS DE MANAUS (AMAZONAS, BRASIL). Revista Brasileira de Fruticultura, v. 36, n. 2, p. 353–362, 2014.
- FAO. Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos. 3. Ejemplos de America Latina, 44/3. Rome: FAO. 241pp, 1987.
- FARIA, M. A. S.; RIBEIRO, M. J.; RIBEIRO, P. L. S. TÓPICOS EM BIOTECNOLOGIA E BIODIVERSIDADE: Pesquisas e Inovação na Amazônia Sul Ocidental. Rio Branco/AC: Edufac, 2017.
- FERREIRA, E. DE S. et al. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*Astrocaryum vulgare mart*). Alimentos e Nutrição, v. 19, n. 4, p. 427–433, 2008. (KAHN; MILLÁN, 1992)
- FRAGA, M. L. et al. Trabalho, mas não tenho emprego: um estudo sobre o perfil dos vendedores ambulantes da Grande Vitória-ES. Anais do Congresso Internacional de Administração ADM 2017. Ponta Grossa, PR, 2017.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). 2017.
- KUZMA, E. L.; AGUIAR, C. C.; MORESCO, M. Caracterização das classes sociais de acordo com os aspectos socioeconômicos da cidade de Joaçaba/SC. Anais do Congresso Internacional de Administração ADM 2017. Ponta Grossa, PR, 2017.
- LIMA, R. R.; TRASSATO, L. C.; COELHO, V. O tucumã (*Astrocaryum vulgare Mart.*) principais características e potencialidade agroindustrial. EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa, p. 27, 1986.
- LORENZI, H. et al. Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004.
- MILLER, W. M. P. et al. Farinha do resíduo de tucumã (*Astrocaryum vulgare Mart.*) na alimentação de poedeiras. Revista Academia de Ciências Agrária e Ambiente, v. 16, n. 1, p. 1–9, 2015.
- MONTEIRO, M. A. M. Caracterização do Comércio Ambulante de Alimentos em Belo Horizonte-MG. DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 87-97, mar. 2015.
- NASCIMENTO, C. S. et al. Caracterização do óleo obtido da Semente de *Astrocaryum Murumuru* obtida na Região Amazônica. Ciência & Tecnologia, v. 3, p. 1–4, 2011.
- PAMPLONA, J. B. Mercado de trabalho, informalidade e comércio ambulante em São Paulo. Revista Brasileira de Estudos de População. Rio de Janeiro, v. 30, n. 1, p. 225-249, jan./jun., 2013.
- ROMANATTO, J. Determinação da composição química da fibra natural de *Astrocaryum vulgare*. Anais da VI Jornada Científica - Embrapa. Anais...São Carlos: 2014

ROSA, T. A; CLEPS, G. D. G. COMÉRCIO AMBULANTE DE ALIMENTOS EM UBERLÂNDIA – MG: CONSIDERAÇÕES GERAIS. Revista Horizonte Científico, n.10, vol.2, 2016.

SECRETARIA DE ASSUNTOS ESTRATÉGICOS (SAE) da Presidência da República Federativa do Brasil, 2012.

SILVA, M. L. A. et al. COMERCIALIZAÇÃO DE FRUTOS E SUBPRODUTOS NA FEIRA LIVRE DA BR316 SENTIDO CAXIAS/MA A TIMON/MA, BRASIL. AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.3, n.06, 2016.

SILVA, N. C.; PEREIRA, R. C. C. Perfil sócio-econômico dos vendedores ambulantes dos terminais de integração de São Luís – MA. Anais da 64ª Reunião Anual da SBPC, 2012.

SOARES, I. S. et al. Caracterização Socioeconômica e de aspectos produtivos do extrativismo de sementes oleaginosas da Amazônicas da Mesorregião do Marajó – Município de Salvaterra, Pará, Brasil. Observatorio de la Economía Latinoamericana. Revista eumet.com. Brasil, agosto, 2017.

SOUZA, S. G.; ALENCAR, G. S. S.; ALENCAR, F. H. H. Análise socioambiental da produção de banana no município de Cariús (CE), Brasil. Ciência e Sustentabilidade – CeS. Juazeiro do Norte, v. 3, n. 2, p. 119-144, jul/jdez, 2017.

VIEIRA, L. M. et al. Estudo do potencial antioxidante da polpa do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) in natura armazenada em embalagens a vácuo. The Journal of Engineering and Exact Sciences, v. 3, n. 4, p. 672–677, 2017

### 3. POTENCIAL ECONÔMICO DE PLÁSTICOS RECICLÁVEIS NA CIDADE DE MANAUS (AM)

Antonio Claudio Kieling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor Assistente do Departamento de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade Estadual do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: antonio.kieling@yahoo.com

Genilson Pereira Santana<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: gsantana2005@gmail.com

Maria Cristina dos Santos<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Professora Titular do Laboratório de Imunoquímica, do Departamento de Parasitologia, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: mcsantos@ufam.edu.br

Camila Stephanie Santos da Silva

<sup>4</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: cssds.eng@uea.edu.br

Chaenny Letícia da Silva Amorim

<sup>5</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: clds.a.eng@uea.edu.br

Joyce Rodrigues Pontes

<sup>6</sup>Acadêmica do Curso de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: jrp.eng@uea.edu.br

**RESUMO:** O aumento do impacto ambiental dos descartes de Resíduos Urbanos obrigou o uso da reciclagem como forma de preservação ambiental. A geração de resíduos sólidos urbanos no planeta é em média 1,2 kg/pessoa/dia, no Brasil 1,06 kg e em Manaus 1,3 kg, acumulando na cidade, em 2015, 33.544 toneladas, sendo 13,4% plástico (4.495 toneladas) que acabaram descartadas no aterro sanitário, do km 19, da estrada AM-10. Este trabalho tem como objetivo contribuir para aumentar o acervo de informações da potencialidade de reciclagem de plásticos em Manaus e seu valor econômico. Para isso, foi realizado um levantamento junto a população de Manaus em seis zonas geográficas da cidade, cujos habitantes responderam sobre questões econômicas, tipos de resíduos gerados e os tipos de plásticos descartados. Os resultados mostraram que não existe uma sistemática para tratar da reciclagem e a coleta seletiva é muito incipiente. A distribuição de PET, PEAD e PP nas zonas de Manaus e seu valor econômico foram mapeados. O potencial apurado de reciclagem desses plásticos duros é de 1.125 toneladas mensais (13.495 toneladas/ano) e poderia gerar um valor econômico de R\$ 3.843.925,00 (R\$ 46.127.100,00/ano). As zonas Norte e Leste seriam as mais indicadas para programas de conscientização ambiental e coleta seletiva com foco na reciclagem.

**PALAVRAS CHAVE:** Reciclagem de Plásticos, PET, PEAD, PP, Resíduo Sólido Urbano, Valor Econômico

**ABSTRACT:** The increase of the environmental impact of the discards of Urban Waste is forcing the use of the recycling as a form of environmental preservation. The generation of solid urban waste on the planet is on average 1.2 kg/person/day, in Brazil 1.06 kg and in Manaus 1.3 kg, accumulating 33,544 tons in the city in 2015, being 13.4% plastic (4,495 tons) that were eventually disposed of in the sanitary landfill at km 19 of the AM-10 road. This work aims to

contribute to increase the collection of information on the potential of plastic recycling in Manaus and its economic value. For that, a survey was carried out with the population of Manaus in six geographical areas of the city, whose inhabitants answered on economic questions, types of waste generated and types of discarded plastics. The results showed that there is no systematics to deal with recycling and selective collection is very incipient. The distribution of PET, HDPE and PP in the zones of Manaus and their economic value were mapped. The recycling potential of these hard plastics is 1,125 tons per month (13,495 tons/year) and could generate an economic value of R\$ 3,843,925.00 (R\$ 46,127,100.00/year). The North and East zones would be the most suitable for environmental awareness programs and selective collection with a focus on recycling.

**KEYWORDS:** Plastic Recycling, PET, HDPE, PP, Urban Solid Waste, Economic Value.

### 3.1. INTRODUÇÃO

Resíduos são gerados pelo homem desde suas primeiras atividades, devida a utilização, transformação e modificação dos recursos naturais. A preocupação com a preservação dos recursos naturais começou com a conscientização de que muitos desses são finitos, não renováveis. O aumento dos impactos ambientais, que vem ocorrendo em todo planeta, obrigou o uso da reciclagem, que é uma boa alternativa para proteger o meio ambiente. A literatura reporta que, por dia, em média, cada pessoa do planeta gera cerca de 1,2 kg de Resíduo Sólido Urbano (RSU). Nas grandes cidades da América Latina e Caribe, por exemplo, a quantidade gerada de RSU pode chegar até a impressionantes 14 kg/pessoa/dia (HOORNWEG & BHADATATA, 2012).

No Brasil, a média de RSU gerada é de 1,06 kg/pessoa/dia (ABRELPE, 2016). Em Manaus, a geração de RSU é de 1,3 kg/habitante/dia; cerca de 70% são despejados em lixão ou aterros (SEMULSP, 2015). A coleta seletiva é uma atividade que tem atraído grande interesse da sociedade, tanto pela sua contribuição à sustentabilidade urbana como pela geração de renda, de cidadania e pela economia de recursos naturais que proporciona. Apesar de vários esforços das entidades públicas, a coleta seletiva ainda é incipiente em abrangência, ocorrendo em cerca de 41% dos municípios brasileiros tendo apenas 10% do que é potencialmente reciclável recolhido (CONKE; NASCIMENTO, 2018).

A Lei no 12.305/2010 define a Política Nacional de Resíduos Sólidos e educação ambiental, enfatizando aspectos como a gestão integrada dos resíduos sólidos e a responsabilidade compartilhada entre governos e sociedade. Políticas públicas que se propõem a modificar comportamentos e práticas culturalmente enraizadas na população, referente ao manejo e gerenciamento do considerado lixo, não se constrói apenas com a homologação de

uma lei. Verifica-se que, para se alcançar a etapa do envolvimento popular efetivo, é necessária a implementação de políticas públicas de educação ambiental, focando na separação e descarte adequado dos resíduos na fonte geradora, o que evitaria a perda de qualidade dos materiais recicláveis e posterior reaproveitamento e reciclagem gerando renda e inserção social aos menos favorecidos (REIS; FRIEDE; LOPES, 2018).

Especificamente no caso de Manaus, houve várias tentativas de implantar a coleta seletiva. No período de 2005 a 2009 a coleta seletiva foi de 124 a 292 toneladas/mensalmente do total de resíduos sólidos coletadas pela SEMULSP (média 165,9 toneladas). A coleta seletiva foi usada em quatro programas implementados: 1) porta a porta – onde funcionários batiam de porta em porta coletando os materiais recicláveis em conjunto com associações de catadores em locais definidos (entre 47 e 179 toneladas/mês, média 87,3 toneladas); 2) pontos de entrega voluntária (PEV) do Aleixo e Dom Pedro – as pessoas entregavam voluntariamente seus recicláveis em pontos de coleta definidos (entre 20 e 32 toneladas/mês, média 28,2 toneladas); 3) coleta ponto a ponto – onde não existia o ‘porta a porta’, iniciando no prédio da Prefeitura e outros locais próximos, taludes de retenção, etc. (entre 12 e 18 toneladas/mês, média 15,3 toneladas) e 4) coleta centro comercial – acordo entre SEMULSP e Centro de Diretores Lojistas de Manaus (CDLM), onde o projeto piloto priorizou a região central em Manaus (entre 10 e 46 toneladas/mês, média 35,1 toneladas). Papel, papelão, vidro, plástico e metal são os materiais considerados recicláveis. A modalidade PEV é mais sustentável, evidenciado que não existe um sistema integrado de apoio a coleta seletiva em Manaus, onde os resíduos majoritariamente são depositados no lixão a céu aberto no aterro existente, no km 19, da estrada AM-10 (RODRIGUES, 2010).

Apesar de existirem uma variedade imensa de embalagens descartadas no ambiente, as de plástico e papelão se destacam de maneira mais visível (OLIVEIRA, 2010). Em Manaus, não existe por parte da população uma consciência ambiental. Existe lixo acumulado e jogado nos igarapés do Educandos e São Raimundo, demandando na época de cheias ações da SEMULSP de retirada constante de lixo destes locais. A literatura aponta para um potencial de reaproveitamento de 15,03% do resíduo sólido sendo que os plásticos duros representam 5,62% para reciclagem (SANTOS JÚNIOR, 2017).

Na área do Polo Industrial de Manaus (PIM) foi firmado acordo entre a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA) e a *Japan International Cooperation Agency* (JICA), em 2016, para a avaliação das condições de manuseio e gestão

dos resíduos industriais gerados no PIM com a definição de normas e procedimentos destinados ao descarte apropriado e gestão dos 3R (Redução, Reutilização e Reciclagem). Esta já era uma preocupação antiga do Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM (NASCIMENTO, 2017).

A gestão e o tratamento de resíduos plásticos produzidos pelo PIM é importante visto que as empresas pela certificação na norma ambiental ISO 14000 (em função da obrigatoriedade de certificação na norma ISO 9000 para usufruírem benefícios fiscais as empresas em geral certificam-se também na área ambiental) ficam muito mais conscientizadas e organizadas ao fato que esses recicláveis apresentam maior valor financeiro agregado. Ações de criação de uma Bolsa de Resíduos Industriais para negociação entre empresas, logística reversa e uso de sistemas de produção mais limpos se apresentam como alternativas. O PIM gerou resíduos industriais de 55.615 toneladas/ano em 2005 a 75.9625 toneladas/ano em 2010, sendo reportados, em 2012, a reciclagem de 47% do resíduo gerado (MEIRELLES, 2016). Isto demonstra que existem ações mais consolidadas de reciclagem na área industrial de Manaus em detrimento as áreas urbanas, por isso o foco da avaliação do potencial de reciclagem do Resíduo Sólido Urbano na cidade de Manaus, é a intenção central deste trabalho.

Resíduos de equipamentos eletroeletrônicos residenciais foram avaliados, em Manaus, e poderiam gerar 1,4 kg/habitante de plástico com potencial reciclável, porém com muitas dificuldades de processamento devido ao complexo processo de separação de componentes eletroeletrônicos associados (ARAÚJO, 2013).

Além disso, o descarte do plástico de embalagens é um problema sério em nível mundial, dados mostram que 40% do plástico produzido é retirado do uso em até um ano após, sendo que cerca de 60 a 80% acabam atingindo os oceanos. A descoberta de uma vasta área de detritos plásticos, no centro do Giro do Oceano Pacífico Norte, com concentração de aproximadamente seis vezes maior que a de plâncton mostra a gravidade desta poluição gerada. Como resultado, verifica-se cada vez mais que peixes “alimentam-se” de plástico (SCHUYLER et al., 2018). Plásticos coletados em água e praias são caracterizados por terem grande variedade de polímeros descartados, sendo os mais abundantes o polipropileno (PP), o polietileno (PE) e o policloreto de vinila (PVC) e o poliestireno (PS) (SOBRAL; FRIAS; MARTINS, 2011).

Estudos realizados mostram que o descarte do RSU tem gerado poluição ambiental, principalmente no entorno dos lixões e dos lençóis freáticos próximos, bem como têm causado

doenças nas populações de catadores que procuram, nestes resíduos, uma fonte de renda (GODECKE; FIGUEIREDO; NAIME, 2013, SILVA, 2011).

O objetivo deste trabalho foi de aumentar o acervo de conhecimento sobre a possibilidade da realização de reciclagem de plásticos, em Manaus, e avaliar o seu potencial econômico.

### 3.2. MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados referente a cadeia de descarte de plásticos foi concentrada no Resíduo Sólido Urbano (RSU) gerado pelos moradores de Manaus. Para a definição do tamanho da amostra, considerou-se dados do IBGE (2017) para a população de 2.130.264 pessoas em Manaus (1.248.752 acima de 16 anos). O valor da confiabilidade estatística considerada foi de 95%, o erro considerado para a estimativa foi de 4,0%, o percentual de homens 48% e de mulheres 52% (IBGE, 2017), perfazendo um total mínimo de 800 pessoas a serem entrevistadas nas seis zonas de aglomeração geográfica da cidade de Manaus (Norte, Sul, Centro Sul, Centro Oeste, Leste e Oeste). O instrumento de coleta de dados consistiu em um questionário com 23 perguntas abertas e fechadas, buscando-se informações relativas as características geográficas e econômicas das pessoas (idade, sexo, naturalidade, estado civil, escolaridade, quantidade de pessoas na residência, renda, tipo de moradia, bairro de residência) e também da cadeia de consumo e descarte de RSU (tipo do lixo, tipo de plástico, garrafas PET, garrafas óleo, garrafas água sanitária, garrafas desinfetante, embalagens de shampoo/condicionador/sabão líquido, recipiente utilizado para armazenar lixo, aparência do depósito de lixo, coleta seletiva, separar o lixo e limpeza do bairro).

Os entrevistados residem em 67 bairros diferentes, com a seguinte configuração (Figura 3.1): Cidade Nova (8,8%), Coroadó (7,0%), Centro (4,6%), Alvorada (4,3%), Japiim (4,0%), Flores (3,6%), Parque 10 de Novembro (3,6%), Cachoeirinha (3,5%), Petrópolis (3,5%), São José Operário (3,2%), Compensa (2,6%), Novo Aleixo (2,6%), Nova Cidade (2,3%), Tarumã (2,1%), Planalto (2,0%), Jorge Teixeira (1,9%), Praça 14 de Janeiro (1,9%), Colônia Terra Nova (1,7%), Raiz (1,7%), Redenção (1,7%), Dom Pedro (1,5%), Lírio do Vale (1,5%), Santo Antonio (1,5%), São Francisco (1,5%), São Jorge (1,5%), Cidade de Deus (1,4%), Adrianópolis (1,2%), Aleixo (1,2%), Chapada (1,2%), Armando Mendes (1,1%), Gilberto Mestrinho (1,1%), Ponta Negra (1,1%), São Lázaro (1,1%), São Raimundo (1,1%), Zumbi dos Palmares (1,0%), Da Paz (0,9%), Distrito Industrial I (0,9%), Nossa Senhora das Graças (0,9%), Nova Esperança (0,9%), Amazonino Mendes (0,7%), Lago Azul (0,7%), Monte das Oliveiras



de idade (69,4%), caracterizando a prevalência de jovens. Com relação ao sexo dos entrevistados, verificou-se que 57% são do sexo feminino, resultado que está de acordo com os dados do IBGE (2017) para a cidade de Manaus, que apresenta 52% de indivíduos do sexo feminino. A naturalidade foi a seguinte: 68,9% naturais de Manaus-AM, 2,7% de Parintins-AM, 1,5% de Belém-PA, 1,2% de Manacapuru-AM, 1,2% de Itacoatiara-AM e outras 95 cidades citadas por 24,5% dos entrevistados. Esses dados mostra uma migração considerável para a cidade (3 a cada 10 pessoas), demonstrando que o Polo Industrial de Manaus ainda atrai muita mão de obra para o estado do Amazonas. Com relação ao estado conjugal, 77,5% dos entrevistados são solteiros e 18,8% casados, 3,3% desquitados/divorciados e 0,4% viúvos. A maioria dos entrevistados sendo solteiros está alinhado com a informação de que são jovens e ainda não constituíram família.

A escolaridade informada variou de “ensino fundamental incompleto” até “ensino superior completo”. A predominância dos entrevistados é de “ensino superior incompleto” com 64,3%, 17,8% reportaram “ensino superior completo” e 16% “ensino médio completo”, levando a interpretação de que se trata de um perfil de jovens a busca de uma formação universitária que lhes permitam um futuro melhor. Verificou-se que 86,8% tem até cinco familiares residindo sob o mesmo teto, com preponderância de quatro pessoas (29,2%), três pessoas (25,1%) e 6,7% seis pessoas. Os entrevistados reportaram ganhos mensais variando de um até acima de 15 salários mínimos. A faixa de cinco a sete salários mínimos corresponde a 48,1% e acima de dez salários 23,1% das respostas. Referente ao tempo em que os entrevistados residem em Manaus, 75,3% informaram que residem a 10 anos ou mais na cidade, com 9,9% reportando de 5 a 10 anos. 3 a cada 4 pessoas entrevistadas residem a mais de 10 anos em Manaus.

Dos entrevistados, 94,5% responderam que residem em casas de alvenaria enquanto 3,8% residem em casas mistas (madeira/alvenaria) e os restantes 1,7% residem em casa de madeira, o que demonstra uma segurança frente as intempéries que são comuns na cidade de Manaus, principalmente na época das chuvas, o inverno manauara.

Este trabalho foi avaliado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Humanos com parecer de número 96523518.8.0000.5020.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.3.1. Características geográficas e econômicas dos entrevistados em Manaus-AM

A Figura 3.2 mostra que 96% dos entrevistados reportaram que descartam material orgânico, 87% material plástico, 73% papéis, 47% embalagens de vidro e 41% embalagens de

metal como resíduo em suas residências. Referente ao material plástico, 87% descartam garrafas PET, 87% embalagens de shampoo/condicionador de cabelo, 86% sacos plásticos, 82% garrafas de água sanitária, 79% garrafas de óleo de cozinha e desinfetante, 78% embalagens de sabão para louça, 69% potes de iogurte e 56% embalagens de sabonete líquido.

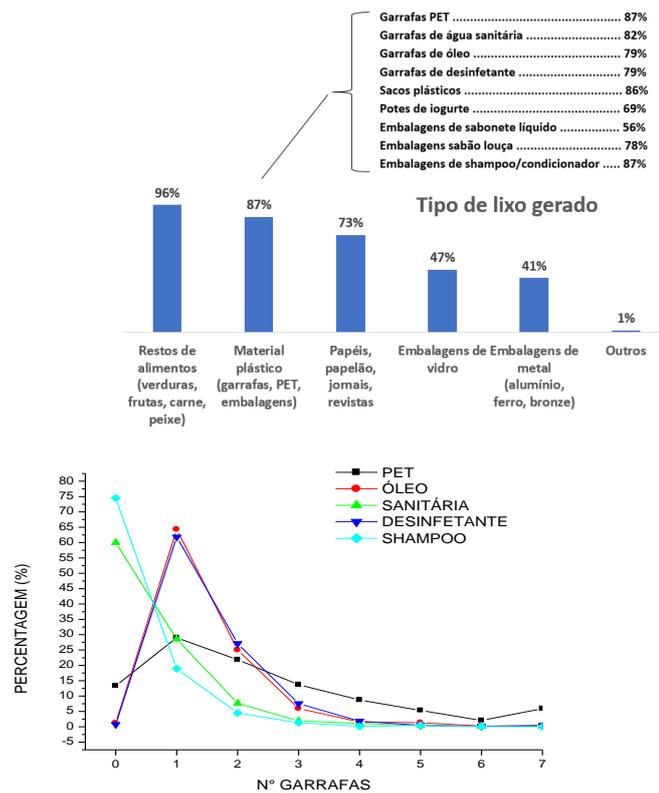


Figura 3.2 – Tipo de lixo gerado nas residências e embalagens plásticas descartadas semanalmente em Manaus-AM.

Para avaliação do potencial de reciclagem, neste trabalho o foco foram as embalagens de plásticos duros, que podem ser reciclados com mais facilidade que os plásticos moles. Na Figura 3.2 é possível verificar a quantidade de cada tipo de embalagem com plástico duro descartada e o seu percentual referente a amostragem realizada nos bairros de Manaus. Considerou-se que as embalagens de refrigerante e óleo comestível consumidas são fabricadas de PET, as embalagens de desinfetante, água sanitária e shampoos/condicionadores são fabricadas com PEAD, enquanto o PP está presente nas tampas de todas estas embalagens, com base no levantamento de campo realizado em supermercados de Manaus. Com relação as embalagens PET, constata-se um descarte médio de 2,55 unidades semanais (11,04 unidades mensais), embalagens PEAD 0,55 unidades semanais (2,38 unidades mensais) e PP 3,10 tampas de embalagens semanais (13,42 tampas mensais), dados por pessoa entrevistada (per capita).

Considerou-se também um peso médio unitário para as embalagens PET de 40 gramas, embalagens PEAD de 20 gramas e para as tampas de 2,9 gramas (valores médios estimados) e para a população de Manaus de 2.130.264 pessoas (IBGE, 2017) para a projeção do potencial reciclável. Estes dados apontam para as quantidades mensais de 940.178 kg de PET (940,18 toneladas), 101.547 kg de PEAD (101,55 toneladas) e 82.887 kg de PP (82,88 toneladas), totalizando 1.124.612 kg de plásticos duros recicláveis (1.124,61 toneladas) que são mensalmente descartados e acabam no lixão, da AM-10. Esta quantidade corresponde a 3,35% do RSU gerados em Manaus, em 2015 (SEMULSP, 2015). Este percentual está alinhado aos valores encontrados em grandes cidades para resíduo sólido, tais como Distrito Federal, Fortaleza e cidades do Sul de Minas Gerais (Tabela 3.3). O valor médio de percentual de plástico encontrado na análise gravimétrica do RSU, em Manaus, apresentada na Tabela 3.1 (13,4%) foi similar ao valor encontrado na Tabela 3.3 (11,4%) referente aos municípios brasileiros selecionados.

Tabela 3.1 – Análise gravimétrica percentual (%) de resíduos sólido urbano em Manaus.

Gravimetria RSU	Santos (2002)	Vilar (2013)	Santos Júnior (2017)	Nascimento (2017)	Média
Papel/Papelão	18,9	23,6	3,5	18,9	16,2
Plásticos	8,6	15,3	11,4	18,5	13,4
Panos/Estopa	2,6	0,0	9,5	0,0	3,0
Metais	4,3	7,4	7,6	3,6	5,7
Couro/Borracha	0,5	0,0	2,0	0,0	0,6
Vidro	2,2	4,6	2,1	2,0	2,7
Madeira	2,9	6,9	18,4	3,6	8,0
Matéria Orgânica	58,7	26,3	43,5	45,2	43,4
Pedra	1,2	0,0	0,0	0,0	0,3
Outros	0,0	16,0	2,0	8,2	6,6
Total	100,0	100,0	100	100,0	100,0

Os percentuais de materiais na análise gravimétrica mostrados na Tabela 3.1 e as quantidades de resíduos de coleta domiciliar de 2015 pela SEMULSP (Tabela 3.2) permitiu estimar as quantidades de resíduos recicláveis geradas diariamente e mensalmente em Manaus, cujos resultados são os seguintes (base 2015):

- a) Plástico (13,4%): 222,04 toneladas/dia – 4.495,01 toneladas/mês
- b) Papel/Papelão (16,2%): 268,43 toneladas/dia – 5.434,14 toneladas/mês
- c) Panos/Estopa (3,0%): 49,71 toneladas/dia – 1.006,34 toneladas/mês

- d) Metais (5,7%): 94,45 toneladas/dia – 1.912,06 toneladas/mês
- e) Couro/Borracha (6,0%): 9,94 toneladas/dia – 201,23 toneladas/mês
- f) Vidro (2,7%): 44,74 toneladas/dia, 905,72 toneladas/mês
- g) Madeira (8,0%): 132,56 toneladas/dia – 2.683,57 toneladas/mês
- h) Matéria Orgânica (43,4%): 719,14 toneladas/dia – 14.558,39 toneladas/mês
- i) Outros (7,0%): 115,99 toneladas/dia – 2.348,12 toneladas/mês

Tabela 3.2 – Quantidade de resíduos coletados, em Manaus, em 2015.

MODALIDADES	MASSA COLETADA	MÉDIA DIÁRIA	PARTICIPAÇÃO RELATIVA (%)
	----- (toneladas/ano) -----		
Coleta Domiciliar	402.535	1.657	63,2
Remoção Mecânica	118.693	523	18,6
Remoção Manual	88.988	366	14,0
Coleta de Poda	5.193	22	0,8
Coleta Hospitalar	800	4	0,1
Coleta Seletiva	478	2	0,1
Terceiros	20.319	84	3,2

Fonte: SEMULSP (2015)

Por outro lado, dados da SEMULSP (2015) mostram que a quantidade de RSU seletivamente coletado é de apenas 0,1% (Tabela 3.2), o que sugere a necessidade de ações concretas urgentes na esfera ambiental para que este percentual aumente, tais como a proposta envolvendo Políticas Públicas para o Gerenciamento Ambiental em cinco etapas (PINTO, 2010): Sensibilização (motivação inicial), Compreensão (das características do ecossistema), Responsabilidade (pela preservação do ecossistema), Competência (ação proativa no ambiente) e Cidadania (mobilização de outras pessoas na prevenção de riscos ambientais). Essas ações combinadas com um planejamento de separação do resíduo domiciliar em duas partes (resíduo orgânico e outros) permitem ser facilmente selecionado em centros de triagem e processamento, gerando renda e emprego para pessoas desempregadas, contribuindo para a diminuição do impacto negativo deste descarte que, atualmente, é direcionado ao lixão, da AM-10.

Tabela 3.3 – Percentuais de plásticos encontrados no RSU em municípios selecionados.

LOCAL	RÍGIDO	MOLE	TOTAL	AUTOR
Rio de Janeiro-RJ	5,5	2,5	8,0	Prefeitura Rio de Janeiro (2015)
Porto de Moz-PA	5,7	4,3	10,0	Souto, Raiman e Albino (2013)
Garibaldi-RS	6,2	2,6	8,9	Ferla (2016)
93 municípios do Brasil-1999/2008	4,6	8,9	13,5	IPEA (2012)
Maria da Fé-MG	n/d	n/d	12,2	Alkmin e Ribeiro Júnior (2016)
Municípios pequeno porte-SC	9,1	10,2	19,3	Dal Pont, Valvassori e Guadagnin (2013)
Pirambú-SE	n/d	n/d	18,2	Casado et al. (2010)
Cáceres-MT	2,0	2,7	4,7	Alcântara (2010)
Brasil	n/d	n/d	2,9	Souza e Guadagnin (2009)
Cocal do Sul- SC	4,8	12,9	17,7	Souza e Guadagnin (2009)
Nova Odessa-SP	5,0	1,0	6,0	Sousa (2015)
Criciúma-SC	9,0	14,0	23,0	Oenning et al. (2012)
Fortaleza-CE	2,1	4,6	6,7	Santos, Zanella e Silva (2008)
Salinas-MG	n/d	n/d	14,1	Costa et al. (2013)
Campo Mourão-PR	n/d	n/d	12,0	Gasques (2013)
Sul Minas Gerais-MG	3,5	3,0	6,5	Franco (2012)
Jaú-SP	3,6	5,9	9,5	Rezende et al. (2013)
Distrito Federal-DF	3,8	4,5	8,3	Gomes (2015)
Garanhuns-PE	n/d	n/d	15,0	Barreto, Melo e Paiva (2015)
	<b>Média</b>		<b>11,4</b>	

n/d = não disponível

### 3.3.2. Distribuição de PET, PEAD E PP nas zonas de Manaus e seu valor econômico

A distribuição do potencial de plástico duro, que pode ser reciclado mensalmente (1.124.612 kg/1.124,61 toneladas), seguiu a estimativa de população de Manaus (IBGE, 2017) proporcional a população de cada bairro componente das seis zonas existentes, nessa cidade (Norte, Leste, Sul, Oeste, Centro-Sul e Centro Oeste). Para a projeção do valor econômico potencial gerado considerou-se preços de R\$ 3,50/kg para o PET e R\$ 3,00/kg para o PEAD e PP, valores obtidos junto a empresas recicladoras e produtoras de peças plásticas injetadas do Polo Industrial de Manaus – PIM.

#### 3.3.2.1. Contribuição do PET

A contribuição mensal do PET descartado por regiões da cidade e mostrado na Figura 3.3, cujo total 940.178 kg – R\$ 3.290.623,00 se distribui como segue:

- a) Região Norte (R\$ 921.014,50 mensais): 28% do total de PET descartado (263.147 kg), destacando-se os bairros Cidade Nova (6,77% - 63.619 kg), Novo Aleixo (5,40% - 50.740 kg) e Cidade de Deus (3,92% - 36.838 kg).

- b) Região Leste (R\$ 823.406,50): 25% (235.259 kg), destacando-se os bairros Jorge Teixeira (6,31% - 59.283 kg), São José Operário (3,70% - 34.752 kg) e Gilberto Mestrinho (3,09% - 29.068 kg).
- c) Região Sul (R\$ 526.613,50): 16% (150.461 kg), destacando-se os bairros Japiim (2,98% - 28.030 kg), Petrópolis (2,30% - 21.643 kg) e Centro (1,85% - 17.428 kg).

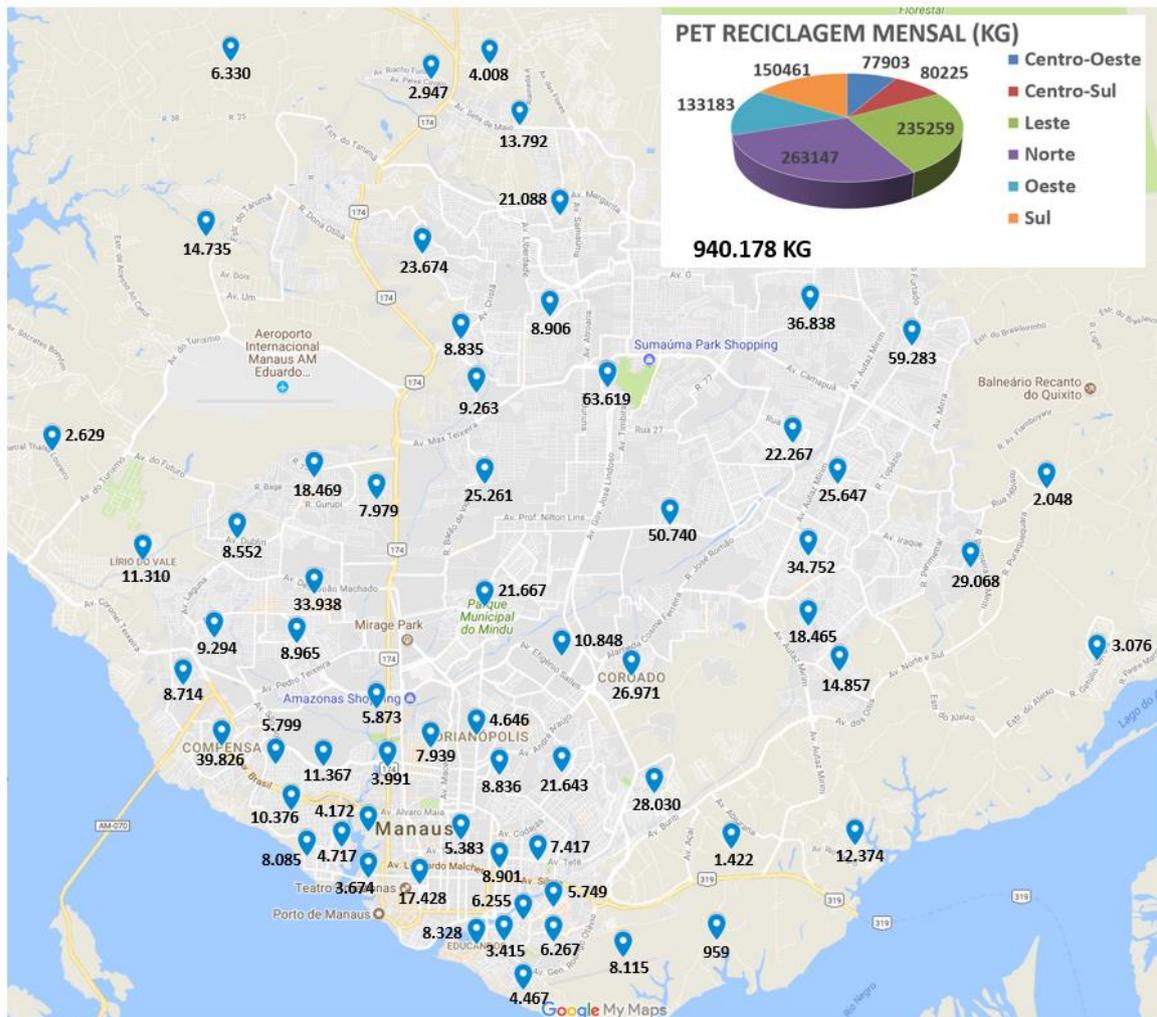


Figura 3.3 – Potencial mensal de garrafas PET para reciclagem em Manaus-AM.

- d) Região Oeste (R\$ 466.140,50): 14% (133.183 kg), destacando-se os bairros: Compensa (4,24% - 39.826 kg), Tarumã (1,57% - 14.735 kg) e São Jorge (1,21% - 11.367 kg).
- e) Região Centro-Sul (R\$ 280.787,50): 9% (80.225 kg), destacando-se os bairros Flores (2,69% - 25.261 kg), Parque 10 de Novembro (2,30% - 21.667 kg) e Aleixo (1,15% - 10.848 kg).

- f) Região Centro-Oeste (R\$ 272.660,50): 8% (77.903 kg), destacando-se os bairros Alvorada (3,61% - 33.938 kg), Redenção (1,96% - 18.469 kg) e Dom Pedro (0,95% - 8.965 kg)

### 3.3.2.2. Contribuição do PEAD

A contribuição mensal referente ao PEAD descartado, mostrada na Figura 3.4, por regiões da cidade (total 101.546 kg – 304.638,00) se distribui como segue:

- a) Região Norte (R\$ 85.266,00): 28% do total de PEAD descartado (28.422 kg), destacando-se os bairros Cidade Nova (6,77% - 6.871 kg), Novo Aleixo (5,40% - 5.481 kg) e Cidade de Deus (3,92% - 3.978 kg).
- b) Região Leste (R\$ 76.230,00): 25% (25.410 kg), destacando-se os bairros Jorge Teixeira (6,31% - 6.403 kg), São José Operário (3,70% - 3.753 kg) e Gilberto Mestrinho (3,09% - 3.140 kg).
- c) Região Sul (R\$ 48.750,00): 16% (16.250 kg), destacando-se os bairros Japiim (2,98% - 3.027 kg), Petrópolis (2,30% - 2.338 kg) e Centro (1,85% - 1.882 kg).
- d) Região Oeste (R\$ 43.155,00): 14% (14.385 kg), destacando-se os bairros: Compensa (4,24% - 4.302 kg), Tarumã (1,57% - 1.592 kg) e São Jorge (1,21% - 1.228 kg).
- e) Região Centro-Sul (R\$ 25.995,00): 9% (8.665 kg), destacando-se os bairros Flores (2,69% - 2.728 kg), Parque 10 de Novembro (2,30% - 2.340 kg) e Aleixo (1,15% - 1.172 kg).
- f) Região Centro-Oeste (R\$ 25.242,00): 8% (8.414 kg), destacando-se os bairros Alvorada (3,61% - 3.666 kg), Redenção (1,96% - 1.995 kg) e Dom Pedro (0,95% - 968 kg)

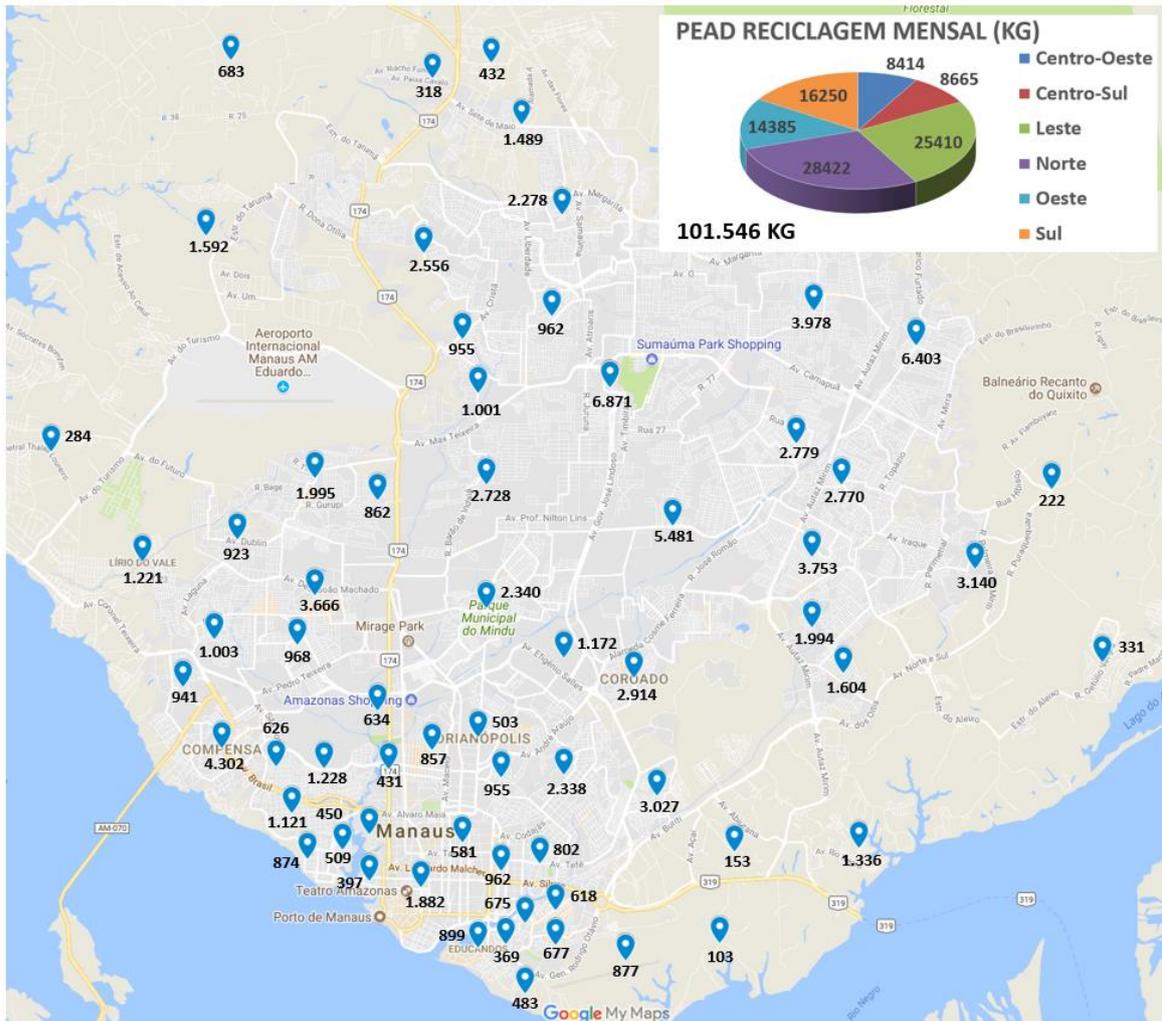


Figura 3.4 – Potencial mensal de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) para reciclagem em Manaus-AM.

### 3.3.2.3. Contribuição do PP

Verifica-se na Figura 3.5 que a contribuição mensal referente ao PP descartado por regiões da cidade (total 82.888 kg – R\$ 248.664,00) se distribui como segue:

- Região Norte (R\$ 69.597,00): 28% do total de PP descartado (23.199 kg), destacando-se os bairros Cidade Nova (6,77% - 5.609 kg), Novo Aleixo (5,40% - 4.473 kg) e Cidade de Deus (3,92% - 3.248 kg).
- Região Leste (R\$ 62.223,00): 25% (20.741 kg), destacando-se os bairros Jorge Teixeira (6,31% - 5.226 kg), São José Operário (3,70% - 3.064 kg) e Gilberto Mestrinho (3,09% - 2.563 kg).
- Região Sul (R\$ 39.795,00): 16% (13.265 kg), destacando-se os bairros Japiim (2,98% - 2.471 kg), Petrópolis (2,30% - 1.908 kg) e Centro (1,85% - 1.536 kg).

- d) Região Oeste (R\$ 35.226,00): 14% (11.742 kg), destacando-se os bairros: Compensa (4,24% - 3.511 kg), Tatumã (1,57% - 1.299 kg) e São Jorge (1,21% - 1.002 kg).
- e) Região Centro-Sul (R\$ 21.219,00): 9% (7.073 kg), destacando-se os bairros Flores (2,69% - 2.227 kg), Parque 10 de Novembro (2,30% - 1.910 kg) e Aleixo (1,15% - 956 kg).
- f) Região Centro-Oeste (R\$ 20.604,00): 8% (6.868 kg), destacando-se os bairros Alvorada (3,61% - 2.992 kg), Redenção (1,96% - 1.628 kg) e Dom Pedro (0,95% - 790 kg)

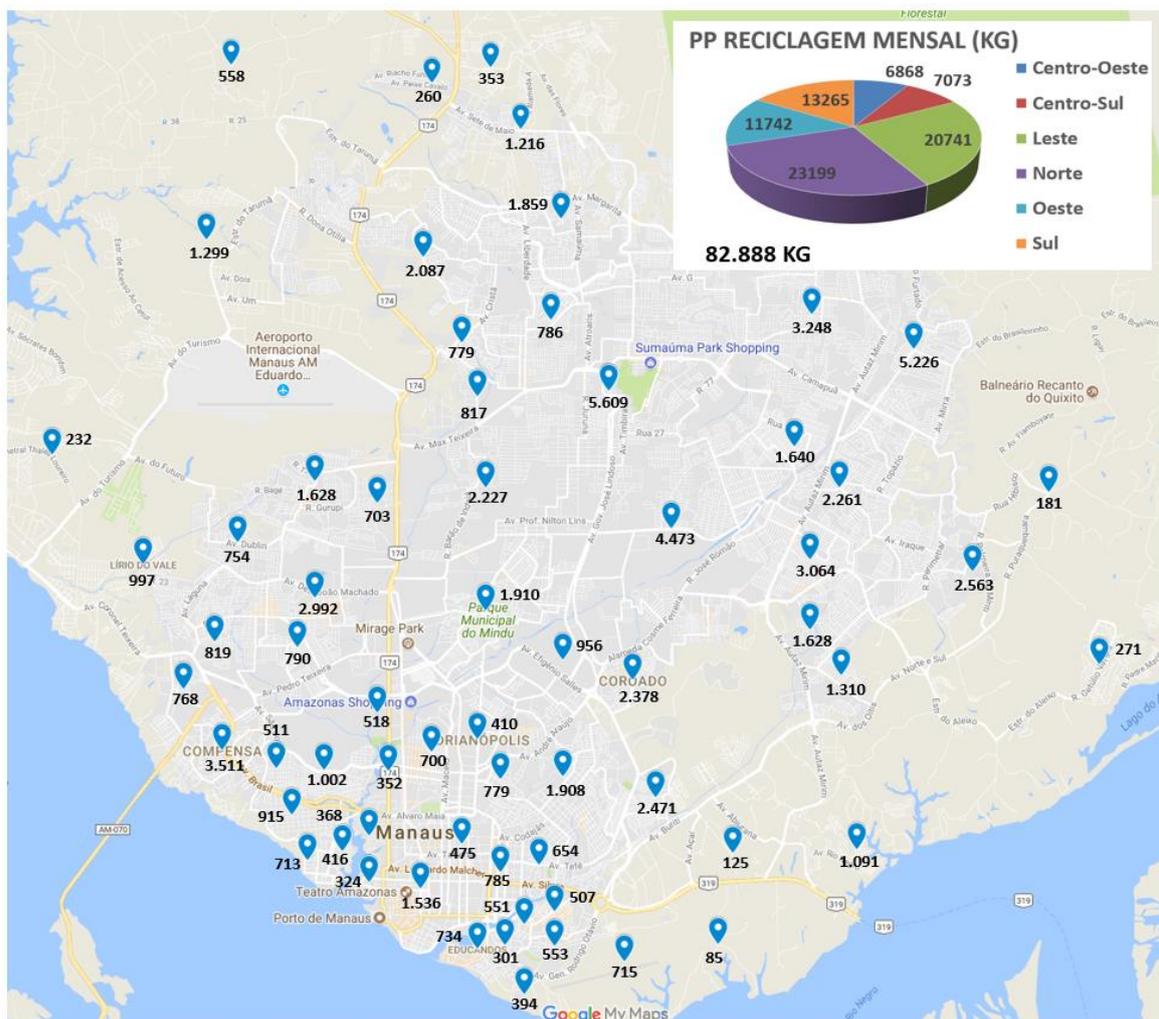


Figura 3.5 – Potencial mensal de PP (Polipropileno) para reciclagem em Manaus-AM.

### 3.3.2.4. Contribuição do Plástico Duro

A Figura 3.6 mostra que a contribuição mensal do plástico duro descartado por regiões da cidade (total 1.124.612 kg – R\$ 3.843.925,00) se distribui como segue:

- g) Região Norte (R\$ 1.075.877,50): 28% do total descartado (314.769 kg), destacando-se os bairros Cidade Nova (6,77% - 76.099 kg), Novo Aleixo (5,40% - 60.693 kg) e Cidade de Deus (3,92% - 44.065 kg).
- h) Região Leste (R\$ 961.859,50): 25% (281.409 kg), destacando-se os bairros Jorge Teixeira (6,31% - 70.913 kg), São José Operário (3,70% - 41.569 kg) e Gilberto Mestrinho (3,09% - 34.770 kg).
- i) Região Sul (R\$ 615.158,50): 16% (179.976 kg), destacando-se os bairros Japiim (2,98% - 33.528 kg), Petrópolis (2,30% - 25.889 kg) e Centro (1,85% - 20.847 kg).
- j) Região Oeste (R\$ 544.521,50): 14% (159.309 kg), destacando-se os bairros: Compensa (4,24% - 47.639 kg), Tarumã (1,57% - 17.626 kg) e São Jorge (1,21% - 13.597 kg).
- k) Região Centro-Sul (R\$ 328.001,50): 9% (95.963 kg), destacando-se os bairros Flores (2,69% - 30.216 kg), Parque 10 de Novembro (2,30% - 25.918 kg) e Aleixo (1,15% - 12.976 kg).
- l) Região Centro-Oeste (R\$ 318.506,50): 8% (93.186 kg), destacando-se os bairros Alvorada (3,61% - 40.596 kg), Redenção (1,96% - 22.092 kg) e Dom Pedro (0,95% - 10.724 kg)

O potencial anual em termos monetários do plástico duro a reciclar totaliza uma quantidade de 13.495 toneladas e um montante de R\$ 46.127.100,00 valorados ao preço médio de mercado. Considerando-se o potencial de reciclagem das Zonas Norte e Leste da cidade (53% do total) combinadas, as quais geram R\$ 2.037.737,50 mensais (R\$ 24.452.844,00 anuais) indica ser as áreas, da cidade, para implementação de um programa de reciclagem.

Considerando-se, ainda, que os recursos gastos na remoção de lixo nos igarapés de Manaus -2014 de 7.530 toneladas – R\$ 10.300.000,00 e 2015 de 8.400 toneladas – R\$ 11.500.000,00 (SANTOS JÚNIOR, 2017), poderiam ter sido aplicados em campanhas de conscientização dos cidadãos para um correto acondicionamento e separação de resíduos ou, por exemplo, no apoio a projeto de desenvolvimento de sacos plásticos biodegradáveis (plástico verde), o que favoreceria o reaproveitamento e a não contaminação dos igarapés da cidade.

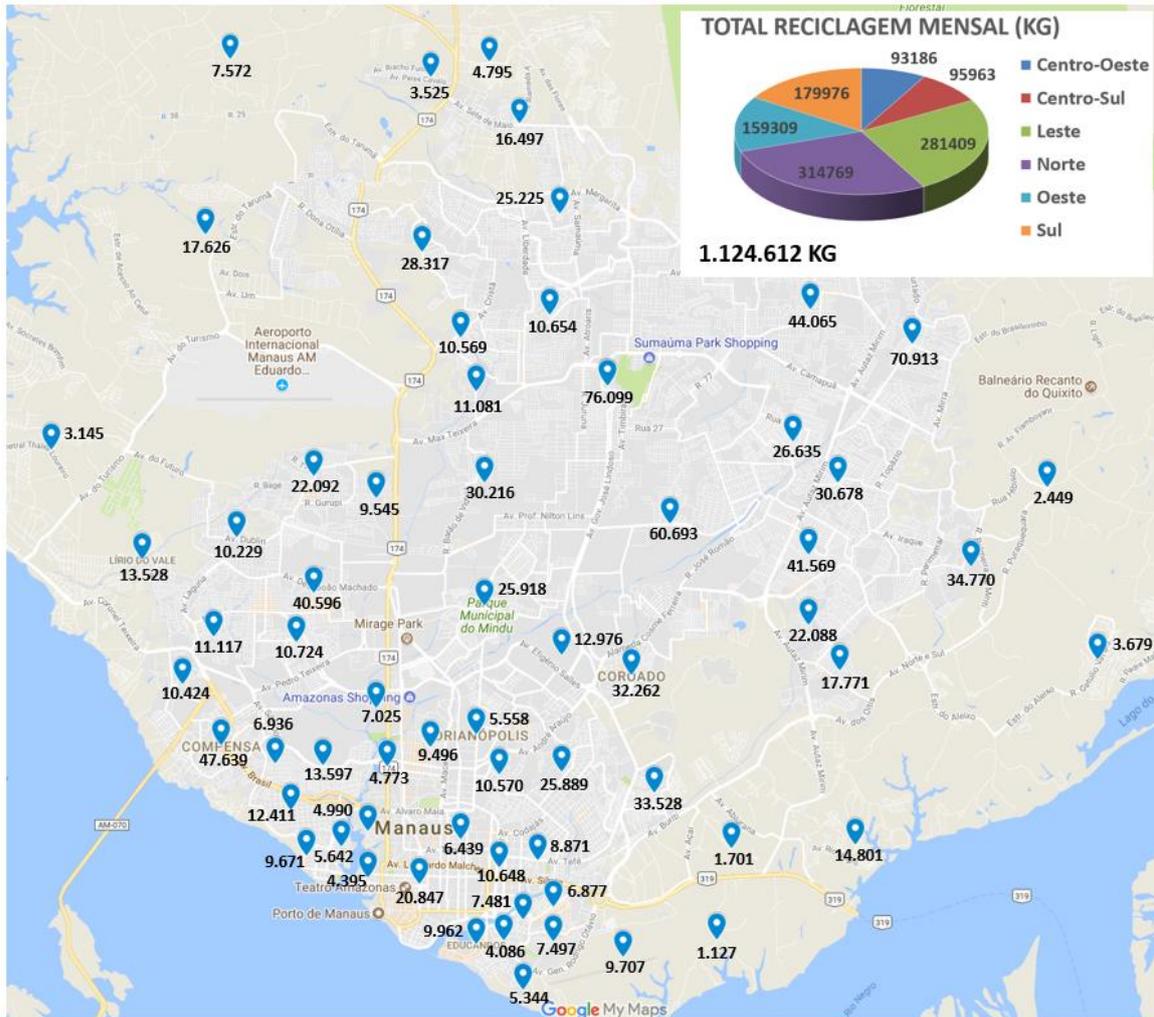


Figura 3.6 – Potencial mensal total de plásticos selecionados para reciclagem em Manaus-AM.

### 3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O material plástico descartável foi o PET de embalagens de shampoo/condicionador, de sacos plásticos, de garrafas: de água sanitária, óleo de cozinha, desinfetantes, de sabão para louça e sabonete líquido, e potes de iogurte. O percentual de plástico no RSU é de 13,4% (222 toneladas/dia – 4.495 toneladas/mês) e o plástico considerado duro (PET, PEAD e PP) corresponde a 3,35% dos RSU gerados, em Manaus. O potencial mensal dos plásticos duros compreende: PET 940,20 toneladas (valor econômico R\$ 3,290 milhões), PEAD 110,55 toneladas (R\$ 0,304 milhões) e PP 82,89 toneladas (R\$ 0,249 milhões), gerando um total de 1.124,6 toneladas (R\$ 3,84 milhões) que pode alcançar a quantidade anual de 13.495 toneladas com valor econômico de R\$ 46,13 milhões, quantia muito significativa que atualmente está sendo descartada no aterro sanitário existente, no km 19, da rodovia AM-10. Na implantação

de um programa de coleta seletiva os resultados mostram que as Zonas Norte e Leste da cidade teriam um potencial de 53% do total para a reciclagem.

## REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. São Paulo: Abrelpe, 2016.
- ALCANTARA, A. J. O. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DO MUNICÍPIO DE CÁCERES-MT. Dissertação de Mestrado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, 2010.
- ALKMIN, D. V.; RIBEIRO JUNIOR, L. U. DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DO LIXÃO DO MUNICÍPIO DE MARIA DA FÉ, ESTADO DE MINAS GERAIS. Revista Caminhos de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia – UFU, v. 18, n. 61, p. 65–82, 2016.
- ARAÚJO, J. G. ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOS ELETROELETRÔNICOS RESIDENCIAIS EM MANAUS-AM. Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia – PPGCASA. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2013.
- BARRETO, E. V.; MELO, E. S. R. L.; PAIVA, G. F. A. V. ANÁLISE DE COMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO EM POLÍTICA PÚBLICA DE SANEAMENTO. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS, 2015.
- CASADO, A. P. B.; BRASILEIRO, G. M. A.; LIMA, A. P. S.; Fábio José Farias SOARES, F. J. F.; ALMEIDA, L. C.; MENEZES, M. L. J. DIAGNÓSTICO DA GESTÃO E ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PIRAMBU/SE. 3º Simpósio Ibero Americano de Ingeniería de Resíduos e 2º Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos. 2010.
- CONKE, L. S.; NASCIMENTO, E. L. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 10(1), 199-212, 2018.
- COSTA, L. E. B.; COSTA, S. K.; REGO, N. A. C.; SILVA JUNIOR, M. F. GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOMICILIARES E PERFIL SOCIOECONÔMICO NO MUNICÍPIO DE SALINAS, MINAS GERAIS. Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.3, n.2, 2012.
- DAL PONT, C. B.; VALVASSORI, M. I.; GUADAGNIN, M. R. Estudo de Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos de Seis Municípios de Pequeno Porte do Sul de Santa Catarina. 4º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. Porto Alegre. 2013.
- FERLA, F. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS AVALIANDO O POTENCIAL PARA COMPOSTAGEM E RECICLAGEM NO MUNICÍPIO DE GARIBALDI/RS. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental do Centro Universitário UNIVATES. 2016.

FRANCO, C. S. Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e percepção dos hábitos de descarte no sul de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Lavras – UFL, 2012.

GASQUES, A. C. F. ANÁLISE DA GESTÃO E DO GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA CIDADE DE CAMPO MOURÃO – PR. Universidade Estadual de Maringá. Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. 2013.

GODECKE, M. V.; FIGUEIREDO, J. A. S.; NAIME, R. H. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. 2013. Ecodebate. Site de informações, artigos e notícias socioambientais. Disponível em < <https://www.ecodebate.com.br/> > Acesso em 20/06/2018.

GOMES, P. C. R. RELATÓRIO DA ANÁLISE GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO DISTRITO FEDERAL – 2015. Serviço de Limpeza Urbana – SLU, Governo de Brasília, 2015.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a waste - A global review of solid waste management. Washington: World Bank, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Diretoria de Pesquisas - DPE, Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS. Estimativas populacionais dos municípios para 2017. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos. 2012.

MEIRELES, V. K. A. GESTÃO E TRATAMENTO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS PRODUZIDOS PELO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS: TECNOLOGIAS E SUSTENTABILIDADE. Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia – PPGCASA. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2016.

NASCIMENTO, E. RESUMO EXECUTIVO PLANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E COLETA SELETIVA: REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS. RESÍDUOS SÓLIDOS AMAZONAS. PRSCS OUTUBRO 2017. 2017.

NASCIMENTO, V. C. ECOPARQUE INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE DE MODELO CONCEITUAL PARA O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS – PIM. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – PPGPROD. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2017.

OENNING, A. S.; CARDOSO, M. A.; DAL PONT, C. B.; LIMA, B. B.; VALVASSORI, M. L. ESTUDO DE COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA. Revista Iniciação Científica, v. 10, n. 1, Criciúma, Santa Catarina, 2012.

OLIVEIRA, M. C. R. AÇÃO COLETIVA E AMBIENTE: as associações de catadores de papelão na cidade de Manaus. Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia – PPGCASA. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2010.

PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. 2015.

- REIS, D.; FRIEDE, R.; LOPES, F. H. P. Política nacional de resíduos sólidos (Lei no 12.305/2010) e educação ambiental. *Revista Interdisciplinar de Direito*, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 99-111, 2018.
- REZENDE, J. H.; CARBONI, M.; MURGEL, M. A. T.; CAPPS, A L. A. P.; TEIXEIRA, H. L.; SIMÕES, G. T. S.; RUSSI, R. R.; LOURENÇO, B. R. L.; OLIVEIRA, C. A. Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.18, n.1, pp. 1-8, 2013.
- RODRIGUES, M. V. S. ANÁLISE DA GESTÃO DO SERVIÇO MUNICIPAL DA COLETA SELETIVA EM MANAUS - AM. Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia – PPGCASA. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2010.
- SANTOS JÚNIOR, A. B. ABORDAGEM ECONÔMICA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE IGARAPÉS URBANOS DE MANAUS. Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia – PPGCASA. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2017.
- SANTOS, G. O.; ZANELLA, M. E.; SILVA, L. F. F. CORRELAÇÕES ENTRE INDICADORES SOCIAIS E O LIXO GERADO EM FORTALEZA, CEARÁ, BRASIL. *Revista Eletrônica do Prodepa (REDE)*, 2008.
- SANTOS, M. C. Lixo: Curiosidades e conceitos. Manaus: Editora UFAM, 2002. 169 p.
- SCHUYLER, Q.; HARDESTY, B. D.; LAWSON, T. J.; OPIE, K.; WILCOX, C. Economic incentives reduce plastic inputs to the ocean. *Marine Policy*. April 2018.
- SECRETARIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – SEMULSP. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Manaus (PMGIRS). 2015.
- SILVA, M. A. P. DO “CATAR” PAPELÃO À VENDA DE APARAS: ESTUDO DOS PROCESSOS DE TRABALHO DOS CATADORES DE PAPELÃO DA CIDADE DE MANAUS-AM. Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia – PPGCASA. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2011.
- SOBRAL, P.; FRIAS, J.; MARTINS, J. Microplásticos nos oceanos - um problema sem fim à vista. *Sociedade Portuguesa de Ecologia. Revista Ecologi@ 3*: 12-21. 2011.
- SOUSA, R. F. EXPERIÊNCIAS EM CAMPO COM GRAVIMETRIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS COM BASE NO IPVS (ÍNDICE PAULISTA DE VULNERABILIDADE SOCIAL). Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos – CONSIMARES. 2015.
- SOUTO, F. B. D; RAIMAM, M. P.; ALBINO, U. B. RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM PORTO DE MOZ – PA: PROBLEMAS E OPORTUNIDADES. *Revista Geográfica Acadêmica* v.7, n.2, pp. 85-94. Universidade Federal de Roraima – UFRR. 2013.
- SOUZA, G. C.; GUADAGNIN, M. R. CARACTERIZAÇÃO QUANTITATIVA E QUALITATIVA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: O MÉTODO DE QUARTEAMENTO NA DEFINIÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA EM COCAL DO SUL-SC. 3º Seminário Regional de resíduos Sólidos. Universidade de Caxias do Sul – UCS, 2009.
- VILAR, P. K. A. C. ANÁLISE DA COLETA SELETIVA NA MODALIDADE DOS PONTOS DE ENTREGA VOLUNTÁRIA (PEV) NA CIDADE DE MANAUS/AM. Dissertação de Mestrado em Processos Construtivos e Saneamento Urbano, área de concentração: Saneamento

Urbano – (PPCS) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).  
2015.

#### 4. COMPÓSITOS DE *WOOD PLASTIC*: CONSIDERAÇÕES GERAIS

Antonio Claudio Kieling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor Assistente do Departamento de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade Estadual do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: antonio.kieling@yahoo.com

Genilson Pereira Santana<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: gsantana2005@gmail.com

Maria Cristina dos Santos<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Professora Titular do Laboratório de Imunoquímica, do Departamento de Parasitologia, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: mcsantos@ufam.edu.br

**RESUMO:** O plástico se tornou um passivo ambiental de ordem mundial e qualquer solução contribuirá para reduzir este problema. Dentre as soluções existentes se encontra a *wood plastic*, um compósito de plástico e componentes de madeira, como fibras, serragem, sabugo de milho, casca de arroz, etc. Este trabalho tem como objetivo mostrar alguns aspectos da *wood plastic* como evolução histórica, composição, produção e aplicação. Inicialmente, é apresentada uma evolução histórica da *wood plastic* no mundo e no Brasil. Os dados obtidos da literatura mostram que a *wood plastic* pode ser produzida de diversos materiais, destacando-se a serragem de madeira sendo incorporada com termoplásticos recicláveis. Esta revisão mostra também que a produção de *wood plastic* tem valores significativos no mercado mundial de plástico, principalmente na China e Estados Unidos da América. Finalmente, evidenciou-se que a *wood plastic* possui diversas aplicações no mercado mundial, sendo comercializada normalmente como utensílios domésticos, na construção civil e naval, entre outras.

**PALAVRAS-CHAVE:** Evolução Histórica, Termoplásticos Recicláveis, Produção e Aplicação de *Wood Plastic*

**ABSTRACT:** Plastic has become a world-class environmental liability and any solution will help reduce this problem. Among the existing solutions are *wood plastic*, a plastic composite and components of wood, such as fibers, sawdust, corn cob, rice husk, etc. This work aims to show some aspects of *wood plastic* as historical evolution, composition, production and application. Initially, a historical evolution of *wood plastic* is presented in the world and in Brazil. The data obtained from the literature show that the *wood plastic* can be produced of diverse materials, standing out the wood sawing being incorporated with recyclable thermoplastics. This review also shows that the production of *wood plastic* has significant values in the world plastic market, mainly in China and the United States of America. Finally, it was evidenced that *wood plastic* has several applications in the world market, and is usually marketed as domestic utensils, in civil and naval construction, among others.

**KEYWORDS:** Historical Evolution, Recyclable Thermoplastics, Production and Application of *Wood plastic*

#### 4.1. INTRODUÇÃO

Os materiais compósitos já existem há muitos séculos. O primeiro registro do aparecimento de materiais compósitos remonta à antiga civilização egípcia, com a introdução do contraplacado e a utilização de um composto de palha com lama para o reforço de tijolos e sarcófagos (BADR et al., 2018). Nos últimos anos, os compósitos podem ser encontrados em diversas áreas, tais como engenharia civil, industrial, estruturas residenciais e monumentos históricos, entre outros (BRIGANTE, 2014).

Embora não haja definição universalmente aceita, um material compósito pode ser visto como um sistema composto de dois ou mais constituintes que diferem em forma ou composição material e/ou que são essencialmente insolúveis um no outro. Em princípio, qualquer combinação de dois ou mais materiais como metálicos, poliméricos ou cerâmicos pode ser usada, porém os constituintes mais empregados são fibra, partícula, lâmina, camada, floco ou carga e matriz. A matriz constitui o corpo ou fase contínua, servindo para dar forma ao compósito; os outros constituintes são denominados estruturais, pois determinam a estrutura interna do compósito. Na prática, a maioria das composições dos compósitos consiste de um material, chamado matriz e outro material chamado de reforço, adicionado principalmente para aumentar a resistência mecânica e a rigidez da matriz, mas também, por vezes, para modificar a sua condutividade térmica ou resistividade elétrica (CARDARELLI, 2018).

Composto de plástico de madeira (WPC) é um composto feito de madeira e termofixo ou termoplástico. Os materiais compósitos estão classificados em três grupos principais: compósitos reforçados com partículas, compósitos reforçados com fibras e compósitos estruturais conforme Figura 1 (CALLISTER; RETHWISCH, 2016). Os compósitos reforçados com fibras em matriz polimérica (CMP) são os mais comuns, sendo os mais conhecidos os polímeros reforçados com fibras (PRF), anteriormente considerados compósitos à base de resina (CBR). Esses materiais usam uma resina à base de polímero como matriz, e fibras como o reforço. Por ter relações resistência-peso e rigidez-peso muito elevadas (chamadas de resistência específica e módulo específico), os PRF são os mais comuns e importantes tecnologicamente. A Figura 4.1 apresenta uma visão esquemática dos materiais compósitos.

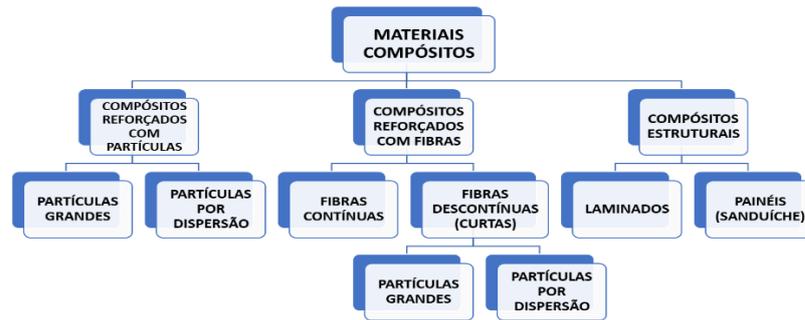


Figura 4.1 - Classificação dos tipos de compósitos utilizando vários tipos de reforço. Fonte: (Adaptado de Callister e Rethwisch, 2016).

Dentre os CBR, a *wood plastic* é um produto novo que vem substituindo com vantagens a madeira natural, sendo ecologicamente correta e fabricada a partir da transformação de matérias-primas reaproveitáveis (naturais ou não) e de materiais recicláveis, como resíduos de diversos tipos de plástico e fibras vegetais. A *wood plastic* apresenta todas as vantagens que o plástico em si tem: não racha, não dá cupim nem mofo, não sofre a ação de pragas, insetos e nem roedores, é resistente a umidade, maresia e ao apodrecimento, podendo ser utilizada em todos os ambientes hostis à madeira tradicional, e não requer nenhum tipo de tratamento especial. Além disso, apresenta maior agarre a pregos e parafusos, não solta farpa e pode ser trabalhada com as mesmas ferramentas da madeira e não precisa ser envernizada. A produção de *wood plastic* com materiais recicláveis tem como base qualquer tipo de plástico reciclável, podendo ser agregado até 40% de fibras vegetais, como serragem, fibra de coco, bambu, borra de café, sabugo de milho, casca de arroz, algodão, folhas, e mais uma infinidade de outras fibras. É possível acrescentar também corantes na mistura, fazendo qualquer tipo de cor desde que o resíduo plástico a ser usado seja claro (KLYOSOV, 2007). Este trabalho tem como objetivo mostrar alguns aspectos da *wood plastic* como evolução histórica, composição, produção e vantagens/desvantagens.

#### 4.2. MATERIAIS E MÉTODOS

Uma busca acadêmica de publicações utilizando-se as bases de dados do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e as ferramentas de pesquisa Google Acadêmico e Scielo foi realizada, considerando o período de 2007 a 2018. As palavras chave “*wood plastic composite*” e “*wood plastic production*” foram

utilizadas como descritores deste trabalho. A lista inicial foi analisada, sendo excluídos dados não relacionados aos objetivos deste trabalho. Realizou-se também uma busca em livros técnicos na base de dados do Google Livros, utilizando-se como descritores as mesmas palavras chave anteriormente mencionadas.

#### 4.3. HISTÓRICO DE *WOOD PLASTIC*

Estudos realizados mostram que os primeiros projetos de *wood plastic*, na década de 50, utilizaram pó de madeira e PP na fabricação de partes internas de carros. Na década de 70 do século XX, na Itália, foi patenteado um processo de extrusão de *wood plastic* para uma mistura de 50% de pó de madeira e 50% de PP em que o material era inicialmente misturado com uma extrusora dupla rosca e depois extrudado em forma de lâminas (filmes) também para partes interiores de automóveis (ZOCH, 2013). Nas próximas décadas quem tomou parte das pesquisas relacionadas foram os Estados Unidos, ampliando as formas de utilização da *wood plastic*. O primeiro registro da produção de *wood plastic* também ocorreu na década de 1970, cujo processo de fabricação foi inicialmente desenvolvido na Europa e no Japão. A matéria-prima utilizada era sucatas plásticas pós-industriais, que eram os únicos resíduos plásticos disponíveis e baratos na época. No entanto, a baixa competitividade da *wood plastic* produzida levou ao fechamento dessa indústria no Japão (BRASIL, 2017).

Ainda nos anos 70, do século XX, o holandês Eduard Klobbie desenvolveu um sistema de transformação de resíduos de resina sintética termoplástica em um produto similar a *wood plastic*. Na década de 1980, algumas empresas passaram a utilizar o sistema de Klobbie para processar diversos tipos de resíduos plásticos e, desde então, a reciclagem mecânica de plásticos vem sendo desenvolvida (ALMEIDA, 2013). No entanto, houve um uso limitado do composto de plástico de madeira antes da década de 1980, devido à falta de familiaridade entre as indústrias de madeira e plástico. Em comum, existem muito poucos fornecedores de materiais e equipamentos e materiais de processo de forma muito diferente e em diferentes escalas (DAC, 2016). No início, a madeira era usada como material de preenchimento para termoplásticos com o uso de lascas de madeira recicladas ou farinha de madeira. Têm algumas vantagens claras em comparação com enchimentos inorgânicos e reforços: mais leves, menos abrasivos, renováveis e de baixo custo. Além disso, melhora a rigidez e a estabilidade dimensional com um aumento mínimo de peso. Em virtude da necessidade de reduzir a quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) nos aterros sanitários devido à falta de espaço físico e ao elevado custo de transporte, no

final da década de 1980, principalmente nos Estados Unidos iniciou a produção de *wood plastic* como uma alternativa importante para a redução da disposição final dos resíduos plásticos nesses aterros sanitários (PINHO, 2011). O primeiro experimento industrial da WPC é o interior automotivo fabricado pela American Woodstock, em 1983. Eles produziram substratos de painéis WPC usando tecnologia de extrusão italiana. Polipropileno com aproximadamente 50% de farinha de madeira foi extrudido em uma folha plana que foi então formada em várias formas para painéis automotivos interiores. Esta foi uma das primeiras grandes aplicações da tecnologia WPC nos Estados Unidos (DAC, 2016).

A *wood plastic* era utilizada como matéria-prima para a fabricação de mesas de piquenique e bancos de jardim. Posteriormente, durante a década de 1990, foram desenvolvidas tecnologias com a finalidade de produzi-la para substituir a madeira natural em outras estruturas usadas em jardins, como cercas e decks. A falta de padrões e de especificações da indústria de estrutura foi vista como barreira para a aplicação da *wood plastic*, principalmente no setor de construção civil (ALMEIDA, 2013). No Japão, a empresa Ein Co. Ltd. Patenteou a marca E-Wood que consiste em um compósito plástico-madeira cuja composição básica é de 55% de madeira e 45% de PP. A empresa ainda possui 75 patentes referentes ao compósito plástico-madeira. Em Taiwan, uma empresa iniciou, em 2003, a produção de perfis, pisos e molduras a partir de compósitos plástico-madeira com nome Eubert (BORENSTAIN, 2014).

Embora seja conhecido e há muitas pesquisas em várias décadas, este ainda é um material novo para muitas pessoas. Recentemente, no entanto, a indústria de plásticos de madeira tem crescido muito em todo o mundo, da América do Norte à Europa e Ásia. Ainda no início dos anos 90, a *Advanced Environmental Recycling Technology* (AERT) e uma divisão da *Mobil Chemical Company* (mais tarde transformada em Trex) começaram a produzir WPCs sólidos consistindo em aproximadamente 50% de fibra de madeira em polietileno. Estes produtos incluem tábuas de convés, madeiras de paisagem, mesas de piquenique e piso industrial. Compósitos similares foram triturados em componentes de janelas e portas. Hoje, o mercado de decks é o maior e mais veloz mercado de WPC. Também no início da década de 1990, a Strandex Corporation começou a produzir perfis e formas de WPC extrudados diretamente no formato final, sem a necessidade de fresamento ou posterior conformação. Em 1993, a Andersen Corporation começou a fabricar WPCs com base em PVC, como perfis de porta e depois caixilhos de janelas. Desde meados dos anos 90, século XX, outros fabricantes de WPC começaram a expandir este mercado. Em 1996, várias empresas norte-americanas

começaram a fornecer pellets de madeira ou outras fibras naturais e plástico (chamado composto WPC) para muitos fabricantes que não querem misturar seu próprio material. Ainda nessa época, a atividade na indústria de WPC aumentou drasticamente com o rápido desenvolvimento da tecnologia e muitos participantes ingressaram no mercado. A primeira Conferência Internacional sobre Compósitos Plásticos de Fibra de Madeira foi realizada em Wisconsin, Estados Unidos, em 1991, onde pesquisadores e representantes industriais de indústrias de plástico e florestais compartilharam ideias e cooperação. O crescimento no mercado de WPC foi realmente impressionante, nos Estados Unidos, de cerca de 50.000 toneladas, em 1995, para 600.000 toneladas, em 2003, e 1,3 milhões de toneladas, em 2015, ocupando 48% do mercado mundial, seguido por China e Europa, com 33% e 9%, respectivamente. As aplicações de construção civil em edifícios (especialmente decks e corrimões) ainda são o maior mercado de WPC, seguido pelo interior automotivo e móveis. A demanda crescente por compósitos de plástico de madeira como substituto de baixo custo e ambientalmente correto para componentes de plástico e aço em aplicações de construção deve impulsionar significativamente o crescimento do mercado (DAC, 2016).

Os primeiros trabalhos envolvendo a *wood plastic*, no Brasil, foram desenvolvidos no IMA (Instituto de Macromoléculas) da UFRJ, na década de 1990, sendo formada a primeira linha de pesquisa regular sobre o assunto. Com essas pesquisas, desenvolveu-se posteriormente uma formulação de *wood plastic* consistindo em uma mistura de polietilenos reciclados (75% de PEBD e 25% de PEAD). O IMA desenvolveu ainda o IMAWOOD®, uma "*wood plastic*", obtida a partir de resíduos sólidos urbanos, constituídos principalmente de sacos de plásticos descartados, empregados em embalagens diversas. O material desenvolvido apresentava potencial de ser aplicado na indústria de construção civil, em divisórias, pisos, treliças, e também na agropecuária, na construção de mourões de cerca, estábulos e estrados diversos (PAULA; COSTA, 2012).

As prefeituras das cidades do Rio de Janeiro e São Paulo incentivaram o mercado de *wood plastic* brasileiro adquirindo tampas de bueiros produzidas com *wood plastic*, minimizando os sistemáticos furtos destes produtos fabricados com ferro fundido em função de seu maior valor comercial (OLIVEIRA; OLIVEIRA; COSTA, 2013).

#### 4.4. COMPONENTES DE *WOOD PLASTIC*

A *wood plastic* apresenta em sua composição uma mistura em proporção definida de seus componentes: serragem/fibras de madeira e termoplástico. A combinação da baixa densidade, resistência química, custo baixo e um balanço entre rigidez e tenacidade permite que termoplásticos desempenhem papel importante na produção de *wood plastic* (CALLISTER JR; RETHWISCH, 2016).

Termoplásticos consistem em longas moléculas de comprimento na ordem de 20 a 30 nm e fluem facilmente sob tensão sem elevadas temperaturas, permitindo assim ser fabricados no formato solicitado e mantendo a forma quando resfriados à temperatura ambiente. Esses polímeros podem ser repetidamente aquecidos, fabricados, resfriados e, conseqüentemente, serem reciclados. Os termoplásticos mais conhecidos são acrílicos, nylon (poliamida), polietileno (PE), poli (éter-éter cetona), poliestireno e polipropileno (PP) (NAZÁRIO et al., 2016).

Os termoplásticos podem ser classificados em termos de classe de plásticos como polipropileno-polietileno, politereftalato de etileno e policloreto de vinila, termofixos, borrachas e fibras. Algumas características dos termoplásticos são a moldabilidade a altas temperaturas, isolamento térmico e elétrico, resistência ao impacto, baixo custo de mercado e reciclabilidade. Essas propriedades, aliadas a grande diversidade de aplicações do produto, fazem o consumo de polímeros aumentar consideravelmente no mundo (MORASSI, 2013).

Os termoplásticos se fundem ao serem aquecidos a certa faixa de temperatura, o que permite serem moldados. Uma vez resfriados endurecem e tomam uma determinada forma. Como esse processo pode ser repetido várias vezes, esses plásticos são recicláveis podendo ser reaproveitados, são materiais relativamente macios e dúcteis devido às ligações do tipo Van der Walls, que são ligações fracas, permitindo a reversibilidade (MESQUITA, 2018).

Habitualmente resíduos de fibras naturais ou madeiras na forma de serragem são adicionados ao termoplástico reciclável com a intenção de melhorar suas propriedades físico-químicas, permitindo assim uma *wood plastic* de qualidade para as mais variadas aplicações residenciais e industriais (KLYOSOV, 2007). Os componentes normalmente usados na fabricação da *wood plastic* e suas aplicações estão descritos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Dados sobre *wood plastic*, materiais e aplicação.

MATERIAL	APLICAÇÃO	COMENTÁRIOS	REFERÊNCIA
PET - Serragem ( <i>Anogeissus leiocarpus</i> )	Painéis de WPC	Extrusão 270°C, injeção 170-200°C	(OLADEJO et al, 2017)
PEAD - Serragem ( <i>pinus pinaster</i> ) - anidrido maleico/am	Painéis de WPC	(1) prensagem a quente (2,5 MPa) a 180°C por 8 min (2) prensagem a frio diminuindo a T até 25 °C (12 min)	(MBAREK et al, 2010)
PP (virgem/v - reciclado/r) - Serragem ( <i>pine flour</i> ) 0,2 a 0,5 mm - anidrido maleico/am	Testes propriedades WPC	Extrusão 186-190°C	(BHASKAR; HAQ; YADAV, 2011)
PP - Serragem (pinheiro) anidrido maleico/am - Nanopartículas de Argila	Testes propriedades WPC com argila	Injeção 170-220-200°C (início-bico-molde)	(YADAV; YUSOH, 2015)
PEAD - fibras ( <i>Pinus taiwanensis</i> , <i>Trema orientalis</i> , <i>Phyllostachys makinoi</i> , <i>Cunninghamia lanceolata</i> )	Testes propriedades WPC com fibras asiáticas	(1) prensagem a quente (2,5 MPa) a 180°C por 8 min (2) prensagem a frio diminuindo a T até 25 °C (12 min)	(HUNG et al, 2017)
Lã mineral reciclada, Fibra de madeira, PP, Anidrido maleico, Agente lubrificante, agente silano	Testes propriedades WPC com lã mineral	Material homogeneizado previamente, resistência à flexão diminui com acrescimento de lã mineral, material extrudado	(VÄNTSI, 2015)
Serragem ( <i>Pinus sylvestris</i> ), zeolite, PP, anidrido maleico/am	Testes propriedades WPC com zeolite	Material extrudado (175-190°C) e injetado (180°C)	(KAYMAKCI et al, 2017)
PP (virgem/v e reciclado/r), Casca arroz, Serragem, Corante (painéis externos prédio)	Blocos de WPC construção civil	Material extrudado (175-190°C), painéis expostos a radiação UV	(ZAINI et al, 2016)
PP (virgem/v - reciclado/r) - Serragem ( <i>pine flour</i> ) 0,2 a 0,5 mm - anidrido maleico/am	Testes propriedades WPC	Extrusão 186-190°C, MEV mostra boa adesão com uso de anidrido maleico	(BHASKAR et al, 2012)
PEAD, Serragem (pinheiro), 0,25 a 0,43 mm, tratamento deslignificação	Testes propriedades WPC sem lignina	Material extrudado (180°C) e injetado (190°C), deslignificado/cloreto de sódio/ácido acético (AA)	(CHEN et al, 2014)
PP, Serragem (pinheiro), PRIEX agente acoplamento	Testes propriedades WPC com aglomerante	Material extrudado em tábuas, agente de acoplamento melhora propriedades	(BYK, 2018)
PEBD, PEAD, PET, Serragem (sumaúma)	Testes propriedades WPC perfil tábuas	Material de sachês/água, contêineres, garrafas/água, separados e utilizados com serragem 0-0.5, 0.5-1.0, 1.0-2.0 mm	(OLUYEGE et al, 2017)
PEAD, Serragem ( <i>Paraserianthes falcataria</i> )	Placas de WPC	Material extrudado em tábuas	(ARNANDHA et al, 2017)
PP, Serragem ( <i>Pinus taeda e elliotti</i> )	Testes propriedades WPC sem aditivos	Material extrudado duas vezes e depois injetados corpos de prova	(BATTISTELLE et al., 2014)

Referente a madeiras utilizadas, verifica-se que a indústria de processamento gera bastante resíduos que podem ser classificados em três tipos diferentes: a) serragem: resíduo de operações de corte com serras metálicas, b) maravalha: resíduo de operações de plainas e beneficiadoras de madeira, e c) lenha: quando os resíduos apresentam grandes dimensões. Cerca de 5% de resíduos na forma de serragem são gerados na indústria moveleira madeireira (HILIG, 2013). Na indústria serralheira, o aproveitamento de toras brutas é de 38,7% em média, sobrando 61,3% como resíduos de madeira (KONOLSAISEN, 2013). Os resíduos na forma de serragem são utilizados por criadores de aves e resíduos maiores em caldeiras para gerarem energia para as operações em geral. As madeiras tratadas utilizadas em geral na indústria madeireira para móveis e outros utensílios de madeira também podem ser reaproveitadas, necessitando um processamento de moagem para redução do material em partículas (CAETANO; SELBACH, GOMES, 2016).

Especificamente no Brasil, os termoplásticos mais utilizados na fabricação de *wood plastic* normalmente apresentam uma identificação em seus rótulos e não liberam gases tóxicos em seu processamento posterior (OLIVEIRA; OLIVEIRA; COSTA, 2013). Dentre os quais são usados os seguintes, informados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Tipos de termoplásticos, utilização corriqueira e símbolo de reciclagem segundo ABNT NBR 13230/1994.

TERMOPLÁSTICO	UTILIZAÇÃO	SÍMBOLO
PET: Politereftalato de Etileno	embalagens de refrigerantes, óleos comestíveis, sucos e alguns produtos de limpeza	 PET
PEAD: Polietileno de Alta Densidade	garrafas de álcool, vinagre, produtos químicos e de higiene e na confecção de engradados de cervejas em geral	 PEAD
PVC: Policloreto de Vinila	calçados, tubos e conexões hidráulicos e na parte externa de cabos elétricos	 PVC
PEBD: Polietileno de Baixa Densidade	embalagens de alimentos, sacos industriais e de lixo	 PEBD
PP: Polipropileno	potes de margarina, tampas de garrafas diversas, produtos químicos e de higiene e seringas descartáveis	 PP

#### 4.5. PRODUÇÃO DE WOOD PLASTIC

O plástico é uma história de sucesso global apresentando crescimento contínuo por mais de 50 anos, como pode ser visto na Figura 4.2. A produção de plástico pulou de 1,5 milhões de toneladas, em 1950, para 322 milhões de toneladas, em 2015, e neste mesmo ano, a produção global de plástico cresceu 3,4% comparado com 2014. A taxa média de crescimento de 1950 a 2015 foi de 8,6% ao ano (PLASTICS EUROPE, 2018).

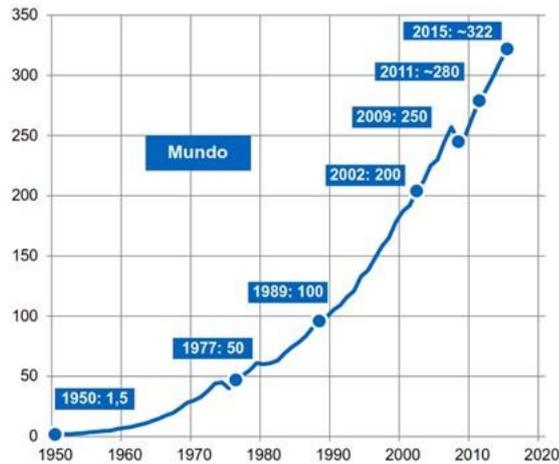


Figura 4.2 – Evolução mundial da produção de plásticos de 1950 a 2015 em milhões de toneladas. Fonte: (Adaptado de PLASTICS EUROPE, 2017).

A China liderava com 28% a produção global de plásticos, em 2015, mencionada na Figura 4.3, apresentando na sequencia NAFTA (*North America Free Trade Area*) com 19% em segundo lugar, Europa com 18% vem em terceiro lugar, seguida pelos demais países da Ásia com 17%, Oriente Médio e África com 7%, América Latina e Japão com 4% e CEI (Comunidade dos Estados Independentes) com 3%.

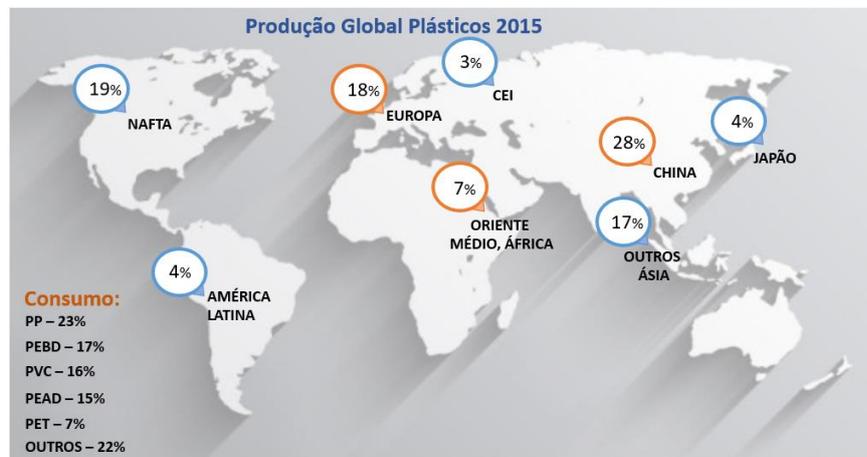


Figura 4.3 – Produção global de plásticos e consumo. Fonte: (Adaptado de PRIORITY METRICS GROUP, 2018).

Em 1989, a produção global de plásticos ultrapassava a produção de aço. A produção global de aço em 2015 foi de 203 bilhões de litros enquanto a produção de plásticos atingiu 322 bilhões de litros. A comparação de produção se refere a litros em função de que o aço tem uma densidade oito vezes maior que o plástico. Os polímeros de alta performance representam menos de 1% deste mercado, enquanto os plásticos de engenharia estão ao redor de 10%. Os termoplásticos padrões representam 70% do mercado, com liderança do PE (Polietileno) com 34%, PP (Polipropileno) com 24,2%. Na Europa nove países atingiram um índice de recuperação de mais de 95% dos resíduos de plástico pós-consumo (Suíça, Áustria, Holanda, Alemanha, Suécia, Luxemburgo, Dinamarca, Bélgica e Noruega). Estes países apresentam restrições a aterros sanitários para depósito de seus Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Também seis desses países estão entre os 11 países com as maiores taxas de reciclagem (> 30%). Portanto, não descartar o material em aterros aumenta as economias de recuperação, 69,2% em média na Europa, e proporciona taxas de reciclagem mais altas (PLASTICS EUROPE, 2018).

Após mais de 30 anos de desenvolvimento do mercado, em 2010, a produção de *wood plastic* global atingiu 1,47 milhão de toneladas, o que significa, com uma parcela média de madeira de 50% em sua composição, 735 mil toneladas de madeira - o que ainda é apenas um fragmento do total mercado global de madeira, conforme a Tabela 4.3. Dados do ITTO (*INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION*) em 2010 mostram que a produção mundial de madeira foi de 124,80 milhões de toneladas (141,40 milhões m<sup>3</sup>), sendo que a parte de madeira utilizada na produção de *wood plastic* corresponde a apenas 0,50 % da produção global de madeira, o que mostra o grande potencial ainda a ser explorado (ITTO, 2018).

Tabela 4.3 – Mercado global de *wood plastic* em 2010 e projeção para 2015.

MERCADO	2010	2015	CRESCIMENTO ANUAL (%)	MERCADO GLOBAL (%)
América do Norte	900000	1300000	8	47
China	300000	900000	25	32
Europa	150000	250000	11	9
Japão	60000	120000	15	4
Rússia	10000	70000	48	3
Sudeste Asiático	30000	55000	13	2
América do Sul	10000	50000	38	2
Índia	5000	40000	52	1
Total	1465000	2785000	210	100

Fonte: (CARUS; EDER, 2015)

No Brasil, os principais termoplásticos são utilizados em Construção Civil (25,2%), Alimentos (18,6%), Artigos de comércio em atacado e varejo (10,0%), Automóveis e Autopeças (7,7%), Bebidas (5,9%), Produtos de Metal (5,7%), Máquinas e Equipamentos (5,7%), (Móveis 4,6%), Perfumaria, Higiene e Limpeza (3,1%), Papel, Celulose e impressão (3,0%), Agricultura (2,8%), Químicos (2,4%), Eletrônicos (2,2%) Têxteis e Vestuários (0,9%), Farmacêutico (0,8%), Outros e Equipamentos de Transportes (0,6%) e Outros (0,7%) (ABIPLAST, 2017). Atualmente, os polímeros mais utilizados no setor de embalagens (considerados commodities) são: polietileno (PE), polipropileno (PP), poli tereftalato de etileno (PET), policrotoleto de vinila (PVC) e poliestireno (PS) (SINDIPLAST, 2018).

A produção de resinas termoplásticas tem aumentado significativamente no Brasil. O consumo aparente (que representa a soma do volume de produção com importações menos o volume exportado) de resinas termoplásticas, no Brasil, tem evoluído ao longo dos últimos anos a uma taxa de aproximadamente 4,7% ao ano (BRASKEN, 2017). Isso é devido, em grande parte, pelo crescimento da economia brasileira, melhor distribuição de renda e maior poder de consumo das classes C, D e E. Considerando apenas o mercado de resinas (PE, PP, PVC), o potencial de crescimento no consumo de plástico do mercado brasileiro pode ser observado quando comparado com o consumo em países desenvolvidos, como nos EUA onde o consumo de resinas, em 2011, foi de cerca de 66 kg por habitante enquanto, no Brasil, foi de 25 kg por habitante. Desde o plano real e o início da estabilização econômica no Brasil, o consumo de resinas vem subindo de forma significativa (ZOCH, 2013; ALMEIDA, 2013).

O sul do Estado de Minas Gerais terá a primeira usina do país com geração de energia elétrica a partir do lixo, o projeto é pioneiro no Brasil e irá utilizar resíduos sólidos como combustível para fomentar uma nova tecnologia com menores taxas de emissão de poluentes. A planta será construída em Boa Esperança/MG, sendo controlado por Furnas Centrais Elétricas. Trata-se de um projeto que usa a tecnologia de gaseificação, que é bastante diferente da incineração. A taxa de poluentes neste caso é muito baixa, é uma tecnologia que permite utilizar todos os resíduos sólidos em geral e, pelo gás produzido, gerar a energia elétrica (SOARES; SILVA, 2017).

#### 4.6. APLICAÇÃO DE *WOOD PLASTIC*

Um dos desafios da aplicação de *wood plastic* depende da melhoria do desempenho físico e mecânico. Outra questão é a absorção de água na parte da madeira, um problema que

reduz parcialmente a rigidez devido as intempéries ambientais. A *wood plastic* é majoritariamente produzida em todo o mundo na forma de placas ocas ou sólidas para decks em geral e substitui predominantemente a madeira, que existe em maior abundância e é em geral proveniente de áreas tropicais. Todavia, o uso de *wood plastic* vai depender do tipo de material usado em sua fabricação. A Tabela 4.4 apresenta uma série de tipos de *wood plastic* e suas características após a fabricação.

Tabela 4.4 – Uso de *wood plastic* em várias aplicações.

PLÁSTICO	MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	REFERÊNCIA
	Serragem		
PET	<i>Anogeissus leiocarpus</i>	Alta resistência e rigidez, durabilidade, baixo custo de manutenção, preços acessíveis, ecologicamente correta	(OLADEJO et al., 2017)
PEAD	<i>pinus pinaster</i> + anidrido maleico	Significativa relação custo-benefício e propriedades mecânicas	(MBAREK et al., 2010)
PP (virgem/v - reciclado/r)	<i>pine flour</i> + anidrido maleico	O PP reciclado tem estabilidade dimensional comparável ao PP virgem, as propriedades de tração e flexão são equivalentes, o anidrido maleico melhora a adesividade	(BHASKAR; HAQ; YADAV, 2011)
PP	Pinheiro - anidrido maleico/am - Nanopartículas de Argila	Baixa densidade, baixo custo, renovabilidade e reciclabilidade, propriedades mecânicas favoráveis, adição 5% nanopartículas de argila melhoram propriedades mecânicas	(YADAV; YUSOH, 2015)
PP	<i>Pinus sylvestris</i> , zeolite, anidrido maleico/am	Possível fabricar formas mais complexas do que com produtos de madeira maciça, com um rendimento de matéria-prima próximo de 100%, WPCs são uma alternativa competitiva às madeiras de lei tropicais e consideram-se que requerem menos manutenção que os produtos de madeira convencionais	(KAYMAKCI et al., 2017)
PP	<i>Pinus taeda e elliotti</i>	A inclusão de serragem proporcionou a obtenção de compósitos com boas características mecânicas que podem ser aplicados na fabricação de diferentes materiais, empregados especificamente em ambientes externos	(BATTISTELLE et al., 2014)
PP (virgem/v e reciclado/r),	Casca arroz, Corante (painéis externos prédio)	Uso de WPC na construção civil é necessário devido ao Sistema de Edifícios Industrializados (IBS) na Malásia, melhor controle de recursos materiais e custos, sustentabilidade. WPC material verde devido ao uso de materiais reciclados em sua composição	(ZAINI et al., 2016)
PP (virgem/v - reciclado/r)	<i>pine flour</i> . 0.2 a 0.5 mm - anidrido maleico/am	Baixo custo de manutenção, fabricação com resíduos da indústria moveleira ou da madeira e plásticos reciclados descartados no meio ambiente, redução de impacto ambiental, alta estabilidade dimensional quando injetado/extrudado	(BHASKAR et al., 2012)
PEAD	pinheiro, 0.25 a 0.43 mm, tratamento deslignificação	WPCs têm vantagens ambientais e econômicas, baixa densidade, baixa abrasão e baixo custo de material em comparação com as fibras de vidro convencionais e outros materiais inorgânicos	(CHEN et al., 2014)
PP	pinheiro, PRIEX agente acoplamento	WPC não sofre corrosão, resiste bem a podridão, decomposição e a salinidade marinha	(BYK, 2018)
PEBD, PEAD, PET	Sumaúma	WPC conformado em qualquer forma, tamanho, desenho ou qualidade, dependendo do uso final pretendido, é renovável/ecológico, o avanço	(OLUYEGE et al., 2017)

		tecnológico leva a custos reduzidos, melhor desempenho, novos produtos, reciclagem de material e maior sensibilidade ambiental	
PEAD	<i>Paraserianthes falcataria</i>	Produtos de WPC apresentam uma vida longa, sequestra carbono atmosférico gerando impacto ambiental positivo, madeira é usada misturada a plásticos de forma a reduzir o preço em comparação com um produto plástico sólido	(ARNANDHA et al., 2017)
Fibra			
PEAD	<i>Pinus taiwanensis, Trema orientalis, Phyllostachys makinoi, Cunninghamia lanceolata</i>	Redução da degradação externa pelo tempo e biológica em relação à madeira, melhorias nas propriedades de flexão e resistência, menor custo, menor desgaste de equipamentos de produção e menor manutenção, produto ambientalmente amigável	(HUNG et al., 2017)
PP	Lã mineral reciclada, anidrido maleico, agente lubrificante, agente silano	Vantagens econômicas utilizando materiais reciclados, WPCs materiais ecologicamente corretos comparados aos compósitos poliméricos tradicionais, redução da dependência de fontes não renováveis de energia e materiais, menores emissões de poluentes, menores emissões de gases do efeito estufa e recuperação de energia, biodegradabilidade de alguns componentes	(VÄNTSI, 2015)

O mercado mais antigo pode ser encontrado na América do Norte e na Europa, onde algumas grandes empresas participam do mercado, tais como a IKEA. O uso de resíduos de fibra de madeira torna os produtos de plástico mais fortes e menos dispendiosos, permitindo colocar os resíduos em bom uso (IKEA, 2017). A Figura 4.4 apresenta exemplos de produtos produzidos com a utilização de *wood plastic*.



Cadeira em *wood plastic*. Fonte: ([www.ikea.com](http://www.ikea.com))



Banco de jardim em *wood plastic*. Fonte: ([www.inbrasil.ind.br](http://www.inbrasil.ind.br))



Dormentes em *wood plastic*. Fonte: ([www.wise.eco.br](http://www.wise.eco.br))



Deck modular em *wood plastic*. Fonte: ([www.madeplast.com.br](http://www.madeplast.com.br))

Figura 4.4 – Artigos manufaturados com *wood plastic*. Fonte: ([www.ikea.com](http://www.ikea.com), [www.inbrasil.ind.br](http://www.inbrasil.ind.br), [www.wise.eco.br](http://www.wise.eco.br), [www.madeplast.com.br](http://www.madeplast.com.br)).

#### 4.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O plástico atualmente representa um grande problema ambiental, pois poluiu e ainda polui praticamente todos ecossistemas mundiais. Por outro lado, a *wood plastic* representa uma alternativa viável por estender a vida útil do plástico e por utilizar resíduos da indústria madeireira, dentre outros. Essa afirmação é corroborada pelos dados do mercado mundial que já comercializa *wood plastic* na forma de diversos produtos. Devem ser destacados a China e Estados Unidos da América cuja produção e consumo de *wood plastic* permite afirmar a viabilidade do seu uso. Notou-se que a *wood plastic* pode ser produzida por diversos materiais, basta para isso ter resíduos de madeira (como serragem e fibras) e um termoplástico (como PP, PET, PEAD). A versatilidade na produção tem tornado a *wood plastic* uma ótima opção para a redução da disseminação do plástico no ambiente e aumentar a vida útil de aterros sanitários. Dependendo da aplicação, a *wood plastic* possibilita o uso do plástico por vários anos, aumentando o ciclo de vida de produtos oriundos de um importante passivo ambiental.

#### REFERÊNCIAS

ABIPLAST. Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico. Perfil 2017. Acesso em 25/03/2018. Disponível em <<http://file.abiplast.org.br/file/download/2018/Perfil-2017.pdf>>

ALMEIDA, A. B. MADEIRA PLÁSTICA: ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO E ECONÔMICO A PARTIR DO RESÍDUO SÓLIDO. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais. UFRGS, 2013.

ARNANDHA, Y.; SATYARNO, Y.; AWALUDIN, A.; IRAWATI, I. S.; PRASETYA, Y.; PRAYITNO, D. A.; WINATA, D. C.; SATRIO, M. H.; AMALIA, A. Physical and Mechanical properties of WPC board from sengon sawdust and recycled HDPE plastic. *Procedia Engineering* 171 (2017) 695-704, 2017.

BADR, N. M.; ALI, M. F.; EL HADIDI, N. M. N.; NAEEM, G. A. Identification of materials used in a wooden coffin lid covered with composite layers dating back to the Ptolemaic period in Egypt. *ARP - Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal. Conservar Património* xx (xxxx) 1-13, <https://doi.org/10.14568/cp2017029>, 2018.

BHASKAR, J.; HAQ, S.; PANDEY, A. K.; SRIVASTAVA, N. Evaluation of properties of propylene-pine wood plastic composite. *J. Mater. Environ. Sci.* 3 (3) (2012) 605-612, 2012.

BHASKAR, J.; HAQ, S.; YADAV, S. B. Evaluation and testing of mechanical properties of wood plastic composite. *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 25(4) 391-401, 2011.

BORENSTAIN, M. B. COMPÓSITO PLÁSTICO-MADEIRA PRODUZIDOS COM PARTÍCULAS DE Pinus, Eucalyptus E POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD). Monografia Graduação Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa, 2014.

- BRASIL, A. P. M. D. S. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA AMAZÔNIA PARAENSE: UM ESTUDO SOBRE O MUNICÍPIO DE BARCARENA (1897-2017). Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências e Tecnologia “Júlio de Mesquita Filho”. Presidente Prudente, 2017.
- BRIGANTE, D. *New Composite Materials - Selection, Design, and Application*. Springer, Nápoles, 2014.
- BYK Additives and Instruments. *Wood plastic composites - Addcomp Holland*, 2018.
- CAETANO, M. O.; SELBACH, J. B. O.; GOMES, L. P. Composição gravimétrica dos RCD para a etapa de acabamento em obras residenciais horizontais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 51-67, abr./jun. 2016.
- CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. *Ciência e Engenharia de Materiais - Uma Introdução - 9ª Ed. LTC*, 2016.
- CARDARELLI, F. *Materials Handbook: A Concise Desktop Reference*. Springer, 2018.
- CARUS, M.; EDER, A. *WPC/NFC Market Study. 2015 nova-Institut GmbH, Version 2015*.
- CHEN, Y.; STARK, N. M.; TSHABALALA, M. A.; GAO, J.; FAN, Y. Properties of wood-plastic composites (WPCs) reinforced with extracted and delignified wood flour. *DE GRUYTER*, DOI 10.1515/hf-2013-0175, *Holzforschung*, 2014.
- DAC, H. D. *Wood plastic composite – a brief history*. Plastic & Rubber Sales Representative at BRENNTAG ASIA PACIFIC, 2016.
- HILIG, E. Viabilidade técnica de produção de compósitos de polietileno (HDPE) reforçados com resíduo de madeira e derivados das indústrias moveleiras. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 2013.
- HUNG, K. C.; YEH, H.; YANG, T. C.; WU, T. L.; XU, J. W.; WU, J. H. Characterization of Wood-Plastic Composites Made with Different Lignocellulosic Materials that Vary in Their Morphology, Chemical Composition and Thermal Stability. *Polymers* 2017, 9, 726; doi:10.3390/polym9120726, 2017.
- IKEA. ODGER Chair. Acesso em 20/03/2018. Disponível em <<https://www.ikea.com/us/en/catalog/products/00360002/>>
- INBRASIL. Banco de Jardim Madeira Plástica 93cm. Acesso em 20/03/2018. Disponível em <<http://www.inbrasil.ind.br/produto/banco-de-jardim-madeira-plastica-com-encosto-93cm/>>
- ITTO. INTERNATIONAL TROPICAL TIMBER ORGANIZATION. Acesso em 21/02/2018. Disponível em <[https://www.itto.int/news\\_releases/id=5195](https://www.itto.int/news_releases/id=5195)>
- KAYMAKCI, A.; GULEC, T.; HOSSEINIHASHEMI, S. K.; AYRILMIS, N. PHYSICAL, MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF WOOD/ ZEOLITE/PLASTIC HYBRID COMPOSITES. *Maderas. Ciencia y tecnología* 19(3): 339 - 348, 2017.
- KLYOSOV, A. A. *Wood-Plastic Composites*. John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- KONOLSAISEN, G. J. ANÁLISE DOS CUSTOS PARA ADEQUAÇÃO DE SERRAS CIRCULARES EM MADEIREIRAS NO PARANÁ. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Programa de Pós-graduação em Segurança do Trabalho, 2013.
- MACIEL JÚNIOR, R. P. INFLUÊNCIA DE CARGAS DE REFORÇO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA.

Monografia Engenharia Metalúrgica, Departamento de Engenharia Metalúrgica e Materiais, Universidade Federal do Ceará, 2017.

MADEPLAST. Acesso em 20/03/2018. Disponível em < <https://www.madeplast.com.br/deck-modular>>

MARTINEZ, R. T. DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS HÍBRIDOS A PARTIR DE POLIPROPILENO RECICLADO, RESÍDUOS DE BORRACHA DE PNEU E CARBONATO DE CÁLCIO. Dissertação (Mestrado em Engenharia de materiais). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

MBAREK, T.; ROBERT, L.; HUGOT, F.; ORTEU, J. J.; SAMMOUDA, H.; GRACIAA, A.; CHARRIER, B. Study of Wood Plastic Composites elastic behaviour using full field measurements. EPJ Web of Conferences 6, 28005, 2010.

MESQUITA, J. L. Reciclagem do plástico, um drama da nossa geração. O Estadão. Edição de 20 de fevereiro de 2018.

MORASSI, O. J. Polímeros termoplásticos, termofixos e elastômeros. Conselho Regional de Química IV Região (SP), 2013.

NAZÁRIO, G. F.; SILVA, V. C.; ROCHA, A. H. S.; RODRIGUES, F. R.; LIMA, F. P. A. MADEIRA PLÁSTICA: UMA REVISÃO CONCEITUAL. Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 01, n. 01, p. 54-71, out./dez., 2016.

OLADEJO, K. O.; OMONIYI, T. E. Dimensional Stability and Mechanical Properties of Wood Plastic Composites Produced from Sawdust of *Anogeissus leiocarpus* (Ayin) with Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) Chips. European Journal of Applied Engineering and Scientific Research, 5 (1): 28-33, 2017.

OLIVEIRA, E. M. R.; OLIVEIRA, E. M. R.; COSTA, R. A. Dossiê Técnico - Madeira Plástica. Instituto Euvaldo Lodi. IEL/BA, 2013.

OLUYEGE A. O.; EKONG, A. A.; AGUDA L.O.; OGUNLEYE B.M.; ABIOLA J.K.; OLAYIWOLA, Y.B. PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD PLASTIC COMPOSITES PRODUCED FROM SAWDUST OF *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. AND PLASTIC WASTES. Journal of Forestry Research and Management. Vol. 14 (2), 95-112; 2017.

PAULA, R.M.; COSTA, D.L. Madeira plástica: aliando tecnologia e sustentabilidade. XII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VIII Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba. São José dos Campos, 2008.

PINHO, P. M. Avaliação dos planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na Amazônia Brasileira. Tese (Doutorado em Ciência Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Paulo. 2011.

PLASTICS EUROPE. World Plastics Production 1950 –2015. Plastics Europe Market Research Group (PEMRG) / Consultic Marketing & Industrieberatung GmbH, 2018.

PRIORITY METRICS GROUP. Plastics Global. [www.pmgco.com](http://www.pmgco.com), 2018.

REINALDO, J. S. PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA BLENDA POLI(METACRILATO DE METILA) (PMMA) ELASTOMÉRICO E POLI(TEREFTALATO DE ETILENO) (PET) PÓS-CONSUMO. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.

SCHWARZKOPF, M. J; BURNARD, M.D..Wood-Plastic Composites—Performance and Environmental Impacts. Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-based Bioproducts, Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes, DOI 10.1007/978-981-10-0655-5\_2, Springer Science+Business Media Singapore, 2016.

SINDIPLAST – Sindicato da Indústria de Material Plástico, Transformação e Reciclagem de Material Plástico do Estado de São Paulo. Os Plásticos. 2018. Acesso em 28/03/2018. Disponível em <<http://www.sindiplast.org.br/site/os-plasticos>>

SOARES, L.; SILVA, S. Sul de Minas terá 1ª usina do país com geração de energia elétrica a partir do lixo. G1 Globo. 18/04/2017, 2017.

VÄNTSI, O. UTILIZATION OF RECYCLED MINERAL WOOL AS FILLER IN WOOD PLASTIC COMPOSITES. Thesis for the degree of Doctor of Science. Lappeenranta University of Technology. Finland, 2015.

YADAV, M. Y.; YUSOH, K. B. MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF WOOD-PLASTIC COMPOSITES MADE OF POLYPROPYLENE, WOOD FLOUR AND NANOCCLAY. Kuala Lumpur International Agriculture, Forestry and Plantation. September 12 - 13, 2015

WISEWOOD. Acesso em 20/03/2018. Disponível em <<http://wise.eco.br/dormentes.php>>

ZAINI, A. S. S. M.; RUS, A. Z. M.; RAHMAN, N. A.; JAIS, F. H. M.; FAUZAN, M. Z.; SUFIAN, N. A. Mechanical Properties Evaluation of Extruded Wood Polymer Composites. 4th International Conference on the Advancement of Materials and Nanotechnology (ICAMN IV), 2016.

ZOCH, V. P. Produção e Propriedades de Compósitos Madeira-Plástico Utilizando Resíduos Minimamente Processados. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília, 2013.

## 5. COMPÓSITO FABRICADO DO ENDOCARPO DO TUCUMÃ (ASTROCARYUM ACULEATUM) COM POLÍMERO TERMOPLÁSTICO

Antonio Claudio Kieling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor Assistente do Departamento de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade Estadual do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: antonio.kieling@yahoo.com

Genilson Pereira Santana<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: gsantana2005@gmail.com

**RESUMO:** Desenvolver materiais que reduzam a agressão ao ambiente tornou-se alternativa ecologicamente correta na diminuição dos problemas ambientais. A floresta Amazônica é a maior floresta tropical do mundo, onde se encontram várias espécies da fauna e da flora. O Tucumã é uma fruta proveniente da Amazônia, seu consumo é bastante comum na região, o aproveitamento pós-consumo destina-se usualmente ao artesanato, entretanto, pesquisadores estudam a possibilidades deste fruto ser transformado em biodiesel para geração de energia elétrica. O trabalho trata da obtenção de compósito polimérico utilizando o endocarpo lenhoso do fruto tucumã como reforço e Polietileno de Baixa Densidade (PEBD) como matriz polimérica. Caracterizou-se o compósito produzido com TGA, análise granulométrica e teor de umidade. Com base na norma ASTM D695 02-a para ensaio de compressão, foram produzidos compósitos com três tamanhos de grãos diferentes e com proporções distintas e realizado ensaio de compressão nos corpos de prova. Os resultados mostraram que o compósito com grãos pequenos ( $129 \pm 97\mu\text{m}$ ) com porcentagem de 10, 20, e 30% de reforço apresentaram propriedades mecânicas melhores que os compósitos de grãos médios ( $577 \pm 134\mu\text{m}$ ) e grandes ( $1436 \pm 285\mu\text{m}$ ).

**Palavras-Chave:** Compósito Polimérico, Polietileno de Baixa Densidade (PEBD), Carochos

**ABSTRACT:** Developing materials that reduce damage to the environment has become environmentally friendly alternative in reducing environmental problems. The Amazon rainforest is the largest rainforest in the world, home of many species of fauna and flora. The tucumã is a fruit from Amazon rainforest, its consumption is quite common in the region, the post-consumer use is intended usually to craft, however, researchers are studying the possibilities of this fruit be turned into biodiesel to generate electricity. The work consists in obtaining a polymer composite using cored fruit Tucumã as reinforcement and Low Density Polyethylene (LDPE) as a polymer matrix. The reinforced material was characterized with TGA, particle size analysis, moisture content. Based on ASTM D695-02-a for compression test composites were manufactured with three different types of grains and different proportions, compression test was performed on the test specimens. The results showed that the composite grains with small dimensions ( $129 \pm 97 \mu\text{m}$ ), with a percentage of 10, 20, and 30% showed enhanced mechanical properties better than composites with medium ( $577 \pm 134 \mu\text{m}$ ) and large grains ( $1436 \pm 285 \mu\text{m}$ ).

**Keywords:** Polymeric Composites, Low Density Polyethylene (LDPE), Kernels

## 5.1. INTRODUÇÃO

O aumento dos impactos ambientais que vem ocorrendo no planeta tornou a reciclagem uma ferramenta necessária. Em média cada pessoa do planeta gera resíduos sólidos na ordem de 1,2 kg/pessoa/dia. Nas grandes cidades da América Latina e Caribe, a quantidade pode chegar até a 14 kg/pessoa/dia (HOORNWEG; BHADA-TATA, 2012). No Brasil a média é de 1,06 kg/pessoa/dia (ABRELPE, 2016). Em Manaus é de 1,3 kg/pessoa/dia e cerca de 70% acabam em lixão ou aterros ao invés de serem reaproveitados (SEMULSP, 2015).

A desinformação, combinada com as iniciativas e políticas públicas não eficazes agravam a problemática ambiental causada pelos resíduos sólidos urbanos. Neste contexto, o plástico, considerado uma maravilha do Século XX, polui praticamente todas as regiões da humanidade. Sua reciclagem é pré-requisito importante para não só reduzir a exploração do petróleo como também para reaproveitar o plástico, aumentando sua vida útil. Nos EUA em função do significativo e crescente acúmulo na natureza de resíduos plásticos combinado com seu alto passivo ambiental, já na década de 90, observa-se a comercialização de reciclados. Isso motivou o uso de *wood plastic*. Essa tecnologia de reciclagem tem a vantagem de utilizar diversos tipos de materiais, como restos de madeira e plásticos, como PET (*poli-tereftalato de etileno*), Polipropileno (PP) e sacolas de supermercados, entre outros. A aplicação de conceitos da Ecologia Industrial na produção de um material compósito ecológico baseado no resíduo de indústrias madeireiras combinado com resina de poliéster mostrou-se viável (TEIXEIRA; CÉSAR, 2006). O *plastic wood* vem sendo comercializado em plataformas de tábuas para circundar piscinas (decks), cercas, laminados em chapas para revestimento interno de portas e porta-malas de veículos, etc. A qualidade desse material é considerada alternativa 100% ecológica, além de respeitar o ambiente e contribuir para a eliminar o resíduo plástico.

O Brasil, também é um fabricante de *wood plastic* principalmente na produção de decks, pergolados, fachadas e revestimentos (MADEPLAST – Mandirituba/PR, INBRASIL – União da Vitória/PR e WISEWOOD, Itatiba/SP). Esses produtos brasileiros são fabricados na proporção de 70% resíduos de madeira e 30% plástico. Os fabricantes brasileiros de *wood plastic* usam resíduos oriundos de indústrias madeireiras localizadas em áreas rurais (CORREA et al., 2003).

Em se tratando de fontes de fibras naturais a floresta Amazônica, com sua megabiodiversidade tem muito a contribuir. Como exemplo, o resíduo fibroso do fruto do açaí apresentou alto potencial para a produção de ecopainéis de partículas homogêneas aglomeradas com resina poliuretana bicomponente a base de óleo de mamona (MESQUITA, 2013).

Dentre as espécies com potencial de fornecer fontes de fibras naturais está o endocarpo do tucumã, fruto de uma palmeira pertencente à família da *Arecaceae*, que cresce em áreas abertas, campos, pastagens e vegetação secundária. Essa espécie pode alcançar de 10 a 15 m de altura com 15 a 20 cm de diâmetro em seu tronco. A produção dos frutos varia de 3 a 6 meses, com média de quatro cachos de cerca de 240 frutos por palmeira, tendo de 21,9 a 22,4% do peso total em polpa (KAHN; MOUSSA, 1999). Os frutos são normalmente elipsoides, alaranjados e quando maduros possuem de 3 a 5 cm de comprimento, cuja polpa alaranjada tem de 2 a 4 mm de espessura com consistência pastoso-oleosa e característica fibrosa (FERREIRA et al., 2008).

No Estado do Amazonas, a população consome o fruto em diversos tipos de comida, por exemplo, sorvetes e doces (LORENZI et al., 2004). O consumo se destaca principalmente no recheio de tapiocas (alimento tradicional a base de mandioca/aipim/macaxeira) e em sanduíches (xis-caboquinho), com uma quantidade de frutos de tucumã consumidos em Manaus na ordem de 31 toneladas mensais (DIDONET; FERRAZ, 2014). Essa iguaria local produz cerca de 18,15 toneladas mensais somente na forma de caroços (endocarpo) (FIGLIUOLO; SILVA, 2009).

As folhas e estipes são utilizados na construção de casas pelas comunidades do interior da Amazônia. (FERREIRA et al., 2008) O caroço tradicionalmente é usado para alimentar animais domésticos e na defumação da borracha e a palha para tecer leques e esteiras para artesanato. (SHANLEY; MEDINA, 2005), (AMARAL, 2010).

Apesar do fruto do tucumã ser bastante consumido, em termos de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento) ainda não existe muitos projetos englobando sua cadeia de produção (CLEMENT; LLERAS PÉREZ; VAN LEEUWEN, 2005). Todavia, a literatura cita que o caroço pode ser utilizado como matéria prima para a produção de biocombustível (LIRA et al., 2013), (BARBOSA et al., 2009). Neste contexto, o presente trabalho propõe o uso do endocarpo lenhoso do tucumã como reforço lignocelulósico em matriz termoplástica de Polietileno de Baixa Densidade (PEBD).

## 5.2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.2.1. Obtenção do pó do caroço de Tucumã

A fabricação do compósito com caroço de tucumã e polímero termoplástico iniciou-se na obtenção do pó. Para isso, os caroços com diâmetro médio de  $33,45 \pm 1,65$  mm, obtidos de 30 amostras com massa média de  $21,80 \pm 2,74$  g (medição com paquímetro e balança analítica

com resolução 0,05 mm e 0,1 g) foram reduzidos. Inicialmente os caroços foram inseridos em um recipiente feito a partir de garrafa de PET. Em seguida os caroços, dentro do recipiente, foram quebrados manualmente com auxílio de uma marreta pequena (Tramontina modelo master), separando-se a amêndoa do endocarpo lenhoso, finalizando-se o processo com trituração deste último para a obtenção de tamanhos significativos típicos do pó de madeira do caroço. A melhor forma de quebra do caroço foi no sentido vertical (perpendicular à linha das fibras), onde se utiliza menor força, conforme se evidenciou nos ensaios de compressão nos sentidos horizontal e vertical, cuja média para quebra do caroço foi de  $296,8 \pm 77,4$  kgf. (Máquina universal ensaio compressão EMIC<sup>TM</sup> modelo 23-20).

Para a análise granulométrica do pó do endocarpo, adotaram-se as seguintes classificações para os grãos: a) Grão Lignocelulósico Pequeno (GLP), b) Grão Lignocelulósico Médio (GLM) e c) Grão Lignocelulósico Grande (GLG) como forma de melhor identificar suas dimensões, em base as classificações C<sub>1</sub>, C<sub>2-3</sub> e C<sub>4</sub> da Norma Européia EN 15149-2 (2010). A medição do tamanho dos grãos foi realizada através de uma câmara Moticam acoplada a um Microscópio Estereoscópio Binocular SMZ-168 Mitutoyo com aumento de 20X em escala de 100 µm, com os dados processados através do software Motic Images Plus 2.0. Realizou-se a análise em seis amostras para os GLP, GLM e GLG, sendo respectivamente 129 µm, 577 µm e 1436 µm a média calculada para estes grãos, com granulometria de 32-226 µm, 443-711 µm e 1151-1721 µm. Realizou-se a separação do pó com auxílio de peneiras de 50 e 80 mesh (marca AVITEST).

### **5.2.2. Perda de umidade e termogravimetria TGA do pó**

Determinou-se a perda de umidade do pó conforme a norma ABNT NBR 14929 (2003). Para isso, a amostra foi aquecida em uma estufa (marca QUIMIS, modelo Q314M) a  $110 \pm 3$  °C por 5 h. O pó também foi submetido à análise termogravimétrica TGA (termoanalisador marca SHIMADZU, modelo TA-60WS). A amostra foi submetida a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min com intervalo de 25 a 1000 °C, com atmosfera inerte de N<sub>2</sub>.

### **5.2.3. Fabricação dos compósitos**

Os compósitos poliméricos foram preparados nos três tipos de grãos (GLP, GLM e GLG) de acordo com as seguintes proporções: a) 10% pó de endocarpo + 90% de PEBD, b) 20% pó de endocarpo + 80% de PEBD, c) 30% pó de endocarpo + 70% de PEBD. As condições usadas para a produção dos compósitos em prensa isostática de compressão a quente (marca

PRAZIS, modelo EMB-30, UTAM 5593) foram as seguintes: Aquecimento do molde durante 5 min. a 140 °C, tempo de processo 5 min. a 150 °C, pressão 50 kgf cm<sup>-2</sup> e voltagem 220 V. Depois de produzidos, os compósitos foram submetidos a ensaio de compressão conforme recomendação da ASTM D695-02a (2002). O corpo de prova utilizado no ensaio de compressão possui seção cilíndrica (diâmetro 24 mm, altura 36 mm, volume 16,29 cm<sup>3</sup>, peso 15,80 g), com altura equivalente a 1,5 vezes o diâmetro. O equipamento utilizado para o teste de compressão consistiu em máquina de ensaio universal EMIC (EMIC<sup>TM</sup>, modelo GR048).

### 5.3. RESULTADOS

A análise termogravimétrica do pó do endocarpo do tucumã caracteriza-se por apresentar perdas contínuas de massa de 25 a 100 °C referente a água de umidade (Figura 5.1). No intervalo de 100 a 250 °C pode ser observado que o endocarpo permanece sem qualquer tipo de degradação. Somente de 250 a 550 °C é possível observar dois eventos endotérmicos, atribuídos a decomposição térmica da celulose, hemicelulose e lignina que são substâncias presentes no endocarpo.

A identificação da celulose conduz a uma discussão sobre a compatibilização do pó do endocarpo do tucumã com o material polimérico. Correa et al. (2003) recomendam, devido ao caráter polar da celulose, o uso de agentes de acoplamento ou de adesão interfacial. Esses agentes promovem a melhor adesão interfacial entre o esforço celulósico e a matriz polimérica poliolefínica. Neste trabalho não foram utilizados estes agentes.

Em termos de perda de umidade em função do diâmetro, observa-se que os grãos com diâmetro menor ( $\phi$ ) apresentaram a maior perda de umidade ( $\Delta$ ) em relação ao restante dos grãos, enquanto que os maiores grãos apresentaram a menor perda de umidade entre as amostras (Tabela 5.1). Isto se explica pelo fato de que vários grãos menores originários do mesmo grão de maior dimensão apresentariam uma área superficial de troca de calor maior em comparação a este. Embora se observe esse comportamento, os valores de umidade apenas diferem entre si em cerca de 4%.

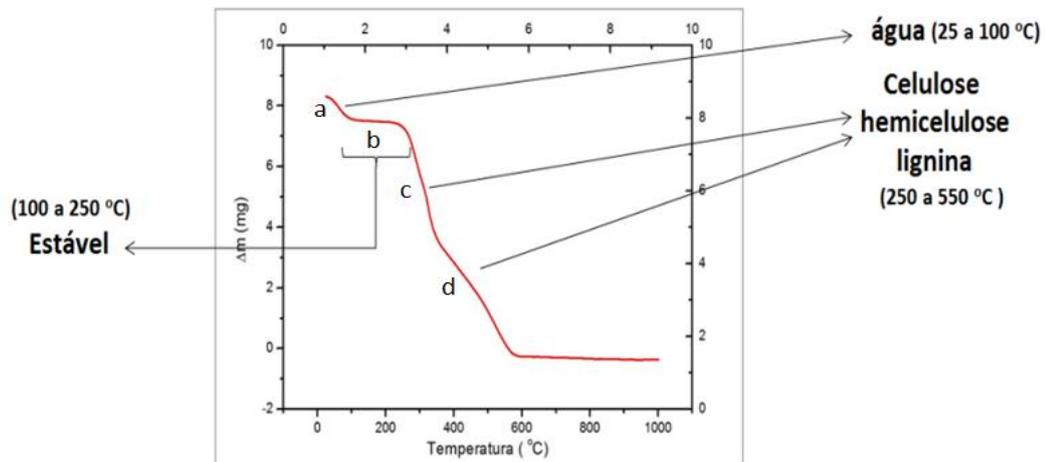


Figura 5.1 - Análise termogravimétrica do pó. a) água (25-100  $^{\circ}\text{C}$ ), b) estável (100-250  $^{\circ}\text{C}$ ), c) celulose e hemicelulose (250-350  $^{\circ}\text{C}$ ) e d) lignina (350-550  $^{\circ}\text{C}$ ).

Em se tratando de módulo de elasticidade, as propriedades mecânicas de compósitos termoplásticos reforçados com pó de madeira tendem a serem inferiores, mas, por outro lado, observa-se ganhos de rigidez obtidos com o pó de madeira em relação aos termoplásticos não-modificados (CORREA et al., 2003). Verificou-se que os compósitos de tucumã perderam capacidade de compressão e elasticidade com a utilização do pó de caroço GLM e GLG (Figura 5.2). Já para o GLP essas duas propriedades permaneceram praticamente constantes.

Nota-se que os compósitos GLP possuem dois tipos de distribuição partículas. O primeiro formado por tamanhos variando de 20 a 100  $\mu\text{m}$ ; e o segundo variando de 100 a 360  $\mu\text{m}$ . Todavia, GLG e GLM possuem partículas maiores que 360  $\mu\text{m}$ . Esse comportamento permite afirmar que compósitos produzidos a partir de endocarpo do tucumã só tem a capacidade de compressão e elasticidade alterados/reduzidos quando possuem tamanhos de partículas superiores a 360  $\mu\text{m}$  (GLM e GLG).

Tabela 5.1 – Percentagem da perda de umidade para os GLP, GLM e GLG de acordo com o diâmetro ( $\phi$ ).

GRÃO	$\phi$ ( $\mu\text{m}$ )	$\Delta$ (g)*	UMIDADE (%)
GLG	1436 $\pm$ 285	0,157	8,87
GLM	577 $\pm$ 134	0,163	9,20
GLP	129 $\pm$ 97	0,222	12,53

\* Os dados se referem à perda de água em amostra de 1,77 g

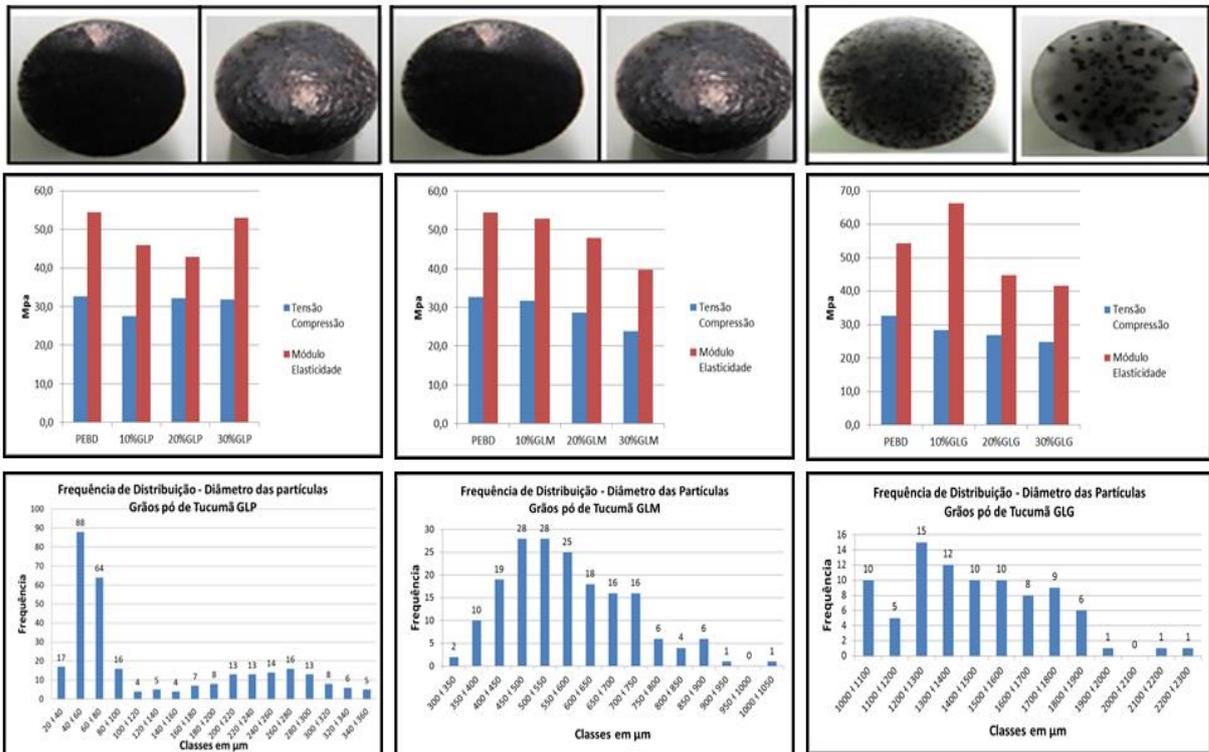


Figura 5.2 – Caracterização do compósito com granulação pequena (GLP), média (GLM) e grande (GLG) com 10, 20 e 30% em matriz de PEBD: diâmetro das partículas, tensão de compressão e módulo de elasticidade.

Essa afirmação é comprovada na Figura 5.3, em que pode ser observada uma correlação linear próxima de  $r^2 \cong 1,00$  para a compressão em relação à elasticidade. Somente 10% GLG e 20% GLP foram pontos fora da reta, dois resultados que podem ser explicados pela variação do tamanho de partículas usadas na produção desses dois compósitos.

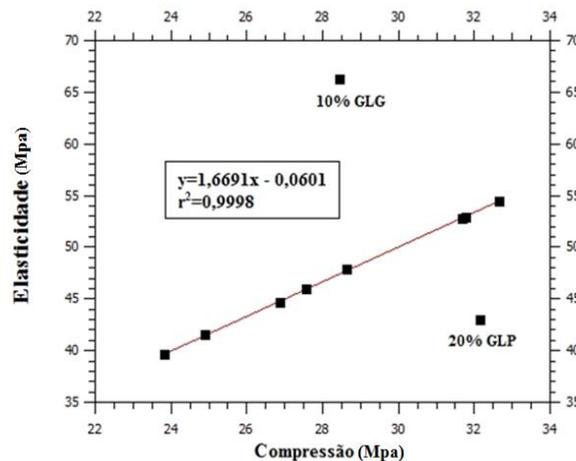


Figura 5.3 – Compressão versus Elasticidade.

Outro fato interessante é que as fraturas observadas para todos os compósitos produzidos neste trabalho mostraram o mesmo comportamento (Figura 5.4). De modo geral, as fraturas observadas não apresentaram vazios que comprometem as propriedades mecânicas de compressão. Esse fato leva a sugerir que estes compósitos são caracterizados por boa aderência entre o endocarpo do Tucumã e o PEBD utilizado.

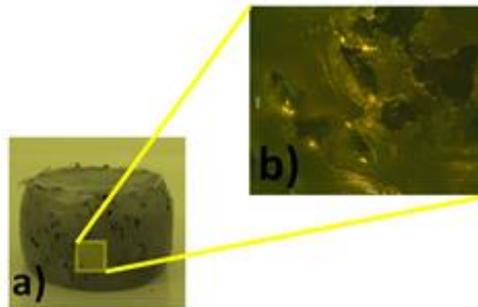


Figura 5.4 – Fraturas típicas observadas na compressão dos compósitos produzidos a partir do endocarpo do Tucumã e PEBD no ensaio de compressão. (a) compósito polimérico de tucumã 10% GLG e 90% PEBD após o ensaio. (b) Fratura na superfície do compósito.

#### 5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do ensaio de compressão mostraram que o compósito com 30% GLP e 70% PEBD apresentou um potencial bastante significativo em relação aos outros compósitos produzidos neste trabalho. O compósito de 30% GLP apresentou também uma aparência estética visual muito boa, típicas de madeira, porém com durabilidade idêntica do plástico. Sendo assim, os resultados do compósito de 30% GLP demonstram sua potencialidade de aplicação na área da construção civil e na indústria moveleira, entre outras possibilidades. Estes resultados também evidenciam que o caroço do tucumã pode ser reaproveitado como um novo produto. Esse reaproveitamento é uma alternativa sustentável e redutora do impacto causado pelo acúmulo desordenado de caroços no ambiente.

#### **Divulgação**

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14929: Madeira - Determinação do teor de umidade de cavacos - Método por secagem em estufa, Rio de Janeiro, 2003.
- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. São Paulo: Abrelpe, 2016.
- AMARAL, J. P. Artesanato Quilombola: identidade e etnicidade na Amazônia. Cadernos do CEOM - Etnicidades, v. 23, n. 31, p. 61-75, 2010.
- ASTM. American Society for Testing and Materials. ASTM D695-02a. Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.
- BARBOSA, B. S.; KOOLEN, H. H. F.; BARRETO, A. C.; SILVA, J. D.; FIGLIUOLO, S. M.; NUNOMURA, S. M. Aproveitamento do Óleo das Amêndoas de Tucumã do Amazonas na Produção de Biodiesel. Acta Amazonica, v. 39, n. 2, p. 371–376, 2009.
- CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. Agrociências, v. 9, n. 1–2, p. 67–71, 2005.
- CORREA, C. A.; FONSECA, C. N. P.; NEVES, S.; RAZZINO, C. A.; HAGE JR, E. Compósitos Termoplásticos com Madeira. Polimeros: Ciência e Tecnologia, v. 13, n. 3, p. 154-165, 2003.
- DIDONET, A. A. e FERRAZ, I. D. K. O comércio de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey - Arecaceae) nas feiras de Manaus (Amazonas, Brasil). Revista Brasileira de Fruticultura, vol 36, nº 2, abr/jun 2014.
- FERREIRA, E. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S.; SILVEIRA, C. S.. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*astrocaryum vulgare mart*). Alimentos e Nutrição, v. 19, n. 4, p. 427-433, 2008.
- FIGLIUOLO, R.; SILVA, J. D. Cadeia Produtiva Sustentável e Integral do Tucumã do Amazonas: do lixo à produção de cosméticos e biodiesel. 32<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. 2009.
- European Committee for Standardization. EN 15149-2. Solid biofuels - Determination of particle size distribution - Part 2: Vibrating screen method using sieve apertures of 3,15 mm and below. 2010.
- HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. What a waste - A global review of solid waste management. Washington: World Bank, 2012.
- IN BRASIL. [www.inbrasil.com.br](http://www.inbrasil.com.br). <acesso em 15/03/2017>
- KAHN, F.; MOUSSA, F. Economic importance of *Astrocaryum aculeatum* (Palmae) in central Brazilian Amazonia. Acta Botanica Venezuelica, v. 22, p. 237–245, 1999.
- LIRA, C. S.; BERRUTI, F. M.; PALMISANO, P.; BERRUTI, F.; BRIENS, C.; PÉCORIA, A. R. B. Fast pyrolysis of Amazon tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) seeds in a bubbling fluidized bed reactor. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 99, p. 23–31, 2013.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; MELLO FILHO, L. E.; BACHER, L. B; TORRES, M. A. V.; BACHER, L.; SARTORI, S.; SOUZA, V. C.; MATOS, F. J. A. Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004.

MADEPLAST. [www.madeplast.com.br](http://www.madeplast.com.br). <acesso em 15/03/2017>

MESQUITA, A. L. ESTUDOS DE PROCESSOS DE EXTRAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE FIBRAS DO FRUTO DO AÇAÍ (*Euterpe oleracea* MART.) DA AMAZÔNIA PARA PRODUÇÃO DE ECOPAINEL DE PARTÍCULAS HOMOGÊNEAS DE MÉDIA DENSIDADE. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, PRODERNA/ITEC, Universidade Federal do Pará. Belém, Pará. 2013.

SHANLEY, P.; MEDINA, G. Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica. Belém: CIFOR-IMAZON, 2005.

SECRETARIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA – SEMULSP. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Manaus (PMGIRS). 2015.

TEIXEIRA, M. G.; CÉSAR, S.F. PRODUÇÃO DE COMPÓSITO COM RESÍDUO DE MADEIRA NO CONTEXTO DA ECOLOGIA INDUSTRIAL. Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira. EBRAMEM, 2006.

WISEWOOD SOLUÇÕES ECOLÓGICAS. [www.wisewood.com.br](http://www.wisewood.com.br). <acesso em 15/03/2017>.

## 6. SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE *WOOD PLASTIC* A PARTIR DO ENDOCARPO DO TUCUMÃ E POLIPROPILENO RECICLADO

Antonio Claudio Kieling<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Professor Assistente do Departamento de Engenharia Mecânica, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade Estadual do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: antonio.kieling@yahoo.com

Genilson Pereira Santana<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Professor Titular do Departamento de Química, do Instituto de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: gsantana2005@gmail.com

Maria Cristina dos Santos<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Professora Titular do Laboratório de Imunoquímica, do Departamento de Parasitologia, do Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II. Manaus, AM – Brasil. E-mail: mcsantos@ufam.edu.br

José Costa de Macedo Neto<sup>4</sup>

<sup>4</sup>Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Materiais, da Escola Superior de Tecnologia, da Universidade do Estado do Amazonas, Av. Darcy Vargas, 1220, Parque 10, Manaus, AM – Brasil. E-mail: jotacostaneto@gmail.com

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi obter e caracterizar o compósito de *wood plastic* obtido a partir da mistura de polipropileno (PP) e do endocarpo do tucumã. Corpos de prova com 10, 20, 30, 40 e 50% em peso de pó do endocarpo de tucumã (pET) com granulometria  $577 \pm 134 \mu\text{m}$  adicionados ao PP foram preparados pela moldagem por injeção, após processo prévio de secagem e homogeneização manual. Os materiais de origem estavam na forma de mínimo processamento, sem aditivos. Inicialmente, caracterizou-se quimicamente o tucumã para determinação dos teores de celulose e lignina, com ensaio de FTIR (ASTM E1252-98) posterior para caracterização das composições da *wood plastic*. Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas foram realizados (tração – ASTM D638 – 14, compressão – ASTM D695-02a, flexão – ASTM D790-03, impacto – ASTM D256-04). Análise de MEV (ASTM E2809-13), para avaliação da região de fratura do ensaio de tração, foi realizada. Análises térmicas (TG/DSC – ASTM D3418-03) avaliaram a degradação dos materiais antes e depois do seu processamento. O ensaio de inflamabilidade avaliou a velocidade de queima das composições preparadas (ASTM D635-03). Ensaio de absorção de água (ASTM D570-98) e envelhecimento em câmara climática (IEC 60068-2-38) foram também realizados. A dureza superficial foi medida pelo ensaio de riscamento (ASTM G171-03). Verificou-se que existe uma interação entre os materiais de forma heterogênea, sem a formação de outra fase. Os compostos com 30% ou mais de pET apresentam perda significativa de suas características mecânicas. Não houve alteração significativa nos materiais quando expostos 400 horas em câmara climática. Os compostos não demonstraram serem higroscópicos. A velocidade de queima apresenta retardo quando do aumento da proporção de pET na composição. Os resultados evidenciaram que a composição com 20% de pET + 80% de PP reciclado foi a ideal para utilização em potenciais produtos que podem ser desenvolvidos com os materiais obtidos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósitos, Ensaio Mecânicos, Caracterização Química, Celulose, Inflamabilidade.

**ABSTRACT:** The objective of this work was to obtain and characterize the plastic composite obtained from polypropylene (PP) and the endocarp of tucumã. 10, 20, 30, 40 and 50 wt.% Of tucumã endocarp powder (pET) with particle size  $577 \pm 134 \mu\text{m}$  added to the PP were prepared by injection molding, after prior drying and manual homogenization. The source materials were in the form of minimal processing, without additives. Initially the tucumã was characterized chemically for the determination of the cellulose and lignin contents, with a posterior FTIR (ASTM E1252-98) test to characterize the compositions of the wood plastic. Assays for the determination of mechanical properties were performed (traction - ASTM D638-14, compression - ASTM D695-02a, flexion - ASTM D790-03, impact - ASTM D256-04). SEM analysis (ASTM E2809-13) for evaluation of the fracture region of the tensile test was performed. Thermal analyzes (TG / DSC - ASTM D3418-03) evaluated the degradation of the materials before and after their processing. The flammability test evaluated the burning rate of the prepared compositions (ASTM D635-03). Water absorption assays (ASTM D570-98) and aging in a climatic chamber (IEC 60068-2-38) were also performed. The surface hardness was measured by the scratch test (ASTM G171-03). It has been found that there is an interaction between the materials in heterogeneous form, without the formation of another phase. Compounds with 30% or more of pET exhibit significant loss of mechanical properties. There was no significant change in materials when exposed to 400 hours in the climatic chamber. The compounds have not been shown to be hygroscopic. The burning rate is delayed when the proportion of pET in the composition increases. The results showed that the composition with 20% pET + 80% of recycled PP is ideal for use in potential products that can be developed with the obtained materials.

**KEYWORDS:** Composites, Mechanical Assays, Chemical Characterization, Cellulose, Flammability.

## 6.1 INTRODUÇÃO

Com a restrição do uso da madeira e o aumento da contaminação mundial do plástico, a *wood plastic* tornou-se uma alternativa viável para estes dois problemas. A *wood plastic*, mais conhecida como *Wood Plastic Composite* WPC, é produzida a partir de uma mistura de fibras de madeira com polímeros termoplásticos. A incorporação de fibras de madeira em plásticos não só melhora as propriedades de tração dos compósitos resultantes em relação a madeira, mas também oferece muitas vantagens, como baixa abrasividade dos equipamentos em seu processamento, baixa necessidade de manutenção e respeito ao meio ambiente. A WPC trata-se de um composto formado basicamente de plástico reciclado e resíduos de serragem, sendo assim considerada uma importante solução ecológica, devido à retirada de lixo plástico do planeta e à diminuição do desmatamento indevido de florestas. Possui características físicas e mecânicas similares à madeira convencional e vem ganhando cada vez mais espaço na construção civil (CABRAL et al., 2016).

Desde o início do século XXI, a indústria da WPC tem estado em rápido crescimento, sendo amplamente utilizada nos EUA. Os aspectos ecológicos da WPC e a boa relação custo-

benefício das suas propriedades mecânicas oferecem grandes oportunidades para esses novos produtos. WPC é um compósito que contém um componente de madeira na forma de partículas (partículas de madeira/farinha de madeira) e uma matriz polimérica. Historicamente, esse material é usado em uma variedade de aplicações estruturais e não estruturais, desde protótipos de componentes e produtos até *decks* externos. O WPC pode ser usado ao ar livre e em ambientes fechados, e algumas aplicações incluem materiais de construção, produtos de jardinagem, aplicações automotivas (interiores e motores), utensílios domésticos, embalagens e bens de consumo, e são principalmente conhecidos pela sua aplicação em materiais de revestimento (SCHWARZKOPF; BURNARD, 2016), (HUNG et al., 2017).

Geralmente, a partícula de madeira utilizada para produzir WPC provém de serragem que é um resíduo do processamento da madeira bruta ou produtos de madeira a partir de tábuas e perfis. O custo da produção de WPC a partir desse passivo ambiental é relativamente baixo e com uma relação qualidade e durabilidade excelente (SCHWARZKOPF; BURNARD, 2016). A facilidade de trabalho em moldagem por injeção, teor de madeira, tamanho das partículas e a sua composição são as principais vantagens da WPC. Os materiais termoplásticos comumente usados na produção de WPC incluem Polietileno (PE), Polipropileno (PP) e Polivinilcloro (PVC), que também serve como agente ligante (SIWEK et al., 2017).

O calor é aplicado para derreter o material plástico que permite a mistura fácil do pó de madeira com o plástico. Após uma mistura completa, a pressão é aplicada para consolidar o produto formado. Este pode ser feito em qualquer forma, formato, tamanho, desenho ou qualidade, dependendo do conceito do produtor e do uso final pretendido. Métodos de extrusão são frequentemente empregados, onde a pasta misturada é extrudada em molde ou matriz; o WPC toma a forma do molde e solidifica como tal sob pressão. O molde é então desmontado para obter o produto. Aditivos podem ser adicionados para melhorar ainda mais a qualidade dos produtos (OLUYEGE, 2017).

Ao contrário do pó de madeira, o endocarpo do tucumã é um passivo ambiental importante descartado no ambiente, principalmente em Manaus. Os vendedores de frutos de tucumã comercializaram 83.066 kg, em 2017. Em termos de quantidade de caroços como resíduo, estima-se que cerca de 60% (ou 49.840 kg) são produzidos, dos quais 61,3%, um total de 30.537 kg se refere ao endocarpo lenhoso/madeira, o que demonstra o potencial de aproveitamento do pó desse endocarpo de tucumã para a produção de *wood plastic* (KIELING et al., no prelo).

Com o intuito de contribuir para o conhecimento do comportamento mecânico da *wood plastic*, este trabalho teve por finalidade obter *wood plastic* a partir da mistura de pó de endocarpo de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* - fruto de uma palmeira da biodiversidade observada na floresta Amazônica) misturado ao polipropileno reciclado e avaliar suas características gerais, ambos materiais atualmente descartados, após consumo e que acabam indo diretamente para o aterro sanitário ou poluindo o meio ambiente.

## 6.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foi usado o Polipropileno (PP) em estado reciclado, em grânulos, resultado de uma operação de moagem a partir de sobras de canais de injeção de peças plásticas produzidas em uma empresa do ramo de injeção plástico do Polo Industrial de Manaus. A Tabela 6.1 mostra os dados técnicos do PP.

Tabela 6.1- Dados técnicos informados pelo fabricante do Polipropileno.

PROPRIEDADE	MÉTODO ASTM	UNIDADES	VALORES
Densidade	D 792	g/cm <sup>3</sup>	0,895
Módulo de Flexão Secante a 1%	D 790	Mpa	1100
Resistência à Tração no Escoamento	D 638	Mpa	24
Alongamento no Escoamento	D 638	%	7
Dureza Rockwell (Escala R)	D 785	-	79
Resistência ao Impacto Izod a 23°C	D 256	J/m	170
Resistência ao Impacto Izod a -20°C	D 256	J/m	50
Temperatura de Deflexão Térmica a 0,455 MPa	D 648	°C	93
Temperatura de Amolecimento Vicat a 10 N	D 1525	°C	145

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

Fonte: (Brasken, 2015)

### 6.2.1. Obtenção e preparo dos caroços de tucumã

Cerca de 40 kg de caroços de tucumã secos foram adquiridos na feira da Cachoeirinha (Manaus), sendo secos ao sol por 30 dias. Cento e trinta e cinco caroços secos foram selecionados com um diâmetro médio na ordem de  $34,79 \pm 6,04$  mm. O processo de seleção dos caroços se baseou na análise física individual dos frutos de tucumã incluindo as seguintes variáveis: i) dimensões de comprimento; ii) diâmetro do fruto inteiro, efetuado por meio de um paquímetro digital da marca Mitutoyo, com resolução de 0.01mm; e iii) peso do endocarpo

(semente) obtido em balança analítica da marca QUIMIS, resolução 0,01 g. Verificou-se ainda que do peso total do caroço (endocarpo lenhoso + amêndoa)  $66,2 \pm 9,6\%$  correspondeu ao endocarpo lenhoso (madeira de tucumã). Os caroços foram quebrados com auxílio de um cilindro metálico, sendo separados o endocarpo lenhoso da amêndoa. Ensaio de compressão (Máquina de ensaio Versat-1000k, célula de carga 100 kgf, velocidade de ensaio  $10 \text{ mm min}^{-1}$ , temperatura  $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , umidade  $50 \pm 10\%$ ) para avaliar a força necessária para a quebra dos caroços foi conduzido em 20 amostras, resultando em  $293,9 \pm 84,4 \text{ kgf}$  no sentido horizontal e  $296,8 \pm 73,5 \text{ kgf}$  no sentido vertical. O endocarpo foi quebrado novamente com o auxílio de um cilindro metálico e separados em pequenos pedaços manualmente, para posteriormente serem triturados em um moinho de facas Marconi com abertura da peneira 30 mesh, sendo obtido um pó de madeira de tucumã com granulometria  $577 \pm 134 \text{ }\mu\text{m}$ . A escolha dessa dimensão tem como fundamento o trabalho de Kieling e Santana (2017), cujos resultados mostraram que após a moagem do endocarpo lenhoso compósitos de tucumã com essa granulometria apresentam propriedades mecânicas adequadas.

### 6.2.2. Análise da composição de celulose e lignina no pó de tucumã

Realizou-se a determinação do percentual de celulose e lignina do pó de tucumã conforme recomendado pelo método de Van Soest (1963). O método utiliza um detergente ácido (CTAB – Brometo de Cetrimônio -  $\text{C}_{19}\text{H}_{42}\text{BrN}$ ) para determinar o percentual de FDA (fibra + lignina), lignina e celulose de fibras vegetais. Para a análise foram utilizados os seguintes reagentes: i)  $0,5 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ : 27,19 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado para 1 L de água destilada; ii)  $\text{H}_2\text{SO}_4$  a 72%: 720 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado para 280 mL de água destilada; iii) Solução de CTAB dissolvida em 50 g de CTAB em 5 L de  $0,5 \text{ mol L}^{-1} \text{ H}_2\text{SO}_4$ ; iv) acetona ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ); e v) Octan-2-ol (álcool graxo de base biológica -  $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$ ). A determinação dos teores de celulose e lignina foi realizada em quadruplicata.

### 6.2.3. Obtenção do ecocompósito

Neste trabalho, procurou-se desde o início a utilização de um processo de obtenção do ecocompósito focado no menor gasto de energia possível. Dessa forma, foi utilizado o processo de injeção diretamente, evitando a utilização do processo intermediário de extrusão. As matérias primas (pó de endocarpo de tucumã - pET e PP) foram usadas *in natura*, ocorreu apenas uma trituração conforme descrito anteriormente. Os testes de injeção da *wood plastic* foram realizados usando PP e pET secos em uma estufa por seis horas. Os ecocompósitos foram

obtidos nas seguintes proporções: 100% de polipropileno (PP100); 90% de PP e 10% de pET (PP90); 80% de PP e 20% de pET (PP80); 70% de PP e 30% de pET (PP70); 60% de PP e 40% de pET (PP60); 50% de PP e 50% de pET (PP50). As misturas, de PP e pó de endocarpo de tucumã, foram elaboradas considerando sua proporção em massa como recomendado em trabalhos similares (BHASKAR; HAQ; YADAV, 2011), (YADAV; YUSOH, 2015), (VÄNTSI, 2015), (SCHWARZKOPF; BURNARD, 2016).

O processo de injeção foi iniciado para a confecção dos corpos de prova, a programação da injetora para o material de 100% PP foi levemente diferente dos demais compósitos, pois as fibras da madeira influenciam na fluidez do material no bico de injeção, sendo necessário ajuste nas temperaturas de processamento e na velocidade de injeção. O equipamento utilizado para a injeção foi uma injetora marca Haitian Hayuan fabricação Chinesa com capacidade de fechamento das placas de 90 toneladas, temperatura do molde 55 °C, com curso de rosca 200 mm, capacidade total interna no canhão de injeção 2 kg de material, com tempo de ciclo total de 44,3 segundos com resfriamento de 25 segundos. Dois quilogramas de material misturado foram obtidos pelas pesagens, separadas, de PP ou de pET, de acordo com cada proporção, em uma balança Pnix 3400 com resolução de 1 g. A temperatura nas quatro posições ao longo do canhão de injeção foi ajustada em 195 °C, com pressão de injeção na ordem de bar. As placas injetadas possuem dimensão de 178 x 118 x 3,2 mm.

#### **6.2.4. Caracterização por FTIR**

A caracterização do PP, pET e das composições de PP com 10, 20, 30, 40 e 50% de pET foram realizadas por de FTIR (*Fourier transform infrared spectroscopy*) em amostras de 10 a 20 mg em um equipamento do fabricante Shimadzu, modelo IRAffinity-1S, conforme recomendado pela norma ASTM E1252-98 (Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis). As análises foram realizadas no módulo de reflectância total atenuada (ATR) (%T em função do número de onda em  $\text{cm}^{-1}$ ). Os espectros foram obtidos na região MIR, na faixa de 4000 a 500  $\text{cm}^{-1}$  e de 1550 a 1850  $\text{cm}^{-1}$ .

#### **6.2.5. Termogravimetria (TG/DSC)**

Com o objetivo de determinar o teor de umidade e a temperatura de degradação do PP antes e depois do processamento, bem como do pET e dos compósitos, aplicou-se a análise termogravimétrica. Para este ensaio foi retirada uma pequena porção de cada material (10 a 20 mg), conforme recomendado pela ASTM D3148-03. O equipamento utilizado foi o Q600 do

fabricante SDT Tehnology que realiza as análises de Termogravimetria (TG) e Calorimetria Diferencial de Varredura (DSC) simultaneamente em 10°C/min em atmosfera de Nitrogênio (N – 30l/min)

### 6.2.6. Ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As amostras para as análises foram obtidas após a execução do teste de tração, cuja região de fratura foi preservada e após metalização superficial com ouro foram em MEV fotomicrografadas em equipamento VEGA 3 TESCAN. Avaliou-se cinco amostras por cada composição. A temperatura de referência utilizada para o teste foi de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar de  $50 \pm 10\%$  de acordo com a norma ASTM E2809-13.

### 6.2.7. Ensaio mecânicos

Os ensaios visando a análise do comportamento resistivo e deformacional dos materiais foram realizados conforme ASTM e são apresentados nas Tabela 4.2.

Tabela 6.2- Propriedades mecânicas, normas relacionadas e unidades de medida.

PROPRIEDADE MECÂNICA	NORMA ASTM	UNIDADES
Resistência à tração na ruptura	ASTM D638-14	MPa
Alongamento à tração na ruptura	ASTM D638-02	%
Módulo de Elasticidade na tração	ASTM D638-02	GPa
Resistência à compressão na ruptura	ASTM D 695-2 <sup>a</sup>	MPa
Módulo de Elasticidade na compressão	ASTM D 695-2 <sup>a</sup>	GPa
Resistência máxima à flexão	ASTM D 790-03	MPa
Resistência de impacto Izod com entalhe	ASTM D 256-04	J/m

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

Fonte: (Elaborado pelo autor, 2018).

#### 6.2.7.1. Ensaio de Tração

Os ensaios de tração foram realizados conforme a norma de referência ASTM D638-14 em uma máquina de ensaio universal utilizada é modelo Instron 5984, equipada com célula de carga de 150 kN com velocidade de deslocamento na ordem de  $10 \text{ mm min}^{-1}$ , considerando confecção de corpo de prova tipo I em forma de halteres com  $165 \times 19 \times 3.2 \text{ mm}$ . A temperatura de referência utilizada para o teste foi de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar de  $50 \pm 10\%$  de acordo com ASTM D638-14. Um conjunto de cinco amostras foram ensaiadas para cada composição. Os resultados obtidos do ensaio (módulo de elasticidade na tração, alongamento,

resistência à tração) foram registrados em planilha e também foi gerada uma curva de tensão/deformação.

#### 6.2.7.2. Ensaio de Compressão

O ensaio de compressão foi realizado de acordo com a norma de referência ASTM D695-2a. A máquina de ensaio universal utilizada é modelo Instron 5984, equipada com célula de carga de 150 kN com velocidade de deslocamento na ordem de 10 mm/min. Um conjunto de cinco amostras cilíndricas foram ensaiadas para cada composição, com comprimento de 60 mm igual a duas vezes o seu diâmetro de 30 mm. Os resultados obtidos do ensaio (módulo de elasticidade na compressão, resistência à compressão) foram registrados em planilha e também foi gerada uma curva de carga/extensão dos corpos de prova. A temperatura de referência para o teste é de  $23 \pm 2$  °C e Umidade relativa do ar de  $50 \pm 10\%$  (ASTM 695-2a).

#### 6.2.7.3. Ensaio de Flexão

O ensaio de flexão foi realizado em concordância a norma ASTM D790-03. Na realização do ensaio adotou-se o procedimento A em função de ser apropriado para a medição das propriedades de flexão pelo método de três pontos. De acordo com o item 7.4 da citada norma, o corpo de prova deve ter dimensões 127 x 12,7 x 3,2 mm para materiais termoplásticos moldados. Os resultados obtidos da resistência à flexão foram registrados em planilha e também foi gerada uma curva de carga/extensão dos corpos de prova. Utilizou-se a máquina de ensaio universal modelo Instron 5984, equipada com célula de carga de 150 kN com velocidade de deslocamento na ordem de 10 mm min<sup>-1</sup>. Para este teste, foram ensaiadas cinco amostras para cada composição. Os resultados foram registrados em planilha em conjunto com a tensão máxima de flexão. A temperatura de referência para o teste é de  $23 \pm 2$  °C e Umidade relativa do ar de  $50 \pm 10\%$  (ASTM D618).

#### 6.2.7.4. Ensaio de Impacto Izod

A norma de referência para o ensaio de impacto Izod (ASTM D256-04) que é indicado para materiais poliméricos e derivados foi aplicada em três amostras para cada composição. A energia de ruptura ao impacto do material polimérico pode ser quantificada na forma de joule por metro (J m<sup>-1</sup>) e/ou kilojoule por metro quadrado (kJ m<sup>-2</sup>). A temperatura de referência utilizada para o teste foi de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar de  $50 \pm 5\%$  (ASTM D256-04). O tipo de ensaio A da norma é o método escolhido com amostras na dimensão 63,5 x 12,5 x

3,2 mm com entalhe em 45° na sua metade. No ensaio Izod o corpo de prova foi engastado na vertical como uma viga em balanço (cantilever). O equipamento utilizado foi

#### **6.2.8. Ensaio de Inflamabilidade**

O ensaio de inflamabilidade para os corpos de prova nas diversas composições (PP e ecocompósito PP e pET) foi realizado com base a norma ASTM D635-03, cujo objetivo foi medir e determinar a taxa de queima na posição horizontal de plásticos. Neste ensaio foi avaliado, inicialmente, o comportamento do PP puro (PP100) e, posteriormente, dos ecocompósitos (PP90, PP80, PP70, PP60 e PP50). Três amostras de cada composição foram ensaiadas, sendo todo o processo registrado em fotomicroscopia com ampliação de 100 vezes da região resultante da deposição dos materiais pós-ensaio de inflamabilidade. As amostras foram climatizadas durante 24 horas a uma temperatura de  $25 \pm 2$  °C e umidade relativa de  $50 \pm 5\%$ , acondicionadas em dissecador e depois ensaiadas uma a uma.

#### **6.2.9. Ensaio de envelhecimento**

O ensaio de envelhecimento foi realizado de acordo com a norma IEC 60068-2-38: 2009, em câmara de simulação de clima (Thermotrom 7800), capaz de variar a temperatura entre -20 e 80°C e a umidade relativa de 15 a 100%. Após a conclusão do ciclo de envelhecimento, durante 400 horas a  $85 \pm 2$  °C e  $85 \pm 2\%$  umidade relativa do ar, que permitiu simular cerca de três anos de vida do material, foi realizado ensaio de tração de acordo com a norma ASTM D638-14. Neste ensaio foram utilizadas três amostras de cada composição e submetidas à fotomicrografia com uma ampliação de 100 vezes em microscópio digital Keyence modelo VHX-600. O inchamento das amostras após o ensaio de envelhecimento foi realizado a partir da medição da espessura do material antes e depois das 400 horas com a utilização de Micrômetro com resolução de 0.001 mm.

#### **6.2.10. Ensaio de Absorção de Água**

O ensaio de absorção de água para os corpos de prova nas diversas composições (PP e ecocompósito PP e pET) foi realizado com base a norma ASTM D570-98, cuja umidade foi calculada conforme:

$$\text{Absorção de água} = \frac{(\text{peso molhado} - \text{peso seco})}{\text{peso seco}} \times 100$$

Três amostras de cada composição (PP puro e com pET) em forma de disco com diâmetro 50.0 mm e espessura 3.2 mm foram ensaiadas. A temperatura de referência utilizada

para o teste foi de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar de  $50 \pm 10\%$ . As amostras depois de imersas em água destilada, por 24 horas, foram secas em estufa, a temperatura de  $50 \pm 3$ °C, durante 24 horas e após acondicionamento das amostras em dessecador foram pesadas em balança analítica Shimadzu resolução 0,0001 g.

#### **6.2.11 Ensaio de Riscamento (*Scratch Test*)**

O ensaio de riscamento para os corpos de prova nas diversas composições (PP e ecocompósito PP e pET) foi realizado com base a norma ASTM G171-03. Esta norma descreve os procedimentos de laboratório para determinar a dureza no riscamento (arranhões com ponta de diamante) das superfícies de materiais sólidos. Três amostras de cada composição de PP puro e com pET, bem como de Paviflex Chinês de PVC (muito vendido, em Manaus, para pisos de residências), em forma de discos com diâmetro 50,0 mm e espessura 3,2 mm foram ensaiadas. A temperatura de referência utilizada para o teste foi de  $23 \pm 2$  °C e umidade relativa do ar de  $50 \pm 10\%$ . O equipamento utilizado foi um Tribômetro UMT-2, fabricação Bruker Corporation, equipado com sensor tipo DHF-10, faixa de força normal de 1 a 100 N, resolução de 5 mN, endentador Vickers com ponta de diamante piramidal quadrada  $136^\circ$  entre faces opostas. Uma carga de 5N foi utilizada nos ensaios.

### **6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na avaliação dos resultados, obtidos neste trabalho, evidenciou-se os efeitos das propriedades físico-químicas dos materiais utilizados (PP e pET) e das composições do ecocompósito (composição celulose + lignina, FTIR, TG/DSC e MEV), bem como os efeitos da adição do pó de endocarpo do tucumã na mistura (tração, compressão, flexão, impacto, inflamabilidade, absorção umidade e envelhecimento) em um processo de produção não usualmente citado na literatura (MOURA, 2011).

#### **6.3.1. Composição de celulose e lignina no pó de endocarpo de tucumã**

Os resultados das análises químicas da composição de celulose e lignina foram caracterizados por ter uma quantidade de cerca de 49% de celulose e 37% de lignina (Tabela 6.3). Nota-se que a quantidade de celulose e lignina não é um fator limitante da produção de *wood plastic*. Por outro lado, as dimensões e quantidades, de pó de madeira adicionados são fatores que afetam a qualidade do produto final. Segundo Kieling e Santana (2017) endocarpo

de tucumã com dimensão de  $129\pm 97$   $\mu\text{m}$  produzem *wood plastic* com propriedades mecânicas melhores que outras dimensões.

Tabela 6.3 – teores de celulose e lignina encontrado em algumas madeiras plásticas.

ESPÉCIE	CELULOSE (%)	LIGNINA (%)	REFERÊNCIA	
<i>Chinese fir – Cunninghamia lanceolata</i>	45,1 $\pm$ 1,0	37,1 $\pm$ 1,5	HUNG et al., 2017	
<i>Taiwan red pine – Pinus taiwanensis</i>	37,7 $\pm$ 1,1	28,3 $\pm$ 0,9		
<i>India-charcoal trema – Trema orientalis</i>	42,6 $\pm$ 0,9	25,4 $\pm$ 3,1		
<i>Makino bamboo – Phyllostachys makinoi</i>	43,7 $\pm$ 0,4	20,9 $\pm$ 3,8		
<i>Pinus elliotti e pinus taeda</i>	54,8	25,6		RIGATTO; DEDECEK; MATOS, 2004, VÄNTSI, 2015
<i>Ceiba pentandra</i>	35,0	21,5		OLUYEGE et al., 2017
<i>Pinus pinaster</i>	57,4	28,6	MBAREK et al., 2010	
Fibra de coco	34,5	40,6	CORRADINI et al., 2009	
<i>Pinus radiata</i>	37,9	33,7	WECHSLER; HIZIROGLU; BALLERINI, 2008	
<i>Pó de endocarpo de tucumã</i>	49,4 $\pm$ 0,9	37,4 $\pm$ 1,3	Neste trabalho	

### 6.3.2. Caracterização do PP, pET e das composições do ecocompósito

A Figura 6.1 apresenta as bandas de FTIR características dos materiais utilizados para a formação dos compostos (pET e PP100) bem como os compostos desenvolvidos (PP90, PP80, PP70, PP60 e PP50). Observa-se a existência de bandas atribuídas aos grupos hidroxílicos (estiramento O-H celulósico) em  $3400\text{ cm}^{-1}$ , deformação axial dos grupos C-H em  $2900\text{ cm}^{-1}$ , deformação angular dos grupos C-H em  $1375\text{ cm}^{-1}$ , deformação angular de ligações C-O de álcoois primários em  $1160\text{ cm}^{-1}$ , banda de absorção das ligações C-O-C, que representa a vibração do anel de piranose em  $1050\text{ cm}^{-1}$  e ligações  $\beta$ -glicosídicos entre as unidades em  $903\text{ cm}^{-1}$ , características da celulose. Da mesma forma que a celulose, é possível observar uma banda de absorção em  $3400\text{ cm}^{-1}$  de estiramento de grupos O-H. Bandas de absorção em  $2926\text{ cm}^{-1}$  e  $1458\text{ cm}^{-1}$  atribuídas às vibrações de C-H de  $-\text{CH}_2$  e  $-\text{CH}_3$ , respectivamente. Existem também vibrações de  $-\text{CH}_3$  em  $2831\text{ cm}^{-1}$ . Em  $1610$  e  $1517\text{ cm}^{-1}$  aparecem vibrações aromáticas de C=C e em  $1274\text{ cm}^{-1}$  de C-O. No espectro existem bandas em  $2900\text{ cm}^{-1}$  de deformação axial

C-H,  $1456\text{ cm}^{-1}$  de deformação angular  $\text{CH}_2$ ,  $1450\text{ cm}^{-1}$  de deformação angular assimétrica de  $\text{CH}_3$  e em  $1375\text{ cm}^{-1}$  deformação angular simétrica de  $\text{CH}_3$  e em  $1167\text{ cm}^{-1}$  de deformação angular de  $\text{CH}_3$  que caracterizam a presença de PP. Um fato marcante no FTIR das misturas foi que não apresentaram bandas que possam sugerir a formação de novas espécies. Em princípio não há uma reação entre o PP e o pET.

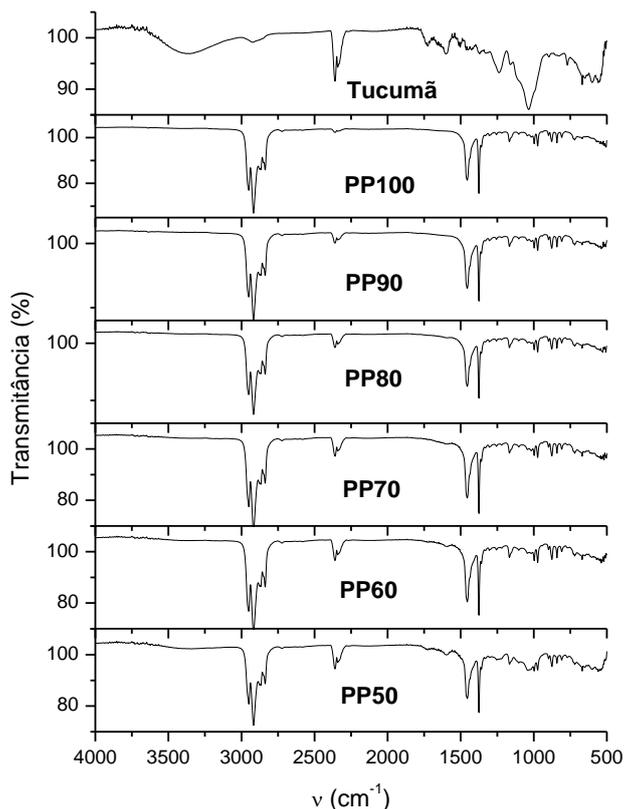


Figura 6.1 – Curvas de FTIR para os materiais utilizados e das composições formuladas. Fonte (LABQUIM UEA, 2017).

As medidas térmicas (DSC/TG) mostram dois termogramas com picos diferentes para o PP puro (PP100) e pET (pET100) como apresentado na Figura 6.2. As medidas térmicas do PP puro apresentam picos em  $263,21\text{ }^{\circ}\text{C}$  (2,964%),  $364,35\text{ }^{\circ}\text{C}$  (24,16%),  $424,50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (66,49%),  $439,42\text{ }^{\circ}\text{C}$  (5,90%) e  $615,38\text{ }^{\circ}\text{C}$  (0,61%). O pET apresenta picos em  $98,58\text{ }^{\circ}\text{C}$  (9,28%), típico de água de adsorção,  $265,12\text{ }^{\circ}\text{C}$  (8,76%),  $362,52\text{ }^{\circ}\text{C}$  (39,50%) e  $584,99\text{ }^{\circ}\text{C}$  (39,39%). Nota-se que na região entre  $360\text{--}430\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $580\text{--}620\text{ }^{\circ}\text{C}$  os termogramas do PP puro e pET são característicos de cada componente. A Figura 6.3 expressa o comportamento da *wood plastic* com a adição de pET. Na região de  $360\text{--}430\text{ }^{\circ}\text{C}$  observa-se uma redução linear da quantidade de PP puro, por sua vez na região de  $580\text{--}620\text{ }^{\circ}\text{C}$  observa-se um aumento linear correspondente a adição de pET. Este resultado corrobora, em conjunto com os resultados do FTIR, que se

trata da formação de uma única mistura. A formação da *wood plastic* PP + pET é caracterizada por ter um material agregante, neste caso o PP é o agregado ao pó de endocarpo de tucumã. Verifica-se que aumentando a adição de pET no compósito existe perda de estabilidade térmica, sendo que com 10% e 20% de pET tem-se uma mesma estabilidade térmica.

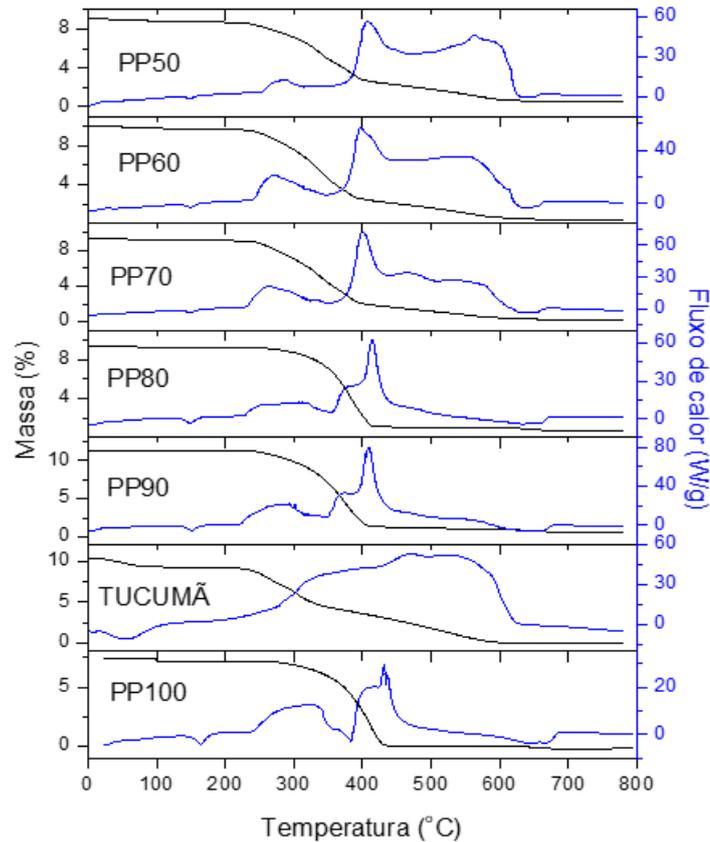


Figura 6.2 – Curvas TG/DSC do PP, pET e das composições produzidas. Fonte (LAMAC-UFAM, 2017).

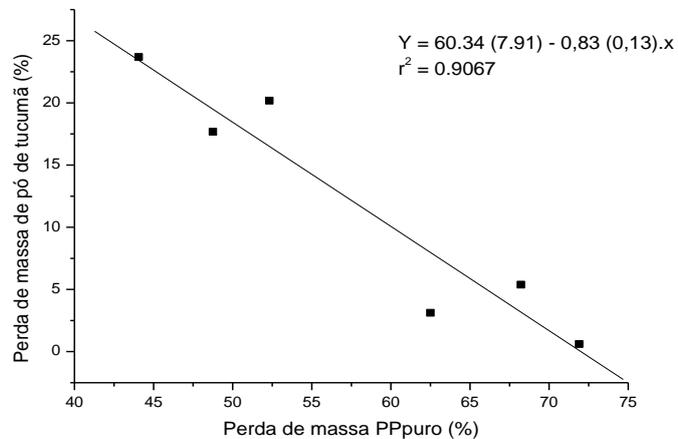


Figura 6.3 – Relação da perda de massa do pó de tucumã (580–620 °C) versus PP puro (360–430 °C).

### 6.3.3. Ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Os resultados da análise da região transversal das placas injetadas (aumento de 150 vezes – obtidas por serra manual) e da região fraturada após ensaio de tração (800x) estão apresentados na sequência de cada composição (PP100, PP90, PP80, PP70, PP60 e PP50) e podem ser observados na Figura 6.4.

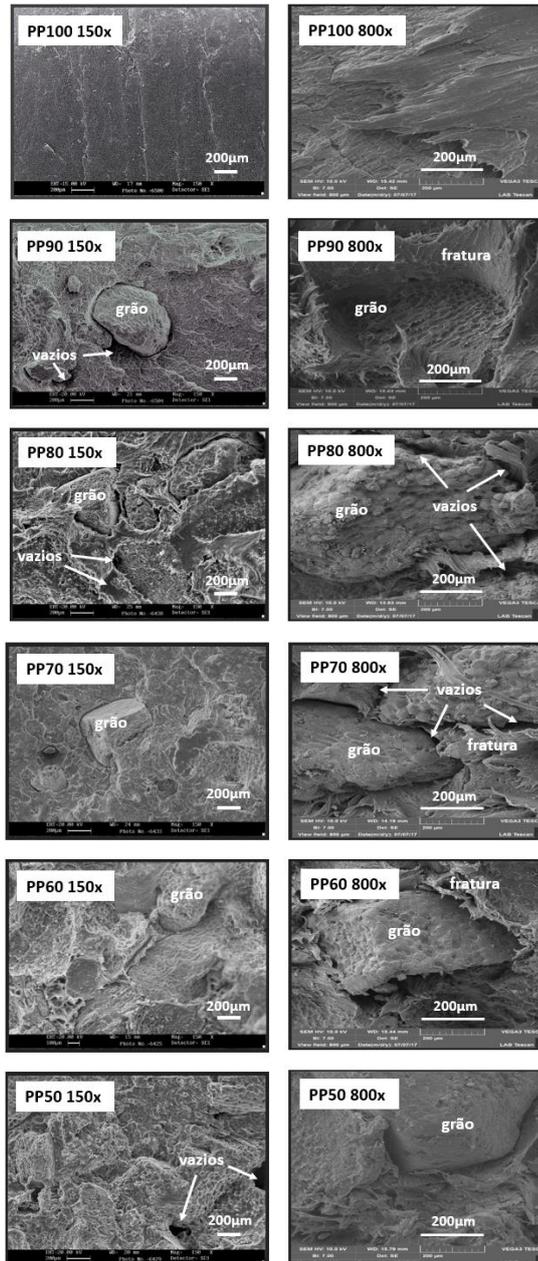


Figura 6.4 - MEV dos materiais com campo de visão 150x e 800x. Fonte: (INPA; TESCAN, 2017).

Nota-se que as fotomicrografias apresentam o mesmo padrão; ou seja, verifica-se que os grãos do pó de endocarpo de tucumã apresentam formas irregulares arredondadas e prismáticas, gerando uma interface bem definida entre os grãos e a matriz polimérica de PP. Algumas regiões apresentam vazios, que são representados por setas, principalmente nas amostras fraturadas após ensaio de tração, que apresentam de forma mais evidente a separação entre os materiais do compósito. Os vazios existentes nas amostras serradas manualmente, devem-se fundamentalmente a ação da serra e o descolamento de parte de partículas de pó nestas regiões. Aparentam, em geral, uma mistura heterogênea, com duas fases bem definidas, não configurando uma interação forte entre as partes. Esta configuração morfológica justifica a queda da resistência à tração das composições contendo pó em relação ao PP puro, o que pode ser verificado na Tabela 6.4 e Figura 6.5. Outros estudos conduzidos com materiais minimamente processados sem adição de agentes de acoplamento apresentaram resultados similares com redução nas propriedades mecânicas em pó de madeira de *pinus elliotti e pinus taeda* com valores médios de 54,8% de celulose e 25,6% de lignina em sua composição (BATTISTELLE et al, 2014), (VÄNTSI, 2015).

### 6.3.4. Ensaio Mecânicos

Tabela 6.4 – Resultados dos ensaios mecânicos de tração, compressão, flexão e impacto nas amostras de PP e dos compósitos e o coeficiente de correlação  $r$  de Pearson.

AMOSTRA	TRAÇÃO (MPA)		MOET (GPA)		ALONGAMENTO (%)		COMPRESSÃO (MPA)		MOEC (GPA)		FLEXÃO (MPA)		IMPACTO (J/M)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
PP100	23,06	0,56	0,73	0,02	11,75	1,17	7,61	0,43	0,58	0,04	57,25	3,01	149,71	12,94
PP90	18,21	0,93	0,73	0,02	11,75	1,17	8,85	0,59	0,49	0,06	54,57	3,19	120,05	6,47
PP80	17,84	1,20	0,73	0,04	11,89	3,02	12,28	3,36	0,5	0,12	56,39	4,06	120,05	14,88
PP70	14,13	2,38	0,83	0,05	9,64	5,73	16,83	1,05	0,37	0,04	53,68	7,07	69,20	13,62
PP60	10,09	2,72	0,94	0,07	5,49	0,77	17,85	1,61	0,43	0,05	48,68	6,56	64,97	2,45
PP50	9,36	1,51	0,94	0,07	9,36	1,51	13,19	1,71	0,33	0,05	41,08	6,31	35,31	2,45
CV médio (%)	12,4		5,3		22,5		11,3		13,5		10,0		9,5	
$r$ Pearson	-1,0		0,9		-0,7		0,8		-0,9		-0,9		-1,0	

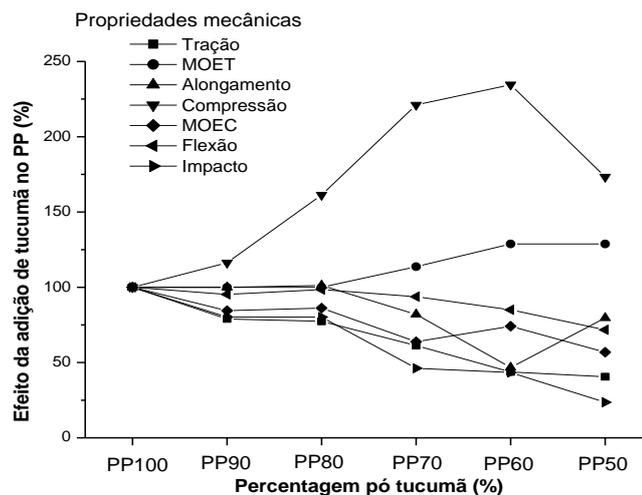


Figura 6.5 – Propriedades mecânicas do PP puro e dos compósitos.

Verifica-se na Figura 6.5 que os valores para as composições de 10 e 20% de pó de endocarpo de tucumã apresentaram pouca variabilidade, estando muito similares aos valores encontrados para o PP puro, porém variando significativamente para as composições com 30, 40 e 50%, mostrando uma tendência de serem as composições mais adequadas para aplicações industriais.

#### 6.3.4.1. Ensaio de Tração

Os resultados da resistência e do módulo de elasticidade à tração dos compósitos madeira-PP são apresentados na Tabela 6.4 e Figura 6.5. Como pode ser visto na Tabela 6.4, a resistência à tração dos compostos de madeira-PP encontra-se na faixa de 18,21-9,36 MPa, dependendo das formulações do compósito, com todas as composições apresentando valores inferiores ao PP puro.

Todas as amostras de cada composição possuem coeficientes de variação (CV) médio correspondente aos valores de pouca variabilidade, com exceção do alongamento. A distribuição do CV permite estabelecer classes de valores que guiam os pesquisadores a checar a validade dos seus ensaios (STORCK et al., 2011). O CV da resistência à tração foi 12,4% e para o módulo de elasticidade à tração foi de 5,3%, ambos abaixo do limite de 15% considerado para dados homogêneos (GARCIA, 1989), (PIMENTEL-GOMES, 2009). O CV para o alongamento foi de 22,5% relacionado a dados mediantemente homogêneos (alta variação nas composições com 20 e 30% de pET). O módulo de elasticidade à tração (MOET) é calculado a partir das curvas de alongamento de carga usando a parte linear inicial. O MOET permaneceu constante em 0,73 GPa para o PP puro e as composições com 10 e 20% de pET, aumentando para as composições de 30, 40 e 50% culminando em 0,94 GPa, indicando que aparentemente

a adição de pó de endocarpo de tucumã aumenta a rigidez dos compósitos. O alongamento verificado no ensaio se mantém constante para o PP puro e os compostos com 10 e 20% de pET (11,8 a 11,9%) e decresce para os compostos com 30, 40 e 50% (9,6 a 5,5%), justificando o fato de que com o aumento da rigidez o material se tornaria mais frágil. O coeficiente  $r$  de Pearson que mede a força da correlação entre variáveis apresenta valores de que corroboram a fortíssima correlação entre a adição de pó de endocarpo de tucumã e as propriedades mecânicas de tração, apresentando os valores de -1,0 para a resistência à tração (decresce a resistência), 0,9 para o MOET (aumenta a rigidez) e -0,7 para o alongamento (diminui o alongamento). Resultados mostrando que a resistência a tração diminui e o módulo de flexão na tração aumenta com o incremento da quantidade de material celulósico também é reportado em outros trabalhos sobre a produção de *wood plastic*, com pó de madeira com 40% de teor de celulose, 27% de teor de lignina e diâmetro da partícula variando de 0,2 a 0,5 mm (MBAREK et al, 2010), (PIGATTO, 2010), (BHASKAR; HAQ; YADAV, 2011), (YADAV; YUSOH, 2015), (VÄNTSI, 2015), (VÄNTSI; KÄRKI, 2015).

#### 6.3.4.2. Ensaio de Compressão

Os resultados da resistência e do módulo de elasticidade à compressão dos compósitos madeira-PP são apresentados na Figura 6.5 e Tabela 6.4. Os dados mostram que a resistência à compressão dos compostos de PP com pET encontra-se na faixa de 7,6-17,9 Mpa dependendo da formulação do compósito, com todas as composições dos compósitos apresentando valores superiores ao PP puro. Todas as amostras de cada composição forneceram dados concordantes. O CV da resistência à compressão foi 11,3% e para o módulo de elasticidade à compressão foi de 13,5%, ambos abaixo do limite de 15% considerado para dados homogêneos. O Módulo de Elasticidade à Compressão (MOEC) é calculado a partir das curvas de compressão e deformação usando a parte linear inicial. O MOEC apresentou dados constantes para o PP puro e as composições com 10 e 20% de pET (0,58-0,49-0,50 GPa) e decrescentes nas composições de 30, 40 e 50% (0,37-0,43-0,33 GPa), mostrando comportamento contrário ao MOET, indicando que com o aumento de pó de endocarpo de tucumã o material perde a rigidez na compressão. O coeficiente  $r$  de Pearson que mede a força da correlação entre variáveis apresenta valores de que corroboram a forte correlação entre a adição de pET e as propriedades mecânicas de compressão, apresentando os valores de 0,8 para a resistência à compressão (cresce a resistência) e -0,9 para o MOEC (diminui a rigidez). Resultados similares foram obtidos com pó de madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) com dimensões entre 1,0 e 2,0 mm,

teor de celulose de 35% e lignina de 21,5%, e plásticos reciclados, onde a adição percentual de pó na composição do composto (40 a 60% de pó) apresentou um aumento na resistência a compressão e uma diminuição do MOEC (OLUYEGE et al., 2017). Compostos com 10 e 30% de pó de madeira de pinheiro (*Pinus pinaster*), com teor de celulose 57,4% e lignina 28,6%, dimensão média de 0,22mm, em HDPE obtiveram também resultados parecidos com incremento da resistência a compressão (MBAREK et al, 2010).

#### 6.3.4.3. Ensaio de Flexão

A resistência à flexão dos materiais é obtida a partir de testes de flexão de três pontos e os valores são apresentados na Tabela 6.4 e Figura 6.5. Os dados mostram que a resistência à flexão dos compostos de PP com pET encontra-se na faixa de 57,25-41,08 Mpa dependendo da formulação do compósito, com todas as composições dos compósitos apresentando valores levemente inferiores ao PP puro. As composições com 10 e 20% de pó de endocarpo de tucumã bem como o PP puro apresentaram valores muito similares entre si (57,25-56,39 Mpa), enquanto com 30, 40 e 50% apresentaram tendência de queda (53,68-48,68-41,08). As amostras de cada composição forneceram dados concordantes. O CV médio da resistência à flexão foi 10%, abaixo do limite de 15% considerado para dados homogêneos. O coeficiente  $r$  de Pearson apresenta valores de que indicam a forte correlação entre a adição de pET e as propriedades mecânicas de flexão, apresentando o valor de -0,9 (decrece a resistência á flexão com aumento da madeira de tucumã) sendo muito similar ao comportamento da resistência a tração dos materiais. Resultados diferentes foram obtidos com a proporção de 20% de pó de madeira (dimensão 0,25 a 0,40 mm), com 78% de PP e 2% de agente aglomerante com aumento na resistência a flexão (YADAV; YUSOH, 2015). Já no uso de fibra de coco com teor de celulose de 34,5% e lignina 40,6% (CORRADINI et al., 2009) verificou-se uma linearidade do módulo de flexão em torno de 1,2 GPa nas composições de 10, 20 e 30% de fibra no PP (ISHIZAKI et al., 2006), enquanto, neste trabalho, a resistência a flexão permaneceu constante.

#### 6.3.4.4. Ensaio de Impacto Izod

A resistência ao impacto dos materiais é obtida a partir do teste de impacto são apresentados também na Figura 6.5 e Tabela 6.4. Os dados mostram uma pequena redução da resistência ao impacto para os compostos com 10 e 20% de pET (120,05-120,05 J/m) em relação ao PP puro (149,71 J/m). Para os compostos com 30, 40 e 50% a redução é muito significativa (69,2-64,97-35,31 J/m), indicando que com o incremento de pET na composição

junto ao PP puro verifica-se a diminuição da sua resistência ao impacto. O CV médio da resistência ao impacto 9,5% (abaixo do limite de 15%) mostrando que os dados obtidos são homogêneos. O coeficiente  $r$  de Pearson apresenta valores de que indicam a forte correlação entre a adição de pó de endocarpo de tucumã e as propriedades mecânicas de resistência ao impacto, apresentando o valor de -1,0, significando que decresce a resistência ao impacto com aumento desse pó no compósito. Estudos realizados com pó de madeira de pinheiro (*Pinus elliotti* e *Pinus taeda*) apresentaram resultados similares com valores médios de 54,8% de celulose e 25,6% de lignina (BATTISTELLE et al., 2014), (SIWEK et al., 2018) e tamanho de partículas variando de 0,08 a 0,49 mm, onde o incremento de pó de madeira causou decréscimo na resistência ao impacto.

O processo de injeção se mostra superior no que tange as propriedades mecânicas resultantes dos materiais compósitos em comparação a processos de moldagem por compressão de placas (KUMARI et al., 2007).

### **6.3.5. Ensaio de Inflamabilidade**

A Figura 6.6 mostra a taxa de queima em mm/min, nota-se que a taxa de queima aumenta na faixa de 25 – 100 mm para todas as amostras em relação a faixa de 0 – 25 mm. Isto deve-se ao fato de que para os primeiros 25 mm de queima da amostra a norma ASTM D635-03 solicita que a fonte de calor de ignição seja aplicada a 45° de inclinação por um tempo de  $30 \pm 1$  s, o material precisa iniciar a queimar e continuar a queima, o que leva a taxas resultantes de queima menores nesta faixa. O comportamento da adição de pó de endocarpo de tucumã ao PP inicialmente tem ação acelerante na velocidade de queima na adição de 10 e 20% de pET ao PP, com 11,1% e 32,3% p, respectivamente, de aumento em relação ao PP100 de referência (30,21%-PP90 e 36,01%-PP80) para a faixa de 25 – 100 mm onde a queima do material está estabilizada. A partir deste ponto, verifica-se diminuição na taxa de queima de 16,9% para PP70 em relação a PP80 (de 36,01 para 29,94 mm/min), de 24,1% de PP60 para PP70 e de 24,9% para PP50 em relação a PP70, respectivamente. PP50 apresenta uma taxa de queima igual ao PP puro de referência PP100. Este comportamento mostra que o pó de endocarpo de tucumã não contribui na média para acelerar a taxa de queima quando comparado ao PP100.

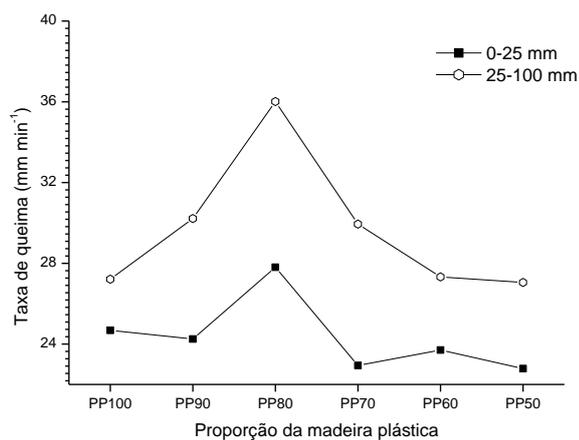


Figura 6.6 – Taxa de queima dos materiais compostos desenvolvidos.

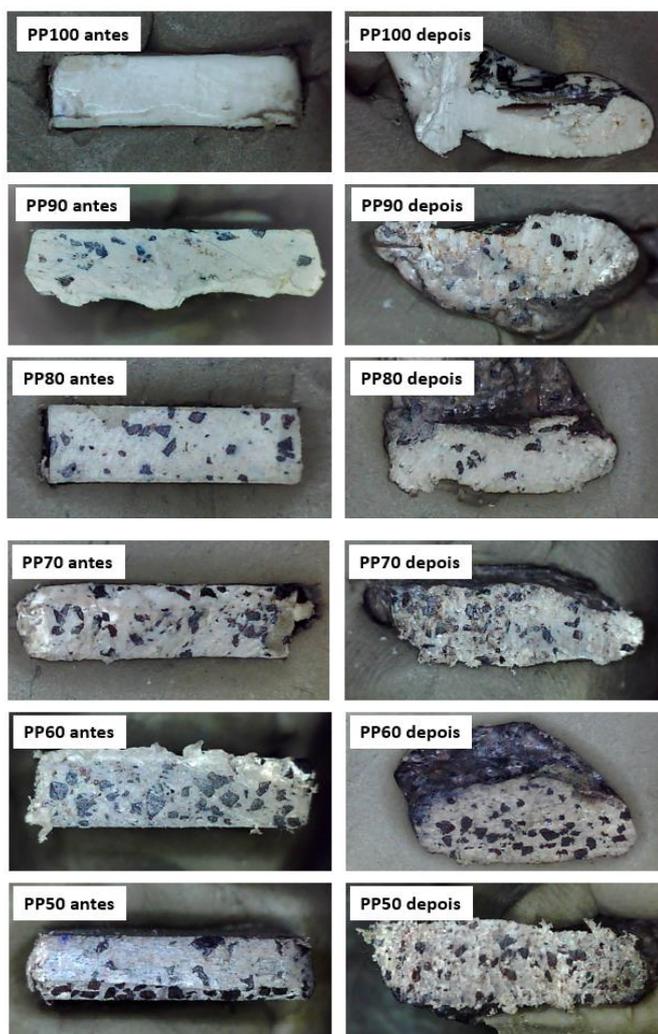


Figura 6.7 – Fotomicrografias das composições utilizadas antes e depois do ensaio de inflamabilidade em ampliação 100 vezes.

Os detalhes da composição do PP puro (PP100) e dos compósitos com pó de madeira de tucumã (PP90, PP80, PP70, PP60 e PP50) estão apresentados na Figura 6.7. Nota-se na parte esquerda que existe um incremento na quantidade visível de pó até o limite de 50% (PP50). As regiões apresentadas foram obtidas a partir do seccionamento com a utilização de uma serra manual. Na parte direita, verifica-se que não apareceram bolhas no processo de queima, bem como o pó de endocarpo de tucumã não se apresenta carbonizado, o que seria esperado se este fosse queimado. Deduz-se que não houve queima do pó de madeira provavelmente decorrente da diferença de temperatura de queima dos materiais como se verifica na Figura 2, onde o PP inicia a perda de massa ao redor de 200 °C enquanto para o pET isto acontece ao redor de 250°C.

#### **6.3.6. Ensaio de envelhecimento**

A Figura 6.8 mostra a aparência superficial das amostras antes e depois das 400 horas de exposição em que se verifica a não existência de alterações significativas na aparência superficial das amostras antes e depois do ensaio. A análise de controle dimensional, realizada pela medição da variação da espessura dos corpos de prova após às 400 horas de exposição, utilizando-se um micrômetro digital marca Mitutoyo resolução 0,001 mm, mostra que há um inchamento do material em sua espessura, variando de 0,08% (PP100) até um valor máximo de 2,52% para a amostra com 50% de pó de tucumã (PP50), valores proporcionais aos verificados na figura 8 referente ao ensaio de absorção de água.

Os resultados referentes ao ensaio de tração após às 400 horas de exposição das amostras foram:  $16,69 \pm 2,26$  (PP100),  $8,17 \pm 1,32$  (PP90),  $11,21 \pm 2,08$  (PP80),  $5,59 \pm 2,99$  (PP70),  $6,87 \pm 1,73$  (PP60) e  $5,59 \pm 2,99$  MPa (PP50). A resistência à tração do material apresenta uma redução com valores variando de 24% (PP100) a 60% (PP70) em relação ao estágio antes dos ensaios. Estudos similares também apresentaram redução nas propriedades mecânicas de tração e compressão após exposição em câmara climática em 750 e 1000 horas de exposição com temperatura variando de -30 a 80 °C e umidade variando de 10 a 90% para materiais com fibra de carbono em sua composição (MESSANA et al., 2017).

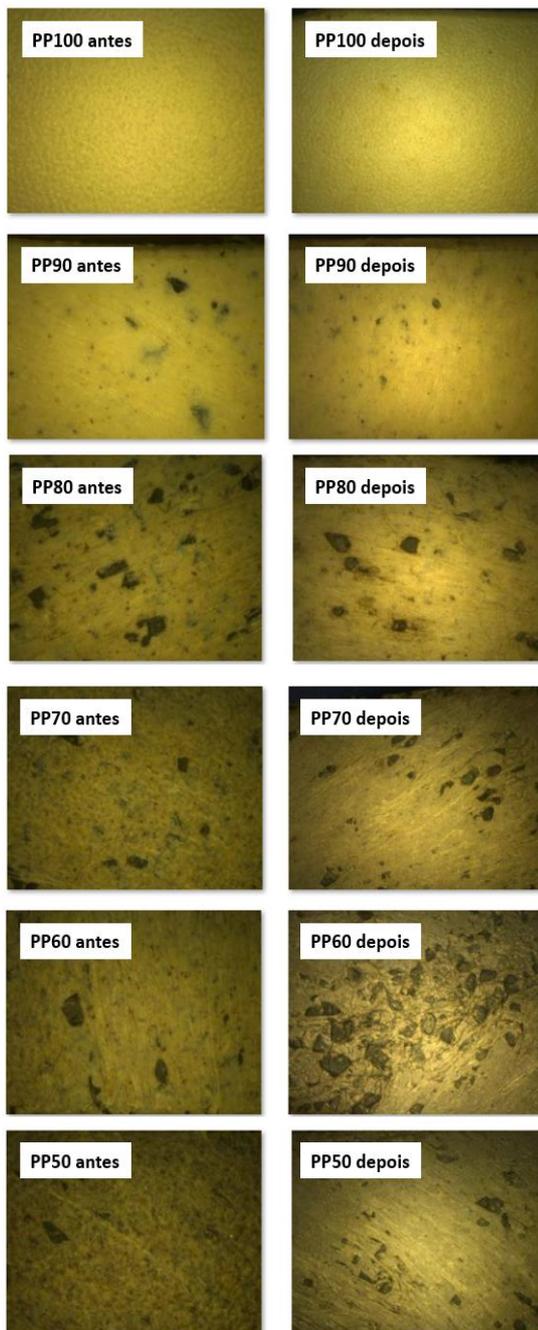


Figura 6.8 – Aparência superficial das amostras antes e depois da exposição durante 400 horas em câmara climática.

### 6.3.7. Ensaio de absorção de água

Os valores resultantes do ensaio de absorção de água foram os seguintes: a) amostras secas –  $5,3527 \pm 0,0328$  (PP100) –  $6,900 \pm 0,0918g$  (PP50), com uma variação de 0,02% (PP100) a 1,60% (PP50). Os valores dos ensaios são mostrados na Figura 6.9 cuja principal característica é uma relação exponencial da absorção de água em função do acréscimo de pó de

endocarpo de tucumã na composição das amostras. Estes resultados são aproximadamente 50% menores que os encontrados em ensaios de compósitos de PP com 40 a 60% de pó de madeira de pinheiro, com dimensões de 0,2 a 0,5 mm, 54,8% de celulose e 25,6% de lignina (BHASKAR et al., 2012) muito provavelmente em função de uma maior compactação do pó de madeira (endocarpo) de tucumã em sua forma natural. Estudos realizados com 60 e 80% de pó de *Pinus radiata*, contendo teores de celulose e lignina com 37,9 e 33,7%, respectivamente, tamanho de partículas variando de 10 a 50 mesh (0,3 a 2,0 mm) apresentaram um inchamento de 13,3% e 18,6% após 22 horas de imersão em água destilada (WECHSLER; HIZIROGLU; BALLERINI, 2008).

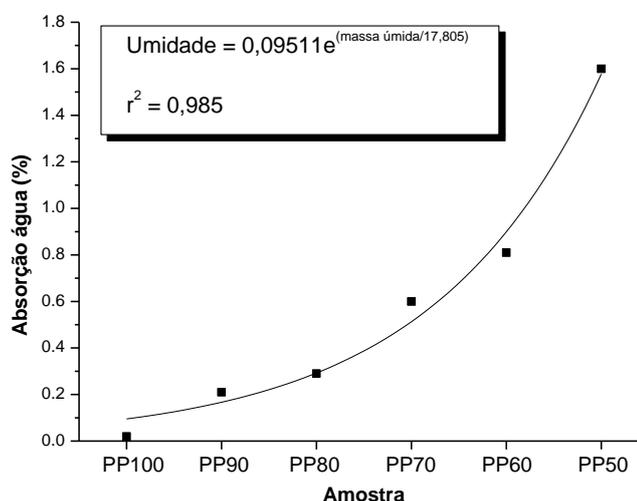


Figura 6.9 – Resultados do ensaio de absorção de água em 24 horas.

Em estudos feitos por Yamaji (2004), a produção dos compósitos sem uma pré-secagem da madeira limitou a produção de formulações com o conteúdo máximo de 40% de madeira. Em relação aos polímeros utilizados, deve-se prestar atenção também a umidade do material, pois usualmente no processo de reciclagem existe uma adição de água que pode ficar retida no plástico. Outro problema que Marinelli et al. (2008) citam é que no processo de injeção, a formação de gases pode levar o produto final a ter porosidade e com microestrutura semelhante a um expandido estrutural, sem contar que a água absorvida pode acelerar a degradação térmica da celulose. Esta distribuição de porosidade é influenciada pelas condições de processamento e, conseqüentemente, poderá comprometer as propriedades mecânicas do material modificado.

### 6.3.8. Ensaio de Riscamento (*Scratch Test*)

A comparação dos Coeficientes de Atrito Dinâmicos (COF) das amostras em comparação ao Paviflex Chinês de PVC permite avaliar a potencialidade dos materiais de PP + pET em aplicações específicas para pisos, em função de que é possível relacionar o COF dos materiais por comparação com a Norma NBR 13818 anexo N (COF < 0,4 para pisos em geral e COF > 0,4 para locais onde a situação antiderrapante se faz presente). A tabela 6.5 apresenta os resultados da medição do COF para as amostras ensaiadas.

Tabela 6.5 – Coeficiente de atrito dinâmico (COF) dos materiais ensaiados

Material	COF médio	D.padrão	CV
Paviflex	0,36	0,05	13,8%
PP100	0,32	0,03	9,3%
PP90TU10	0,34	0,07	20,4%
PP80TU20	0,37	0,05	14,4%
PP70TU30	0,41	0,04	9,0%
PP60TU40	0,39	0,06	16,3%
PP50TU50	0,37	0,04	11,9%

Verifica-se que as amostras com porcentagens de pET de 20 a 50% apresentam um COF similar ao material Paviflex chinês. A amostra com 30% de pET apresenta um COF de 0,41, seguida pelas amostras com 40%, 50% e 20% com COF 0,39 e 0,37, respectivamente. Com exceção das amostras com puro PP reciclado e com 10% de PET (COF 0,34 e 0,32) os materiais apresentam potencial de utilização em pisos residenciais e em prédios.

Trabalhos realizados avaliando o COF em madeiras *Eucalyptus clöziana*, *Eucalyptus microcorys* e *Corymbia maculata* utilizadas para pisos reportou valores de COF na ordem de 0,15 – 0,13 – 0,19, respectivamente (MARTINS, 2008), valores em média 50% menores que os encontrados nesta tese para os materiais com 20% ou mais de pET em sua composição.

## 6.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verifica-se que os compósitos com 10 e 20% mantêm as propriedades do PP puro. Houve a formação visível de uma mistura de PP + pET. O ecocompósito foi produzido em condições de mínimo processamento, isto é, as condições originais tanto do PP como do pET obtidos após a sua moagem foram mantidas sem nenhuma adição de operações posteriores, tais como adição de agentes de acoplamento, extrusão, corte em pequenos *pellets*. Trabalho similar realizado mostrou que é possível produzir compósitos com até 30% de pó de madeira em sua composição sem a adição de agentes aglutinantes ou compatibilizantes (BATTISTELLE et al.,

2014), permitindo assim um compósito com vantagem econômica em função da redução de operações de processamento (extrusão e adição de agente aglutinante) e o pó de madeira ser mais barato que o polímero em geral (SCHAEDLER, 2015).

Observou-se que de as composições com mais 30% de madeira, devido à falta de ligação interfacial, apresentam uma perda significativa das propriedades mecânicas em geral e, assim, nesta proporção agentes de ligação podem ser usados para sua melhoria, como sugerido em outros trabalhos (NAGDA et al., 2016).

Não foi adicionado nenhum agente de acoplamento, apenas o pó do endocarpo do tucumã e o polipropileno (PP) reciclado. A eliminação do ciclo de extrusão e moagem posterior do material extrudado se mostrou viável pela qualidade visível do material injetado.

Após realizados testes de tração, compressão, flexão e medição do grão do pó, concluiu-se inicialmente que com a adição do pó da madeira (endocarpo) do tucumã ao PP a resistência a tração decresce proporcionalmente a razão do aumento do reforço na matriz polimérica, ou seja, inversamente proporcional uma a outra. A resistência a compressão aumentou diretamente proporcional ao incremento do reforço do pET no PP, e o material resistiu a flexão sem se romper em nenhum momento.

A textura visual obtida após a injeção foi de aparência marmorizada com odor agradável e com alto potencial para aproveitamento na área de revestimentos de chão como azulejos e pisos pela sua aparência muito parecida com mármore, com boa resistência e manutenção tecnicamente mais prática e barata.

Fica neste trabalho evidenciado que o endocarpo do tucumã pode ser “reciclado” e transformado em novos bens de consumo juntamente com a adição de polipropileno (PP), tornando-se assim uma forma de combate ao impacto ambiental causado pelo descarte desordenado de resíduos na natureza, fazendo “luxo” do lixo descartado.

## **REFERÊNCIAS**

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13818. Placas Cerâmicas para Revestimento – Especificação e Métodos de Ensaios. Rio de Janeiro, 1997.
- ASTM D1921-06. Standard Test Methods for Particle Size (Sieve Analysis) of Plastic Materials. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2006.
- ASTM D256-04. Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.

ASTM D3418-03. Standard Test Method for Transition Temperatures of Polymers By Differential Scanning Calorimetry. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2003.

ASTM D4459-99 Standard Practice for Xenon-Arc Exposure of Plastics Intended for Indoor Applications. ASTM International, West Conshohocken, PA, 1999.

ASTM D570-98. Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.

ASTM D635-03. Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.

ASTM D638-14. Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.

ASTM D695-02a. Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Plastics. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.

ASTM D790-03. Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2006.

ASTM E-1252-98. Standard Practice for General Techniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.

ASTM E2809-13. Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X-Ray Spectrometry in Forensic paint Examination. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.

ASTM G171-03. Standard Test Method for Scratch Hardness of Materials Using a Diamond Stylus. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.

BATTISTELLE, R.; VIOLA, N. M.; BEZERRA, B. S.; VALARELLI, I. D. D. Caracterização física e mecânica de um compósito de polipropileno reciclado e farinha de madeira sem aditivos. *Revista Matéria*, V.19 N.1, pp 7-15, 2014.

BHASKAR, J.; HAQ, S.; PANDEY, A. K.; SRIVASTAVA, N. Evaluation of properties of propylene-pine wood Plastic composite. *Journal of Materials and Environmental Science*. Vol. 3, N° 3, p.605-612, 2012.

BHASKAR, J.; HAQ, S.; YADAW, S. B. Evaluation and testing of mechanical properties of wood plastic composite. *Journal of Thermoplastic Composite Materials* 25(4) 391–401, 2011.

CABRAL, S. C.; SILVA, A. J.; SOARES, E. B.; ARAÚJO, R. F.; MIRANDA, Y. M. S. Características comparativas da madeira plástica com a madeira convencional. *Revista Científica Vozes dos Vales – UFVJM – MG - Brasil - N° 10 - Ano V*, 2016.

CORRADINI, E.; ROSA, M. F.; MACEDO, B. P.; 4, PALADIN, P. D.; MATTOSO, L. H. C. COMPOSIÇÃO QUÍMICA, PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DA FIBRA DE FRUTOS DE CULTIVARES DE COCO VERDE. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p.837-846, 2009.

GARCIA, C. H. TABELAS PARA CLASSIFICAÇÃO DO COEFICIENTE DE VARIAÇÃO. IPEF. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais. Circular Técnica N° 171, 1989.

HUNG, K. C.; YEH, H.; YANG, T. C.; WU, T. L.; XU, J. W.; WU, J. H. Characterization of Wood-Plastic Composites Made with Different Lignocellulosic Materials that Vary in Their Morphology, Chemical Composition and Thermal Stability. *Polymers*, V. 9, 726, 2017.

ISHIZAKI, M. H.; VISCONTE, L. L. Y.; FURTADO, C. R. G.; LEITE, M. C. A. M.; LEBLANC, J. L. 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. 16, n° 3, p. 182-186, 2006.

KIELING, A. C.; SANTANA, G. P. Compósito fabricado do endocarpo do tucumã (*astrocaryum aculeatum*) com polímero termoplástico. *Scientia Amazonia*, v. 6, n.3, 24-30, 2017.

KUMARI, R.; ITO, H.; TAKATANI, M.; UCHIYAMA, M.; OKAMOTO, T. Fundamental studies on wood/cellulose–plastic composites: effects of composition and cellulose dimension on the properties of cellulose/PP composite. *J Wood Sci* (2007) 53:470–480. The Japan Wood Research Society, 2007.

MARINELLI, A. L.; MONTEIRO, M. R.; AMBRÓSIO, J. D.; BRANCIFORTI, M. C.; KOBAYASHI, M.; NOBRE, A. D. Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma Contribuição para a Sustentabilidade Amazônica. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 18, n° 2, p. 92-99, 2008.

MARTINS, M. Ensaio de simulação em pisos de *Eucalyptus clöziana* F. Muell, *Eucalyptus Microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook. Dissertação (mestrado). Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira. Universidade Federal de Lavras. 2008.

MBAREK, T. B.; ROBERT, L.; HUGOT, A. F.; ORTEU, J.-J.; SAMMOUDA, H.; GRACIAA, A.; CHARRIER, B. Study of Wood Plastic Composites elastic behaviour using full field measurements. *EPJ Web of Conferences* 6, 28005, 2010.

MESSANA, A.; AIRALE, A. G.; FERRARIS<sup>1</sup>, A.; SISCA, L.; CARELLO, M. Correlation between thermo-mechanical properties and chemical composition of aged thermoplastic and thermosetting fiber reinforced plastic materials. *Materialwissenschaft und Werkstofftechnik (MATERIALWISS WERKST)*. V. 48, 447–455, 2017.

NAGDA, K.; DESAI, A.; MALLIKARJUN, V. M.; RATHOD, L. MECHANICAL BEHAVIOR OF WOOD PLASTIC COMPOSITES. Indian Institute of Science, Bengaluru. Karnataka State Council of Science and Technology, 2016.

OLUYEGE A. O.; EKONG, A. A.; AGUDA L. O.; OGUNLEYE B. M.; ABIOLA J. K.; OLAYIWOLA, Y. B. PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD PLASTIC COMPOSITES PRODUCED FROM SAWDUST OF *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. AND PLASTIC WASTES. *Journal of Forestry Research and Management*. Vol. 14 (2), 95-112, 2017.

PIGATTO, C. POLIPROPILENO E BLENDS PP/EDPM REFORÇADAS COM FIBRAS CURTAS DE SISAL. Dissertação de Mestrado em Engenharia – Ciência e Tecnologia dos Materiais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGEM. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, 2009.

PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 15. ed., Piracicaba: Fealq, 2009, 451 p.

RIGATTO, P. A.; DEDECEK, R. A.; MATOS, J. L. M. INFLUÊNCIA DOS ATRIBUTOS DO SOLO SOBRE A QUALIDADE DA MADEIRA DE *Pinus taeda* PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE KRAFT. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v.28, n.2, p.267-273, 2004.

SCHAEDLER, F. ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA SERRAGEM DE EUCALIPTO COMO REFORÇO DE POLIPROPILENO. Trabalho de Graduação em Engenharia de Materiais. Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS, 2015.

SCHWARZKOP, M. J; BURNARD, M. D. Wood-Plastic Composites-Performance and Environmental Impacts. Springer Science+Business Media Singapore, Environmental Impacts of Traditional and Innovative Forest-based Bioproducts, Environmental Footprints and Eco-design of Products and Processes, 2016.

SIWEK, S.; OKTAE, J.; GRASSETT-GILLE, S.; WAGENFÜHR, A. Influence of different wood flour fractions on the mechanical properties of injection molded WPC with cellulose propionate. *European Journal of Wood and Wood Products*.76:499–507, 2018.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. Experimentação vegetal. 3 ed. Santa Maria: UFSM, 2011. 198 p.

VÄNTSI, O. UTILIZATION OF RECYCLED MINERAL WOOL AS FILLER IN WOOD PLASTIC COMPOSITES. Doctor of Science Thesis (Technology). Lappeenranta University of Technology, Lappeenranta, Finland, 2015.

VÄNTSI, O.; KÄRKI, T. Different coupling agents in wood-polypropylene composites containing recycled mineral wool: A comparison of the effects. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. Vol. 34(11) 879–895, 2015.

WECHSLER, A.; HIZIROGLU, S.; BALLERINI, A. A. Some of the Properties of Wood Plastic Composites. Proceedings of the 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology. Concepción, CHILE, November 10-12, 2008.

YADAV, S. M.; YUSOH, K. B. MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF WOOD-PLASTIC COMPOSITES MADE OF POLYPROPYLENE, WOOD FLOUR AND NANOCCLAY. Proceeding - Kuala Lumpur International Agriculture, Forestry and Plantation. Hotel Putra, Kuala Lumpur, Malaysia. September 12 - 13, 2015.

YAMAJI, F. M. PRODUÇÃO DE COMPÓSITO PLÁSTICO-MADEIRA A PARTIR DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MADEIREIRA. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná-UFPR, 2004.

## 7. SÍNTESE CONCLUSIVA

Neste trabalho foi possível estabelecer aspectos importantes da possibilidade do uso de PEBD e PP sendo usados juntamente com o endocarpo de tucumã na produção de *wood plastic*. Dentre os resultados obtidos descartam-se que:

- Os vendedores de tucumã apresentam idade entre 28 e 53 anos, com renda mensal de até três salários mínimos, sendo a maioria homens que moram em casa de alvenaria com até cinco pessoas e possuem ensino fundamental incompleto. Nos últimos cinco anos houve um aumento significativo no consumo do fruto de tucumã e sua comercialização.
- A distribuição dos vendedores é diversificada abrangendo praticamente todas as zonas da cidade, para apenas três locais que recebem o tucumã colhido em 21 cidades.
- Os diversos fornecedores garantem a venda do fruto por todo o ano. Em termos de consumo, 83 toneladas de frutos são comercializadas mensalmente, sendo 21 toneladas de polpa de tucumã (descascada manualmente) e constatou-se que cerca de 60% são resíduos, 50 toneladas, que são destinadas ao lixo, que podem gerar 30 toneladas de madeira/endocarpo lenhoso. Referente aos preços praticados, estes aumentaram seguindo as condições de oferta e procura dos frutos ao longo do tempo, com atenção especial ao preço da saca de frutos que aumentou o dobro do aumento do preço do kg de polpa e da dúzia de frutos vendidos, refletindo o aumento da demanda por estes produtos por parte da população de Manaus no período de 2011-2018 que aumentou 168% o consumo do tucumã. Esta realidade mostra a necessidade de criação de uma logística de recolhimento destes caroços, processamento por sua quebra, retirada da amêndoa (que poderia gerar óleo para a indústria farmacêutica a partir de processo de prensagem com seu resíduo reaproveitado para ração de peixes), moagem do endocarpo lenhoso e utilização na fabricação de *wood plastic*.
- O material plástico descartável pela população de Manaus é constituído de garrafas PET, embalagens de shampoo/condicionador, sacos plásticos, garrafas de água sanitária, óleo de cozinha e desinfetantes, embalagens de sabão para louça e sabonete líquido, potes de iogurte.

- O percentual de plástico no RSU é de 13,4% (222 toneladas/dia – 4.495 toneladas/mês) e o plástico considerado duro (PET, PEAD e PP) corresponde a 3,35% do RSU gerado em Manaus.
- O potencial mensal dos plásticos duros compreende: PET 940,20 toneladas (valor econômico R\$ 3,290 milhões), PEAD 110,55 toneladas (R\$ 0,304 milhões) e PP 82,89 toneladas (R\$ 0,249 milhões), gerando um total geral combinado de 1.124,6 toneladas (R\$ 3,84 milhões) que pode alcançar a quantidade anual de 13.495 toneladas com valor econômico de R\$ 46,13 milhões, quantia muito significativa que atualmente está sendo descartada no aterro sanitário existente, no km 19, da rodovia AM-10.
- A implantação de um programa de coleta seletiva os resultados mostram que as Zonas Norte e Leste da cidade teriam um potencial de 53% do total de reciclagem.
- A combinação de resíduos plásticos e o endocarpo lenhoso do caroço do tucumã processados adequadamente seria potencialmente interessante não apenas ecologicamente, com a retirada destes contaminantes do ambiente, mas também economicamente, pois poderia gerar emprego e renda de forma considerável pela criação de centro de reciclagem em local estratégico visando o aproveitamento econômico na comercialização de produtos oriundos desta combinação plástico + madeira do endocarpo de tucumã e também outros resíduos reciclados para reaproveitamento, o que favoreceria substancialmente a criação de uma cadeia de economia circular em torno destes materiais.
- Os estudos iniciais usando PEBD (plástico mole de sacos de embalagem de supermercado utilizadas, em Manaus) combinado com a madeira do endocarpo de tucumã mostraram que o compósito com 30 % GLP e 70 % PEBD apresentou um potencial bastante significativo com uma aparência estética visual muito boa, típicas de madeira, porém com durabilidade estimada idêntica do plástico com potencialidade de aplicação na área da construção civil e na indústria moveleira, entre outras possibilidades.
- Os estudos mais aprofundados com PP mostraram que os compósitos com 10 e 20% de pó de endocarpo de tucumã são ideais para a produção de *wood plastic* com boa resistência e manutenção tecnicamente mais prática e barata.

A Figura 7.1 mostra uma síntese dos resultados relacionados a cadeia produzida dos plásticos duros recicláveis e do endocarpo de tucumã. Nota-se que cerca de 403.000 toneladas



e revestimentos, suporte de telefones celulares, porta-retratos, pranchetas, etc. como apresentado na Figura 7.2. Estes produtos foram elaborados a partir da composição definida nos testes realizados neste trabalho como a mais adequada para os materiais: a proporção de 80% de PP e 20% de pó de madeira de tucumã em peso.



Figura 7.2 – Placas injetadas produzidas industrialmente neste trabalho e produtos potenciais

Para uma análise preliminar de custos de fabricação para as placas injetadas na Figura 7.2, seria necessário considerar os seguintes dados fornecidos por fabricantes de produtos plásticos no Polo Industrial de Manaus:

- Preço do PP reciclado atualmente é R\$ 3,00/kg (virgem R\$ 6,70)
- Preço hora máquina Injetora 90THaitian + MOD = R\$ 75,00
- Preço hora máquina Injetora 160THaitian + MOD = R\$ 90,00
- Molde com 4 cavidades R\$ 500.000,00 (Injetar 500 mil ciclos) (R\$ 0,25/pç)
- Molde com 2 cavidades R\$ 300.000,00
- Tempo de Ciclo – 40 segundos em Injetora Haitian 90T ou 140T.

O Custo de 1 kg de pó de tucumã envolveria:

- Custo da coleta, aluguel caminhão aberto/dia 300 reais com motorista levando 10000 kg material – R\$ 0,03/kg (aproveitamento de 80% no material, custaria R\$ 0,04/kg)
- Equipamento para moer material e peneirar/ensacar: R\$ 15.500,00 (com bancada e acessórios)
- Jogo de peneiras 30 e 50 mesh: R\$ 192,11 cada (R\$ 384,22)
- Custo hora moinho: R\$ 0,805879/KWh x 1 hp motor moinho (0,7457 KW) = R\$ 0,6020/h
- Depreciação equipamentos: (5 anos/60 meses/22 dias/mês/8hs/dia) = R\$ 15.500,00/10.560 hs = 0,68/h
- Salário MOD/hora (custo com encargos 2500/mês) = R\$ 14,2045/h
- 1 hora 10 kg de pó de tucumã moído em média

O custo do kg de pó de tucumã = 0,68 (depreciação) + 0,60 (energia) + 14,20 (MOD) + 5,00 (variáveis) = R\$ 20,48/10 kg, sendo o custo final R\$ 2,05/kg.

O custo do PP reciclado da placa de 178 mm x 118 mm x 3 mm consideraria:

- Peso 55 gramas (em média), considerando: 20% em peso pó de tucumã =  $0,055 \times 0,20 \times 2,05 = \text{R\$ } 0,023/\text{pç}$
- 80% em peso plástico reciclado =  $0,055 \times 0,80 \times 3,00 = \text{R\$ } 0,132$
- Material placa = R\$ 0,023 + R\$ 0,132 = R\$ 0,155/pç (1)
- Injetora: (1h) 3600s / 40s/ciclo = 90 ciclos x 4 cavidades (considerando molde de 4 cavidades) = 360 peças/h
- R\$ 90,00/360 (Injetora 160tHaitian) = R\$ 0,25/pç de MOD (2)
- Depreciação molde = R\$ 0,25/pç (3)
- Caixa de papelão R\$ 3,50/200 peças (R\$ 0,02/pç) (4)

O custo final da placa de *wood plastic* injetada = (1) + (2) + (3) + (4) = R\$ 0,155 + R\$ 0,25 + R\$ 0,25 + R\$ 0,02 = R\$ 0,68/pç. Considerando-se a placa produzida com 100% de PP virgem, sem a madeira do tucumã, seu custo seria R\$ 0,89 (31% mais caro). Para a placa de *wood plastic* sendo produzida com PP virgem + pó de tucumã, seu custo seria de R\$ 0,84/pç (24% mais caro). O custo para o metro quadrado de piso seria R\$ 30,83 (R\$ 30,83/m<sup>2</sup>). Considerando-se impostos de 18% ICMS e lucro de 20% o preço de venda seria R\$ 49,73/m<sup>2</sup>. Considerando-se ainda possível incentivo/redução de 75% no ICMS através de projeto aprovado no CODAM

(Conselho de Desenvolvimento do Amazonas) o preço por m<sup>2</sup> seria R\$ 40,83, bastante competitivo em comparação aos preços de mercado para pisos cerâmicos e vinílicos.

Do caroço do tucumã (endocarpo lenhoso) pode-se aproveitar a amêndoa para a produção de extratos e de biodiesel. A mais recente utilização do óleos e gorduras amazônicos é para obtenção de biocombustíveis, cujo tucumã é considerado uma das espécies selecionadas para estudos de viabilidade. O biodiesel é obtido pelo processo de transesterificação, que envolve a reação do óleo vegetal com um álcool, utilizando como catalisador o hidróxido de sódio. O resultado dessa reação é um éster (biodiesel), e o seu principal subproduto é a glicerina. O teor de lipídeos está entre 32,5 e 43,5%. A gordura da amêndoa de tucumã apresenta características semelhantes às de outras palmáceas muito utilizadas para obtenção de produtos, pela riqueza em ácidos graxos como láurico e palmítico (BATISTA et al., 2008).

Com objetivo de caracterizar físico-quimicamente as sementes dos frutos da palmeira tucumã, visando sua utilização tanto nos setores cosmético e alimentício, quanto para obtenção de biodiesel, estudos foram realizados. De acordo com os teores de lipídios obtidos, observou-se que a amêndoa de tucumã apresenta bom rendimento em lipídios, demonstrando que são fontes promissoras para obtenção de matéria prima para uso agroindustrial, em cosméticos, alimentos e biodiesel (OLIVEIRA et al., 2008). Verificou-se, por meio das análises de pH, acidez total e sólidos solúveis totais, que a farinha da amêndoa de tucumã apresentou consideráveis teores de lipídeos e proteínas. A composição nutricional dos extratos foi relativamente baixa. O teor de lipídeos encontrado foi de 34,9% e de proteínas 19,1%. O estudo demonstrou que elaborações dos extratos podem contribuir para uso sustentável das amêndoas em aplicações agroindustriais (SILVA et al., 2014).

## REFERÊNCIAS

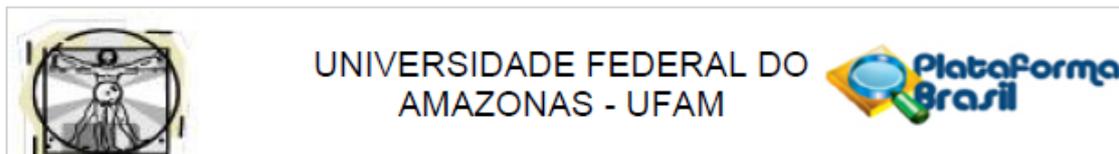
BATISTA, R. S. M.; ABREU, L. F.; DAMASCENO, F. S.; OLIVEIRA, C. F.; FARACO, W. W.; OLIVEIRA, M. S. P. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIPÍDIOS DAS AMÊNDOAS DO TUCUMÃ-DO-AMAZONAS (*Astrocaryum aculeatum*) E DO TUCUMÃ-DO-PARÁ (*Astrocaryum vulgare*). EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2008.

OLIVEIRA, C. F.; ABREU, L. F.; DAMASCENO, F. S.; BATISTA, R. S. M.; PARACAMPO, N. E. N. P.; OLIVEIRA, M. S. P. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA AMÊNDOA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum vulgare* Mart.). EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2008.

SANTOS JÚNIOR, A. B. ABORDAGEM ECONÔMICA NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE IGARAPÉS URBANOS DE MANAUS. Dissertação de Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia – PPGCASA. Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2017.

SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C.; AMANTE, E. R.; PINHEIRO, R. C. CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA AMÊNDOA DE FRUTOS AMAZÔNICOS E SEU APROVEITAMENTO NA ELABORAÇÃO DE EXTRATOS. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. COBEQ 2014. Florianópolis, 2014.

## ANEXO - PARECER APROVAÇÃO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA UFAM



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** OBTENÇÃO DO ECOCOMPÓSITO AMAZÔNICO DE PP + PÓ DE MADEIRA DE TUCUMÃ

**Pesquisador:** ANTONIO CLAUDIO KIELING

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 96523518.8.0000.5020

**Instituição Proponente:** Instituto de Ciências Biológicas

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.928.219      **Situação do Parecer:** Aprovado

#### Apresentação do Projeto:

Trata-se de uma proposta de tese de doutorado a ser executada pelo pesquisador Antonio Claudio Kieling do Curso de Doutorado em Biotecnologia – PPGBIOTEC da Universidade Federal do Amazonas, orientado pela Profa Dra. Maria Cristina dos Santos e coorientado pelo Prof Dr. Genilson Pereira Santana. O estudo será realizado nas feiras livres de Manaus e cooperativas. Parte da premissa que a OBTENÇÃO DO ECOCOMPÓSITO DE PP + PÓ DE MADEIRA DE TUCUMÃ É POSSÍVEL E VIÁVEL ECONOMICAMENTE e objetiva estabelecer a cadeia produtiva e obtenção de um Ecocompósito Amazônico de PP + Pó de Madeira de Tucumã.

#### Objetivo da Pesquisa:

**Objetivo Primário:**

Estabelecer a cadeia produtiva e obtenção de um Ecocompósito Amazônico de PP + Pó de Madeira de Tucumã.

**Objetivos Secundários:**

- Estudar a cadeia do descarte e reaproveitamento de PP em Manaus, abrangendo locais da cidade em função de seu zoneamento e características sociais das classes A, B, C, D, E conforme dados econômicos, e nas associações de catadores, cooperativas, núcleos de catadores, grupos independentes e pontos de entrega voluntária.

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

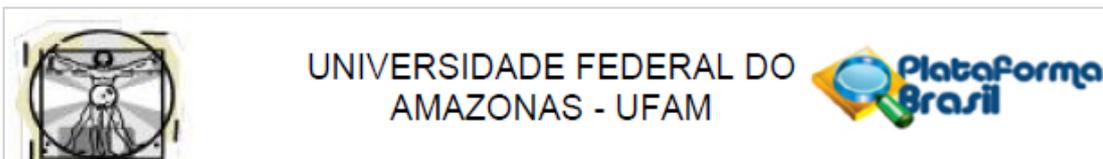
**CEP:** 69.057-070

**UF:** AM

**Município:** MANAUS

**Telefone:** (92)3305-1181

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.928.219

- Estudar a cadeia de produção e descarte do Tucumã consumido em Manaus, avaliando-se as feiras livres e mercados na Secretaria Municipal de Produção e Abastecimento (SEMPAB), em feiras livres, mercados e outros pontos: Feira Municipal Produtor da Zona Leste, Mercado Municipal Dorval Porto; Feira Municipal do Parque 10, Feira Municipal Panair, Mercado Municipal Adolpho Lisboa, Mercado Municipal Walter Rayol e outros.
- Avaliar o aproveitamento potencial da madeira Plástica em Manaus e sua aceitação como ecocompósito de PP e pó de Madeira de Tucumã.
- Verificar o impacto do produto econômico agregado nas cadeias de produção dos elementos do ecocompósito e as alterações de renda e nível de vida dos atores sociais envolvidos no processo.
- Estudar e definir a melhor forma tecnológica para a obtenção do PP granulado reprocessado e o pó de tucumã, bem como o seu processamento final combinado.
- Obter o ecocompósito de PP + Tucumã.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Segundo os pesquisadores os riscos e benefícios são:

#### **Riscos:**

Toda a pesquisa que envolve seres humanos envolve riscos. Os riscos relacionados com sua participação poderão ser de ordem psicológica, podendo o entrevistado ficar talvez constrangido ao responder as perguntas. Caso algum dano ocorra, será garantida ao entrevistado indenização pertinente, podendo, se necessário, o entrevistado ser encaminhado a atendimento no Hospital Universitário Getúlio Vargas (HUGV), sito a Avenida Apurinã, 4 - Praça 14 de Janeiro, Manaus - AM, CEP 69020-170. Será garantido o ressarcimento ao entrevistado de qualquer despesa de deslocamento, alimentação, e o que mais se fizer necessário ao estudo (item IV.3.g, da resolução CNS nº 446 de 2012).

#### **Benefícios:**

Os benefícios relacionados com a sua participação são: 1) o conhecimento da renda gerada pelo comércio de tucumã, quais os volumes comercializados em Manaus, os preços praticados no comércio, a origem dos frutos, volume de caroços descartados, com intenção futura de criação de centros de reciclagem dos caroços para a fabricação de madeira plástica a partir da mistura do pó de tucumã em plástico reciclado para geração de renda e emprego na cidade, e 2) o conhecimento do tipo de resíduo sólido urbano gerado pela população de Manaus, a possibilidade de se realizar coleta seletiva e o conhecimento do perfil social e econômico global das pessoas entrevistadas,

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

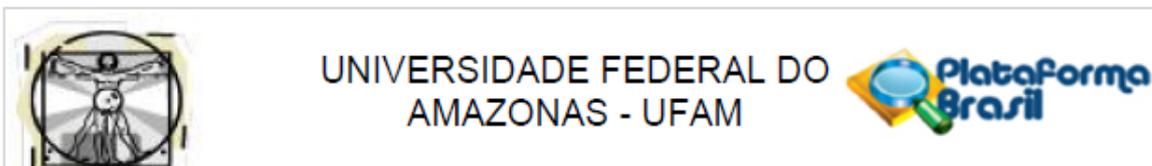
**CEP:** 69.057-070

**UF:** AM

**Município:** MANAUS

**Telefone:** (92)3305-1181

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.928.219

gerando informações vitais para a avaliação do potencial de plástico duro possível de reciclar, com intenção futura de criação de centros de reciclagem para geração de renda e emprego na cidade.

#### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Metodologia Proposta - O estudo fará:

#### 1. LEVANTAMENTO DA CADEIA DE RECICLAGEM DO PLÁSTICO DURO

Nessa etapa será realizada uma pesquisa sobre o ciclo de vida do Plástico Duro (PP, PEAD, PET) em Manaus. Especificamente serão realizadas visitas às unidades produtivas em Manaus, inicialmente para conhecimento do potencial de produção do plastic wood em Manaus. Cabe mencionar que essa etapa terá como resultados o conhecimento não só da possibilidade de produção do plastic wood, mas também contribuir para outros trabalhos envolvendo o PP. Essa contribuição ajudará certamente na decisão de políticas públicas em torno do PP, um passivo ambiental que poluir os igarapés da cidade de Manaus. Estrategicamente cidadãos da cidade de Manaus serão abordados com perguntas abertas, com respostas livres, e perguntas fechadas, que permitirão escolhas ou ponderação, visando o conhecimento de como é descartado o resíduo sólido urbano-RSU. O questionário, depois de aprovado no Comitê de Ética, será composto por perguntas divididas em 3 temas: i) perfil socioeconômico dos entrevistados; ii) tipos de plásticos e resíduos descartados; e iii) impressão com relação a limpeza dos bairros e do descarte. Essa divisão terá por finalidade o conhecimento quantitativo e qualitativo para a reciclagem dos plásticos duros. Serão entrevistadas 800 pessoas da população urbana de Manaus, considerando as faixas etárias e a idade nos bairros de Manaus, como segue: a) Homens: 18 a 24 anos: 99 pessoas, 24 a 44 anos: 187 pessoas, 45 anos ou mais: 97 pessoas, b) Mulheres: 18 a 24 anos: 105 pessoas, 24 a 44 anos: 199 pessoas, 45 anos ou mais: 112 pessoas.

#### 2. LEVANTAMENTO DA CADEIA DE TUCUMÃ

Assim como não há conhecimento da cadeia de reciclagem do plástico duro, o ciclo de vida do Tucumã também é desconhecido. Dessa forma, neste projeto de tese serão avaliados os vendedores ambulantes de tucumã em Manaus. Como no caso do plástico duro, também será aplicado um questionário semiestruturado aos vendedores ambulantes de tucumã, com o objetivo de estabelecer uma série de questões, como preço no atacado e no varejo, procedência dos frutos, pontos de abastecimento, quantidades comercializadas. Serão entrevistados 80 vendedores, distribuídos nas seis regiões geográficas da cidade de Manaus.

Endereço: Rua Teresina, 495

Bairro: Adrianópolis

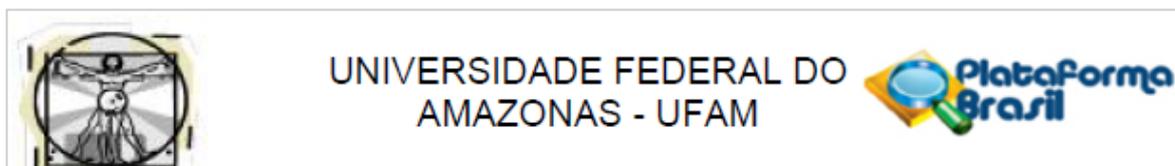
CEP: 69.057-070

UF: AM

Município: MANAUS

Telefone: (92)3305-1181

E-mail: cep.ufam@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.928.219

### 3. AVALIAÇÃO SOCIOECONÔMICA (CADEIAS PP E TUCUMÃ)

Além da cadeia produtiva, neste projeto será realizada uma avaliação socioeconômica dos envolvidos tanto na cadeia do PP como do Tucumã. Da mesma forma que anteriormente, um questionário dividido em três partes será aplicado. A primeira parte se refere aos dados demográficos (renda, sexo, idade, estado civil, etc.), visando caracterizar o perfil dos entrevistados, a segunda parte do questionário abordará a situação socioeconômica antes de desenvolverem as atividades investigadas. Constarão no questionário perguntas sobre alimentação, moradia, segurança e infraestrutura. Algumas questões serão perguntas fechadas com respostas dicotômicas (sim ou não) e outras de múltipla escolha. Nesse caso no questionário terão perguntas como sexo, estado civil, escolaridade, número de filhos, renda, moradia (própria/alugada), tempo atuação nesta atividade.

### 4. AVALIAÇÃO SOCIOECONÔMICA (PLASTIC WOOD) E O ECOCOMPÓSITO

Um levantamento dos dados sobre a possibilidade da produção de plastic wood será realizado. Para isso, serão analisadas as literaturas sobre o esse tema e seus impactos. Além disso, serão realizadas visitas técnicas às empresas que já trabalham com o plastic wood. Serão também realizados contatos com representantes de cada mercado selecionado (que potencialmente pode utilizar a madeira plástica) a fim de se levantar informações sobre as necessidades do mercado e identificar oportunidades de produtos. Depois disso, serão levantadas informações secundárias em sites que auxiliarão a dimensionar o tamanho dos mercados, as especificações de produtos, identificar os testes necessários para cada produto, dentre outros.

**Crítérios de Inclusão:** Vendedores ambulantes de Tucumã distribuídos ao longo das seis regiões demográficas de Manaus maiores de 18 anos. Pessoas cidadãos de Manaus acima de 18 anos de idade que residem dentro da área urbana da cidade que geram resíduo sólido urbano (RSU).

**Crítérios de Exclusão:**

Será verificado dentro dos participantes já incluídos na amostragem características que podem prejudicar a pesquisa.

**Cronograma:** Adequado. Coleta de dados prevista para outubro/2018.

**Orçamento:** Adequado. Previsto um valor de R\$ 6.700,00. Financiamento próprio.

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

**CEP:** 69.057-070

**UF:** AM

**Município:** MANAUS

**Telefone:** (92)3305-1181

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com



UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
AMAZONAS - UFAM



Continuação do Parecer: 2.928.219

Instrumento de coleta de dados: Adequado.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Folha de rosto: Adequada. Assinada pelo coordenador (a) do PPGBIOTEC.

TCLE: Presente e adequado.

Termo de anuência: O pesquisador afirma na carta resposta que não haverá entrevista junto a empresas ou outras organizações.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Folha de rosto: Adequada.

TCLE: Adequado.

Termo de anuência: Não se aplica.

Riscos: Adequados.

Benefícios: Adequados.

Metodologia: Adequada.

Crítérios de inclusão: Adequados.

Crítérios de exclusão: Adequados.

Cronograma: Adequado.

Orçamento: Adequado.

Instrumento de coleta de dados: Adequado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O pesquisador cumpriu os requisitos da Res. 466/2012. Dessa forma, sou de parecer favorável à APROVAÇÃO.

**Endereço:** Rua Teresina, 495

**Bairro:** Adrianópolis

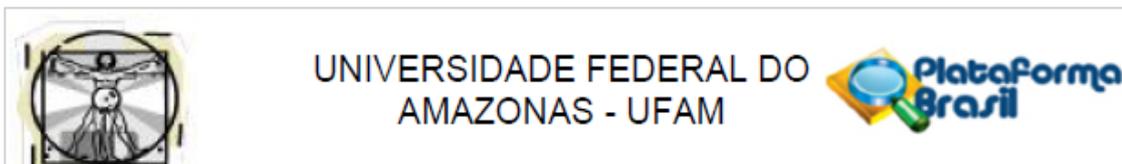
**UF:** AM

**Telefone:** (92)3305-1181

**Município:** MANAUS

**CEP:** 69.057-070

**E-mail:** cep.ufam@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.928.219

É o parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1192829.pdf	25/09/2018 19:47:18		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Detalhado_Antonio_Claudio_Kieling_2018_ver2.pdf	25/09/2018 19:40:10	ANTONIO CLAUDIO KIELING	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Carta_ao_Conselho_de_Etica_UFAM_ver2.pdf	25/09/2018 19:37:10	ANTONIO CLAUDIO KIELING	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto_Pesquisa_Humanos_Antonio_Claudio_Kieling_PPGBIOTEC.pdf	25/09/2018 19:31:01	ANTONIO CLAUDIO KIELING	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Tucuma_PLasticos_Duros_Manaus_Am_ver3.pdf	25/09/2018 13:11:23	ANTONIO CLAUDIO KIELING	Aceito
Outros	INSTRUMENTO_DE_COLETA_DE_DADOS.pdf	25/09/2018 12:55:38	ANTONIO CLAUDIO KIELING	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

MANAUS, 01 de Outubro de 2018

---

Assinado por:  
Eliana Maria Pereira da Fonseca  
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Teresina, 495

Bairro: Adrianópolis

UF: AM

Telefone: (92)3305-1181

Município: MANAUS

CEP: 69.057-070

E-mail: cep.ufam@gmail.com



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA - PPGBIOTEC



## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – CADEIA DE DESCARTE DE PLÁSTICOS DUROS EM MANAUS**

(De acordo com as normas da Resolução nº 466 do Conselho Nacional de Saúde de 2012)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa sobre a Cadeia de Descarte de Plásticos Duros em Manaus. Você foi selecionado de forma aleatória e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a UFAM.

Os objetivos deste estudo são estudar a cadeia do descarte e reaproveitamento de plásticos duros oriundos do lixo doméstico em Manaus. Sua participação nesta pesquisa consistirá em informar: a zona da cidade/bairro onde mora, idade, renda familiar mensal, escolaridade, sexo, naturalidade, estado conjugal, tempo de residência na cidade, tipo de moradia, número de pessoas na família, tipo de recipiente utilizado para colocar o lixo, onde deposita o lixo, como é o local do depósito do lixo, que tipo de lixo produz, que tipo de plástico descarta no lixo, quantas garrafas de: refrigerante, óleo de cozinha, água sanitária, desinfetante, shampoo/condicionador consome semanalmente, se já ouviu sobre coleta seletiva, se está disposto a separar o lixo e qual sua impressão sobre a limpeza de seu bairro.

Toda a pesquisa que envolve seres humanos envolve riscos. Os riscos relacionados com sua participação poderão ser de ordem psicológica, podendo você ficar talvez constrangido ao responder as perguntas. Caso algum dano ocorra, será garantida a você indenização pertinente, podendo, se necessário, você ser encaminhado a atendimento no Hospital Universitário Getúlio Vargas (HUGV), sito a Avenida Apurina, 4 - Praça 14 de Janeiro, Manaus - AM, CEP 69020-170. Será garantido o ressarcimento de qualquer despesa sua de deslocamento, alimentação, e o tudo o que mais se fizer necessário ao estudo (item IV.3.g, da resolução CNS nº 446 de 2012). Está assegurado o direito a indenizações e cobertura material para reparação e dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa (Resolução CNS nº466 d 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7).

Os benefícios relacionados com a sua participação são: o conhecimento do tipo de resíduo sólido urbano gerado pela população de Manaus, a possibilidade de se realizar coleta seletiva e o conhecimento do perfil social e econômico global das pessoas entrevistadas, gerando informações vitais para a avaliação do potencial de plástico duro possível de reciclar, com intenção futura de criação de centros de reciclagem para geração de renda e emprego na cidade.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e são assegurados o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA - PPGBIOTEC



possibilitar sua identificação, nenhum dado seu será divulgado a terceiros, sob pena de processo criminal se isso vier a acontecer. A professora orientadora Dra. Maria Cristina dos Santos certifica-lhe de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais.

Uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com o senhor (a), podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento com os pesquisadores responsáveis, o aluno Antonio Claudio Kieling, telefone (92) 98152-2113, e-mail [antonio.kieling@yahoo.com](mailto:antonio.kieling@yahoo.com) ou a professora Dra. Maria Cristina dos Santos, telefone (92) 99981-3473, e-mail [mcsantos@ufam.edu.br](mailto:mcsantos@ufam.edu.br)

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFAM, localizado na Rua Teresina, 495, bairro Adrianópolis, CEP 69057-070, Telefone (92) 3305-1181 ramal 2004, e-mail [cep.ufam@gmail.com](mailto:cep.ufam@gmail.com)

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Manaus, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 20\_\_.



\_\_\_\_\_  
Sujeito da pesquisa

impressão datiloscópica

\_\_\_\_\_  
Antonio Claudio Kieling (aluno pesquisador)

\_\_\_\_\_  
Dra. Maria Cristina dos Santos (Orientadora)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA - PPGBIOTEC



## **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – CADEIA DE TUCUMÃ COMERCIALIZADO EM MANAUS**

(De acordo com as normas da Resolução nº 466 do Conselho Nacional de Saúde de 2012)

Você está sendo convidado para participar da pesquisa sobre a Cadeia de Tucumã comercializado em Manaus. Você foi selecionado de forma aleatória e sua participação não é obrigatória. A qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a UFAM.

Os objetivos deste estudo são estudar a cadeia de comercialização do tucumã e o descarte dos seus resíduos em Manaus. Sua participação nesta pesquisa consistirá em informar: a zona da cidade/bairro onde mora, idade, renda familiar mensal, escolaridade, sexo, naturalidade, estado conjugal, tempo de residência na cidade, tipo de moradia, número de pessoas na família, onde comercializa o fruto, qual a cidade de procedência do tucumã, aonde compra o tucumã em Manaus, dados sobre peso do saco, quantos sacos compra, quanto paga, se compra em centos, quanto paga por cento, se comora em dúzias, quanto paga por dúzia, se vende em sacos, centos, dúzias, polpa, quanto cobra na venda, quanto tempo demora para vender os produtos e qual o destino dos caroços do tucumã.

Toda a pesquisa que envolve seres humanos envolve riscos. Os riscos relacionados com sua participação poderão ser de ordem psicológica, podendo você ficar talvez constrangido ao responder as perguntas. Caso algum dano ocorra, será garantida a você indenização pertinente, podendo, se necessário, você ser encaminhado a atendimento no Hospital Universitário Getúlio Vargas (HUGV), sito a Avenida Apurinã, 4 - Praça 14 de Janeiro, Manaus - AM, CEP 69020-170. Será garantido o ressarcimento de qualquer despesa sua de deslocamento, alimentação, e o tudo o que mais se fizer necessário ao estudo (item IV.3.g, da resolução CNS nº 446 de 2012). Está assegurado o direito a indenizações e cobertura material para reparação e dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa (Resolução CNS nº466 d 2012, IV.3.h, IV.4.c e V.7).

Os benefícios relacionados com a sua participação são: o conhecimento da renda gerada pelo comércio de tucumã, quais os volumes comercializados em Manaus, os preços praticados no comércio, a origem dos frutos, volume de caroços descartados, com intenção futura de criação de centros de reciclagem dos caroços para a fabricação de madeira plástica a partir da mistura do pó de tucumã em plástico reciclado para geração de renda e emprego na cidade.

As informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e são assegurados o sigilo sobre sua participação. Os dados não serão divulgados de forma a



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA MULTI-INSTITUCIONAL DE  
PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA - PPGBIOTEC



possibilitar sua identificação, nenhum dado seu será divulgado a terceiros, sob pena de processo criminal se isso vier a acontecer. A professora orientadora Dra. Maria Cristina dos Santos certifica-lhe de que todos os dados desta pesquisa serão confidenciais.

Uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido ficará com o senhor (a), podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento com os pesquisadores responsáveis: o aluno Antonio Claudio Kieling, telefone (92) 98152-2113, e-mail [antonio.kieling@yahoo.com](mailto:antonio.kieling@yahoo.com) ou a professora Dra. Maria Cristina dos Santos, telefone (92) 99981-3473, e-mail [mcsantos@ufam.edu.br](mailto:mcsantos@ufam.edu.br)

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

O pesquisador me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFAM, localizado na Rua Teresina, 495, bairro Adrianópolis, CEP 69057-070, Telefone (92) 3305-1181 ramal 2004, e-mail [cep.ufam@gmail.com](mailto:cep.ufam@gmail.com)

Manaus, \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_.



\_\_\_\_\_  
Sujeito da pesquisa

\_\_\_\_\_  
impressão datiloscópica

\_\_\_\_\_  
Antonio Claudio Kieling (aluno pesquisador)

\_\_\_\_\_  
Dra. Maria Cristina dos Santos (Orientadora)

01/09/2018

PET/PEAD/PP

# ANEXO - PLÁSTICOS DUROS

## PET/PEAD/PP

Formulário para coleta de dados de campo sobre o PP/PET/PEAD em Manaus/AM

### 1. ZONA DA CIDADE

*Mark only one oval.*

- Zona Oeste
- Zona Centro Oeste
- Zona Norte
- Zona Leste
- Zona Centro Sul
- Zona Sul

### 2. 1. QUAL A SUA IDADE?

---

### 3. 2. QUAL A SUA RENDA FAMILIAR MENSAL?

*Mark only one oval.*

- Até 1 Salário mínimo
- Mais de 1 a 2 Salários mínimos
- Mais de 2 a 3 Salários mínimos
- Mais de 3 a 5 Salários mínimos
- Mais de 5 a 10 Salários mínimos
- Mais de 10 a 20 Salários mínimos
- Mais de 20 Salários mínimos

### 4. 3. QUAL O SEU GRAU DE ESCOLARIDADE?

*Mark only one oval.*

- Sem escolaridade
- Ensino Fundamental incompleto
- Ensino Fundamental completo
- Ensino Médio incompleto
- Ensino Médio completo
- Ensino Superior incompleto
- Ensino Superior completo

### 5. 4. QUAL O SEU SEXO?

*Mark only one oval.*

- Masculino
- Feminino
- Outro

01/08/2018

PETREAD/PP

**6. 5. QUAL A SUA NATURALIDADE?  
CIDADE/ESTADO:**

---

**7. 6. QUAL O SEU ESTADO CONJUGAL?***Mark only one oval.*

- Solteiro (a)  
 Casado(a)/Unido(a)  
 Separado(a)  
 Desquitado(a)/Divorciado(a)  
 Viúvo(a)

**8. 7. QUAL O SEU TEMPO DE RESIDÊNCIA NA CIDADE?***Mark only one oval.*

- Menos de 1 mês  
 De 1 a 6 meses  
 De 7 meses a 1 ano  
 De 1 a 3 anos  
 De 4 a 5 anos  
 De 5 a 10 anos  
 Acima de 10 anos

**9. 8. QUAL O SEU TIPO DE MORADIA?***Mark only one oval.*

- Madeira  
 Alvenaria  
 Mista (madeira e alvenaria)  
 Outra

**10. 9. SE A RESPOSTA DA PERGUNTA 8 FOI  
"OUTRA" FAVOR ESPECIFICAR:**

---

**11. 10. QUAL O NÚMERO DE PESSOAS NA SUA FAMÍLIA?***Mark only one oval.*

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8 ou mais

01/08/2018

PET/PEAD/PP

**12. 11. QUAL O TIPO DE RECIPIENTE VOCÊ UTILIZA PARA ACONDICIONAR O LIXO PRODUZIDO?**

*Check all that apply.*

- Não utiliza recipiente
- Saco de lixo
- Recipiente metálico
- Recipiente plástico
- Recipiente de madeira
- Recipientes variados
- Outros

**13. 12. SE A RESPOSTA DA PERGUNTA 11 FOI "OUTROS" FAVOR ESPECIFICAR:**

---

**14. 13. ONDE VOCÊ DEPOSITA O LIXO PRODUZIDO?**

*Check all that apply.*

- Na calçada para coleta
- Incinerado (queimado)
- Enterrado
- No igarapé
- Em terreno baldio
- Em locais diversos
- Outros

**15. 13. SE A RESPOSTA DA PERGUNTA 12 FOI "OUTROS" FAVOR ESPECIFICAR:**

---

**16. 14. NO LOCAL DO DEPÓSITO DO LIXO É COMUM SE VER:**

*Check all that apply.*

- Lixo derramado na calçada, antes e após a coleta
- Lixo sendo espalhado na rua
- Lixo sendo espalhado na margem do igarapé
- Lixo sendo despejado diretamente no igarapé
- Lixo totalmente acondicionado para a coleta

**17. 15. QUE TIPO DE LIXO VOCÊ PRODUZ?**

*Check all that apply.*

- Restos de alimentos (verduras, frutas, carne, peixe, etc.)
- Papéis, papelão, jornais, revistas
- Material plástico (garrafas, PET, embalagens, etc.)
- Embalagens de vidros
- Embalagens de metal (alumínio, ferro, bronze, etc.)
- Outros

01/08/2018

PET/PEAD/PP

18. 16. SE A RESPOSTA DA PERGUNTA 15 FOI "OUTROS" FAVOR ESPECIFICAR:

---

19. 17. QUE TIPO DE MATERIAL PLÁSTICO VOCÊ PRODUZ

*Check all that apply.*

- Garrafas de refrigerantes - PET
- Garrafas de óleo
- Potes de margarina/manteiga
- Potes de Yogurt
- sacos plásticos
- garrafas de água sanitária
- garrafas de desinfetante
- embalagens de shampoo ou condicionador de cabelos
- embalagens de sabonete líquido
- outros

20. 18. SE A RESPOSTA DA PERGUNTA 17 FOI "OUTROS" FAVOR ESPECIFICAR:

---

21. 19. QUANTAS GARRAFAS DE REFRIGERANTE-PET VOCÊ CONSOME POR SEMANA?

*Mark only one oval.*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8 ou mais
- Nenhuma

22. 20. QUANTAS GARRAFAS DE ÓLEO VOCÊ CONSOME POR SEMANA?

*Mark only one oval.*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8 ou mais
- Nenhuma

01/08/2018

PET/PEAD/PP

**23. 21. QUANTAS GARRAFAS DE ÁGUA SANITÁRIA VOCÊ CONSUME POR SEMANA***Mark only one oval.*

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8 ou mais  
 Nenhuma

**24. 22. QUANTAS GARRAFAS DE DESINFETANTE VOCÊ CONSUME POR SEMANA?***Mark only one oval.*

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8 ou mais  
 Nenhuma

**25. 23. QUANTAS EMBALAGENS DE SHAMPOO, CONDICIONADOR, SABÃO LÍQUIDO VOCÊ CONSUME POR SEMANA?***Mark only one oval.*

- 1  
 2  
 3  
 4  
 5  
 6  
 7  
 8 ou mais  
 Nenhuma

**26. 24. VOCÊ JÁ OUVIU FALAR EM COLETA SELETIVA?***Mark only one oval.*

- Sim  
 Não  
 Não recorda

01/08/2018

PET/PEAD/PP

27. **25. SE HOUVESSE UM PROGRAMA DE COLETA SELETIVA VOCÊ ESTARIA DISPOSTO A SEPARAR SEU LIXO?**

*Mark only one oval.*

- Sim
- Não
- Talvez

28. **26. QUAL A SUA IMPRESSÃO SOBRE A LIMPEZA DO SEU BAIRRO?**

*Mark only one oval.*

- Excelente
- Muito Boa
- Boa
- Regular
- Ruim
- Péssima

---

Powered by  
 Google Forms

01/08/2018

TUCUMÃ

# ANEXO - COMERCIALIZAÇÃO E DESCARTE DO TUCUMÃ

Formulário para coleta de dados de campo sobre o Tucumã na cidade de Manaus/AM

## 1. ZONA DA CIDADE

*Mark only one oval.*

- Zona Oeste
- Zona Centro Oeste
- Zona Norte
- Zona Leste
- Zona Centro Sul
- Zona Sul

## 2. 1. QUAL A SUA IDADE?

---

## 3. 2. QUAL A SUA RENDA FAMILIAR MENSAL?

*Mark only one oval.*

- Até 1 Salário mínimo
- Mais de 1 a 2 Salários mínimos
- Mais de 2 a 3 Salários mínimos
- Mais de 3 a 5 Salários mínimos
- Mais de 5 a 10 Salários mínimos
- Mais de 10 a 20 Salários mínimos
- Mais de 20 Salários mínimos

## 4. 3. QUAL O SEU GRAU DE ESCOLARIDADE?

*Mark only one oval.*

- Sem escolaridade
- Ensino Fundamental incompleto
- Ensino Fundamental completo
- Ensino Médio incompleto
- Ensino Médio completo
- Ensino Superior incompleto
- Ensino Superior completo

## 5. 4. QUAL O SEU SEXO?

*Mark only one oval.*

- Masculino
- Feminino
- Outro

01/08/2018

TUCUMÃ

**6. 5. QUAL A SUA NATURALIDADE?  
CIDADE/ESTADO:**

---

**7. 6. QUAL O SEU ESTADO CONJUGAL?***Mark only one oval.*

- Solteiro(a)
- Casado(a)/Unido(a)
- Separado(a)
- Desquitado(a)/Divorciado(a)
- Viúvo(a)

**8. 7. QUAL O SEU TEMPO DE RESIDÊNCIA NA CIDADE?***Mark only one oval.*

- Menos de 1 mês
- De 1 a 6 meses
- De 7 meses a 1 ano
- De 1 a 3 anos
- De 4 a 5 anos
- De 5 a 10 anos
- Acima de 10 anos

**9. 8. QUAL O SEU TIPO DE MORADIA?***Mark only one oval.*

- Madeira
- Alvenaria
- Mista (madeira e alvenaria)
- Outra

**10. 9. SE A RESPOSTA DA PERGUNTA 8 FOI  
"OUTRA" ESPECIFIQUE:**

---

**11. 10. QUAL O NÚMERO DE PESSOAS NA SUA FAMÍLIA?***Mark only one oval.*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8 ou mais

01/08/2018

TUCUMÃ

12. 11. LOCALIZAÇÃO DO COMERCIANTE DE TUCUMÃ? ESPECIFICAR SE FEIRA, AMBULANTE OU OUTROS:
- 
13. 12. QUAL A CIDADE DE PROCEDÊNCIA DO TUCUMÃ? CIDADE/ESTADO:
- 
14. 13. EM QUE LOCAL COMPRA O TUCUMÃ EM MANAUS?
- 
15. 14. COMPRA O TUCUMÃ EM SACOS? QUAL O PESO DO SACO? QUANTOS SACOS COMPRA? QUANTO PAGA EM R\$ POR SACO?
- 
16. 15. COMPRA O TUCUMÃ EM CENTO? QUANTOS CENTOS COMPRA? QUANTO PAGA EM R\$ O CENTO?
- 
17. 16. COMPRA O TUCUMÃ EM DÚZIA? QUANTAS DÚZIAS COMPRA? QUANTO PAGA EM R\$ A DÚZIA?
- 
18. 17. COMPRA TUCUMÃ DE OUTRA FORMA? QUAL É A FORMA? QUAL A QUANTIDADE COMPRADA? QUANTO PAGA EM R\$?
- 
19. 18. VENDE O TUCUMÃ EM SACOS? QUAL O PESO DO SACO? QUANTOS SACOS VENDE? QUAL O PREÇO DE VENDA EM R\$ POR SACO?
- 
20. 19. VENDE O TUCUMÃ EM CENTO? QUANTOS CENTOS VENDE? QUAL O PREÇO DE VENDA EM R\$ POR CENTO?
- 
21. 20. VENDE O TUCUMÃ EM DÚZIA? QUANTAS DÚZIAS VENDE? QUAL O PREÇO DE VENDA EM R\$ POR DÚZIA?
-

01/08/2018

TUCUMÃ

22. 21. VENDE O TUCUMÃ DE OUTRA FORMA? QUAL É A FORMA? QUE QUANTIDADE VENDE? QUAL É O PREÇO DE VENDA EM R\$?

---

23. 22. QUANTO TEMPO DEMORA PARA VENDER UM SACO, UM CENTO, UMA DÚZIA, OU OUTRA FORMA DE VENDA? ESPECIFICAR A QUANTIDADE E O TEMPO.

---

24. 23. QUAL O DESTINO DOS CAROÇOS DO TUCUMÃ?

---

---

Powered by  
 Google Forms