

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Caracterização do mesocarpo de coco verde e sua aplicação como  
compósito**

**Fernanda Lago Morbeck**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**CARACTERIZAÇÃO DO MESOCARPO DE COCO VERDE E  
SUA APLICAÇÃO COMO COMPÓSITO**

**FERNANDA LAGO MORBECK**

*Sob a orientação do Professor*  
**Dr. Roberto Carlos Costa Lelis**

*e Co-Orientação dos Professores*  
**Dr. Alexandre Miguel do Nascimento**  
**Dr<sup>a</sup> Rosilei A. Garcia**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

Seropédica, RJ  
Fevereiro/201

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M827c Morbeck, Fernanda Lago, 1988-  
Caracterização do mesocarpo de coco verde e sua  
aplicação como compósito / Fernanda Lago Morbeck. -  
2017.  
48 f. : il.

Orientador: Roberto Carlos Costa Lelis.  
Coorientadora: Rosilei Aparecida Garcia.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Ciências  
Ambientais e Florestais , 2017.

1. Mesocarpo do coco verde. 2. Tanino. 3. Pannel.  
4. Adesivo. I. Lelis, Roberto Carlos Costa, 1965-,  
orient. II. Garcia, Rosilei Aparecida , 1975-,  
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. Pós-Graduação em Ciências Ambientais e  
Florestais . IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E  
AMBIENTAIS**

**FERNANDA LAGO MORBECK**

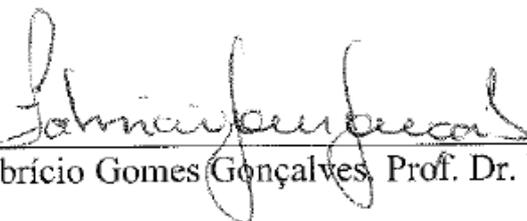
Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Área de Concentração em Ciência e Tecnologia de Produtos Florestais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 22/02/2017



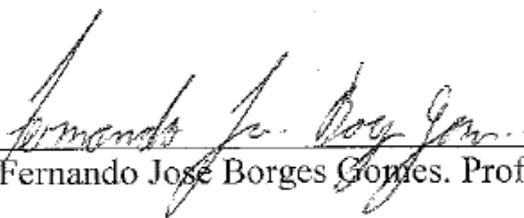
---

Roberto Carlos Costa Lelis. Prof. Dr. UFRRJ  
(Orientador)



---

Fabrício Gomes Gonçalves. Prof. Dr. UFES



---

Fernando José Borges Gomes. Prof. Dr. UFRRJ

*Dedico essa dissertação a Joaquim Morbeck, meu filho amado e aos meus pais  
Fernando Morbeck e Dulce Maria Morbeck, meus heróis.*

*A meu eterno orientador Heber Abreu.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e aos meus guias, por toda luz posta nessa jornada, por sempre ser meu amparo, fonte de gratidão e fé.

Aos meus pais, Fernando Morbeck e Dulce Maria Morbeck, por sempre estarem ao meu lado, apoiando e cuidando com todo amor e carinho, amo muito vocês.

A Joaquim Morbeck, meu filho amado, que apesar da idade, compreendeu as minhas ausências, minha fonte de amor maior.

A meus avós, em especial a vó Benedicta Morbeck, por sempre está em oração por mim, mesmo longe sempre presente.

Aos meus familiares tias e primos que sempre ficaram na torcida, em especial tia Maria Raimunda Lago, com suas ligações inusitadas, sempre me dando força e minha prima Alice Morbeck, sempre disposta a ouvir e aconselhar, muito amor e gratidão.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela oportunidade, e toda a equipe da PPGCAF, pela dedicação e auxílio aos alunos da pós graduação.

A CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro, que me permitiu realizar este trabalho.

Ao anjo José Carlos Batista, por sempre ajudar e acreditar mesmo no meu trabalho, e a toda equipe do Laboratório de Química da Madeira, Bruno, Carlos Henrique Gonçalves, Danielle Sampaio, Gisele Oliveira, Monique Gurgel.

Ao meu orientador Heber dos Santo Abreu (in memoriam), pela confiança depositada, antes mesmo de me conhecer, foi breve nossa convivência, mas muito especial, minha gratidão e carinho eterno, muito orgulho por fazer parte de sua equipe.

Ao meu orientador Roberto Carlos Lelis, por confiar em me orientar, escutar e ajudar, com toda calma e serenidade, gratidão e admiração eterna.

A todos os professores que tive o prazer de conhecer, em especial a professora Claudia Márcia Gomes, pela ajuda, apoio e orientação constante, Rosilei Garcia e Alexandre Miguel, por me dar a oportunidade de continuar a minha jornada no Programa de pós graduação. A professora Natália Dias, pelo carinho e por sempre disponibilizar o seu laboratório.

A minha amiga Maria Vanessa, companheira dedicada, por sempre estar disposta, me apoiando até nas ideias mais controversas, obrigada por ser meu ponto de luz nessa jornada.

Wanessa Santos e sua família, pelo carinho e por estar sempre presente com palavras e abraços confortantes, gratidão minha amiga.

As meninas do F3 305, minhas amadas companheiras, meninas mulheres, guerreiras, obrigada pelas histórias vividas, experiência trocadas, carinhos e brigas, Carol Bastos, Carina Francis, Eugênia Valle, Franciele Rocha (Duende), Jaqueline Gomes, Jéssica Grama, Mariana Portis e Wellington.

As minhas amigas Adione Lima, Cássia Brisele, Josi Santos e Paula Mello, mesmo longe sempre presentes, apoiando com muito carinho e amor, gratidão por ter vocês em minha vida.

A Amanda Arantes, Áurea Sousa, Camila Caetano, Carol Nachi, Claudio Fernandes, Edvaldo Monteiro, Eliakin Alves, Gabriel Aguiar, João Ramos, Leonardo Cordeiro, Thiago Dias, Ruan Carlos, Raquel Oliveira e Vandrê Thomé, gratidão por conhecer vocês, pessoas que tonaram meus dias mais alegres e iluminados.

Aos meus colegas de Judô, vôlei e forró que fizeram das minhas noites mais felizes, revigorando minhas energias, me tornando uma pessoa melhor, em especial ao Pedro Henrique Trepte, muito carinho por você.

**Gratidão**

*“Depois você entenderá.  
Paciência na vida é a força que te guarda.  
Ninguém serve ou educa sem suportar.  
O amor de sacrifício e o degrau que te eleva.  
A dor que te acompanha é o beiral que te ampara.  
Deus age em toda parte, construindo o melhor.  
Serve com paciência e depois entenderá.”*

Emmanuel

## RESUMO

MORBECK, Fernanda Lago. **Caracterização química do tanino do mesocarpo de coco verde e sua aplicação como agente adesivo**. 2017. 48p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2017.

O desenvolvimento de alternativas para o aproveitamento da casca de coco possibilita a redução da disposição inadequada de resíduos sólidos e proporciona uma nova opção de rendimento junto aos locais de produção. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades químicas do mesocarpo do coco verde, seu potencial de emprego para extração de taninos e sua capacidade adesiva em painéis aglomerados fabricados com resíduo de coco verde, analisando assim o uso do mesocarpo do coco verde em dois segmentos industriais distintos. A extração do tanino foi feita com água, com água sob adição de sulfito de sódio a 1%, 5% e 8%. Dessas extrações, observou-se qual das extrações que acarretou melhores rendimento e características para ser usado como agente adesivo. Os testes foram feitos em chapas aglomeradas de resíduo de coco. A prensagem foi realizada a 3,92 MPa, por 10 minutos, a uma temperatura de 100°C. Foram determinadas as propriedades físico-mecânicas do material, seguindo as recomendações da norma NBR 14810 (ABNT, 2013). A concentração de sulfito de sódio a 5% possibilitou maior rendimento na extração de taninos e suas características como agente adesivo, os extratos tânicos do coco apresentaram valores que atendem aos requisitos de agente adesivo, assim como a solução dos mesmos a 50%. Os taninos extraídos do mesocarpo do coco verde apresentam potencial para utilização como adesivo em painéis. O mesocarpo do coco é um material com potencial para fabricação de painéis, apresentando valores de densidade, absorção e inchamento que atende a norma ABNT NBR 14810-2, assim como o tanino extraído do mesmo, pode ser empregados na colagem de painéis. Entretanto, é necessário aprimorar os conhecimentos frente às suas características para aplicação de temperatura, pressão e teores de adesivo ideais para potencializar a sua utilização.

**Palavras-chave:** Coco verde, mesocarpo, tanino, painéis e resíduos.

## ABSTRACT

MORBECK, Fernanda Lago. **Chemical characterization of green coconut mesocarp tannin and its application as an adhesive agent.** 2017. 48p. Dissertation (Master in Environmental and Forest Sciences). Institute of Forestry, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica - RJ, 2017.

The development of alternatives for the use of the coconut shell allows the reduction of the inadequate disposal of solid residues and provides a new option of yield next to the production sites. The present work aims to evaluate the chemical properties of the mesocarp of the green coconut, its potential of use for extraction of tannins and its adhesive capacity in agglomerated panels made with green coconut residue, thus analyzing the use of mesocarp of green coconut in two segments Industries. The tannin extraction was done with water, with water added with 1% sodium sulfite, 5% and 8%. From these extractions, it was observed which of the extractions yielded the best yield and characteristics to be used as an adhesive agent. The tests were done on agglomerated sheets of coconut residue. The pressing was carried out at 3.92 MPa for 10 minutes at a temperature of 100 ° C. The physical-mechanical properties of the material were determined, following the recommendations of standard NBR 14810 (ABNT, 2013). The 5% sodium sulphite concentration allowed a higher yield in the extraction of tannins and their characteristics as an adhesive agent, the coconut tannic extracts presented values that meet the requirements of adhesive agent, as well as the solution of the same to 50%. The tannins extracted from the mesocarp of the green coconut present potential for use as adhesive in panels. The coconut mesocarp is a material with potential for panel production, showing values of density, absorption and swelling that meets the ABNT NBR 14810-2 standard, as well as the tannin extracted from it, can be used in the gluing of panels. However, it is necessary to improve the knowledge regarding its characteristics for the application of temperature, pressure and adhesive contents ideal to enhance its use

**Key words:** Green coconut, mesocarp, tannin, panels and residues.

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento experimental para formação de chapas .....	21
Tabela 2. Composição elementar do mesocarpo do coco verde.....	24
Tabela 3. Composição elementar da madeira de eucalipto e pínus .....	24
Tabela 4. Valores referentes aos teores das substâncias macromoleculares do mesocarpo do coco.....	25
Tabela 5. Dados de vários autores das substâncias macromoleculares da fibra de coco verde. ....	26
Tabela 6. Valores médios dos teores de extrativo, número de Stiasny, tanino e não taninos do mesocarpo do coco, após extração com água e diferentes concentrações de sulfito de sódio. 27	27
Tabela 7. ANOVA referentes aos teores de extrativo nos diferentes tratamentos. ....	27
Tabela 8. Média dos tratamentos para porcentagem de extrativo e teste de Tukey. ....	28
Tabela 9. ANOVA referentes à porcentagem do número de Stiasny nos diferentes tratamentos. ....	28
Tabela 10. ANOVA referentes à porcentagem do tanino nos diferentes tratamentos.....	29
Tabela 11. Média dos tratamentos para porcentagem de taninos e teste de Tukey. ....	29
Tabela 12. ANOVA referentes à porcentagem dos não taninos nos diferentes tratamentos....	29
Tabela 13. Propriedades dos taninos e do adesivo Fenol-Formaldeído. ....	30
Tabela 14. Caracterização das propriedades do adesivo fenol-formaldeído em diferentes misturas com taninos do mesocarpo do coco. ....	32
Tabela 15. Valores referentes à densidade dos painéis, para os tratamentos. ....	33
Tabela 16. Valores referentes ao teor de umidade dos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.....	33
Tabela 17. Valores referentes IE em 2 horas nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.....	34
Tabela 18. Valores referentes IE em 24 horas nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.....	35
Tabela 19. Valores referentes AA em 2 horas nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.....	36

Tabela 20. Valores referentes AA em 24 horas nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.....	36
Tabela 21. Valores referentes ao MOR nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.....	37
Tabela 22. Valores referentes ao MOE nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.....	38
Tabela 23. Valores referentes LI dos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.....	39

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1. <i>Cocos nucifera</i> L. (coqueiro). Fonte: Autora .....	3
Figura 2. Ilustração da morfologia do fruto do <i>Cocos nucifera</i> L. Fonte: UZUNIAN; BIRNER (2009). .....	5
Figura 3. Mesocarpo do coco verde triturado: A) Fibra do coco; B) Pó do coco. Fonte: Autora. ....	6
Figura 4. Cadeia de celulose. Fonte: JARDIM (2012). .....	7
Figura 5. Fórmulas estruturais dos principais açúcares componentes da hemicelulose. Fonte: JARDIM (2012). .....	8
Figura 6. Precursores finais da lignina com os possíveis sítios ativos (PEREIRA, 2012). .....	9
Figura 7. Fórmulas estruturais de alguns compostos aromáticos identificados nos extrativos. Fonte: PEREIRA (2012). .....	9
Figura 8. Taninos hidrossolúveis: (A) Fórmulas estruturais do ácido gálico (B) Formula estrutural do ácido digálico, taninos hidrolisáveis. Fonte: BATTESTIN (2004). .....	11
Figura 9. Fórmula da estrutura química do tanino condensado. Fonte: Modificado de PIZZI;MITTAL (1994). .....	11
Figura 10. A) Tanino extraído do mesocarpo do coco B) Solução tânica. Fonte: Autora. ....	18
Figura 11. A) Mesocarpo do coco B) Mesocarpo desmembrado. Fonte: Autora. ....	20
Figura 12. A) Colchão de partícula B) Prensa hidráulica. Fonte: Autora. ....	21
Figura 13. Disposição dos corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos no painel. Fonte: Autora. ....	22
Figura 14. Painéis fabricados com mesocarpo do coco. Fonte: Autora. ....	22
Figura 15. A) Ensaio de resistência à flexão estática B) Ensaio Ligação interna. Fonte: Autora. ....	23

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>IX</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTAS DE TABELAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTAS DE FIGURAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 COCOS NUCIFERA L. ....	3
2.1.1 FRUTO.....	4
2.1.2 MESOCARPO DO FRUTO .....	6
2.1.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	7
2.2 Celulose .....	7
2.3 Hemicelulose .....	8
2.4 Lignina.....	8
2.5 Extrativos.....	9
2.6 Extrativos polifenólicos.....	10
2.7 EXTRAÇÃO E SULFITAÇÃO DE TANINOS.....	12
2.8 POLIFENÓIS NATURAIS COMO FONTE DE ADESIVO .....	12
2.9 PAINÉIS AGLOMERADOS .....	14
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>16</b>
3.1 MATERIAL .....	16
3.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO MESOCARPO.....	16
3.2.1 Preparação de amostras para análise química.....	16
3.2.2 Análise da composição química do mesocarpo .....	16
3.3 EXTRAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE TANINO .....	16
3.3.1 Determinação dos teores de extrativos .....	17
3.3.2 Determinação do teor de polifenóis através da reação de Stiasny.....	17
SENDO: .....	17
3.3.3 DETERMINAÇÃO DA PERCENTAGEM DE TANINOS E NÃO-TANINOS .....	17
3.4 Extração em autoclave e avaliação das propriedades dos extratos.....	18
3.5 PROPRIEDADES DOS EXTRATOS TÂNICOS DO MESOCARPO.....	18

3.5.1 Determinação da viscosidade .....	19
3.5.2 Determinação do tempo de formação de gel .....	19
3.5.3 Determinação de teor de sólidos.....	19
O teor de sólidos foi calculado conforme BRITO (1995). .....	19
3.5.4 Determinação do pH.....	19
3.6 PROPRIEDADES DA RESINA DE FENOL-FORMALDEÍDO (FF) E DE SUAS MODIFICAÇÕES COM EXTRATO TÂNICO DO MESOCARPO DO COCO VERDE.....	19
3.7 FABRICAÇÃO DE PAINÉIS DE FIBRAS DO MESOCARPO DO COCO .....	19
3.7.1 Aplicação de adesivos .....	20
3.7.2 Preparo do colchão de partículas .....	20
3.7.3 Prensagem, acondicionamento e confecção de corpos-de-prova .....	20
3.7.4 Delineamento Experimental .....	21
3.7.5 Ensaios Tecnológicos dos Painéis Aglomerados .....	22
3.8 ANÁLISE DOS DADOS .....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>24</b>
4.1 AVALIAÇÕES DOS COMPONENTES QUÍMICOS .....	24
4.2 AVALIAÇÃO DA EXTRAÇÃO DO MESOCARPO COM ÁGUA E DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SULFITO DE SÓDIO.....	26
4.3 AVALIAÇÕES DAS PROPRIEDADES DOS POLIFENÓIS E AGENTES ADESIVOS.....	30
4.4 AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS PAINÉIS .....	32
4.4.1 Avaliações das propriedades físicas dos painéis .....	32
4.4.2 Avaliação das propriedades mecânicas dos painéis .....	37
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>40</b>
<b>6 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>40</b>
<b>7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>41</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A crise do petróleo em 1970 desencadeou pesquisas com o objetivo final de obter materiais genéricos com mesma eficácia do petróleo e se possível a um baixo custo.

Os compostos fenólicos comumente utilizados como base na fabricação de adesivos são obtidos por meio de benzeno e tolueno; por estes serem produtos provenientes da indústria petroquímica, podem vir a se tornar escassos, já que é crescente no mercado o consumo de adesivos de base fenólica. No setor industrial florestal onde se faz o beneficiamento da madeira, seja para produzir chapas de partículas ou laminados, os adesivos fenólicos estão entre os mais utilizados (SILVA, 2001).

Para substituir os compostos fenólicos provindos do setor petroquímico, existe a possibilidade de utilização de substâncias renováveis como as ligninas derivada da polpação, os taninos provindos da casca da madeira de algumas espécies florestais e os produtos derivados da carbonização da biomassa florestal (PIZZI; MITTAL, 1994). Dentre essas opções, a que apresenta melhor qualidade para substituição são os taninos condensáveis (SANTANA et al., 1995).

Taninos são polifenóis de elevado peso molecular, sendo encontrados em diversas partes das plantas, casca, raiz, lenho e fruto. Eles reagem facilmente com o formaldeído além de incorporar valores às atividades florestais e também de minimizar o problema dos descartes dos resíduos do mercado agrícola (PIZZI; MITTAL, 1994).

O beneficiamento e descarte de resíduos agrícolas vem sendo discutido pela Organização das Nações Unidas desde dezembro de 1989, onde em uma assembleia geral da ONU, houve consenso mundial que foi firmado um compromisso político entre as nações, com relação ao desenvolvimento e cooperação ambiental. Na Agenda 21 (1992), no capítulo onze, essas premissas adotadas pela ONU, são citadas na política de combate ao desmatamento: “Melhorar os métodos e práticas ambientais saudáveis e economicamente viáveis de exploração das florestas, como objetivo de reduzir os resíduos e se possível otimizar seu uso e aumentar o valor dos produtos florestais.” . “Se faz necessário desenvolver e expandir e/ou melhorar a eficácia e a eficiência das indústrias de processamento de produtos florestais, tanto madeireiros como não madeireiros, inclusive de aspectos como tecnologia eficiente de conversão e melhor utilização sustentável dos resíduos resultantes da extração e do processamento.”

De acordo com a política nacional de resíduos sólidos, Lei 12.305/2010, no Brasil todos os produtores são obrigados a elaborar o plano de gerenciamento de resíduos sólidos, descrevendo como será a destinação correta dos resíduos. Isso proporcionou um aumento da utilização dos resíduos florestais não madeireiros; logo, estes passaram a ser alternativas como matéria-prima para produção de diversos produtos na base florestal, como tanino e painéis (GULER et al., 2007). Esse tipo de material para confecção de painéis pode conferir resistência mecânica e massa específica pré-estabelecida, já que a composição química dos materiais lignocelulósicos é semelhante à da madeira (ROWELL et al., 2000).

Além de trazer benefícios ambientais, a produção de painéis aglomerados a partir de resíduos agroindustriais agrega valor aos mesmos e, além disso, poderá atender à crescente demanda da indústria de painéis de madeira, possibilitando sua expansão, diminuindo a utilização de madeira e, conseqüentemente, a pressão sobre as florestas, e ainda reduzir custos de produção dos painéis, tornando-os ainda mais competitivos no cenário econômico (MENDES et al., 2010).

O Brasil apresenta uma extensa faixa litorânea, com uma demanda turística alta, acolhendo grandes capitais como Rio de Janeiro, Salvador e Fortaleza, sendo que nessas

regiões a água de coco verde é bastante apreciada pela população. Mas este consumo acarreta na geração de uma grande quantidade de resíduo sólido, onde a cascas do coco verde, não têm um aproveitamento adequado, acabando sendo destinadas aos aterros sanitários dos municípios (SILVEIRA, 2008).

O mesocarpo do fruto do coco é considerado resíduo, já que sua monocultura é destinada ao aproveitamento da água e da polpa. O resíduo do coco é um material nobre, que pode ser aproveitado de várias formas, desde a confecção de estofado para automóveis (SENHORAS, 2004), como também para a extração de tanino e matéria prima para chapas.

Alguns estados brasileiros a exemplo do Pará, Ceará e Rio de Janeiro, vêm estudando possíveis beneficiamentos da casca do coco, juntamente com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuárias – EMBRAPA, Universidades Federais e Estaduais, dentre outras, que vem investindo em pesquisas para encontrar maneiras de utilização das cascas de coco verde (BRIGIDA et al., 2009)

Considerando a demanda crescente por taninos, a busca por fontes renováveis desta substância, além da necessidade de gerar alternativas que deem destino ou adicionem valor agregado à casca de coco verde, o presente trabalho avaliou as propriedades tecnológicas dos extratos tânico extraídos do mesocarpo do coco verde, comparando-os aos adesivos sintéticos usuais, e seu potencial como adesivo em painéis aglomerados fabricados com resíduo de coco. Os objetivos específicos foram: - Caracterizar quimicamente o mesocarpo do coco; - Extrair taninos com adição de água e sulfito de sódio e avaliar suas propriedades; - Fabricar e avaliar as propriedades de painéis aglomerados com diferentes adesivos à base de tanino de coco.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 *Cocos nucifera* L.

O *Cocos nucifera* L. (Figura 1) pertence ao grupo monofilético da classe das monocotiledôneas e possui características bem próprias como um só cotilédone na semente, raiz fasciculada e folhas paralelinérveas. Sua ordem é das *Arecales*, que se encontra na família das *Areceae* (PANTOJA, 2010). É uma palmeira que pode atingir até 20 metros, excepcionalmente, 30 metros, de altura, com estipe (tronco) de 20 a 30 centímetros de diâmetro (LORENZI, 2002). No Brasil, são encontradas mais de 40 gêneros e 200 espécies, onde os mais frequentes são os coqueiros (*Cocos nucifera*) e o palmito (*Euterpe* sp.) (PANTOJA, 2010).



**Figura 1.** *Cocos nucifera* L. (coqueiro). Fonte: Autora

Tomlinson (1979), citado por Goulding (2007), afirma que as palmeiras são um dos grupos, economicamente, mais importantes de plantas tropicais por constituírem uma importante fonte de alimento e matéria-prima, mas que ainda permanecem subexploradas pelo homem.

O *Cocos nucifera* L. é uma espécie exótica, vinda da Ásia. Seu fruto, o coco é um dos cultivares mais antigos no continente asiático, utilizado na Índia e na Ásia continental há pelo menos 3000 anos. O coqueiro é uma planta de clima tropical, atualmente cultivado em cerca de noventa países, sua importância econômica é bem destacada no continente asiático, que lidera tanto a produção quando a comercialização do fruto “in natura” e de seus subprodutos (SEBRAE, 2016).

A história do coco no Brasil coincide com o processo de ocupação territorial, e toda ela concentrada na porção oriental do litoral Nordestino. Uma das teorias é que ele chegou ao Brasil pela colonização portuguesa (PARROTTA, 1993). Iniciada a partir do Recôncavo Baiano, expandido por toda faixa litorânea do estado e região. Praticamente não existia a atividade comercial, interna ou externa. A atividade comercial do coco desenvolveu-se a partir da segunda metade do século XIX, em função de sua valorização no plano internacional, tanto por conta da valorização para consumo humano, tanto por valorização de seus subprodutos, como óleo e fibra (FRANÇA, 1988).

Na década de 1990 houve um avanço na produção do coco no Brasil, onde o país ocupava a 10<sup>o</sup> posição no ranking mundial, com uma produção que chegava a 477 mil

toneladas de coco por ano. Atualmente, o país é o quarto maior produtor mundial com uma produção aproximada de 1.775.464 milhões de frutos por ano, com um plantio total de 228 916 hectares (IBGE, 2016). Quando se compara aos países da América do Sul, a produção brasileira é responsável por mais de 80% (EMBRAPA, 2011). Do total dessa produção, o rendimento médio de fibra é de aproximadamente 30% e 70% de pó no processo industrial. São gerados cerca de 804.218 t de casca de coco no Brasil por ano, que depois de processadas, resultariam em 241.265 t de fibra e 562.953 t de pó (CORREA, 2015).

A importância do agronegócio do coco é notória para a economia brasileira, especialmente para o Nordeste, onde se concentra mais de 90% da produção nacional. A produção brasileira em 2016 chegou a 251.628 bilhões de frutos (IBGE, 2016), está distribuída por quase todo o território nacional, com exceção dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em função das suas limitações climáticas durante parte do ano (EMBRAPA, 2011).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), em 2016 no Brasil existiam cerca de 284 mil hectares de plantio coco no território nacional, onde os estados que mais se destacaram foram Bahia, Ceará e Sergipe. Dentre esses, a Bahia obteve 30% total da produção nacional.

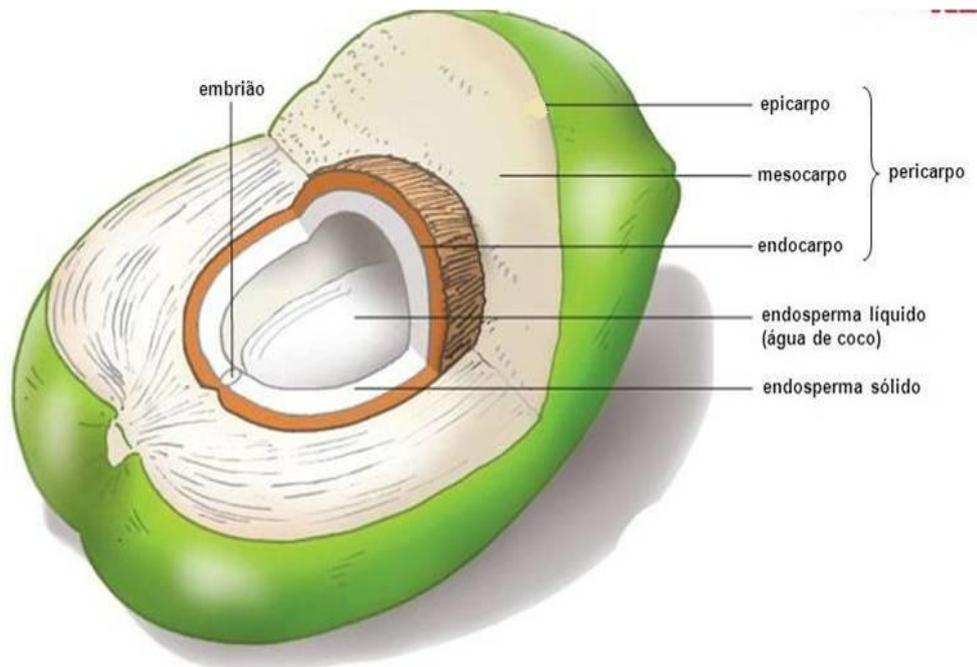
Com relação às demais regiões, o sudeste tem como destaque na produção nacional de coco, o estado do Rio de Janeiro. Com uma área de cultivo em torno de 4.450 ha, destes, 33% se concentram na região norte fluminense, sendo que a produtividade média da cultura no estado do Rio de Janeiro ficou em torno de 40 mil frutos na safra de 2016 (IBGE, 2016).

Segundo o Sindicato dos Produtores de Coco (SINDCOCO), a produção brasileira de coco é comercializada da seguinte forma: 35% destinam-se à agroindústria, que produz, principalmente, coco ralado e leite de coco, para atender a demanda de grandes empresas produtoras de chocolate, biscoitos, iogurtes, sorvetes, confeitarias e padarias; 35% destinam-se aos mercados Sudeste/Sul para atender às pequenas indústrias, a exemplo de docerias, padarias, sorveterias, entre outros. Destes, cerca de 90%, são constituídos de frutos verdes. Os 30% restantes ficam no mercado nordestino, para atender ao consumo “in natura”, tanto de coco seco, como de coco verde (CUENCA, 2002).

### **2.1.1 Fruto**

O fruto do *Cocos nucifera* é considerado um fruto seco, indeiscente do tipo drupa, por ser formado por um só carpelo e conter em seu interior uma só semente. O mesocarpo, parte mais desenvolvida no coco, é constituído por um conjunto muito denso de fibras bastante resistentes. Já o endocarpo é excepcionalmente espesso e duro, envolvendo a única semente desse fruto, a qual se constitui do embrião e de um tecido nutritivo muito extenso, que forma a parte comestível do coco, inclusive o líquido contido em seu interior (FERRI, 1990). A parte externa denominada de epicarpo (casca externa) pode ter a coloração esverdeada ou amarelada quando o fruto ainda está verde, e com o tempo, torna-se seca e castanha. (FERREIRA et al, 1988).

O mesocarpo (Figura 2) é a fonte de fibra, esta camada pode ter de 3 a 5 cm de espessura constituída por uma fração de fibras curtas e longas e outra fração denominada pó, que se apresenta agregada às fibras (ROSA et al., 2002).



**Figura 2.** Ilustração da morfologia do fruto do *Cocos nucifera* L. Fonte: UZUNIAN; BIRNER (2009).

O consumo do seu fruto é crescente e significante no país, já que deste provem água de coco “in natura”. Cada coco verde destinado para consumo de água traz um sério problema ambiental, pois cerca de 80 a 85% do peso bruto do fruto representa resíduo, que não vêm sendo aproveitado pela indústria, devido à falta de conhecimento de suas propriedades (CORRADINI et al., 2009). Este problema se agrava principalmente nos centros urbanos, onde esse material é de difícil descarte, sendo enviado para lixões e aterros sanitários. A matéria orgânica quando disposta em aterros passa por um processo de decomposição anaeróbica, resultando na formação de gás metano. A quantidade deste gás, gerada pelo processo anaeróbico, representa de 5 a 20% do total produzido e é emitida para a atmosfera. O metano é um dos mais importantes gases produzidos pela disposição do resíduo sólido urbano em aterros e contribui para o agravamento do efeito estufa (IPCC, 1996). A decomposição do fruto do coco no ambiente demora em média oito anos para a sua completa biodegradação, ou seja, é um material orgânico de difícil decomposição. Isso torna o aproveitamento da casca do coco verde, algo indispensável para o ambiente, além da importância econômica e social. (CARRIJO; MAKISHIMA, 2002).

Como a minimização da geração desse resíduo implicaria na redução da atividade produtiva associada, o seu aproveitamento torna-se uma necessidade. No entanto, poucos estudos têm sido realizados visando à caracterização e utilização da fibra e do pó da casca do coco verde (SENHORAS, 2004). A industrialização do fruto do coco e o beneficiamento das partes comestíveis vêm crescendo, tanto no âmbito nacional quanto internacional, o que torna indispensáveis para o desenvolvimento sustentável estudos aprofundados sobre o aproveitamento dos seus resíduos. O mesocarpo do fruto do coco que antes era visto como resíduo na produção, utilizado apenas como cobertura morta, enterrado em valas ou utilizado

em covas de plantio (FONTES, 2006), agora passa ter valor científico e comercial, como fonte de fibra vegetal.

Com isso a cultura do coco apresenta uma série de vantagens agroeconômicas, sociais e ambientais se comparada a outras culturas desenvolvidas nas áreas litorâneas.

### 2.1.2 Mesocarpo do Fruto

O mesocarpo do coco verde, assim como o do coco maduro, é constituída por uma fração de fibras e outra denominada de pó que preenche o espaço entre as fibras (Figura 3). As fibras de coco são materiais lignocelulósicos obtidos do mesocarpo de cocos e caracterizam-se pela sua dureza e durabilidade atribuída ao alto teor de lignina, quando comparadas com outras fibras naturais (SILVA et al., 2006). O pó de coco é um material biodegradável, renovável e muito leve. Apresenta uma estrutura física vantajosa, alta porosidade, alto potencial de retenção de umidade (ABAD; NOGUEIRA, 1998).



**Figura 3.** Mesocarpo do coco verde triturado: A) Fibra do coco; B) Pó do coco. Fonte: Autora.

A Índia é um dos países percussores de manufaturados a partir do mesocarpo do coco, principalmente da fibra; nele se encontra uma imensa variedade de produtos, como tapetes e carpetes (MATHAI, 2005). A demanda crescente desse produto no mercado se dá pelo fato de ser um material ecologicamente correto, por ser proveniente de uma fonte renovável, biodegradável e de baixo custo e por suas características oferecerem diversas possibilidades de utilização.

Foi na década de 1980 que começaram os estudos e aplicações dos resíduos do mesocarpo do coco industrialmente, na Holanda, de início como ingrediente de substrato agrícola. Desde então, diferentes trabalhos de investigação foram realizados com o objetivo de se estudar as características e propriedades desse novo material e de avaliar sua potencialidade para ser utilizado (MEEROW, 1997).

No Brasil, a tecnologia de aproveitamento da casca de coco vem sendo utilizada pelas principais empresas em uma linha cronológica entre 40 e 15 anos. A fibra de coco era utilizada na fabricação de estofados de automóveis desde a década de oitenta, mas perdeu espaço para o poliuretano nos anos de 1990 (SANTOS, 2006). Atualmente, o setor de maior

representatividade no país é o de paisagismo e jardinagem devido a excepcional adaptação em substituição ao xaxim. Outras possíveis aplicabilidades da fibra de coco verde encontram nos setores moveleiros, calçadista, design de objetos para o lar, compósitos, combustíveis, papelaria, embalagens, fabricação de enzimas, construção civil, filtros industriais e geotêxteis.

Para melhor aplicação do mesocarpo do coco, os conhecimentos das características químicas, mecânicas e térmicas tornam-se necessários para a compreensão de sua potencialidade de uso.

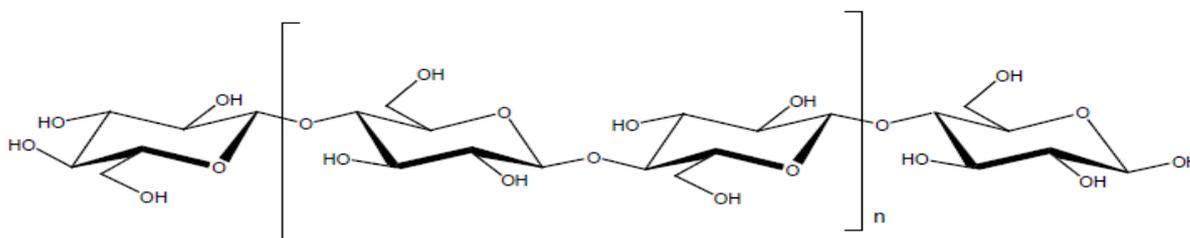
### 2.1.3 Características químicas

As fibras vegetais são formadas basicamente de celulose, hemiceluloses, lignina, pectina e minerais. A celulose, um polissacarídeo linear de alta massa molecular; é o principal constituinte estrutural, sendo responsável pela estabilidade e resistência das fibras. As fibras de coco verde apresentaram menores teores de celulose e maiores teores de lignina em comparação com outras fibras lignocelulósicas, tais como fibra de juta e sisal, que lhe confere, uma vantagem frente às outras, como resistência (MOHANTY et al., 2000). De acordo com Trugilho et al. (1996), os teores de lignina e celulose em frutos jovens de coco estão sujeitos a variações, na sua composição química, tendendo a valores estáveis na idade adulta, que é entre o período de 150 a 200 dias. O que se faz considerar que a idade do fruto, além do modo como é cultivado, pode interferir nas variações dos teores das substâncias químicas presentes nas fibras (VELOSO, et al., 2013).

## 2.2 Celulose

A celulose é constituída por monômeros de glucose, unindo-se através de ligações glicosídicas para formar cadeias lineares, que se agrupam através de ligações de hidrogênio, a fórmula molecular empírica da celulose é  $(C_6H_{11}O_5)_n$  (CARVALHO et al. 2009).

A celulose é um composto químico bem comum na natureza. Ela compõe cerca de 40 e 50% das plantas. É um componente majoritário, perfazendo aproximadamente a metade das madeiras tanto de coníferas, como de folhosas (KLOCK, et al., 2005). É caracterizada como um polímero linear de alto peso molecular, constituído exclusivamente de  $\beta$ -D-glucose (Figura 4), sendo o principal composto da parede celular, onde está localizada em maior percentagem na parede secundária das células vegetais (KLOCK, 1988).



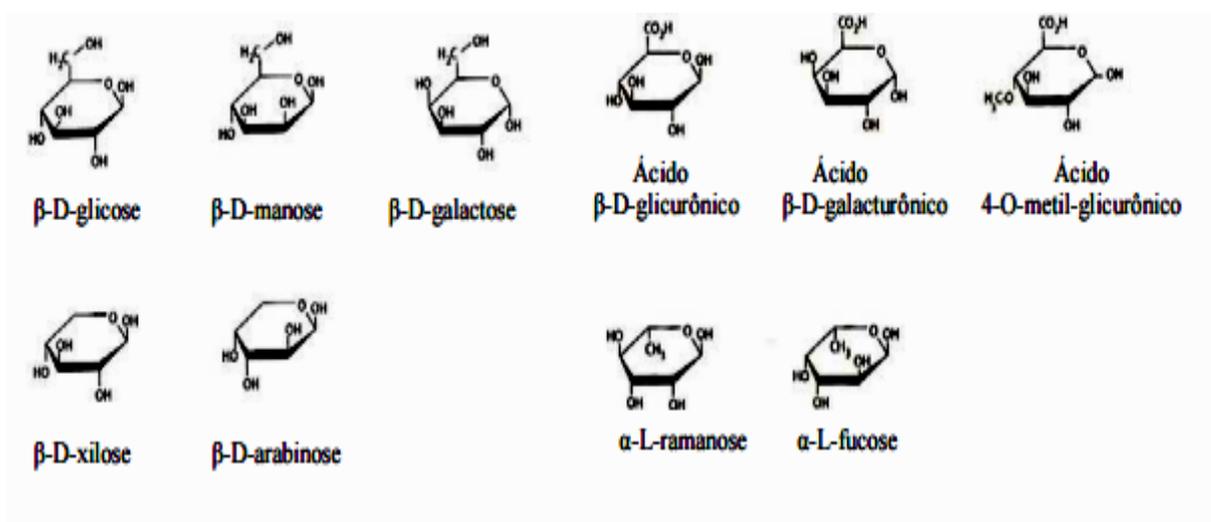
**Figura 4.** Cadeia de celulose. Fonte: JARDIM (2012).

## 2.3 Hemicelulose

O termo hemicelulose para denominar todos os polissacarídeos, constituídos por pentose e/ou hexose e grupos acetila (CARVALHO et al., 2009).

As hemiceluloses compreendem um grupo de polissacarídeos, constituídos de vários tipos de unidades de açúcares, além de serem polímeros ramificados de cadeia mais curta, de baixa massa molecular, intimamente ligada com a própria celulose dentro da estrutura dos tecidos vegetais. (D'ALMEIDA, 1988). Os principais açúcares neutros que constituem a poliose são: glucoses, manose e galactose; e as pentoses xilose e arabinose. Alguma poliose contém adicionalmente ácidos urônicos (KLOCK, 2005).

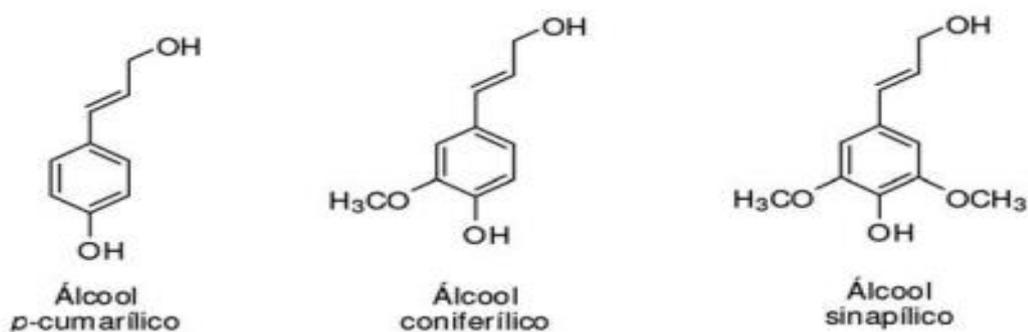
As hemiceluloses limitam a capacidade de extensão da parede celular, se ligando às microfibrilas através de pontes de hidrogênio. As pectinas são encontradas nas primeiras camadas da parede celular. São polissacarídeos capazes de conferir flexibilidade à parede, sendo essencial também para o seu processo de expansão (RAVEN et al. 1999). A Figura 5 ilustra as fórmulas estruturais dos principais açúcares componentes da hemicelulose ou poliose.



**Figura 5.** Fórmulas estruturais dos principais açúcares componentes da hemicelulose. Fonte: JARDIM (2012).

## 2.4 Lignina

A lignina é o terceiro composto macromolecular que compõe a madeira. É constituída por um sistema aromático composto por unidade de fenilpropano, unida por ligação éter (C-O-C) e carbono/carbono. Há maior teor de lignina em coníferas do que em folhosa, além de existir diferenças nas suas estruturas entre a lignina encontrada nas coníferas e nas folhosas (KLOCK, 2005). Por ter ação cimentadora, confere à célula maior resistência ao ataque de fungos e compõe toda a rede de vasos condutores do vegetal, contribuindo para a estrutura da parede celular, além de agir como agente protetor a fatores bióticos e abióticos. Na Figura 6 é ilustrado os três precursores finais da lignina com os possíveis sítios ativos.



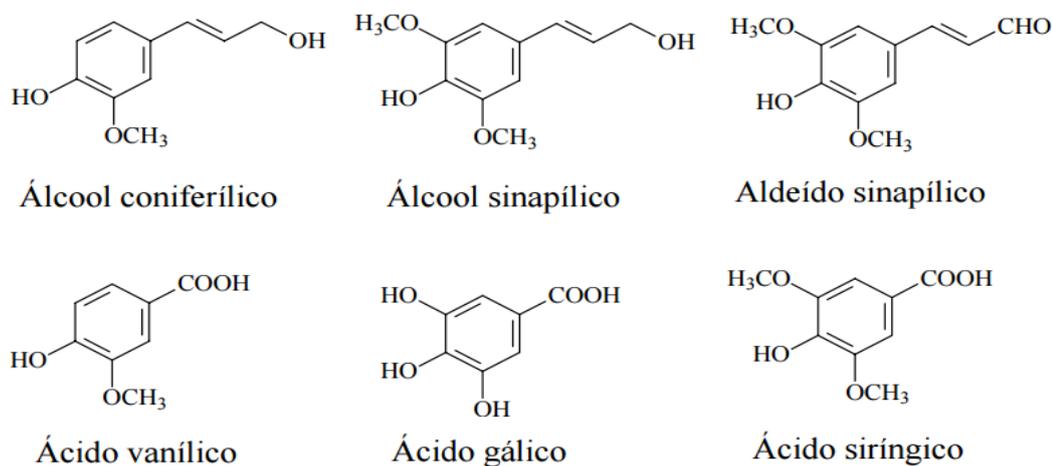
**Figura 6.** Precursores finais da lignina com os possíveis sítios ativos (PEREIRA, 2012).

## 2.5 Extrativos

Os extrativos são compostos químicos encontrados na parede celular dos vegetais, geralmente constituídos a partir de graxas, ácidos graxos, álcoois graxos, fenóis, esteróides, resinas, ceras, óleos, fitoesteróis, resinas ácidas, taninos, terpenos e flavonóides, e outros tipos de compostos orgânicos. Estes elementos se dividem na forma de monômeros, dímeros e polímeros (LEÃO, 2012).

Os extrativos influenciam em algumas propriedades das madeiras. O odor e a coloração típica de muitas madeiras se devem aos extrativos, e estes também influenciam no consumo de reagentes nos processos químicos de utilização da madeira e na permeabilidade (SILVA Et al., 2006).

Os extrativos mais importantes em termos de quantidade, ocorrência natural e importância econômica são as resinas da madeira e os polifenóis. A Figura 7 mostra algumas estruturas exemplos desses extrativos.



**Figura 7.** Fórmulas estruturais de alguns compostos aromáticos identificados nos extrativos. Fonte: PEREIRA (2012).

## 2.6 Extrativos polifenólicos

Os taninos são polifenóis de ocorrência natural, em plantas que exercem grande influência no valor nutritivo de forragens. São compostos pertencentes ao grupo dos fenólicos, proveniente do metabolismo secundário das plantas (BUTLER et al., 1984). Como metabólitos secundários, os taninos são compostos fenólicos de grande interesse econômico e ecológico.

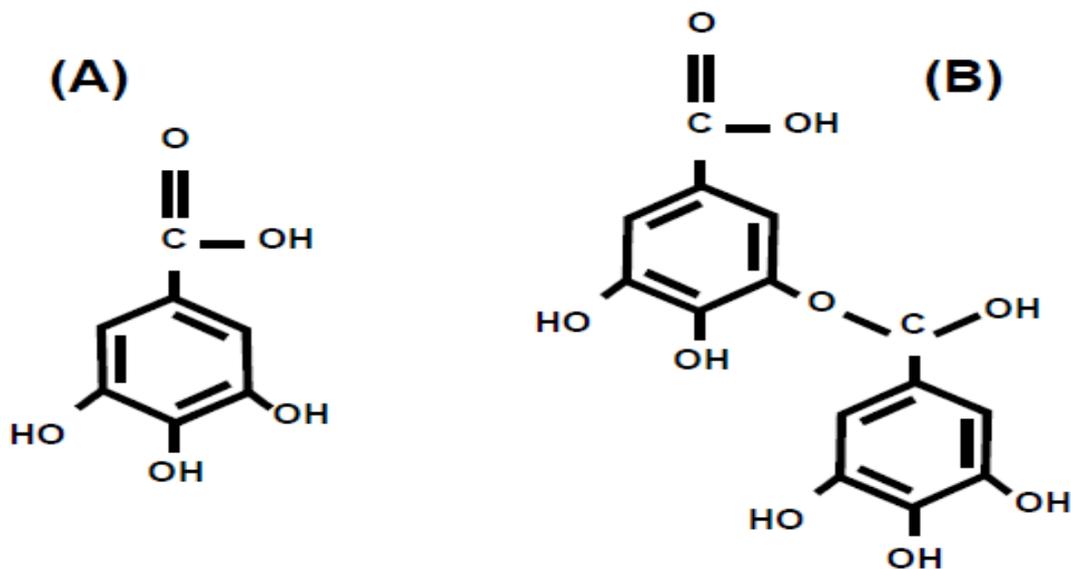
Estrutura química com 12-16 grupos fenólicos e 5-7 anéis aromáticos por cada mil unidades de peso molecular, possui capacidade de formar complexos com outras macromoléculas como carboidrato, alcaloides, proteínas, saponinas entre outras (HASLAM e CAI, 1994). Bem como complexos insolúveis em água com proteínas, gelatinas e alcaloides (SANT'ANA, 2002).

São substâncias amplamente distribuídas no reino vegetal, podendo ser encontrados nas raízes, na casca, nas folhas, nos frutos, nas sementes e na seiva (BATTESTIN et al., 2004); sendo encontrados em altas concentrações em espécies de gimnospermas e angiospermas. Dentro das angiospermas, os taninos são mais comuns nas dicotiledôneas quando comparado com as monocotiledôneas (FRANÇA et al, 2011). Não interferem no metabolismo da planta, somente após lesão e morte das plantas agem e têm metabolismo eficiente (NOZELLA, 2001). São eles responsáveis pela adstringência de muitos frutos e produtos vegetais, devido à precipitação de glucoproteínas salivares, o que ocasiona a perda do poder lubrificante (MELLO e SANTOS, 2001). Alguns investigadores provaram que os taninos servem para proteger as plantas contra os herbívoros e as doenças patogênicas.

Os taninos são usados pelo homem em diferentes setores que vai do industrial ao artesanal. No passado, os taninos eram empregados somente para o curtimento de couros. Atualmente, são também empregados na perfuração de poços de petróleo e na fabricação de adesivos, sendo também úteis como antioxidantes e produtos farmacêuticos, o que demonstra sua potencialidade como matéria-prima para inúmeras utilizações (HASLAM ; CAI, 1994).

Os taninos, segundo a estrutura química, são classificados em dois grupos: hidrolisáveis e condensados, sendo que, entre eles há diferença química; todos são compostos fenólicos e podem precipitar as proteínas. A capacidade que o tanino tem de se ligar as proteínas é considerado o fator importante e imprescindível no sistema biológico. A afinidade dos taninos pelas proteínas varia dependendo das suas características químicas e das condições fisicoquímicas do sistema.

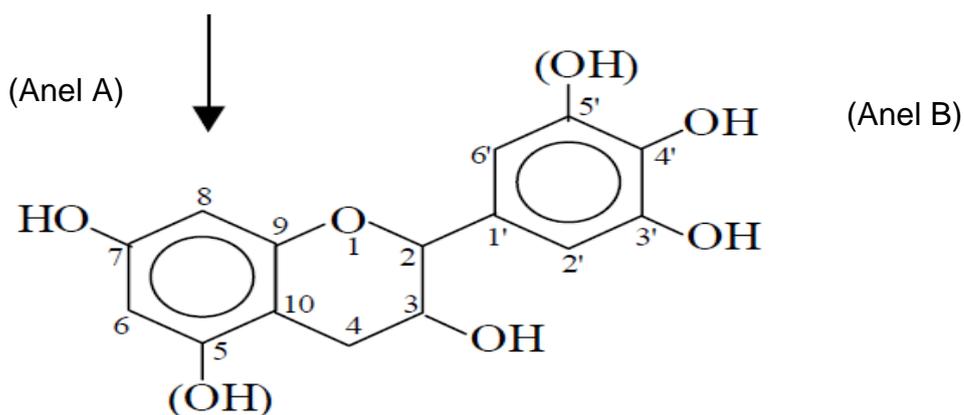
Os taninos hidrolisáveis são constituídos de misturas de fenóis simples, tais como o pirogalol e ácido elágico, e também ésteres do ácido gálico ou digálico com açúcares, como a glicose (HEMINGWAY, 1989). Segundo Battestin et al. (2004), os taninos hidrolisáveis são unidos por ligações éster-carboxila, sendo prontamente hidrolisáveis em condições ácidas ou básicas. A unidade básica estrutural desse tipo de tanino é um polioliol, usualmente D-glucose, com seus grupos hidroxilas esterificados pelo ácido gálico (galotaninos) ou pelo hexadihidroxifênico (elagitaninos). Os taninos hidrolisáveis (Figura 8) podem ser utilizados como substitutos parciais do fenol na produção de resinas e adesivos fenolformaldeído. No entanto, apresentam comportamento químico semelhante aos fenóis, substituídos com baixa reatividade com formaldeído. Este comportamento químico, associado à limitada produção mundial, impede que eles sejam efetivamente utilizados para a produção de adesivos fenólicos (PIZZI, 1983).



**Figura 8.** Taninos hidrossolúveis: (A) Fórmulas estruturais do ácido gálico (B) Formula estrutural do ácido digálico, taninos hidrolisáveis. Fonte: BATTESTIN (2004).

Os taninos condensados ou proantocianidinas são polímeros de flavonóides, cujos monômeros são unidos por uma ligação carbono-carbono. Eles estão presentes em maior quantidade nos alimentos normalmente consumidos (HEMINGWAY, 1989). Os taninos condensados podem conter de duas a cinquenta unidades flavanóides; possuem estruturação complexa; são resistentes à hidrólise, mas podem ser solúveis em solventes orgânicos aquosos, dependendo de sua estrutura.

Os taninos condensados são adequados para produção de adesivos fenólicos dos pontos de vista químico e econômico (PIZZI, 1994). Os taninos condensados e os flavonoides que lhe dão origem são conhecidos por sua larga distribuição, estando presentes na casca de todas as folhosas e coníferas (HERGERT, 1962). A Figura 9 mostra a estrutura de um flavonóide, que constitui o principal monômero dos taninos condensados.



**Figura 9.** Fórmula da estrutura química do tanino condensado. Fonte: Modificado de PIZZI;MITTAL (1994).

Os taninos condensados são utilizados como substitutos de resinas sintéticas devido a sua característica de precipitar-se com formaldeído, formando assim um polímero de estrutura rígida (GONÇALVES; LELIS, 2010).

Em geral, as resinas utilizadas na indústria de painéis de madeira são obtidas a partir de produtos derivados do petróleo. Entretanto, as resinas produzidas com tanino vegetal podem apresentar características de viscosidade e tempo de formação de gel semelhantes às resinas comerciais conhecidas. Um aspecto importante para o emprego de tanino na produção de adesivos é o seu teor de componentes polifenóis reativos (condensáveis). Na determinação do teor de polifenóis, os taninos do tipo flavonol são precipitados através da condensação com formaldeído em meio ácido, reação de Stiasny (LELIS; GONÇALVES, 2001).

## **2.7 Extração e sulfitação de taninos**

A extração é uma etapa importante, podendo envolver diversos métodos e solventes em condições de laboratório. A qualidade dos taninos extraídos varia de acordo com o tipo de extração realizada. Assim, as condições de extração devem ser otimizadas, tendo em vista a produção de taninos com propriedades adequadas à síntese de adesivos (PIZZI, 1983).

A extração é feita em autoclave, a partir de material moído, à pressão atmosférica. Normalmente, é feita com água quente em presença de um sal inorgânico. Os sais mais utilizados são o sulfito de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) e o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) assim como o hidróxido de sódio (NaOH). A temperatura de extração também varia, são utilizadas temperaturas variando entre 94 e 100°C (PIZZI, 1983). O uso de temperaturas mais elevadas não favorece a maior retirada de materiais fenólicos, mas sim induz a uma modificação estrutural dos taninos, o que em parte pode prejudicar a performance do adesivo produzido (PIZZI, 1994).

A extração aquosa de taninos condensados em presença de sulfito de sódio é chamada sulfitação e pode ser executada com água quente ou fria. A sulfitação é um dos mais antigos e usuais processos de extração de taninos, sendo especialmente adequada para a produção de extratos tânicos destinados à síntese de adesivos fenólicos. Com a sulfitação, podem ser obtidos taninos mais solúveis em água e extratos com viscosidade mais baixa (SILVA, 2001).

Com a sulfitação, os anéis A (resorcinólicos ou floroglucinólicos) das unidades flavanóides têm seu caráter nucleofílico sensivelmente aumentado. Além disso, as moléculas de taninos ficam mais disponíveis para reação com o formaldeído, por causa do aumento de sua mobilidade. Ambos os fatores contribuem para melhorar a formação de ligações cruzadas e, conseqüentemente, maior é a força das cadeias dos adesivos de tanino-formaldeído sulfitados (PIZZI, 1983).

## **2.8 Polifenóis naturais como fonte de adesivo**

Uma das resinas mais importantes é a uréia-formaldeído (UF). Aproximadamente 90% das chapas aglomeradas produzidas no mundo são feitas tendo como base essa resina. Em termos quantitativos, seguem depois o fenol-formaldeído (FF) (CARNEIRO et al., 2001). Adicionalmente, sobre o fenol e a uréia, existe uma alta demanda para outras finalidades, principalmente para plásticos, pesticidas e adubos químicos. A maior parte da uréia produzida é utilizada para a fabricação de fertilizantes, para os quais a procura é cada vez maior. Atualmente, 9% da ureia produzida entra na manufatura de resina UF. O fenol é obtido do petróleo, por meio dos intermediários benzeno, tolueno ou cumeno (MORRISON;BOYD, 1981), que se prestam também para a síntese de defensivos agrícolas.

Na indústria de painéis de madeira, são empregados principalmente os adesivos sintéticos Ureia-formaldeído (UF) e Fenol-formaldeído (FF). No Brasil, trabalhos envolvendo taninos como adesivo para madeira foram iniciados no final da década de setenta e início de oitenta (SANTANA; PASTORE JUNIOR, 1981)

Conforme Roffael e Dix (1994) a primeira patente requerida para fabricação de adesivos à base de tanino data de 1914. No entanto, as primeiras tentativas foram insatisfatórias e os estudos desses adesivos foram abandonados. Somente a partir da década de 1950 é que as pesquisas foram renovadas em várias partes do mundo (HILLING, 2002).

As pesquisas sobre resinas de tanino foram retomadas na década de 1950 na Austrália, Indonésia, Índia, Estados Unidos e Venezuela. Mas o crescente interesse pelo desenvolvimento das resinas partindo de fontes naturais ocorreu somente após a crise do petróleo. Os adesivos à base de taninos são denominados taninos formaldeídos, ou TF, e são obtidos pela reação de flavonóides poliméricos naturais (taninos condensados) com formaldeído (PIZZI, 1994).

O Brasil conta com a maior unidade de produção de extratos vegetais tanantes do mundo, a Tanac, onde o tanino corresponde a 30% do faturamento da empresa, sendo 30% (total de 30 mil toneladas por ano) de sua produção destinados ao mercado interno e os outros 70% embarcados para mais de 70 países (PAZ, 2003).

Dentre os materiais pesquisados para substituir as resinas sintéticas, destaca-se o tanino, representando um dos melhores substitutos para as resinas fenólicas, pois o adesivo dele derivado é também resistente à umidade. Desde a década de 1980 o interesse no emprego de polifenóis naturais (taninos) como adesivos em chapas de madeira aglomerada e compensados vem crescendo efetivamente. A reação do tanino com o formaldeído se apresenta como fundamento para o seu emprego como adesivo já que assim surgem policondensados de alto peso molecular.

Uma pressuposição importante para o emprego de extrativos vegetais como adesivo para painéis de madeira é seu teor de componentes fenólicos reativos. Na determinação do teor de polifenóis emprega-se a reação de Stiasny, isto é, a precipitação dos taninos do tipo flavanol através de condensação com formaldeído em meio ácido (WISSING, 1955).

A utilização dos extratos como adesivo só é possível se houver uma reação dos mesmos com um produto ligante (formaldeído, por exemplo), já que eles próprios não apresentam nenhuma capacidade de ligação. O formaldeído prende-se aos átomos de carbono do anel A sob a formação de grupos metilol (HILLIS, 1981). Com adesivos de Tanino-Formaldeído (TF) podem ser fabricadas chapas de madeira aglomerada com altas propriedades tecnológicas (ROFFAEL e DIX, 1994).

Para obtenção de composições adesivas, os taninos condensados são normalmente misturados com paraformaldeído, formaldeído ou hexametilenotetramina. Até o momento da colagem, os taninos são estocados sob a forma de pó ou suspensões aquosas concentradas, permanecendo não reativos até que seja feita a mistura com o agente ligante ou endurecedor (GONÇALVES et al., 2010).

Além da reatividade, o grau de condensação dos taninos apresenta uma grande importância na fabricação de adesivos, já que influencia a viscosidade da solução com extratos e a ligação (entrelaçamento) das moléculas de tanino. O grau de condensação varia para as diferentes espécies sendo também influenciado pela idade e local de crescimento das árvores (PIZZI, 1993).

A qualidade da colagem com taninos é influenciada pelos componentes químicos não fenólicos presentes nos extrativos como açúcares, aminoácidos, pectinas, etc. (HILLIS, 1981).

Esta qualidade também é influenciada pelos produtos químicos utilizados na extração (GONÇALVES et al., 2010).

Os componentes não fenólicos, principalmente as gomas, podem influenciar a viscosidade da resina de tanino-formaldeído e as propriedades ligantes do adesivo (HILLIS, 1981). De acordo com Hemingway (1989), o processo de colagem piora com o aumento do teor de carboidratos no extrativo da casca.

Com relação aos adesivos utilizados em aglomerados, principalmente a base de Uréia-Formaldeído e Fenol-Formaldeído, sente-se a influência da oscilação dos preços do petróleo e a fragilidade dos produtos sintéticos advindos de fontes de matéria-prima não-renováveis. Assim, a utilização de resinas à base de extratos de casca de espécies florestais têm sido alvo de inúmeras investigações. Outro motivo para a substituição de adesivos comerciais por adesivos naturais é devido ao problema da emissão de substâncias tóxicas – formaldeído para a atmosfera, como apresentado por Margosian (1990).

Segundo Pizzi (1983 e 1994), por serem formados de estruturas poliméricas, os taninos condensados, quando utilizados em misturas adesivas, necessitam de baixas quantidades de formaldeído para cura e podem formar linhas de cola altamente resistentes à ação de intempéries. De acordo com Hilling et al. (2002), os adesivos à base de tanino além de serem mais baratos que os adesivos à base de fenol e formol, possuem satisfatória resistência à água. O tanino apresenta características desejadas para a fabricação de chapas de boa qualidade além de sanidade para uso, já que tem redução de formaldeído na sua fabricação.

## **2.9 Painéis Aglomerados**

A falta de madeira foi o precursor do surgimento dos painéis de madeira, hoje além da escassez de material existe a necessidade da redução do consumo de madeira de floresta nativa. Existe vários tipos de painéis de madeira, a saber:

- Aglomerados (MDP);
- Paineis de fibra orientada (OSB);
- Paineis de fibra de média densidade (MDF);
- Paineis de fibra de alta densidade (HDF) e (SDF);
- Chapas isolantes.

Tanto no mercado nacional quanto internacional destacam-se economicamente o MDP e MDF, pois são os mais utilizados pela indústria moveleira e pela construção civil (SILVA, 2012). O consumo desses painéis de madeira vem crescendo consideravelmente nos últimos anos, e este crescimento está relacionado ao crescimento do Produto Interno Bruto (PIB); para cada 1% de aumento do PIB, o MDP cresceu 2,4% em média e o MDF cresceu 11,8%. Com isso percebe-se o quanto o setor madeireiro se faz importante na economia Brasileira (BIAZUS et al., 2010).

O Brasil apresenta excelentes condições para a produção de painéis estruturais de madeira em função, principalmente, da experiência existente no cultivo de essências florestais de rápido crescimento, em larga escala. O fato de a madeira ser uma matéria-prima renovável e requerer um baixo consumo de energia para ser processada, apresenta uma vantagem comparativa em relação a outros produtos de mesma aplicação (MENDES, 2001). Dentre os produtos à base de madeira, as chapas de partículas vêm apresentando as maiores taxas de crescimento de produção, em função da gama de produtos disponíveis e flexibilidade na

aplicação para os mais variados fins (BIAZUS et. al., 2010), além do fato de, o uso de madeira natural possuem algumas limitações como as suas dimensões, que variam de acordo com o tipo de árvore, as propriedades mecânicas e alguns defeitos como nós e inclinação. Foi a partir dessas limitações que o uso de adesivo tornou-se importante, permitindo o uso de madeira em diferentes tamanhos e configurações na fabricação de diversos tipos de painéis. Os painéis de madeira podem ainda apresentar um papel social relevante, devido a três benefícios básicos (REMADE, 2003).

- Aumento da oferta de produtos de madeira, com sua utilização racional e integral;
- Melhoria das propriedades dos produtos de madeira, permitindo uma grande gama de utilização;
- Servirem como produtos alternativos à madeira maciça, recursos metálicos e poliméricos na fabricação de bens de consumo.

A cada ano, o setor de painéis reconstituídos vem crescendo significativamente, buscando cada vez mais qualidade e valor agregado do produto final; sendo assim um aumento de investimento em novas tecnologias e o aperfeiçoamento no setor são necessários (ROSA et al., 2002). O desenvolvimento econômico atual exige uma preocupação com a sustentabilidade, fazendo com que inúmeros setores passassem a se preocupar, realmente, com os recursos naturais utilizados na fabricação e as implicações ao meio ambiente. A implantação das várias normas da ISO14000 comprova esta preocupação e o setor industrial madeireiro/florestal, ante a ampla quantidade de resíduos gerados (LIMA; IWAKIRI, 2010).

A reciclagem e a reutilização de materiais pós-consumo é um assunto que vem sendo frequentemente relatado em pesquisas científicas. Dentre os resíduos sólidos urbanos, os madeireiros de todo o setor de processamento secundário têm sua aplicação limitada à queima e uso como “cama” para produção animal (YAMAJI; BONDUELLE, 2004). Assim como os resíduos do coco verde, que apresentam potencial para a fabricação de painéis, evidenciado pela pesquisa desenvolvida por Ramos et al. (2011), porém vêm sendo descartados em aterros.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Material

Este trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Química da Madeira, Tecnologia da Madeira e Propriedades Físicas e Mecânicas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica – Rio de Janeiro.

Como matéria prima para a realização deste trabalho foi utilizado o mesocarpo do fruto do coco, que foi processado juntamente com o epicarpo. Os frutos foram colhidos no sítio Coqueirais do Zé, localizado em Itaguaí-RJ.

### 3.2 Caracterização química do mesocarpo

#### 3.2.1 Preparação de amostras para análise química

Para a realização das análises de composição química, cerca de 60 g do mesocarpo do coco verde foram processados em moinho de faca para obtenção de serragem. Esta serragem foi classificada de acordo com a norma Tappi T257-cm85, onde a fração de serragem utilizada no estudo foi a que passou na peneira de 40 mesh e ficou retida na peneira de 60 mesh. A serragem foi colocada em sala climatizada ( $23 \pm 1$  °C,  $50 \pm 2\%$  RH) até obtenção de umidade de equilíbrio ( $\approx 10\%$ ). Esta serragem foi então acondicionada em frascos hermeticamente fechados e utilizada para a determinação da composição química da amostra.

#### 3.2.2 Análise da composição química do mesocarpo

Para a análise do conteúdo de extrativos totais, utilizou-se solventes de diferentes polaridades, e em sequência específica, a saber: etanol/tolueno (1:2) → etanol → água quente, essa análise foi feita de acordo com a norma Tappi T256 cm-97. Os teores de carboidratos (glucanas, xilanas mananas, arabinanas e galactanas), de lignina insolúvel em ácido, lignina solúvel em ácido, ácidos urônicos e grupos acetila foram determinados segundo as normas Wallis et al. (1996), Tappi T222 om-98 Tappi UM 250, Sundberg (1996) e Solar et al. (1987), respectivamente. As análises de cinzas, sílica e metais (ferro, cobre, potássio, cálcio e magnésio) foram realizados de acordo com as normas Tappi T211, Tappi 244 e SCAN m 38:96. O conteúdo de cloreto foi determinado segundo a norma Tappi T256 cm-97.

### 3.3 Extração e quantificação de tanino

A extração dos taninos do mesocarpo do coco verde foi realizada em quatro tratamentos:

- T1= Extração do mesocarpo com água destilada;
- T2 = Extração do mesocarpo com água destilada sob adição de 1% de Sulfito de Sódio (base massa seca de fibras);
- T3 = Extração do mesocarpo com água destilada sob adição de 5% de Sulfito de Sódio (base massa seca de fibras);
- T4 = Extração do mesocarpo com água destilada sob adição de 8% de Sulfito de Sódio (base massa seca de fibras).

Para cada extração, 10 g de mesocarpos foram colocados em um balão com 150 ml de água destilada sob refluxo por 2 horas à 80°C . Após a extração, o material foi filtrado a vácuo utilizando-se cadinho de vidro sinterizado nº 2. Para cada tratamento, foram realizadas cinco repetições.

### 3.3.1 Determinação dos teores de extrativos

Após cada extração, o material foi filtrado a vácuo utilizando-se cadinho de vidro sinterizado nº 2. A seguir, foi separada uma alíquota de 25 ml do filtrado para determinação da massa de extrativos totais. Esta alíquota foi colocada em uma placa de petri, previamente tarada, em estufa a 103° ± 2°C, até peso constante. Da diferença entre a massa da placa de petri antes e depois de ser levada à estufa com a alíquota, obteve-se a quantidade de extrativos (g) em 25ml de solução e considerando-se a quantidade de partículas (base seca) e o volume inicial empregados na extração, calculou-se o teor de extrativos em percentagem.

### 3.3.2 Determinação do teor de polifenóis através da reação de Stiasny

A determinação do teor de polifenóis foi realizada através da reação de Stiasny ( WISSING, 1955) e seguiu o seguinte procedimento: do filtrado obtido após a extração (item 3.3) foi separada uma alíquota de 50 mL que foi transferida para um balão de 250 mL. Neste, foram adicionados 5 mL de ácido clorídrico concentrado e 10 mL de formaldeído (37%) à amostra. Em seguida, a mistura foi aquecida sob refluxo em manta térmica por um período de 30 minutos. Após este período, o material foi filtrado em cadinho de vidro sob vácuo, lavando-se o precipitado com água quente, o mesmo foi levado à estufa a 103 ± 2 °C até obtenção de massa constante. O percentual de tanino condensado contido nos extratos (Número de Stiasny - NS) foi determinado pela razão entre a massa de tanino e a massa dos extrativos totais extrapolada para 50 mL.

$$\%NS = (MTan / MEt) \times 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Sendo:

NS: Número de Stiasny;

MTan: Massa de tanino;

MEt: Massa de extrativo totais.

### 3.3.3 Determinação da percentagem de Taninos e Não-taninos

Com base no teor de polifenóis condensados (NS) e dos teores de extrativos (TE), calculou-se a percentagem de taninos (Equação 2) e teores de taninos (Equação 3) da seguinte forma:

$$\% Tan = (NS \times TE) / 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Sendo:

%Tan= Porcentagem de taninos

NS= Número de Stiasny

TE= Teor de extrativos

$$\% \text{ NT} = \text{TE} - \% \text{ Tan}$$

(Equação 3)

Sendo:

%NT= Porcentagem de não taninos

TE= Teor de Extrativos (%)

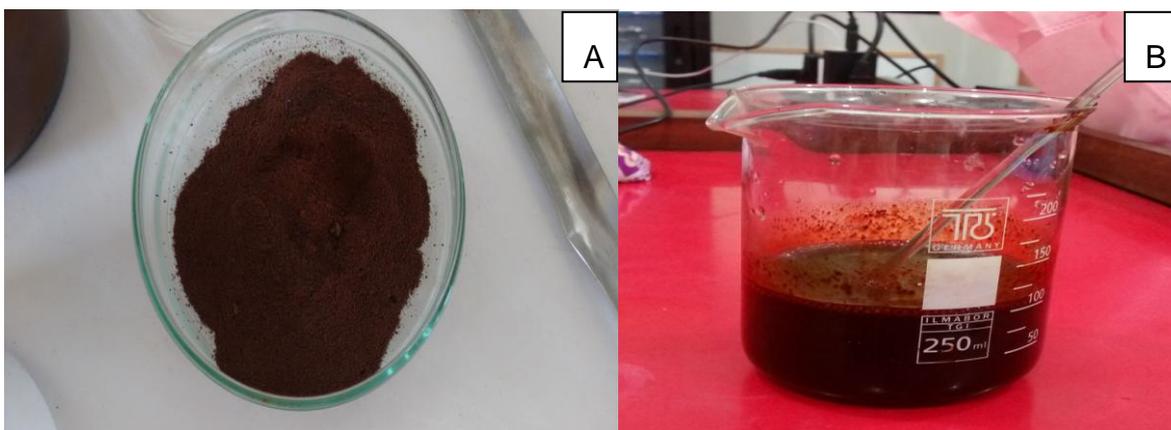
%Tan= Porcentagem de taninos

### 3.4 Extração em autoclave e avaliação das propriedades dos extratos

O tratamento onde se obteve maiores teores de taninos foi escolhido para obtenção de taninos em quantidade suficiente para as próximas etapas do estudo. Uma amostra de 1 kg de mesocarpo absolutamente seco foi transferida para uma autoclave. A extração foi realizada utilizando água destilada com 5% de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , relação licor e mesocarpo foram igual a 15:1 com tempo de 2 horas para extração total. Após a extração, o material foi filtrado em cadinho de vidro sinterizado n° 2, colocado em bandejas de vidro mantido em estufa a  $103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  por 8 horas, para uma secagem prévia do filtrado. Posteriormente, o material foi transferido para uma estufa a  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  até secagem completa. Após seco, o material foi moído em pilão manual para se obter o extrato na forma de pó. O rendimento em extrato foi avaliado, procedendo a pesagem da massa de sólidos obtidos (massa de extrato). Esse material foi utilizado para caracterização química dos extratos tânicos e de sua viabilidade como adesivo para colagem de madeira.

### 3.5 Propriedades dos extratos tânicos do mesocarpo

Na determinação das propriedades dos extratos foi preparado uma solução de extrato tânico a 50% com água destilada. As seguintes propriedades foram avaliadas: viscosidade, tempo de formação de gel e pH. Para cada análise foram realizadas cinco repetições, procedendo-se posteriormente a análise de variância. A Figura 10 ilustra o tanino extraído do mesocarpo da casca do coco verde (A) e da solução tânica (B).



**Figura 10.** A) Tanino extraído do mesocarpo do coco B) Solução tânica. Fonte: Autora.

### **3.5.1 Determinação da viscosidade**

Após preparo e homogeneização da solução de tanino a 50 %, a viscosidade foi determinada utilizando-se copo Ford (ASTM D-1200, 1994). Aproximadamente 130 mL de solução de tanino foram colocadas no copo e o tempo necessário para o escoamento da solução pelo copo foi registrado.

$$V = 3,82 \times t - 17,28 \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo:

V= viscosidade expressa em cp;

t = tempo de escoamento (em segundos).

### **3.5.2 Determinação do tempo de formação de gel**

Uma amostra de 10 g da solução de extrato tânico a 50% foi colocada em um tubo de ensaio. Em seguida, adicionou-se uma solução de formaldeído a 37% (catalisador) na proporção de 20% sobre o teor de sólidos contidos na solução do extrato. A mistura foi homogeneizada com bastão de vidro em banho-maria à temperatura de 90 °C até o ponto de endurecimento. O tempo necessário para que a mistura alcançasse a fase gel (mudança de fase) foi registrado.

### **3.5.3 Determinação de teor de sólidos**

O teor de sólidos foi calculado conforme BRITO (1995).

### **3.5.4 Determinação do pH**

O pH da solução de extrato tânico a 50% foi determinado através de pH-metro digital, à temperatura ambiente. O valor do pH foi registrado após um tempo aproximado de 4 minutos de contato do eletrodo com a solução.

## **3.6 Propriedades da resina de Fenol-Formaldeído (FF) e de suas modificações com extrato tânico do mesocarpo do coco verde**

A resina FF e suas modificações com extratos tânicos do mesocarpo do corpo verde foram também avaliadas quanto ao tempo de gel, viscosidade, pH e teor de sólidos. A metodologia seguiu o descrito no ítem 3.5.

A resina FF foi modificada pela substituição de parte da resina por uma solução de extrato tânico a 50% de sólidos nas proporções de 10%, 20% e 30% (90:10; 80:20; 70:30). A determinação do tempo de gel da resina FF e de suas modificações com taninos do mesocarpo do coco foi realizada na proporção 1:1, sendo utilizados 10 g de solução (base massa seca de sólidos) para 10 ml de formaldeído, que foi o agente endurecedor.

## **3.7 Fabricação de painéis de fibras do mesocarpo do coco**

Os painéis produzidos foram previamente classificados com média densidade, assim, todo processo produtivo ocorreu visando obter a densidade final do painel dentro de tais

limites e classificados pela NBR 14810-1 (2013) como P2, ou seja, painéis não estruturais para uso interno em condições secas.

O mesocarpo do coco foi seco em estufa a uma temperatura de  $\pm 103^{\circ}\text{C}$ , por 48 horas; em seguida, foi moído em moinho de martelo, onde esse processo gerou o desmembramento da fibra e pó que compõem o mesocarpo. Esse material não foi classificado, pois a intenção foi avaliar o mesocarpo como um todo, como matéria prima.

Depois de processada, as partículas foram novamente secas em estufa a  $\pm 103^{\circ}\text{C}$ , com circulação de ar até atingirem a umidade média de 6%. O cálculo da quantidade de material particulado necessário para produção dos painéis foi realizado considerando este teor de umidade.

A Figura 11 ilustra o mesocarpo do coco verde antes e após o processamento.



**Figura 11.** A) Mesocarpo do coco B) Mesocarpo desmembrado. Fonte: Autora.

### 3.7.1 Aplicação de adesivos

Após a pesagem das partículas nas quantidades adequadas foi feita a aplicação de adesivo por meio de aspersão, com o auxílio de uma pistola de ar comprimido em um aplicador do tipo tambor rotativo, obtendo-se uma distribuição uniforme do adesivo sobre as superfícies de todas as partículas.

### 3.7.2 Preparo do colchão de partículas

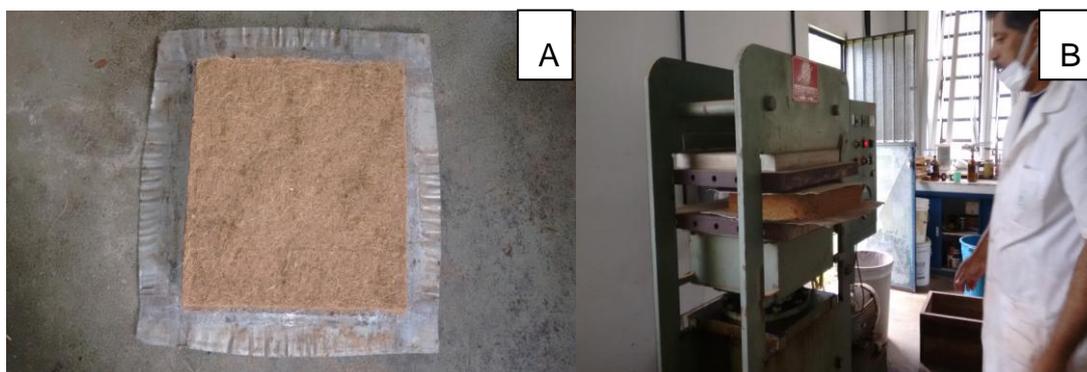
Na formação do colchão foi empregado um orientador ou formador de partículas de madeira com dimensões de 40x40x1,27 cm. Realizou-se uma pré-prensagem manual para evitar a perda de partículas na borda do colchão no momento do transporte para a prensa e facilitar o fechamento da mesma. Em seguida, o colchão foi acondicionado na prensa hidráulica.

### 3.7.3 Prensagem, acondicionamento e confecção de corpos-de-prova

A prensagem foi realizada em prensa de pratos planos e horizontais com aquecimento elétrico. A prensagem foi realizada por um ciclo de prensagem de 10 minutos com temperatura de  $100^{\circ}\text{C}$ . Depois de prensados, os painéis foram esquadrejados e acondicionados

em sala de climatização com umidade relativa de  $65 \pm 5\%$  e temperatura de  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , até atingir a umidade de equilíbrio.

Depois de prensadas, os painéis foram esquadrejados e acondicionados em sala de climatização com umidade relativa de  $65 \pm 5\%$  e temperatura de  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , até atingirem a umidade de equilíbrio. Após o acondicionamento dos painéis, foram efetuados os cortes para retirada dos corpos de prova, segundo a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 14810-1 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2013). A Figura 12 ilustra o colchão de partículas e a prensagem dos painéis.



**Figura 12.** A) Colchão de partícula B) Prensa hidráulica. Fonte: Autora.

### 3.7.4 Delineamento Experimental

A produção dos painéis foi realizada variando-se a percentagem de tanino como agente adesivo, conforme a Tabela 1. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 6 tratamentos e três repetições, totalizando 18 painéis. Os demais parâmetros foram mantidos constantes:

- Dimensões dos painéis: 40 x 40 x 1,27 cm;
- Densidade nominal dos painéis:  $0,70 \text{ g/cm}^3$ ;
- Pressão da prensagem: 3,92 MPa;
- Tempo de fechamento: 45 s;
- Tempo de prensagem: 10 minutos;
- Temperatura de prensagem  $100^\circ\text{C}$ .

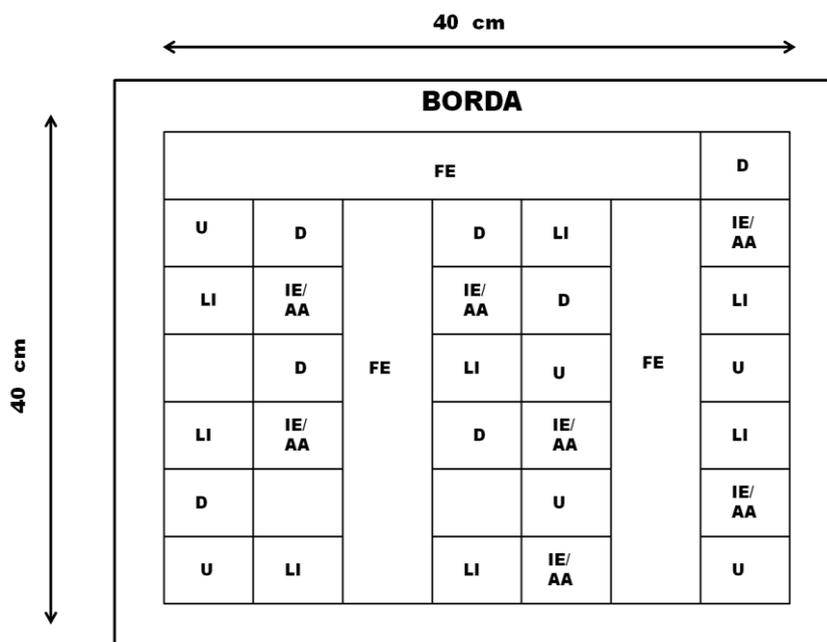
**Tabela1.** Delineamento experimental para formação de chapas

Tratamento	Particula (Kg)	Tanino (g)	FF (g)
T1	1,3	-	-
T2	1,3	-	248,8
T3	1,3	248,8	-
T4	1,3	25,57	268,72
T5	1,3	51,28	238,85
T6	1,3	76,92	200,43

Para cada tratamento foram produzidos painéis com densidade nominal de  $0,70 \text{ g/cm}^3$ .

### 3.7.5 Ensaios Tecnológicos dos Painéis Aglomerados

Após climatização, os painéis foram cortados (Figura 13) de acordo com a NBR 14810-1 (ABNT, 2013) e assim obtiveram-se os corpos de prova para posteriormente realizar os ensaios físicos e mecânicos de acordo com as normas específicas.



**Figura 13.** Disposição dos corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos no painel. Fonte: Autora.

Em que: FE – Flexão Estática (250 x 50 mm); LI – Ligação Interna (50x50 mm); D – Densidade do painel (50x50 mm); U – Umidade do painel (50x50 mm); IE/AA – Inchamento em Espessura e Absorção de Água ambos após 2 e 24h de imersão (50x50 mm).

A Figura 14 ilustra os painéis fabricados com mesocarpo do coco verde.



**Figura 14.** Painéis fabricados com mesocarpo do coco. Fonte: Autora.

### 3.7.5.1 Ensaios físicos

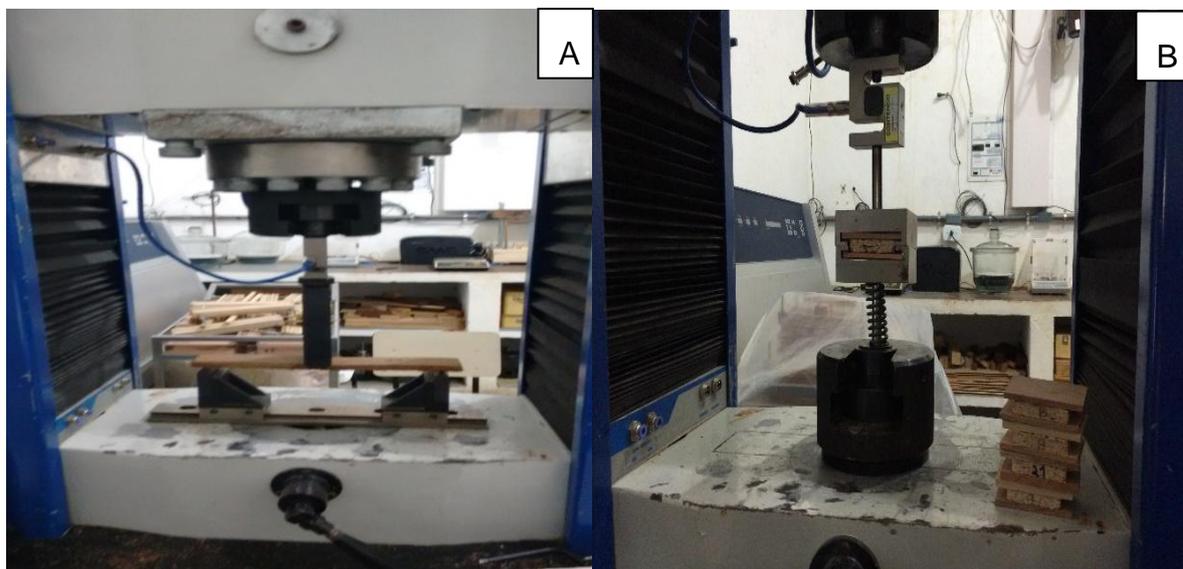
Os ensaios físicos realizados nos painéis foram:

1. Densidade do painel - NBR 14810 (ABNT, 2013);
2. Umidade de equilíbrio - NBR 14810 (ABNT, 2013);
3. Inchamento em espessura (IE) após 24h - NBR 14810 (ABNT, 2013);
4. Absorção de água (AA) após 24 h - NBR 14810 (ABNT, 2006).

### 3.7.5.2 Ensaios mecânicos

Os ensaios mecânicos foram realizados em uma máquina universal de ensaios com aquisição de dados automatizada. São eles, de acordo com a NBR 14810 (ABNT, 2013):

1. Resistência à flexão estática (Módulo de Ruptura - MOR e Módulo de Elasticidade - MOE); (Figura 15A)
2. Ligação interna – LI (Resistência à tração perpendicular ao plano dos painéis) (Figura 15B)



**Figura 15.** A) Ensaio de resistência à flexão estática B) Ensaio Ligação interna. Fonte: Autora.

## 3.8 Análise dos Dados

Para a caracterização química do mesocarpo do coco verde, foi feita a análise simples de média, com três repetições.

Para a caracterização e quantificação do extrato tânico, o experimento foi instalado seguindo o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, adotando-se nível de 5% de probabilidade, onde o efeito do teor do sulfito de sódio no rendimento gravimétrico em taninos foi avaliado, baseado na significância estatística dos coeficientes, ANOVA e Tukey. As hipóteses testadas foram: hipótese  $H_0$ , onde nenhum dos tratamentos se diferenciam entre si, ou seja, não houve diferença no rendimento do tanino extraído com relação ao tipo de extrator e a hipótese  $H_1$ , que considera que pelo um dos tratamentos diferencia dos demais.

Para as análises tecnológicas dos painéis, utilizou-se o programa Statistica 7. Atendendo as pressuposições da análise de variância, normalidade e homogeneidade de variâncias, foi utilizado o Teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Avaliações dos componentes químicos

A composição química elementar do mesocarpo do coco, não se diferencia da composição da madeira. Onde os principais elementos existentes são o Carbono (C), Oxigênio (O) Hidrogênio (H), Nitrogênio (N) Enxofre (S), sendo que os dois últimos estão presentes em pequenas quantidades. A análise da composição química elementar do mesocarpo do coco verde revelou a seguinte composição percentual, em relação à massa seca (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição elementar do mesocarpo do coco verde

Elemento	Porcentagem
Carbono	54,2
Oxigênio	39,6
Hidrogênio	5,9
Nitrogênio	0,2
Enxofre	0,1

Na Tabela 3 podemos ver os valores da composição elementar da madeira de pinus e eucalipto.

**Tabela 3.** Composição elementar da madeira de eucalipto e pínus

Material	Elementos (%)				
	Carbono	Oxigênio	Hidrogênio	Nitrogênio	Enxofre
Eucalipto*	48,04	45,27	6,44	0,17	0,09
Pinus**	49,25	44,36	5,99	0,06	0,03

\*Gomes, 2008; \*\*Santos et al., 2016.

Dentre os três materiais, o que apresentou maior teor de carbono foi o mesocarpo do coco com 54,2%, onde teve 4% a mais que a madeira pínus e eucalipto. A quantidade de oxigênio foi inferior às madeiras, onde elas apresentaram 45,27% e 44,36%, eucalipto e pínus respectivamente, já a quantidade presente no mesocarpo foi de 39,6%. Os valores de hidrogênio, nitrogênio e enxofre, foram bem próximos entre os três.

Na Tabela 4 são apresentados os teores das substâncias macromoleculares como extrativos, lignina, celulose e hemicelulose presentes no mesocarpo do coco.

**Tabela 4.** Valores referentes aos teores das substâncias macromoleculares do mesocarpo do coco

Parâmetro (%)	Valores
Glicanas	38,8
Xilanas	16,6
Galactanas	0,8
Arabinanas	0,9
Mananas	1,2
Grupos acetilas	3,6
Ácidos urônicos totais	4,0
Celulose	37,6
Hemicelulose	20,7
Lignina insolúvel em ácido (Klason)	29,5
Lignina solúvel em ácido	28,7
Lignina Total	30
Extrativos em etanol/tolueno	33,4
Cinzas	3,7

\*Para o cálculo do teor de celulose, foi utilizado o teor de glicose total, subtraindo o teor de glicose associado às glicomananas.

Na análise, o mesocarpo do coco apresentou consideráveis teores de extrativos, lignina e celulose. Uma explicação para os altos valores de extrativos é que o tecido parenquimático que envolve as fibras do mesocarpo do coco possui uma quantidade de extrativo substancialmente maior que as fibras de madeiras convencionais (CARDOSO & GONÇALEZ, 2016). Tomczak (2010) encontrou teor de extrativo de 3,5%, na casca do coco verde, já Cardoso e Gonzalez (2016) obtiveram o teor de 33,68% que é bem próximo ao encontrado neste estudo. A quantificação de extrativo é importante, pois teores elevados de extrativos podem influenciar na formação de painéis aglomerados. Segundo Hillig et al. (2004), a quantidade de extrativo influencia na reação do adesivo com o material, resultando em uma baixa resistência da colagem.

O alto teor de lignina na estrutura química da fibra gera maior resistência à degradação e solubilização; na formação de painéis aglomerados esse teor elevado segundo Hillig et al. (2002), gera maior força de coesão e a adesão das fibras aumenta com o decréscimo do conteúdo de lignina. Este fato reforça a tese de que a adesão entre madeira e adesivo está relacionada com ligações químicas e demonstra ser um fenômeno que ocorre diferentemente ao longo das camadas da parede celular. O mesocarpo apresentou valores de 30% de lignina total.

As glicanas exibiram pouco menos da metade da constituição química da madeira, em média 37,6% da massa do mesocarpo, enquanto que o teor de hemicelulose foi de 20,7%, sendo que dentro dessa fração, as xilanas foram a fração dominante das hemiceluloses com 16,6%.

Os outros carboidratos, como mananas constituíram 1,2%; já as galactanas e as arabinanas constituíram, cada uma delas, menos de 1% da massa do mesocarpo, 0,8 e 0,9% respectivamente. Na constituição química das xilanas foram determinados, além da unidade

monomérica básica de xilose, os teores dos grupos laterais conectados à cadeia básica, abrangendo os ácidos urônicos e os grupos acetila. Os ácidos urônicos, incluindo os glucurônicos e os galacturônicos, representaram uma fração significativa do mesocarpo, em média cerca de 4% do seu peso. A importância desses grupos das xilanas está relacionada à hidrólise e dissolução, na presença de álcalis. O teor dos grupos laterais de acetila das cadeias de xilanas foi de 3,6%, o que pode influenciar na resistência e na coesão da fibra, na formação dos aglomerados. A baixa quantidade de hemicelulose é favorável quando se trata da degradação do material, já que esta é o componente mais higroscópico, sendo responsável, em grande parte, pela deterioração da madeira por organismos xilófagos.

O teor de cinzas obtido foi de 3,7%. Segundo Mori et al. (2003), que estudaram a caracterização da madeira de angico-vermelho para a confecção de móveis, valores baixos desse componente na madeira fazem com que ocorram menores desgastes de facas e serras durante o seu processamento. Os autores salientaram que o teor de componentes minerais (cinzas) está diretamente relacionado ao sítio de crescimento da árvore

Outros autores também realizaram a análise química básica da fibra do coco verde, que quando comparado com a amostra do mesocarpo estudado, encontram-se próximos (Tabela 5).

**Tabela 5.** Dados de vários autores das substâncias macromoleculares da fibra de coco verde.

Constituentes	Tomczak, 2010	Abdul et al., 2006	Agopyan et al., 2005
Lignina (%)	39,0	32,8	38,2
Celulose (%)	48,3	44,2	43,5
Hemicelulose (%)	14,7	12,1	22,0

Essa variação entre os valores ocorre devido à influência direta do ambiente onde o coco foi plantado e os tratamentos silviculturais conduzidos no plantio. De acordo com Trugilho et al. (1996), os teores das substâncias macromoleculares dos frutos jovens de coco estão sujeitos a variações na sua composição, tendendo a valores estáveis na idade adulta, que é entre o período de 150 a 200 dias. O que se faz considerar que a idade do fruto, além do modo como é cultivado, pode influenciar nos teores químicos dos compostos da fibra (VELOSO, et al., 2013).

Para a fabricação de compósitos particulados, o mesocarpo apresenta valores da constituição química desejável. Apesar das comparações serem feitas com materiais de composição diferentes do coco, tornam-se válidas como parâmetros referenciais para ser matéria-prima alternativa, uma vez que a literatura abordada nesta pesquisa sobre o mesocarpo do coco-verde é muito escassa.

#### **4.2 Avaliação da extração do mesocarpo com água e diferentes concentrações de sulfito de sódio**

O mesocarpo do coco foi extraído em água em diferentes concentrações de sulfito de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ). Os valores médios dos rendimentos em sólidos totais (extrativos), substâncias tânicas e não tânicas, além do Número de Stiasny estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Valores médios dos teores de extrativo, número de Stiasny, tanino e não taninos do mesocarpo do coco, após extração com água e diferentes concentrações de sulfito de sódio.

Tratamentos	Extrativos (%)	Número de Stiasny (%)	Tanino (%)	Não Taninos (%)
Água	6,08	24,83	1,53	4,54
Sulfito de sódio 1%	9,26	28,03	2,56	6,7
Sulfito de sódio 5%	19,22	18,41	3,37	15,85
Sulfito de sódio 8%	4,4	27,08	1,2	3,21

A extração de taninos de espécies vegetais é uma etapa importante, uma vez que os taninos, durante a extração, podem sofrer variações ou rearranjos nas suas propriedades e estrutura. A qualidade dos taninos varia, em ampla escala, com o tipo de extração empregada; por isto, as condições de extração devem ser padronizadas e otimizadas, objetivando a produção de extratos com propriedades ajustadas à síntese de adesivos (Pizzi, 1983).

Brígida & Rosa (2003) estudando a casca do coco obtiveram teor de taninos de 6,03% extraíndo apenas com água quente, valor superior aos encontrados neste estudo. Pode-se observar que o aumento na porcentagem do sal extrator (sulfito de sódio) para 5% acarretou um aumento no rendimento do tanino. O que está de acordo com o sugerido por Gonçalves & Lelis (2000) e Pizzi & Mital (1994), que mostraram que quanto maior a porcentagem do extrator, maior seria a solubilidade dos açúcares, aminoácidos e pectinas aumentando assim, a solubilidade em água dos taninos.

Para analisar a variância existente entre todas as observações foi calculado a ANOVA para cada efeito do tratamento, o teste de Tukey foi realizado para confrontar valores e avaliar qual melhor tipo de extração para o tanino encontrado no mesocarpo do coco, com base na porcentagem de extrativo, número de Stiasny, quantidade de tanino e não tanino ao nível de 5% de probabilidade, quando a ANOVA apresentou valores significativos.

O parâmetro inicial na caracterização de substâncias encontradas na casca é o rendimento em extrativos, pois, por meio deste pode-se definir o tratamento a ser utilizado através da maior produtividade e a forma mais efetiva de obtenção destes extrativos. O efeito dos tratamentos na remoção de extrativos da casca do coco foi significativo a 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 7). Logo, a hipótese  $H_0$  foi rejeitada e conclui-se que pelo menos um dos extratores tem efeito diferente na remoção de extrativos do mesocarpo do coco, e foi realizado o teste de Tukey, para testar os contrastes entre as médias.

**Tabela 7.** ANOVA referentes aos teores de extrativo nos diferentes tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Ft
Tratamento	3	1,113	0,278	16,237	2,900
Resíduo	19	0,434	0,023	-	-
Total	22	1,547	-	-	-

\*FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; Fc= valor de F calculado; Ft= Valor de F tabelado.

Na Tabela 8 podemos ver as médias dos tratamentos para extração de extrativo e o teste de Tukey.

**Tabela 8.** Média dos tratamentos para porcentagem de extrativo e teste de Tukey.

Tratamentos	Médias (%)
Água	6,08 (a)
Sulfito de Sódio 1%	9,26 (a)
Sulfito de Sódio 5%	19,22 (b)
Sulfito de Sódio 8%	4,40 (a)

Médias seguidas de letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Nas condições do presente experimento, verifica-se que o sulfito de sódio a 5% diferencia dos demais tratamentos, diferindo assim significativamente de todos os outros, apresentando maiores valores.

O Número de Stiasny (NS) expressa o teor de polifenóis existente no extrato. A ANOVA realizada para avaliar a variância entre o número de Stiasny, de acordo com os diferentes tratamentos da extração, mostra que não houve diferença significativa entre as médias, pois o valor de F calculado foi inferior ao F tabelado, logo a hipótese de que nenhum dos tratamentos se diferem entre si ( $H_0$ ) é válida para o número de Stiasny. A Tabela 9 apresenta a ANOVA referente à porcentagem do número de Stiasny nos diferentes tratamentos.

**Tabela 9.** ANOVA referentes à porcentagem do número de Stiasny nos diferentes tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Ft
Tratamento	3	0,064	0,016	0,112	2,900
Resíduo	19	4,769	0,251	-	-
Total	22	4,833	-	-	-

\*FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; Fc= valor de F calculado; Ft= Valor de F tabelado.

Os valores encontrados para o número de Stiasny mostram o potencial do mesocarpo do coco como fonte de polifenóis condensáveis para produção de adesivos para madeira. Ping et al. (2011), definiram o número de Stiasny como um indicador da pureza dos extratos de polifenóis. Já Pizzi (1994) afirmou que o NS é um parâmetro que indica a capacidade dos extrativos reagirem com o formaldeído na preparação de adesivos.

A porcentagem de tanino varia de acordo com espécie e substância utilizada na extração. A ANOVA realizada para avaliar a variância referente à porcentagem de tanino entre os tratamentos apresentou significância entre os tratamentos, ao nível de 5% de probabilidade, onde, o valor de F calculado é superior ao valor de F tabelado. Com isso, podemos rejeitar a probabilidade que os tratamentos possuem efeitos semelhantes ( $H_0$ ), concluindo que os tratamentos testados possuem efeitos diferentes sobre a porcentagem de tanino retirado, isto é, pelo menos um dos extratores se diferencia entre si, quando à porcentagem de tanino.

Na Tabela 10 observamos os valores encontrados na ANOVA para porcentagem de tanino nos diferentes tratamentos.

**Tabela 10.** ANOVA referentes à porcentagem do tanino nos diferentes tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Ft
Tratamento	3	3,860	0,965	22,006	2,900
Resíduo	19	1,111	0,058	-	-
Total	22	4,971	-	-	-

\*FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; Fc= valor de F calculado; Ft= Valor de F tabelado.

O teste de Tukey foi realizado após a ANOVA para constatar qual tratamento foi significativo. Na Tabela 11 podemos ver as médias dos tratamentos e teste de Tukey para o teor de tanino.

Médias seguidas de letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ); nas condições do presente experimento, verifica-se que o sulfito de sódio a 5% diferencia dos demais tratamentos, deferindo assim significativamente de todos os outros da extração, apresentando maiores teores de tanino.

**Tabela 11.** Média dos tratamentos para porcentagem de taninos e teste de Tukey.

Tratamentos	Médias (%)
Água	1,530 (a)
Sulfito de Sódio 1%	2,560 (a)
Sulfito de Sódio 5%	3,370 (b)
Sulfito de Sódio 8%	1,200 (a)

Médias seguidas de letras iguais não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ( $P > 0,05$ ).

Quando os taninos são extraídos, diversos componentes não-tânicos também o são. Logo, ao extrair uma família de compostos com um determinado tipo de solvente, outros tipos de compostos são extraídos juntos (Mori et al., 2001). A ANOVA realizada para avaliar a variância referente à porcentagem de não tanino entre os tratamentos evidencia que não houve diferença significativa entre as médias, pois o valor de F calculado foi inferior ao F tabelado, logo a hipótese de que nenhum dos tratamentos se difere entre si ( $H_0$ ), é válido para o valor das porcentagens de não tanino. A Tabela 12 apresenta ANOVA da porcentagem dos valores de não tanino nos diferentes tratamentos.

**Tabela 12.** ANOVA referentes à porcentagem dos não taninos nos diferentes tratamentos.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Ft
Tratamento	3	0,149	0,037	0,439	2,900
Resíduo	19	2,146	0,113	-	-
Total	22	2,295	-	-	-

\*FV= fonte de variação; GL= grau de liberdade; SQ= soma dos quadrados; QM= quadrado médio; Fc= valor de F calculado; Ft= Valor de F tabelado.

Os resultados obtidos com relação aos valores de tanino, estão em conformidade com a literatura, que cita que os taninos condensados podem atingir uma faixa de 2 a 40% da massa seca da casca de espécies vegetais (Hergert, 1962).

De acordo com os resultados encontrados na análise estatística, o sulfito de sódio com concentração de 5% obteve melhor rendimento no processo de extração tânica do mesocarpo do coco, quando comparado à água e às demais concentrações. Segundo Carvalho et al., (2014) em experimento com *Pinus caribaea var. bahamensis* recomendaram a extração com sulfito de sódio a 5%, pois foi obtido altos rendimentos de taninos com um baixo percentual de não taninos, quando comparado aos tratamentos com 8 e 10% de sulfito de sódio. Para Vital et. al.(2004) o sulfito de sódio a 4,5%, para obter taninos da casca de *Eucalyptus grandis* foi o recomendado, já que apresentou maior rendimento.

### 4.3 Avaliações das propriedades dos polifenóis e agentes adesivos

As médias dos resultados das propriedades do tanino do coco extraídos com sulfito de sódio a 5%, e do adesivo sintético fenol formaldeído industrial, podem ser observadas na Tabela 13, para uma previa comparação e avaliação da viabilidade extrato tânico em questão.

**Tabela 13.** Propriedades dos taninos e do adesivo Fenol-Formaldeído.

Propriedades	Tanino	Fenol-formaldeído
pH	3,97	12,48
Viscosidade (cp)	153,84	197,74
Teor de Sólidos (%)	54,57	46,86
Tempo de Gel (mim)	>30	>30

Existem algumas características físico-químicas dos adesivos tais como: pH, viscosidade, tempo de gelatinização e teor de substâncias sólidas. Essas características influenciam diretamente no tempo de cura do adesivo, que está ligado diretamente na eficiência da produção de painéis de madeira, já que ocorre a diminuição dos custos de produção em painéis fabricados com adesivo, cujo tempo de cura é baixo (Almeida et al., 2010).

A faixa do pH entre o tanino e fenol formaldeído é bem ampla e distinta, onde cada um apresenta uma característica. O tanino do coco apresenta um valor de pH ácido, o que já é uma característica dos extratos tânicos. Mori (2002) encontrou valores de pH inferiores a 5 para os adesivos de taninos de eucaliptos e de acácia negra. Já o fenol formaldeído, apresenta pH alcalino (básico). O pH é um fator importante durante o processo de colagem, uma vez que pode interferir no processo de cura de uma resina (ROFFAEL e DIX, 1994), além do fato do pH no adesivo não ultrapassar os limites de no mínimo 2,5 e de no máximo 11, pois podem resultar em degradação das fibras (IWAKIRI, et al., 2005). O valor do pH, referente ao tanino do coco, apresentou-se dentro da faixa ideal, para o uso.

Os valores de viscosidade do tanino quando comparados ao fenol formaldeído ficaram próximos. Quando o extrato é a base de sulfitos, ocorre a hidrólise de carboidratos, gomas hidrocoloidais de peso molecular relativamente alto e também o rompimento das ligações interflavonóides (C4-C6 ou C4-C8) das unidades poliméricas dos taninos. A presença dessas gomas de alto peso molecular é responsável pela alta viscosidade característica do extrato tânico (PIZZI, 1994). A viscosidade é uma grandeza importante para o adesivo, pois quando

baixa resulta em melhor espalhamento sobre a superfície da madeira, devido à alta fluidez, contribuindo para a maior penetração do adesivo e sua absorção pela madeira. Valores elevados de viscosidade podem resultar em linha de cola “faminta”, ou seja, com quantidade insuficiente de adesivo na linha de cola, prejudicando a capacidade de distribuição do adesivo, umectação e adesão (MACIEL et al., 1996). Sendo considerada alta e prejudicial uma viscosidade maior do que 1500 centipoises (cp) (BRITO, 1995). Considerando os dados de viscosidade, o estrato tânico apresentou valor excelente para o uso em painéis, demonstrando viabilidade para cobrir as superfícies das partículas, influenciando assim na dispersão do adesivo sobre a superfície do material.

O teor de sólidos é uma propriedade importante e pode ser entendido como a parte do adesivo que forma a linha de cola, pois, após a evaporação dos componentes líquidos ocorre a “cura” ou polimerização do adesivo formando a linha de cola, que é responsável pela ligação entre os substratos e transferência de tensões geradas no sistema madeira – linha de cola – madeira. Altos teores de sólidos contribuem para a qualidade da linha de cola, devido a maior quantidade de material sólido, melhorando a adesão entre a madeira e o adesivo. A faixa ideal para manter uma boa qualidade do material é em torno de 40 a 45% (IWAKIRI, et al., 2005). Alguns estudos mostraram que é possível trabalhar com teor de sólido para adesivo à base de tanino com valores de 40 a 55%. Mori (2002) trabalhou com valores de 55% para misturas de adesivos e taninos retirados da casca da acácia negra; Carneiro et al., (2009) trabalharam com valores de aproximadamente 44% para adesivos produzidos com taninos de *Eucalyptus grandis*.

O tempo de trabalho se refere ao tempo de vida útil do adesivo, após sua preparação, até a fase de gel, quando atinge a máxima viscosidade. Verificou-se que o adesivo à base de tanino apresentou tempo de trabalho superior a 30 minutos, assim como o fenol formaldeído. As proporções entre o tanino e o endurecedor (formaldeído) determinam a rigidez ou elasticidade da linha de cola formada e irão facilitar ou dificultar o espalhamento do adesivo na madeira. Uma alta quantidade de tanino leva à obtenção de uma linha de cola mais rígida, enquanto um excesso de formaldeído resulta em linha de cola mais elástica. Este fato está diretamente ligado ao tempo de trabalho do adesivo, ou seja, a viabilidade de se trabalhar com o adesivo, antes de sua polimerização ou cura.

Analisando os resultados obtidos, comparados ao fenol formaldeído, o segundo adesivo mais utilizado na produção de painéis, é evidente que o tanino extraído do mesocarpo do coco, apresenta potencial para ser usado como agente adesivo em linha de produção.

Para analisar se os taninos juntamente com fenol formaldeído potencializam as suas características qualitativas como adesivo, foram feitas misturas de fenol-formaldeído com tanino em três diferentes proporções e a Tabela 14 apresenta os valores das propriedades dos adesivos.

**Tabela 14.** Caracterização das propriedades do adesivo fenol-formaldeído em diferentes misturas com taninos do mesocarpo do coco.

Concentração (%)	Solução Fenol + Tanino		
	90 / 10	80 / 20	70 / 30
Propriedades			
PH	12,08	11,28	10,87
Viscosidade (cp)	240,67	286,87	237,36
Teor de Sólidos (%)	52,18	51,21	64,4
Tempo de Gel (mim)	30	6,92	3,32

Observa-se que quanto maior a proporção de tanino nas misturas com o adesivo fenólico o valor do pH sofre alterações, tendendo a reduzir, resultado positivo, já que acima de 11, o pH interfere negativamente nas propriedades mecânicas dos painéis, acelerando a degradação das fibras.

A viscosidade é um dos fatores importantes, pois esta define o quanto vai ser limitante a utilização do adesivo. Uma viscosidade muito alta vai dificultar o espalhamento do adesivo na superfície da madeira. A viscosidade da solução ficou bem uniforme, mesmo havendo variação na sua concentração na mistura, e os seus valores encontram-se dentro da faixa ótima, que deve ser abaixo de 1500 cp, onde este é o máximo valor para a utilização como adesivo para fabricação de painéis de madeira.

Os valores dos teores de sólido se mantiveram próximos nas misturas 90:10 e 80:20, elevando-se na mistura 70:30, sendo este último com valores fora do padrão para aplicação em painéis, que poderia levar a dificuldades na aplicação do adesivo.

O tempo de gel ou gelatinização fornece informações importantes sobre a cura do adesivo; esse tempo pode dificultar ou facilitar o processo fabricação de painéis, influenciando na formação da linha de cola. Uma das grandes limitações na utilização de adesivo à base de taninos é a alta reatividade dos taninos com o agente ligante, formando assim um adesivo de cura muito rápida (MORI, 2002). O tempo de gel entre as misturas sofreram muitas variações. Nota-se a grande diferença nos valores de tempo de gel a partir das misturas 80:20 e 70:30, evidenciando que a adição de tanino de mesocarpo acelerou grandemente a reação.

#### **4.4 Avaliação das propriedades tecnológicas dos painéis**

##### **4.4.1 Avaliações das propriedades físicas dos painéis**

###### **4.4.1.1 Densidade dos painéis**

A densidade é a variável mais importante, pois regula as propriedades mecânicas dos painéis, está diretamente ligada à taxa de compressão usada na elaboração e à densidade da matéria prima, assim como à umidade do colchão e outros fatores. Para o setor industrial, a densidade do painel é um fator muito importante, sendo este, controlado durante todo processo (VITAL, 2004).

Hilling et al. (2002) mencionam que a maioria das densidades de chapas de partículas situam-se entre 0,4 e 0,8 g/cm<sup>3</sup>. Neste estudo, as chapas produzidas apresentaram o menor

valor de densidade de 0,52g/cm<sup>3</sup> e o maior de 0,70g/cm<sup>3</sup>, visto na Tabela 15. Segundo Torquato (2008), painéis de madeira com densidade entre 0,5 e 0,8g/cm<sup>3</sup>, são classificados como painéis de média densidade, assim como a norma ABNT NBR 15316-1:2009 define o painel de média densidade com valor superior a 0,450g/cm<sup>3</sup>.

**Tabela 15.** Valores referentes à densidade dos painéis, para os tratamentos.

Tratamento	Teor de Fenol Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
T1	0	0	0,54 (c)
T2	100	0	0,62 (bc)
T3	0	100	0,70 (a)
T4	90	10	0,52 (dc)
T5	80	20	0,65 (ab)
T6	70	30	0,62 (b)

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

As chapas foram produzidas tendo como meta densidade igual a 0,70 g/cm<sup>3</sup>. A densidade média dos painéis fabricados foi inferior à desejada, provavelmente devido à aplicação de uma taxa de compressão inferior àquela necessária, assim como à temperatura, exceto o tratamento 3, que teve apenas o tanino do extraído do mesocarpo do coco como agente adesivo. Fiorelli et al. (2015), em seus estudos com fibra de coco, obtiveram uma média de densidade do painel de 0,85g/cm<sup>3</sup>, porém o agente adesivo foi a ureia formaldeído.

#### 4.4.1.2 Umidades dos painéis

A Tabela 16 mostra o teor de umidade de equilíbrio (TUE) dos corpos de prova para os diferentes painéis.

**Tabela 16.** Valores referentes ao teor de umidade dos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.

Tratamento	Teor de Fenol Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Teor de Umidade de Equilíbrio (%)
T1	0	0	9,88 (bc)
T2	100	0	12,50(bc)
T3	0	100	8,911(c)
T4	90	10	17,09 (a)
T5	80	20	14,47 (ab)
T6	70	30	11,79 (bc)

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

Na análise estatística realizada pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, podemos observar que houve significância entre os tratamentos, sendo que os tratamentos T1, T2, T3 e T6 não diferiram entre si, assim como, T4 e T5, T1,T2,T5 e T6.

Os valores de teor de umidade de equilíbrio (TUE) dos corpos de prova condicionados variaram de 8,90 a 17,08%. Esta amplitude de teor de umidade pode ser atribuída à baixa temperatura utilizada ou tempo de prensagem utilizados, além da diferença dos agentes adesivos. Conforme GALVÃO & JANKOWSKY (1985), o aquecimento dos painéis em altas temperaturas diminui sua umidade de equilíbrio por pequena perda de água de constituição. Sendo isso, quanto maior a exposição do painel a alta temperatura, menor o teor de umidade.

A norma ABNT NBR 15316-1:2009 define o painel de média densidade como uma chapa de fibras de madeira com umidade menor que 20% na linha de formação e densidade maior que 0,450g/cm<sup>3</sup>, sendo assim, os painéis confeccionados com fibra de coco verde, independente do tipo de agente adesivo, apresentam valores equivalentes à painéis de média densidade.

#### 4.4.1.3 Inchamento em espessura (IE)

Os valores médios de inchamento em espessura para 2 horas e 24 horas, são apresentados nas Tabelas 17 e 18, respectivamente.

**Tabela 17.** Valores referentes IE em 2 horas nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.

Tratamento	Teor de Fenol Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Inchamento em Espessura 2h (%)
T1	0	0	97,30 (b)
T2	100	0	6,10 (c)
T3	0	100	108,17 (a)
T4	90	10	4,31 (c)
T5	80	20	5,96 (c)
T6	70	30	5,23 (c)

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

Para o inchamento em espessura após 2 horas em imersão com água, houve diferença significativa, pelo teste de Tukey a 5%. As amostras que utilizaram fenol formaldeído como agente adesivo (T2), os tratamentos T4 (90% FF, 10% de tanino), T5 (80% FF, 20% de tanino) e T6 (70% FF, 30% de tanino), não diferenciam significativamente entre eles, além de não exceder as médias estabelecidas pela norma ABNT NBR 14810-2. No trabalho feito por Fiorelli et al. (2015), as médias encontradas para IE foram superiores aos tratamento citados acima. O valor foi de 19,91%, sendo que os autores utilizaram ureia como agente adesivo. No

tratamento em que não se utilizou nenhum tipo de agente adesivo (T1) e no que utilizou-se somente tanino (T3), os valores de IE foram muito altos, havendo entre eles diferenças significativas.

**Tabela 18.** Valores referentes IE em 24 horas nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.

Tratamento	Teor de Fenol Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Inchamento em Espessura 24h (%)
T1	0	0	111,58 (a)
T2	100	0	8,70 (c)
T3	0	100	110,35 (a)
T4	90	10	8,94 (c)
T5	80	20	10,67 (b)
T6	70	30	11,47 (b)

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

O mesmo comportamento foi obtido para os tratamentos após 24 horas de imersão em água. Após 24 horas de imersão em água, o tratamento T2 (100% FF) e T4 (90% FF, 10% de tanino) apresentaram os menores valores de Inchamento em Espessura, sendo significativo somente com os demais tratamentos. Os tratamentos T5 (80% FF, 20% de tanino) e T6 (70% FF, 30% de tanino) apresentaram bons resultados, sendo significante só com os demais tratamentos. Esses tratamentos obtiveram a média dentro do padrão da norma ABNT NBR 14810-2, onde são classificados como painéis não estruturais para uso interno em condições secas. Já os tratamentos T1 (0% FF e 0% de tanino) e T3 (100% de tanino), após 24 horas de imersão em água, obtiveram valores significantes com relação aos demais tratamentos, não variando entre si, porém seus valores ultrapassam a média colocada pela norma, sendo assim, seu uso não é satisfatório. Apesar de o tanino possuir açúcares em sua composição que poderia prejudicar a linha de cola, podendo ainda comprometer a resistência final do aglomerado (PIZZI, 1983), observou-se que tal fato não alterou as propriedades físicas das chapas, pois apesar de exceder a expansão no IE, quando utilizado só como agente adesivo, a estrutura do painel não sofreu deformação ou desfibramento.

É importante frisar que o tanino empregado foi obtido em laboratório, e o mesmo não sofreu nem um tipo de tratamento, para retirada de açúcares indesejáveis no processo de colagem, e mesmo assim, os resultados obtidos com os adesivos comerciais modificados com tanino a 10, 20 e 30% estão de acordo com o Inchamento máximo permitido para as chapas classificadas na P2 da norma ABNT NBR 14810-2.

#### 4.4.1.4 Absorção de água (AA)

Os valores encontrados para absorção de água estão altamente correlacionados com inchamento em espessura. A análise estatística demonstra as mesmas interações entre os tratamentos, onde os tratamentos que obtiveram maiores valores de IE, foram os que absorveram mais água, o tratamento T1 (0% FF e 0% de tanino) e T3 (100% de tanino). Os painéis demonstraram altos valores de absorção d'água, os quais variaram de 44,69 a

177,91%, para o período de 2 horas em imersão de água, como pode ser observado na Tabela 19.

**Tabela 19.** Valores referentes AA em 2 horas nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.

Tratamento	Teor de Fenol Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Absorção de Água 2h (%)
T1	0	0	177,91 (a)
T2	100	0	44,69 (c)
T3	0	100	149,99 (a)
T4	90	10	76,08 (b)
T5	80	20	50,98 (cd)
T6	70	30	57,10 (bc)

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

De acordo com Hillig et al. (2002), o aumento da densidade na chapa provoca uma redução na absorção de água e um aumento no inchamento e espessura; porém nesse estudo foi o inverso, pois os painéis menos densos, apresentaram maiores valores de IE e AA. Isso pode estar relacionado à matéria prima da chapa, que é um material pouco estudado. Fiorelli et al. (2015), encontraram valor de AA após 2 horas de imersão em água de 34,38%, valor inferior ao encontrado nesse trabalho; porém, o agente colante desse painel foi a ureia formaldeído, que junto com fibra do coco proporciona características diferente do fenol e tanino.

Na Tabela 20, estão presentes as médias referentes a AA em 24 horas, onde os painéis confeccionados com tanino como agente adesivo (T3) e sem agente adesivo (T1), absorveram significativamente mais água.

**Tabela 20.** Valores referentes AA em 24 horas nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.

Tratamento	Teor de Fenol Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Absorção de Água 24h (%)
T1	0	0	221,09 (a)
T2	100	0	62,38 (c)
T3	0	100	193,68 (a)
T4	90	10	90,94 (b)
T5	80	20	67,67 (c)
T6	70	30	73,96 (bc)

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

Analisando pelo teste Tukey, os tratamentos foram significativos, porém T1 e T3, não são significantes entre si, assim como T4 e T6 e T2, T5 e T6, o que significa que entre eles não existe variação quando comparados.

Os valores de AA em 24 horas seguiram o mesmo padrão de AA em 2 horas. Observa-se também que o tipo de adesivo afeta, pois em ambos os testes, os painéis confeccionados com fenol formaldeído T2, T5 e T6 não diferenciaram significativamente entre si.

Os altos valores encontrados em IE e AA dos painéis fabricados sem nenhuma adição de adesivo estão relacionados aos altos teores encontrados de celulose e hemicelulose no mesocarpo, uma vez que os carboidratos apresentam grandes quantidades de sítios para ligação com moléculas de água em sua estrutura.

#### 4.4.2 Avaliação das propriedades mecânicas dos painéis

##### 4.4.2.1 Resistência à flexão estática (módulo de ruptura – MOR e módulo de elasticidade - MOE)

Em vários estudos, observa-se que à medida que se aumenta a densidade da chapa, ocorre aumento dos valores de MOR e o MOE, independente da espécie de madeira ou mistura utilizada; porém, com os painéis fabricados com mesocarpo do coco isso não foi constatado, pois o tratamento T3 (100% de tanino) foi de maior densidade e quando analisado o módulo de ruptura e elasticidade, esse valor é inferior aos demais tratamentos, ou seja, densidade não teve influência sobre as propriedades mecânicas, referente ao T3, e sim o agente adesivo.

Na Tabela 21, podemos observar as médias referentes ao MOR, e na Tabela 22 as médias referentes ao MOE.

**Tabela 21.** Valores referentes ao MOR nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.

Tratamento	Teor de Fenol Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Módulo de Ruptura (N/mm <sup>2</sup> )
T1	0	0	0,83 (c)
T2	100	0	3,01 (bc)
T3	0	100	1,97 (cd)
T4	90	10	1,15 (c)
T5	80	20	4,94 (a)
T6	70	30	4,46 (ab)

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

**Tabela 22.** Valores referentes ao MOE nos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.

Tratamento	Teor de Fenol Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Módulo de Elasticidade (N/mm <sup>2</sup> )
T1	0	0	284,51
T2	100	0	804,55
T3	0	100	656,13
T4	90	10	214,21
T5	80	20	866,66
T6	70	30	608,82

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

Em ambos os teste mecânicos, obtivemos significância, ao nível de 5% do teste de Tukey, ou seja, houve diferença em pelo menos um dos tratamentos.

Para o módulo de ruptura (MOR), os tratamentos T2 e T5 obtiveram maior média, e quando observado modulo de elasticidade (MOE), as maiores médias são do T5 e T6, seguido posteriormente de T2. Como no processo de produção dos painéis, não houve diferença no tempo de fechamento da prensa ou temperatura, pode-se afirmar que um desses processos não foi ideal para o tipo de material usado, já que ambos têm grande influência na qualidade da colagem, uma vez que o processo de cura do adesivo é deflagrado com a aplicação de calor. Ginzler e Peraza (1966), já ressaltavam a necessidade de controlar esses fatores, pois influenciariam diretamente nas propriedades dos painéis.

Avaliando as propriedades físico-mecânicas de painéis fabricados com partículas de madeira (*Schyzolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) a diferentes proporções de fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) e resina (6 e 8% de ureia-formaldeído) Colli et al. (2010), diagnosticaram melhoras significativas para o Módulo de Ruptura e Resistência à Tração, quando incorporada a fibra de coco às partículas de madeira. Para os níveis de resina, os autores constataram melhor desempenho físico-mecânico para os painéis que possuíam 8% de resina. Assim como Fiorelli et al. (2012) avaliaram painéis aglomerados de alta densidade de fibra da casca do coco-verde e resina poliuretana bi-componente à base de óleo de mamona. Segundo os autores, os painéis de partículas produzidos com fibra da casca do coco-verde, apresentaram desempenho físico-mecânico acima dos limites mínimos recomendados pelos principais documentos normativos nacionais e internacionais. Ou seja, a interação dos constituintes do mesocarpo do coco, para fabricação de painéis se deu melhor, quando confeccionados com ureia formaldeído, quando comparado com fenol formaldeído, mesmo que esse não tenha 100% de resíduo da casca do coco na sua constituição.

Khedari et al. (2004) confeccionaram painéis de partículas à base de fibra de casca do coco e resinas ureia-formaldeído (12%) e fenol formaldeído (6%). Concluíram que ambos os painéis apresentaram propriedades mecânicas abaixo daquelas recomendadas pela norma CS 236-66 (MOR de 11,2 MPa e MOE de 2450 MPa). Sendo assim, os autores recomendam sua utilização como isolante térmico em forros e paredes.

#### 4.4.2.2 Ligação interna – LI (Resistência à tração perpendicular ao plano dos painéis)

Na Tabela 23 observa-se as médias referentes à ligação interna dos painéis em seis tratamentos diferentes.

**Tabela 23.** Valores referentes LI dos painéis, com diferentes porcentagens de tanino como agente adesivo.

Tratamento	Teor de Fenol-Formaldeído (%)	Teor de Tanino (%)	Módulo de Ligação Interna (N/mm <sup>2</sup> )
T1	0	0	0,024 (a)
T2	100	0	0,136 (e)
T3	0	100	0,026 (a)
T4	90	10	0,066 (b)
T5	80	20	0,123 (d)
T6	70	30	0,095 (c)

\*Em que, médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si, com relação à porcentagem de tanino como agente adesivo, pelo teste Tukey no nível de 5% de significância.

A Ligação Interna (LI) está diretamente ligado à anatomia da chapa, onde, quanto menos espaços vazios melhor será o resultado de colagem, o que também é influenciado pela temperatura e pressão, durante a confecção dos painéis (BRITO, 1984).

Quando avaliada, a ligação interna obteve significância, ao nível de 5% do teste de Tukey, ou seja, houve diferença em pelo menos um dos tratamentos.

Como avaliado antes no módulo de elasticidade, a ligação interna também não apresentou valores positivos referentes à alta densidade, observada nos painéis confeccionados com tanino. Os valores de Ligação Interna (LI) observados nos painéis com adesivos à base de fenol formaldeído foram superiores aos verificados nos painéis feitos apenas com tanino (T3) e com soluções fenol formaldeído e tanino a 10 e 30% (T4 e T6).

Em geral, na reação dos taninos com o formaldeído, ocorrem hidroximetilações nas posições reativas do anel resorcinólico ou floroglucinólico. Com a aplicação de calor e pressão esses grupamentos reagem entre si, originando ligações metilênicas; entretanto, devido ao tamanho das moléculas de taninos, há uma tendência de que as elas se tornem imóveis com a formação de pequeno número de ligações metilênicas, resultando numa linha de cola fraca e quebradiça. Tal fato ocorre porque as ligações metilênicas planas fornecidas pelo formaldeído são muito curtas, em relação à distância entre os sítios ativos nas moléculas de taninos (PIZZI; MITTAL, 1994).

## 5. CONCLUSÕES

O aproveitamento de cascas de coco verde constitui uma importante ferramenta para um aproveitamento mais racional e sustentável do frutos, o que não acontece atualmente; esse aproveitamento tem grande importância tanto para economia quanto para o ambiente. Este estudo aponta algumas conclusões que servirão de fundamentos para estudo posteriores:

- O mesocarpo do coco verde é um material com potencial para a extração de tanino e para fabricação de compósitos;
- O sulfito de sódio a 5% apresentou melhor rendimento na extração tânica;
- Quando comparado com adesivos sintéticos, os extratos tânicos do coco apresentaram valores que atendem aos requisitos de agente adesivo, assim como a solução dos mesmos a 50%;
- Os taninos extraídos do mesocarpo do coco verde apresentam potencial para utilização como adesivo em painéis;

## 6 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se utilizar outros extratores para avaliar o rendimento tânico do mesocarpo do coco verde; usar ureia na formação dos painéis; testar diferentes temperaturas e pressão na formação dos painéis; usar o tanino do mesocarpo como agente adesivo em outros tipos de resíduos para fabricação de painéis.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAD, M., NOGUERA, P. Substratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: CADAHIA, C. (Coord.) Fertirrigación. **Cultivos Hortícolas y Ornamentales**. p.287-342 Madrid Mundi-Prensa, 1998.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15316-1: 2009. **Chapas de fibra de média densidade. Parte 1 – Terminologia**. ABNT, 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Painéis de partículas de média densidade: Terminologia**: NBR 14810-1. Rio de Janeiro, 2013.

ABREU, H. S.; CARVALHO, A. M.; MONTEIRO, M. B. O.; PEREIRA, R. P. W.; SILVA, H. R.; SOUZA, K. C. A.; AMPARADO, K. F.; CHALITA, D. B. Métodos de análise em química da madeira, **Floresta e Ambiente**, p. 01-20, 2006.

ASTM D1200. **Standard test method for viscosity by Ford viscosity cup**. 1994 (R 2005).

BITENCOURT, D.V. **Potencialidades e estratégias sustentáveis para o aproveitamento de rejeitos do coco (*Cocos nucifera L.*)**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2008.

BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. Composite Reinforced with Celulose Based Fibers. *Prog. Polym. Sci., Elsevier*, v.24, p.200-272, 1999.

BRÍGIDA, A. I. S; MORSYLEIDE, F. R. Determinação do Teor de Taninos na Casca de Coco Verde (*Cocos nucifera L.*). Embrapa Agroindústria Tropical, Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 47:25-27. **Ornamentals/Ornamentales** - October 2003.

BRITO, E. O. **Produção de chapas de partículas de madeira a partir de maravalhas de *Pinus elliottii Engelm. var. elliottii* plantado no sul do Brasil**. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

BRITO, E. O; SILVA, G. C. Propriedades de chapas de partículas produzidas a partir de *Gmelina arborea* Linn Roxb. e *Samanea saman* (Jacq.) Merr. **Floresta e Ambiente**, V. 9, n. 1, p. 127 – 134, 2002.

BUTLER, L. G., RIEDL, D. J., LEBRYK, D. G; BLYTT, H. J. 1984. Interaction of proteins with sorghum tannin: mechanism, specificity and significance. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v. 61, n. 5, p. 916-920.

CARNEIRO, A. Efeito da hidrólise ácida dos taninos de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden nas propriedades dos adesivos tânicos. **Revista Árvore**, v.33, n.4, p.733-739, 2009.

CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; PIMENTA, A.S.; MORI, F.A. Reatividade dos taninos da casca de *Eucalyptus grandis* para produção de adesivos. **Cerne**, V.7, N.1, P.001-009, 2001.

CARVALHO, A. G.; LELIS, R. C. C.; NASCIMENTO, A. M. Avaliação de adesivos à base de taninos de *Pinus caribaea* var. *bahamensis* e de *Acacia mearnsii* na fabricação de painéis aglomerado. **Ciências Florestais**, V. 24, n. 2, abr.-jun., 2014.

CARRIJO, O. A; LIZ, R. S; MAKISHIMA, N; **Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola**, **Horticultura Brasileira**, v. 20, p. 533-535, 2002.

CORRADINE, E; MORSYLEIDE, F. S; MACEDO, B. P; PALADIN P. D; MATTOS L. H. C. Composição química, propriedades mecânicas e térmicas da fibra de frutos de cultivares de coco verde; **Rev. Bras. Frutic.**, v. 31, n. 3, p.837-846, Setembro 2009.

CORREIA, M. U. **Outras Utilidades da Casca de Coco**. EMBRAPA. AGEITEC Agência Embrapa de Informação Tecnológica.- S/d. jun. 2015

D'ALMEIDA, M. L. O. **Celulose e papel - Tecnologia de fabricação do papel**. 2. ed. São Paulo: SENAI-IPT. v. 2. 1988. 964p.

EMBRAPA, Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional - **Panorama 2010**.

FAO 2015. **Food and Agriculture organization of the United Nations**. <http://www.fao.org>. Acesso em 27/02/2016.

FERREIRA, J.M.S.; WARWICK, D.R.N;SIQUEIRA, L.A. **A Cultura do coqueiro no Brasil**. 2 ed. Embrapa. 1988. 292p.

FERRI, M. G. Botânica: morfologia externa das plantas [organografia]. 15ed. São Paulo: Editora NOBEL. p.148. 1990.

FOELKEL, C. Propriedades papeleiras das árvores, madeiras e fibras celulósicas dos eucaliptos. In: **Eucalyptus Online Book**, cap.14, 2009. 110p

FONSECA, A. S. **Caracterização tecnológica das fibras do estirpe de Desmoncus polyacanthos**. UFLA, 2012

FONTES, H. R; WANDERLEY, M. Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2006.

FRANÇA, V. L. A. **A cultura do coco-da-baía e as transformações no litoral sergipano**. UFS/NPGeo. Dissertação de Mestrado, 1988.

FRANÇA, C. M.; COHEN, L; GUIMARÃES, J. T. F; FRIAES, Y. **Tanino como indicador de paleomanguezais na zona costeira amazônica tannin as indicator of paleomangrove in the amazon coastal zone XIII ABEQUA Congress - The South American Quaternary: Challenges and Perspectives 2011**.

FIORELLI, J.; SORIANO, J.; ROCCO LAHR, F. A. Roof modular system in wood and particleboard (OSB) to rural construction. **Scientia Agrícola**, V. 69, n. 3, p. 189-193, 2012.

GALVÃO, A. P. M; JANKOWSKI, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo : Nobel, 1985. 111 p.

GOULDING, M; SMITH, N. **Palmeiras: sentinelas para conservação da Amazônia**. Lima: Amazon Conservation Association (ACA), 2007.

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V; LUDWIG, C. H. (Eds.), Lignins: occurrence, formation, structure and reactions. **Wiley-Interscience**, p. 241–266, 1971.

GOMES, M. S. Produção de bio-óleo através do processo termoquímico da Pirólise. **Trabalho de conclusão de Curso (graduação)** – Faculdade de Araçatuba, Araçatuba, 2010.

GONÇALVES, F.G; LELIS, R.C.C; OLIVEIRA, J.T.S. Influência da composição da resina tanino-uréia-formaldeído nas propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, n.4, p.715-722, 2008.

HASLAM, E.; CAI, T. **Plant polyphenols (Vegetable Tannins): Gallic acid metabolism**. **Natural Products Report**, v. 15, p. 41-66, 1994.

HILLING, E.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Propriedades mecânicas de chapas aglomeradas estruturais fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e Acácia-negra. **Revista Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 59-70, 2002.

HEMINGWAY, R.W. Adhesives from renewable resources. **American Chemical Society**, . p. 155-171, 1989.

HERGERT, H. L. **Economic importance of flavonoid compounds: wood and bark**. P. 553-595. In: Hergert, H. L. The chemistry of flavonoid compounds. The Macmillan company. 1962.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, **pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil fevereiro de 2016**.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Acesso em 25/02/2016.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory**. v.3: Reference Manual, p. 1-20, 1996.

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

IWAKIRI, S., KEINERT JR., S., MENDES, L. M. Painéis de madeira compensada. In: IWAKIRI, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: **Fupec**. 2005. 254p.

JARDIM, C. M., **Impactos de modificações físico-químicas das fibras de eucalipto na qualidade da polpa branqueada**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, 2010.

KLOCK, U. **Qualidade da madeira de *Pinus oocarpa* Schied e *Pinus caribaea* Morelet var *hondurensis* Barr e Golf**. Dissertação de Mestrando. Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal, 1988.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira**. 3. Ed; FUPEF, 2005. 85 f.

KOLLMANN, F. F. P; KUENZI, E. W; STAMM, A. J. **Principles of Wood science and technology II: wood based materials**. New York : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1975. 703 p.

KHRISTOVA P; YOSSIFOV, N; GABIR, S. **Particleboard from sunflower stalks: preliminary trials**. *Bioresource Technology*. v. 58, n. 3, p. 319-321, 1996.

LEÃO, R. M. **Tratamento superficial de fibra de coco e aplicação em materiais compósitos como reforço do polipropileno**. Tese de D.Sc., Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2012.

LELIS, C. C. R.; GONÇALVES, A. C. Teores de taninos da casca da madeira de cinco leguminosas arbóreas. **Floresta e Ambiente**. v. 8, n.1, p.167-173, jan./dez. 2001.

LIMA, A. J. M.; IWAKIRI, S. Utilização de resíduos do desdobro de toras de *Pinus spp*, sílica ativa e cinza de casca de arroz em compósito cimento-madeira. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 459-469, 2010.

LIN, S. Y; DENCE, C. W. *Methods in lignin chemistry*. **Springer-Verlag**, 578 p, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras, Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, vol.01. 4.ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.

MACIEL, A. S; ANDRADE, A. M; ALBUQUERQUE, C. E. C. Procedimentos para a extração e utilização de fenóis de alcatrão na produção de adesivos fenólicos. **Floresta e Ambiente**, v. 3, n. 1, p. 86-95, 1996.

MARGOSIAN, R. Initial formaldehyde emission levels for particleboard manufactured in the United States. **Forest Products Journal**, v. 40, n. 6, p. 19-20, 1990.

MATHAI. P. M. Coir. In: FRANCK, R. R. **Bast and other plant fibers**. The Textile Institute. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2005. p. 275-313.

MEEROW, A. W. Coir dust, a viable alternative to peat moss. **Greenhouse Product News**, p.17-21, 1997.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de Eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 86, p. 285-295, 2010.

MELLO, J. P. C.; SANTOS, S. C. **Em Farmacognosia: da planta ao medicamento.orgs.**; Ed. UFSC: Porto Alegre; 3ª ed., 2001.

MIELI, J. C. A. **Sistema de avaliação ambiental na indústria de celulose e papel**, 2007 Viçosa Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. Curso de Engenharia Florestal.

MOHANTY, A. K.; MISRA, M.; HINRINCHSEN, G. Biofibers, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. **Macromolecular Materials and Engineering**, v.276, n.3-4, p.1-24, 2000.

MONTEIRO, M. B. O. **Lignina e Tanino como estratégia de defesa em árvores**. 2002. 49 f. Monografia, UFRRJ.

MONTEIRO, S. N; TERRONES, L. A. H; CARVALHO, E. A; D'ALMEIDA, J. R. M. Efeito da Interface Fibra/Matriz Sobre a Resistência de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras de Coco. **Revista Matéria**, v. 11, n. 4, pp. 395 – 402, 2006.

MORI, F. A. Análise cinética da cura de adesivos de taninos das cascas de três espécies de eucalyptus por calorimetria diferencial exploratória (DSC). **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.493-497, 2002

MORI, C. L. S. O.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M. Caracterização da madeira de Angico Vermelho (*Anadenanthera peregrina* (Benth) Speng) para confecção de móveis. **Revista Brasil Florestal**, n. 77, p. 29-36, 2003.

MORRISON, R. T.; BOYD, R. N. **Química orgânica**. Fundação Calouste Gulbenkian, p.1498, 1982.

NOZELLA, E. **Determinação de taninos em plantas compotencial forrageiro para ruminantes**. Dissertação (Mestrado) - ESALQ, USP, 2001.

PANTOJA, S. C. S. **Sistemática Vegetal II**. UCB, v. 2 p. 36, 2010.

PARROTTA, J. A. **Cocos nucifera L. Coconut, Coconut palm, palma de coco**. **SO-ITE-SM-57**, New Orleans, LA: U.S. Department of agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 1993.

PAZ, V. Tanac exporta tanino certificado pela FDA para tratar água. **Gazeta Mercantil C13**, 2003.

PEREIRA, R. P. W.; MONTEIRO, M. B. O.; ABREU H. S. **Bioinformação do processo de lignificação**. UFRRJ: Edur, 2012, 124 p.

PIZZI, A. **Wood adhesives: chemistry and technology**. New York: Marcel Dekker, 1983. 364 p.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: Marcel Dekker, 1994. 289 p.

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. New York basel. Hong Kong: Marcel Dekker, 1994. 680 p.

RAY, D; SARKAR, B. K; RANA, A. K; BOSE, N. R. The mechanical Properties of Vinylester Resin Matrix Composites Reinforced with Alkali-Treated Jute Fibers. Composite. **Part A: Applied Science and Manufacturing**, Elsevier, v. 32, 2001.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. Ed. 6°, p. 830, 1999.

ROFFAEL, E ; DIX, B. Tannine als Bindemittel für Holzwerkstoffe. **Holz-Zentralblatt**. v. 120, n. 6, p. 90-93, 1994.

ROWELL, R. M. Property enhanced natural fiber composite materials based on chemical modification. In: PRASAD, P. N. et al. (Ed.). **Science and technology of polymers and advanced materials: emerging technologies and business opportunities**. Plenum, p. 717-732, 2000.

ROLLEMBERG, H; FERREIRA, J. M. S; SIQUEIRA, L. A. Sistema de produção para a cultura do coqueiro. **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2002.

ROSA, M. F; BEZERRA, F. C; CORREIA, D; SANTOS, F. J. S.; ABREU, F. A. P; FURTADO, A. A. L; BRÍGIDO, A. K. L; NORÕES, E. R. V. Utilização da casca de coco como substrato agrícola. **Embrapa Agroindústria Tropical**, 2002.

SANTANA, M. A. E; PASTORE JÚNIOR, F. **Adesivo de tanino-formaldeído para aglomerados**. Brasília: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1995.

SANTOS, A. M; SYDENSTRICKER, T. H. D; AMICO, S. C. The study of Hybrid Polypropylene / Glass and Coir Fiber Composites for Engineering Applications. In: 41° **International Symposium on Macromolecules**, 16-21 jul. 2006.

SANTOS, R. C; CARNEIRO, A. C. O; VITAL, B. R; CASTRO, R. V. O; VIDAURRE, G. B; TRUGILHO, P. F. Influência das propriedades químicas e da relação siringil/guaiacil da madeira de eucalipto na produção de carvão vegetal. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 657-669, abr.-jun., 2016.

Ana Flávia Neves Mendes Castro<sup>7</sup>

SENHORAS, Elói Martins. Oportunidade na cadeia agroindustrial do coco-verde: Do coco nada se perde, tudo se desfruta. **Revista Urutágua**, Maringá: n° 05, Dez.2004.

SENHORAS, E. M. Oportunidades da cadeia agroindustrial do coco verde. **Revista Urutágua**, n. 05, 2005.

SCOTT, R.W. Colorimetric Determination of Hexuronic Acids in Plant Materials. *Anal. Chem.* 7, 936, 1979

SOLAR, R; KACIK, F; MELCER, I. Simple semimicro method for the determination of O-acetyl groups in wood and related materials. **Nordic Pulp Paper Res. J.** (4), 139–141, 1987.

SMOOK, G. A. **Handbook for pulp & paper technologists**. 4. ed. Atlanta: TAPPI press, 1987. 396 p

SILVA, R. V. **Uso de taninos da casca de três espécies de eucalipto na produção de adesivos para madeira**. M.S. Universidade Federal de Viçosa, junho de 2001

SILVA, R. V; SPINELLI, D; BOSE FILHO, W. W; CLARO NETO, S; CHIERICE, G. O; TARPANI, J. R. Fracture toughness of natural fibers/castor oil polyurethane composites. **Composites Science Technology**. v.66, n.10, p.1328-1335, 2006.

SILVEIRA, M. S. Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em salvador – BA. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo. UFBA, 2008.

SUDDLELL, B. C; EVANS, W. J; ISAAC, D. H; CROSKY, A., A survey into the application of natural fibre composites in the automotive industry. *Natural Polymers and Composites. Anais.* p. 455-460, 2002.

TAPPITESTMETHODS. **T 222 om-88**: Acid insoluble lignin wood and pulp. Atlanta, 1999.

TEODORO, Â. S.; **Utilização de adesivos à base de taninos na produção de painéis de madeira aglomerada e OSB**. 2008. 91f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro.

TOMLINSON, P. B. Systematics and ecology of the Palmae. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 10, p. 53-84. 1979.

TOMLINSON, P. B. The uniqueness of palms. **Botanical Journal of the Linnean Society**. v. 151, 2006.

TORQUATO, L. P. **Caracterização dos Painéis MDF Comerciais Produzidos no Brasil**. 2008. 94f. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

UZUNIAN, A, BIRNER, E. EDITORA HARBRA. *Biologia*, volume único. 3º edição, Editora Harbra, 2009.

VAN DAM, J. E. G; VAN DEN OEVER, M. J. A; KEIJSERS, W. E. R. P; PERALTA, A. G. Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk - Part 1: Lignin as intrinsic thermosetting binder resin. **Industrial Crops and Products**. v. 19, n.3, 2004.

VELOSO, Y.S.V; SOUZA, I. E. S; SANTOS, J. V; LEITE, M. S. Reutilização da fibra da casca do coco verde para a produção de matéria prima industrial. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas**. v. 1. n.17 .out. 2013.

VITAL, B. R. Adesivos à base de taninos das cascas de duas espécies de eucalipto para produção de chapas de flocos. **Revista Árvore**. v.28, n.4, p. 571-582, 2004.

VITAL, B. R; CARNEIRO, A. C. O; PIMENTA, A. S; LUCIA, R. M. D. Adesivos à base de taninos das cascas de duas espécies de eucalipto para produção de chapas de flocos1. **Revista Árvore**. v.28, n.4, p.571-582, 2004

Virtual Palm Encyclopedia, disponível em: [www.plantapalm.com/vpe/vpe\\_index.htm](http://www.plantapalm.com/vpe/vpe_index.htm). Acesso em 27/02/2016.

WALLIS, A. F. A; WEARNE, R. H; WRIGHT, P. J. Chemical analysis of polysaccharides in plantation eucalypt woods and pulps. **AppitaJournal** 49 (4), 258–262, 1996.

WHELAN, T.; GOFF, J. **Injection Molding of Engineering Thermoplastics**. Van Nostrand Reinhold. 1990.

WISSING, A. The utilization of bark II: investigation of the Stiasny-reaction for the precipitation of polyphenols in Pine bark extractives. **Svensk Papperstidning**, Stockholm, v. 58, n. 20, p. 745-750, 1955.

WOLLERDORFER, M; BADER, H. Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. **Industrial Crops and Products**. v. 8, p. 105-112, 1988.