

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

CINTIA GONÇALVES ESCOBAR

POTENCIAL DO FUNGO *Phellinus linteus* (BERK. E CURT.) PARA
BIOPOLPAÇÃO EM MADEIRAS DE *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2019

CINTIA GONÇALVES ESCOBAR

**POTENCIAL DO FUNGO *Phellinus linteus* (BERK. E CURT.) PARA
BIOPOLPAÇÃO EM MADEIRAS DE *Eucalyptus* sp. E *Pinus* sp.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina TCC II, do curso de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof.^a Dra. Flávia Alves Pereira
Coorientadora: Prof.^a Dra. Andréia Anschau
Coorientador: Prof. Dr. Alan Sulato de Andrade

DOIS VIZINHOS

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

POTENCIAL DO FUNGO *Phellinus linteus* (BERK. E CURT.) PARA BIOPOLPAÇÃO EM MADEIRAS DE *Eucalyptus* sp. E *Pinus* sp.

por

CINTIA GONÇALVES ESCOBAR

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 03 de dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. A candidata foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Flávia Alves Pereira
Orientadora

Prof^a. Dr^a Paula Fernandes Montanher
Membro titular (UTFPR)

MSc. Caliandra Bernardi
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

RESUMO

ESCOBAR, G.C. **Potencial do Fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) para Biopolpação: em madeiras de *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*** 2019. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso II (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2019.

Entre os microorganismos passíveis de utilização em processos biotecnológicos, os fungos apresentam grande potencial de aplicação em diversos processos industriais, entre eles o de celulose e papel. Em face disso, o objetivo deste estudo foi analisar o potencial do fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) no processo de biopolpação em madeiras de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.* Este estudo adotou um delineamento experimental inteiramente casualizado, comparando dois tratamentos, testemunha (isentos de ataque) e biotratado por gênero (*Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*), com número de repetições variável dependendo da variável estudada. Foram avaliadas propriedades físicas e químicas dos cavacos de madeira e o seu comportamento frente ao processo de polpação Kraft, bem como na qualidade da polpa celulósica e do papel produzido. Para os materiais biotratados, os cavacos dos gêneros (*Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*) receberam inóculos do fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.), (18 discos de 5 mm advindos de placas crescidas do fungo) que permaneceram incubados por 54 dias. Após esse período, os cavacos passaram por assepsia para retirada do micélio e secos, para serem levados para os processos de análises físico-químicas, processo de polpação Kraft, produção e realização de testes mecânicos no papel. Em relação aos resultados de densidade básica dos cavacos houve redução da mesma do material testemunha para o biotratado em ambos os gêneros (*Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*). Para as propriedades químicas ocorreram modificações que apontam a ação do fungo nas madeiras dos gêneros estudados principalmente quando se trata dos valores de extrativos totais e teor de lignina total que apresentaram uma diminuição do material testemunha para o biotratado e um aumento do teor de holocelulose do material testemunha para o biotratado. Em relação ao processo de polpação Kraft, foram feitos 6 cozimentos exploratórios, 3 para cada gênero, visando atingir graus de deslignificação específicos representados pelo número Kappa objetivo proposto, que foi de (17 ± 2) para o *Eucalyptus sp.* e de (65 ± 2) para o *Pinus sp.* Para ambos os gêneros, seus respectivos materiais testemunha e biotratados conseguiram alcançar graus de deslignificação conforme proposto, porém com cargas de álcali ativos distintos. Os materiais biotratados dos dois gêneros apresentaram uma menor demanda de álcali ativo para o cozimento com uma aplicação de 20,8% de álcali ativo para material biotratado do *Eucalyptus sp.* em relação aos 21% da testemunha, enquanto que o material biotratado de *Pinus sp.* apresentou 21,1% em comparação aos 22% da testemunha, ou seja, ocorreu um menor consumo de reagentes aplicados, resultado positivo, atingindo um dos objetivos propostos. Em relação aos valores de rendimento bruto houve um aumento significativo para o gênero *Eucalyptus sp.*, do material testemunha de 48,29% para o biotratado 50,26%, enquanto que para o *Pinus sp.* não houve diferença estatisticamente, com valor de 53,29% para testemunha e 52,74 % para biotratado, mas os tratamentos mantiveram valores dentro do esperado para o gênero. Nas propriedades do papel, no caso do material biotratado do *Eucalyptus sp.*, obteve-se resultados de melhor resistência do papel comparada a testemunha, já para o *Pinus sp.*, as propriedades do papel testemunha foram melhores do que o biotratado. Os resultados mostraram que o fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.), apresenta potencial para o processo de biopolpação, com emprego em ambos os gêneros de madeira, por sua ação degradativa conseguiu-se resultados positivos de menor consumo de reagentes e benefícios no rendimento e na qualidade do papel.

Palavras-chave: Biotratamento, Fungos, Número Kappa, Polpação, Gêneros de madeiras.

ABSTRACT

ESCOBAR, G.Cintia. **The Potential of fungus *Phellinus linteus* (Berk. And Curt.) For Biopulping: in woods of *Eucalyptus sp.* and *Pinus sp.*** 2019.62 f. Course Completion Work (Graduation in Forest Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos,2019.

Among the organisms that can be used in biotechnological processes, fungi have great potential for application in various industrial processes, including pulp and paper. In view of this, the objective of this study was to analyze the potential of the fungus *Phellinus linteus* (Berk. and Curt.) in the process of biopulping in wood of *Pinus sp* and *Eucalyptus sp*. This study adopted an entirely casualized experimental design, comparing two treatments, control (no attack) and bio-treated by gender (*Pinus sp.* and *Eucalyptus sp.*), with variable number of repetitions depending on the variable studied. Physical and chemical properties of wood chips and their behavior in relation to the Kraft pulping process were evaluated, as well as the quality of the cellulose pulp and the paper produced. For the bio-treated materials, the chips of the genera (*Pinus sp.* and *Eucalyptus sp.*) received inoculums from the fungus *Phellinus linteus* (Berk. and Curt.), (18 discs of 5 mm coming from plates grown from the fungus) that remained incubated for 54 days. After this period, the chips went through asepsis to remove the mycelium and dry, to be taken to the physical-chemical analysis processes, Kraft pulping process, production and mechanical tests on the paper. In relation to the results of the basic density of the wood there was a reduction of the same of the control material for the bio-treated in both genders (*Pinus sp.* and *Eucalyptus sp.*). For the chemical properties there were changes that point to the action of fungus in the woods of the genera studied mainly when talking about the values of total extractives and total lignin content that showed a decrease in the control material for the bio-treated and an increase in the holocellulose content of the control material for the bio-treated. Regarding the Kraft pulping process, 6 exploratory firings were performed, 3 for each genus, aiming to reach specific degrees of delignification represented by the objective Kappa number proposed, which was (17 ± 2) for *Eucalyptus sp.* and (65 ± 2) for *Pinus sp.* For both genders, their respective control and bio-treated materials achieved degrees of delignification as proposed, but with different active alkali loads. The bio-treated materials of both genders presented a lower demand of active alkali for cooking with an application of 20.8% of active alkali for bio-treated material of *Eucalyptus sp* in relation to the 21% of the control, while the bio-treated material of *Pinus sp* presented 21.1% compared to the 22% of the control, that is, there was a lower consumption of applied reagents, positive result, reaching one of the proposed objectives. There was a significant increase in gross yield values for the genus *Eucalyptus sp*, from the control material of 48.29% to the bio-treated material of 50.26%, while for *Pinus sp* there was no statistical difference, with a value of 53.29% for the control and 52.74 % for the bio-treated material, but the treatments maintained values within the expected for genus. In the paper properties, in the case of the *Eucalyptus sp* bio-treated material, the paper strength results were better compared to the control, whereas for *Pinus sp*, the control paper properties were better than the bio-treated. The results showed that the fungus *Phellinus linteus* (Berk. and Curt.), presents potential for the biopulping process, with use in both types of wood, due to its degrading action, positive results were obtained from lower consumption of reagents and benefits in the yield and quality of the paper.

Keywords: Biotreatment, Fungi, Kappa Number, Pulping, Wood Genres.



TERMO DE APROVAÇÃO

POTENCIAL DO FUNGO *Phellinus linteus* (BERK. E CURT.) PARA BIOPOLPAÇÃO EM MADEIRAS DE *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*

Por

CINTIA GONÇALVES ESCOBAR

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 03 de dezembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dra. Flávia Alves Pereira/ Prof.^a Dra. Andréia Anschau

Prof.^a Dra. Paula Fernandes Montanher

Caliandra Bernardi

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 CONSTITUINTES DA MADEIRA.....	11
3.1.1 Celulose	11
3.1.2 hemiceluloses	13
3.1.3 Lignina.....	13
3.1.4 Extrativos.....	14
3.2 CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA DE <i>Pinus sp.</i> E <i>Eucalyptus sp.</i>	15
3.2.1 <i>Pinus sp.</i>	17
3.2.2 <i>Eucalyptus sp.</i>	18
3.3 POLPA CELULÓSICA.....	18
3.3.1 Polpa	20
3.3.2 Processo Kraft	20
3.3.2.1 Parâmetros do Processo Kraft.....	20
3.3.3 Papel	20
3.4 BIODEGRADADORES DA MADEIRA.....	21
3.4.1 Fungos Degradadores da Madeira.....	23
3.4.2 Podridão Parda.....	24
3.4.3 Podridão mole.....	24
3.4.4 Podridão Branca	24
3.4.5 <i>Phellinus linteus</i> (Berk. e Curt.).....	23
3.5 BIOPOLPAÇÃO.....	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 OBTENÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E PREPARO DOS CAVACOS.....	26
4.2 FUNGO E PREPARO DO INÓCULO.....	27

4.2.1 Inoculação.....	27
4.3 BIOTRATAMENTO FÚNGICO.....	27
4.4 LIMPEZA DOS MATERIAIS.....	28
4.5 PROPIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA.....	28
4.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA.....	30
4.6.1 Determinação do Teor de Extrativos	31
4.6.2 Teor de Lignina Total - Lignina Insolúvel e Solúvel.	32
4.6.3 Holocelulose	33
4.6.4 Solubilidade em NaOH a 1%.....	34
4.6.5 Solubilidade em Água Quente.....	34
4.6.6 Teor de cinzas.....	34
4.7 PROCESSO DE COZIMENTOS KRAFT.....	35
4.8. CONFECÇÕES DO PAPEL.....	37
4.8.1. Propriedades de Resistência do Papel.....	38
4.9 ANÁLISE ESTÁTISTICA.....	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA.....	41
5.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA.....	43
5.2.1 Lignina total e holocelulose.....	46
5.3 POLPAÇÃO.....	48
5.4 PROPRIEDADES DO PAPEL.....	51
6. CONCLUSÕES.....	56
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

1 INTRODUÇÃO

A biotecnologia compreende toda tecnologia de produção industrial que utiliza de seres vivos ou partes funcionais isoladas desses (até o nível de biomoléculas complexas), como principais reagentes e/ou catalisadores de processos (CARVALHO, 1996). Esta é empregada em diversos setores industriais com múltiplas finalidades, como na área alimentícia, farmacêutica, da saúde e de papel e celulose.

Entre os seres vivos com potencial de estudo e aplicação dentro da biotecnologia encontram-se os fungos. Segundo Espocito e Azevedo (2010) estes constituem um grupo responsável pela produção de importantes ácidos orgânicos, como o ácido cítrico, além da produção de enzimas de interesse industrial e de elevado valor econômico, tais como: celulases; lacases; xilanases; pectinases e amilases.

Os fungos são agentes passíveis de alterações químicas de diversos substratos, entre elas, sua capacidade de despolimerização seletiva de alguns componentes primários da madeira. Os denominados fungos de podridão branca, por exemplo, possuem espécimes que degradam seletivamente a substância macromolecular lignina, sem prejuízos significativos a celulose e hemiceluloses. Segundo Salvi (2011) os fungos basidiomicetos causadores de podridão branca são os únicos organismos capazes de converter lignina em CO₂ e água (H₂O), por isso, são muito utilizados em processos biotecnológicos.

Entre os fungos de podridão branca o *Phanerochaete chrysosporium* se destaca por sua capacidade de produção de enzimas extracelulares degradativas da madeira, porém outros grupos também já vêm sendo estudados como *Ganoderma applanatum*, *Trametes versicolor*, *Ceriporiopsis subvermispora*, *Pleurotus*, *Agrocybe* e *Phellinus* (Foelkel, 2013). Estes organismos fúngicos, bem como seus sistemas degradativos, tem sido intensamente estudados em razão do elevado potencial de utilização em aplicações biotecnológicas, como na biodegradação de compostos xenobióticos, biorremediação de solos, biopolpação de madeira e biobranqueamento de polpas celulósicas (ARANTES; MILAGRES, 2009).

Segundo Ribeset al. (2018) a biopolpação apresenta-se como uma alternativa de produção na indústria de papel e celulose, visando à redução das cargas de poluentes. Foelkel (2013) determina biopolpação como um pré-tratamento com a finalidade de “amolecer” as ligações entre lignina, carboidratos e extrativos na matriz lignocelulósica, facilitando a polpação subsequente.

A biopolpação é direcionada à produção de polpas para fabricação de papel visando a menor demanda de energia para o desfibramento ou refinação, e economia de produtos químicos, com melhorias nas propriedades de resistência (FERRAZ, 2007).

No Brasil, a polpação Kraft ou sulfato é a mais empregada, e utiliza a combinação de dois reagentes químicos, o hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S) (CASTRO, 2009). Como resultado, tem-se a dissolução da lignina e a liberação dos elementos fibrosos.

Em 2018, o Brasil se consolidou como o segundo maior produtor mundial de polpa celulósica, atrás apenas dos Estados Unidos da América (EUA). Foram produzidas, considerando o processo químico – tanto fibra curta (*Eucalyptus*) como longa (*Pinus*) – e a pasta de alto rendimento, 21,1 milhões de toneladas, um crescimento de 8,0% frente 2017. O volume exportado atingiu 14,7 milhões de toneladas, representando um incremento de 11,5% em relação ao ano anterior. Já o volume consumido no mercado interno atingiu 6,5 milhões de toneladas, com importação de 180 mil toneladas (IBÁ, 2019).

Diante deste cenário favorável dentro desse setor, buscam-se melhorar a eficiência de todos os processos, em especial os que afetam o rendimento e as propriedades do papel, além de se aplicar tecnologias com menos danos ambientais. Assim, a utilização do processo de biopolpação pode representar para as indústrias do setor de papel e celulose um aumento na eficiência e rendimento do processo químico de polpação empregado, bem como, melhorar as propriedades do papel.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial do fungo da espécie *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) no processo de biopolpação em madeiras de *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar teor de umidade e densidade básica dos cavacos;
- Caracterizar quimicamente as madeiras quanto ao teor de extrativos totais, solubilidade em água quente, solubilidade em NaOH 1%, teor de cinzas, teores de lignina solúvel e insolúvel e holocelulose;
- Produzir polpa celulósica não branqueada pelo processo Kraft convencional, variando-se a carga de álcali ativo visando valores de número Kappa objetivos diferentes para os dois gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*
- Produção de papel e determinação de propriedades de resistência mecânica do papel: resistência à tração, resistência ao rasgo, resistência ao estouro.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONSTITUINTES DA MADEIRA

A madeira tem uma estrutura complexa e é responsável em parte pela determinação das propriedades mecânicas e físicas dos produtos advindos desta, incluindo a polpa (Kraft e mecânica) e madeira serrada (EK; GELLERSTEDT; HENRIKSSON, 2009).

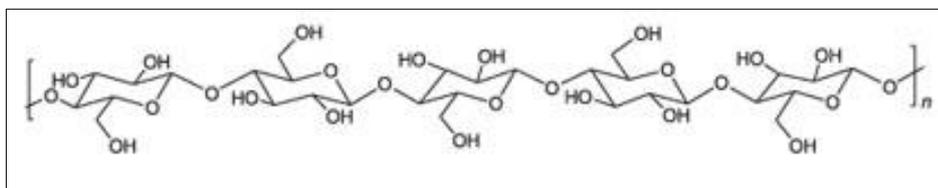
Segundo Gomide, Fantuzzi Neto e Regazzi (2010), na produção de polpa celulósica, os estudos de caracterização da qualidade da madeira envolvem a sua constituição química, suas características estruturais anatômicas e, também de grande importância, as características tecnológicas da transformação da madeira em polpa celulósica.

A madeira é composta por vários polímeros orgânicos e seus principais constituintes químicos são a celulose, hemicelulose e lignina. Em menores proporções, encontram-se outras substâncias poliméricas como amido, proteínas e substâncias pécnicas, além de pequenas quantidades de material sem função estrutural e geralmente solúvel em água e solventes orgânicos neutros, como os extrativos (BORÉM et al., 2007).

3.1.1 Celulose

A celulose é um polímero formado por unidades monoméricas básicas de beta- D-glicose (Figura 1), que se liga sucessivamente, por meio de uma ligação glicosídica na configuração beta, entre o átomo de carbono 1 e o átomo de carbono 4 de unidades adjacentes, para formar uma longa cadeia de 1,4- β -glicana (MANO; MENDES, 2013).

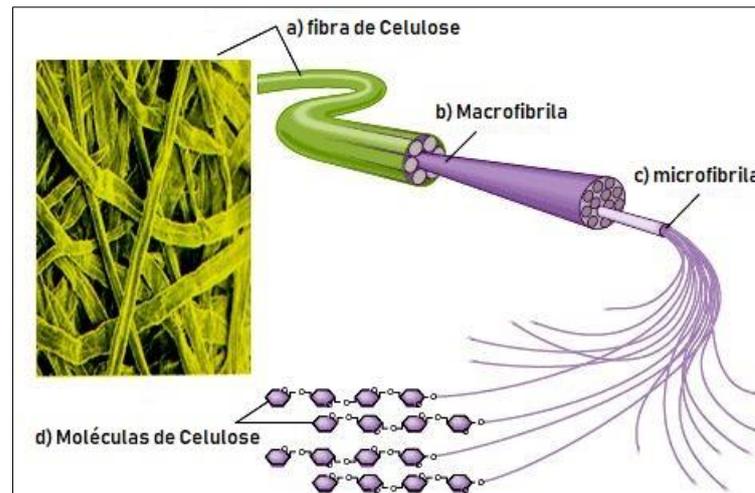
Figura 1: Representação esquemática da molécula de celulose.



Fonte: Santos et al., (2012).

Cerca de 30 a 100 moléculas de celulose alinham-se paralelamente formando as microfibrilas (Figura 2). A íntima associação entre as microfibrilas resulta em fibras rígidas, insolúveis e cristalinas, embora a cristalinidade seja frequentemente interrompida por regiões menos ordenadas, denominada amorfa (FENGEL; WEGENER, 1989).

Figura 2: Estrutura supramolecular da celulose: a) fibra de celulose, (b) Macrofibrila, (c) Microfibrila, (d) Moléculas de Celulose.



Fonte: Egal (2007).

A celulose é uma substância naturalmente presente nos vegetais, dos quais é obtida por processos e tecnologias específicas. Essa substância caracteriza-se como um importante componente das células vegetais que é usualmente chamada de fibra, base para a produção de papel (AZZOLINI; FABRO, 2012).

Principal constituinte da madeira, a celulose compõe a maior parte dos tecidos vegetais tanto em gimnospermas quanto em angiospermas e, sua estrutura molecular, está sempre associada à lignina e a hemicelulose em formas de fibras. Possui características de alta resistência à tração e é insolúvel em álcalis diluídos, água, ácidos e solventes orgânicos neutros, tornando-a a principal matéria prima nas indústrias de celulose e papel (FOELKEL, 1977).

3.1.2 hemiceluloses

A hemicelulose é um polissacarídeo que contém pelo menos dois tipos de monossacarídeos em sua estrutura primária, as hexoses e pentoses e, em alguns casos, contendo adicionalmente ácidos urônicos. São constituídos por cadeias poliméricas menores que as da celulose, embora exerçam função estrutural análoga (FENGEL; WEGENER, 1989).

Também denominadas polioses essas são compostas pelos açúcares: glicose; manose e galactose (hexoses) e xilose e arabinose (pentoses), podendo ainda apresentar quantidades variáveis de ácidos urônicos e desoxi-hexoses em alguns tipos de madeira. O teor de polioses também é bastante versátil em diferentes tipos de materiais lignocelulósicos, mas pode-se admitir um valor médio de cerca de 20% (LIMA et al., 2001).

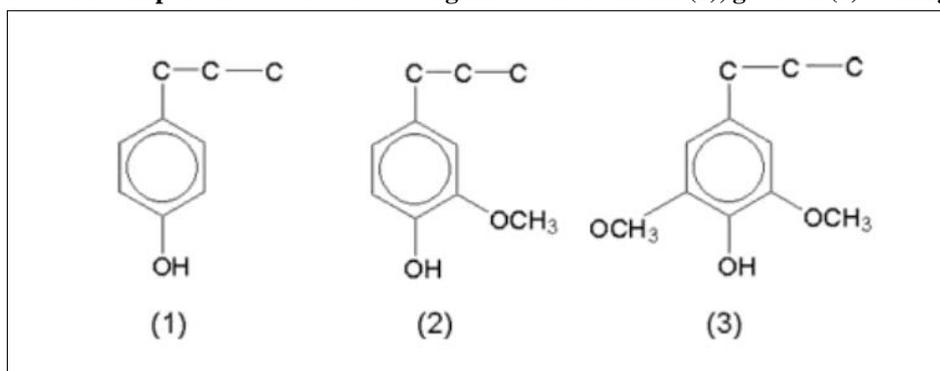
Segundo Klock e Andrade (2013) as polioses não apresentam cristalinidade e possui baixa massa molecular, configuração irregular e ramificada, facilitando a absorção de água. Isso contribui para o intumescimento, mobilidade interna e aumento da flexibilidade das fibras. A hemicelulose apresenta grande importância, principalmente em função das propriedades das fibras de pastas celulósicas e no processo de formação de folhas e sua secagem.

3.1.3 Lignina

Segundo Castro (2009), a lignina é um material polifenólico constituído de unidades fenil-propanas (C6-C3). Diferencia-se da celulose por não possuir estrutura cristalina. É considerada uma estrutura amorfa, que provém da polimerização dehidrogenativa (iniciada por enzimas) dos seguintes precursores primários: álcool trans-coniferílico, álcool trans-sinapílico e álcool trans-para-cumárico.

A estrutura básica da lignina é classificada em apenas dois componentes: uma parte aromática e outra é a cadeia C3. O único local de reação utilizável na lignina é o grupo OH, que é o caso dos grupos hidroxila fenólicos e alcoólicos. A lignina consiste de estruturas de 4-hidroxifenil (1), guaiacil (2) e siringil (3) ligadas a átomos de carbono em unidades de fenilpropanóides (ABE; DUŠEK; KOBAYASHI, 2010). Estas são apresentadas na Figura 3.

Figura 3: Três importantes estruturas da lignina: 4-hidroxifenil (1), guaiacil (2) e siringil (3).



Fonte: Abe; Dušek e Kobayashi (2009).

Existe uma grande variação de estruturas dentro de diferentes espécies de madeira. O teor de lignina em madeiras nobres é geralmente na faixa de 18-25%, enquanto que em madeiras moles varia entre 25 e 35%. (ROWELL et al. 2005). A lignina apresenta-se altamente condensada nas madeiras de coníferas sendo sua concentração alta na parede secundária (pelo menos 70% de lignina). Já nas folhosas se tem maior concentração na lamela média (BORÉM et al. 2007).

Na produção de celulose pelo processo químico, a lignina como segundo componente da madeira, é considerada indesejável em termos quantitativos. Durante o processo de cozimento e branqueamento, o objetivo é retirá-la sem causar danos às fibras. Após as operações de conversão, se ainda apresentar altos teores de lignina restante na celulose, isso colabora para que a fibra se torne mais rígida produzindo papéis de baixa resistência e alta opacidade (BARRICHELO; BRITO 1976).

3.1.4 Extrativos

Os extrativos são um grupo de substâncias químicas da parede celular sendo principalmente constituído de gorduras, ácidos graxos, álcoois, fenóis, terpenos, esteroides, ácidos resinosos, resinas, ceras e muitos outros compostos orgânicos menores. Esses compostos se apresentam como monômeros dímeros e polímeros. A maioria dos extrativos em madeiras de coníferas e folhosas estão localizados no cerne, e alguns são responsáveis pela cor, cheiro e durabilidade da madeira (ROWELL et al., 2005).

A concentração de extrativos nas folhas varia de 2 a 3% e pode chegar a 10% em algumas espécies de coníferas. Apesar de presentes em baixa quantidade, os extrativos podem interferir na utilização de um determinado processo do setor de papel e celulose (AREA, 2008).

Segundo Sarto e Sansigolo (2010), diversos extrativos reagem com os agentes químicos do licor de cozimento, resultando no aumento do consumo de reagentes. Esta influência ocorre de forma mais expressiva no processo de produção de pastas celulósicas alcalinas (Kraft e soda), pela reação do hidróxido de sódio combinado com vários tipos de extrativos, tais como, os ácidos resinosos, as gorduras e os polifenóis. Certos extrativos podem tornar a pasta celulósica mais escura e mais difícil de ser branqueada ou impermeável após a secagem.

3.2 CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA DE *Pinus sp.* E *Eucalyptus sp.*

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores-IBÁ (2015), no Brasil as duas principais fontes de madeira utilizadas para a produção de celulose são árvores de florestas plantadas de *Pinus* e de *Eucalypto*, responsáveis por mais de 98% do volume produzido. Estas produzem dois tipos de celulose: fibra longa, originária de espécies de coníferas como o *Pinus*, e fibra curta, que deriva principalmente do *Eucalypto*.

Segundo Garceau e Chen (1989), as fibras longas distribuem as tensões na rede fibrosa aumentando a resistência, especialmente, ao rasgo. As fibras curtas, por sua vez, preenchem os interstícios da rede fibrosa e contribuem para aumentar a adesão entre as fibras.

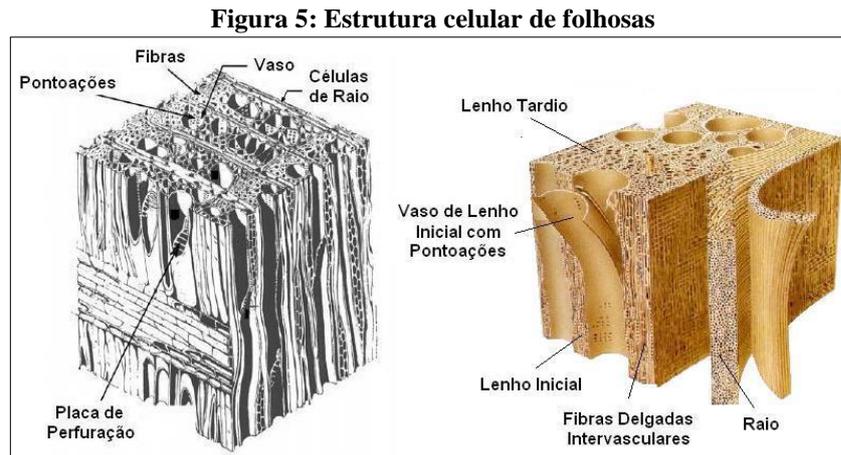
As principais espécies utilizadas na produção de celulose e papel são do gênero *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* Essas possuem madeiras com características anatômicas e químicas diferenciadas, com propriedades distintas na polpa produzida e o papel obtido. (FOELKEL; BARRICHELO, 1975).

3.2.1 *Pinus sp.*

Diversas espécies do gênero *Pinus sp.* apresentam excelentes características exigidas como fonte de matéria prima para a fabricação de pasta celulósica para papel, conferindo ao produto final as características desejadas (KRONKA; BERTOLANI; PONCE, 2005).

A organização das células das coníferas é simples e composta principalmente por traqueídeos longitudinais, orientados no sentido do eixo da árvore. Alguns dos seus principais elementos constituintes são: células na direção longitudinal e transversal, células epiteliais, canal resinífero e raio unisseriado (FIGUEROA, 2012). Esses elementos são apresentados na Figura 4.

As madeiras de folhosas são mais avançadas e complexas em sua organização anatômica geral do que as madeiras de coníferas possuem um número maior de diferentes tipos de células do que as madeiras macias, isso inclui vasos, fibras (fibras libriformes e traqueias de fibras) e parênquima (longitudinal e células de raios); (EK; GELLERSTEDT; HENRIKSSON, 2009). Ilustrado na Figura 5 a seguir.



Fonte: Kolmann e Coté (1968).

O lenho do Eucalipto engloba elementos tais como fibras libriformes e fibro-traqueídeos, vasos e células parenquimáticas. Os vasos, quanto ao número e diâmetro, exercem marcante influência na densidade da madeira e na qualidade superficial de papéis de impressão, além de que, a penetração do licor no processo de cozimento depende amplamente da existência de vasos (BARRICHELO; BRITO 1976).

Segundo Foekel (2009), as madeiras de Eucaliptos, nas idades em que são utilizadas para fabricação de celulose Kraft, apresentam muita porosidade, isso porque possuem, relativamente, baixos teores de extrativas e medianas densidades básicas. Se estas propriedades forem elevadas, tanto a densidade quanto a presença de extrativos nos vasos, ocorre a redução da porosidade da madeira dificultando a entrada da quantidade de licor nos cavacos.

Os constituintes anatômicos das madeiras de eucaliptos se arranjam de maneira bastante adequada para o cozimento Kraft, com vasos bem distribuídos e difundidos na seção transversal da madeira. Em volta dos elementos de vaso tem-se o parênquima axial muito bem comunicado a estes, com uma grande quantidade de pontuações, pequenas aberturas nas paredes que intercomunicam as células vegetais (FOELKEL, 2009).

3.3 POLPA CELULÓSICA

3.3.1 Polpa

A polpa consiste em madeira ou outros materiais lignocelulósicos que foram quebrados fisicamente e/ou quimicamente, de tal forma que, moderadamente as fibras são liberadas e podem ser dispersas em água e reformadas em uma tela. Os processos de polpação se dividem em quatro categorias: química; semiquímica; química-mecânica e polpação mecânica (BIERMANN, 1996).

Segundo Area (2008), têm-se diferentes processos de polpação que originam polpas celulósicas com propriedades específicas e conseqüentemente produtos distintos, como descritos a seguir:

- polpa mecânica: resistências físicas reduzidas, baixo custo, boa capacidade de impressão, alta opacidade. Usos: papel jornal, papel de impressão de segunda, papéis absorventes (guardanapos, toalhas, higiênicos, outros) e papelão;

- polpa semiquímica: características bastante variáveis de processo para processo. Usos: papelão corrugado, papel jornal, papéis absorventes, papel para impressão, escrita e desenho;

- polpa sulfato/Kraft: escura, opaca, alta resistência. Usos: não branqueada: papéis, papelões, cartões para embalagens e revestimento/ branqueada: papéis de primeira para embalagens e impressão;

- polpa sulfito: mais transparente que a sulfato e menos resistente que esta. Usos: papéis para escrita, impressão, outros.

Em escala mundial, as polpas são produzidas, predominantemente, por processos químicos de polpação. Na polpação química, a lignina é degradada e dissolvida através de reações químicas a temperaturas elevadas (130 –170°C). As principais técnicas comerciais de polpação química compreendem os processos sulfato ou Kraft, sulfito e a soda (SIXTA, 2006).

3.3.2 Processo Kraft

No Brasil, o processo Kraft é o dominante na produção de celulose por apresentar cozimento contínuo (CORREIA, 2010). Sua função é dissolver a lignina, agente ligante das fibras na madeira, com o objetivo de liberar as fibras com o mínimo de degradação dos carboidratos (celulose e hemicelulose) (D'ALMEIDA, 1988).

O licor de cozimento, também denominado “licor branco” no processo Kraft, é composto pelo hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S). O NaOH e Na₂S são eletrólitos e, em solução aquosa, dissociam-se, formando os íons Na⁺, OH⁻, HS⁻ e S₂⁻, em que os três últimos íons são os únicos ativos nas reações de polpação (GOMIDE, 1979).

O processo Kraft ocorre em digestores, mantidos a altas pressões e temperaturas. Os produtos químicos utilizados reagem com a lignina, fragmentando-a em substâncias de baixa massa molar, que se solubilizam na solução alcalina e podem ser removidas das fibras por inúmeras etapas de lavagem (SANTOS ET AL. 2001).

Segundo Castro (2009), o cozimento ou digestão da madeira ocorre em vasos de pressão, conhecidos como cozedor ou digestor que pode ser feito de duas formas: em regime de batelada (descontínuo) ou contínuo. No processo de cozimento descontínuo, a partir de um programa pré-determinado, a temperatura é elevada gradualmente, durante 50 a 90 min, até atingir um determinado valor (geralmente 170°C), sendo mantido durante certo período de tempo.

Após o processo de cozimento a massa celulósica é transferida para o processo de depuração, que, por processo mecânico, separa os materiais estranhos às fibras, como nos de madeira e pequenos palitos. O material ideal é transferido para os filtros lavadores, que tem por finalidade lavar a massa, separando todos os solúveis das fibras de celulose. A celulose é então, encaminhada para o branqueamento ou então, para fabricação de papel Kraft. O filtrado recebe o nome de licor negro e é transferido para o sistema de recuperação (CASTRO, 2009).

Entre as vantagens do processo Kraft sobre os demais, citam-se a adaptação a praticamente todos os tipos de madeira, produção de polpas de alta qualidade com excelentes propriedades de resistência e um eficiente sistema de recuperação de reagentes químicos e energia (GOMIDE et al., 1980).

De forma geral, as empresas buscam uma variação mínima no processo e na qualidade da polpa, controlando rigorosamente as variáveis de polpação. Desta maneira, obtém-se um produto homogêneo, com qualidade compatível com as especificações finais, delimitadas pelos testes de resistência do papel (SAMISTRARO et al. 2009).

3.3.2.1 Parâmetros do Processo Kraft

No processo de cozimento Kraft tem-se variáveis de importância, entre elas: Espécies de madeira (embora todas as espécies possam ser descascadas) e geometria de cavacos; relação entre o álcali efetivo e o peso da madeira; concentração de álcali e licor efetivo: madeira; sulfidez; Fator H (é uma função do tempo de cozimento e temperatura) (BIERMANN, 1996).

Os cavacos devem ser produzidos com dimensões favoráveis ao processo, pois quando adequadamente preparados, cumprem uma importante etapa na produção de celulose Kraft (Foekel, 2009).

O fator H é uma variável do processo de polpação que exprime a relação entre a temperatura e o tempo de cozimento em uma única variável, indicando a extensão da reação. Embora temperaturas diferentes possam ser usadas, o grau de cozimento pode ser estimado com precisão por este método, desde que outras variáveis, como álcali ativo, sulfidez e a razão licor para madeira, permaneçam constantes (BIERMANN, 1996).

3.3.3 Papel

Segundo Biermann (1996), o papel consiste de uma teia de fibras de celulose (normalmente de madeira), feito a partir de uma pasta aquosa em um fio ou tela, que são mantidos unidos por ligação de hidrogênio. Os passos básicos para a produção do papel são os mesmos para os feitos a mão ou a máquina sendo estes:

- Formação (aplicação da polpa celulósica sobre uma tela);
- Drenagem (remoção inicial da água através de escoamento por gravidade ou uma diferença de pressão);
- Consolidação (compactação do colchão de polpa celulósica);
- Secagem (remoção da água através do contato com superfícies aquecidas).

Segundo Sanjuan (1997 apud SAMISTRARO et al., 2009) entre as variáveis que mais influenciam a qualidade do papel produzido estão o comprimento das fibras, a espessura da parede celular, os danos físicos durante o processo de refinação e danos químicos durante o processo de polpação e deslignificação.

As propriedades físicas avaliadas no papel sofrem influência de diversos fatores, dentre eles, a gramatura, a pressão exercida na formação das folhas, o tratamento mecânico aplicado nas fibras (processo de refinação), a adição de outras substâncias no papel, o tipo de fibra utilizada na formação das folhas e o conteúdo de umidade do papel (SCOTT et al., 1995 apud AMPESSAN, 2015).

A avaliação da qualidade do papel é realizada mediante a determinação de parâmetros como: propriedades físicas (gramatura, espessura, umidade, densidade, permeância); resistência (tração, arrebentamento, rasgo, rigidez, resistência à compressão do anel (RCT); resistência à compressão das ondas do papel (CMT) e ópticas (alvura e cor), entre outras,) (BIERMANN, 1996).

3.4 BIODEGRADADORES DA MADEIRA

A madeira pode ser degradada por agentes físicos, químicos, mecânicos e biológicos, sendo estes causados por organismos conhecidos como xilófagos, os quais são compreendidos basicamente por fungos, insetos, moluscos, crustáceos e bactérias (MORESCHI, 2013).

A biodegradação de materiais lignocelulósicos, como a madeira, é um processo natural de reciclagem de matéria orgânica e o entendimento deste processo contribui com a compreensão do ciclo natural do carbono, que tem início na biossíntese dos seus constituintes, em decorrência da decomposição causada principalmente por fungos (ARANTES; MILAGRES, 2009).

3.4.1 Fungos Degradadores da Madeira

Os fungos são organismos eucariontes, com estrutura somática unicelular (leveduriforme) ou multicelular (filamentosa), haploides (homo ou heterocarióticos) na maior parte do seu ciclo de vida, heterotróficos com nutrição absorptiva e reserva energética de glicogênio. Os filamentos são conhecidos como hifas e são rodeadas por paredes celulares de quitina. Geralmente, reproduzem-se assexuada e sexuadamente, principalmente por esporos (SANTOS; HORTA JUNIOR, 2015).

Os fungos se desenvolvem com rapidez e ocorrem em praticamente quase todos os nichos ecológicos onde ela é utilizada. O mesmo não acontece com outros tipos de agentes xilófagos, por necessitarem de condições mais específicas para a utilização da madeira ou de seus constituintes como fonte de alimento (MORESCHI; 2013).

Segundo CARVALHO (2009), na natureza, os microrganismos mais eficientes na biodegradação da madeira são os fungos. Para se estabilizar estes inicialmente, penetram o lúmen da célula vegetal através da hifa fúngica. Assim, o fungo promove uma intensa secreção de metabólitos extracelulares, especialmente enzimas, que levam à conversão dos componentes da parede celular vegetal (celulose, hemicelulose e lignina) em moléculas menores, as quais podem ser transportadas através da membrana plasmática fúngica e adentrar o metabolismo intracelular.

Pelo tipo de degradação causada, ou seja, pelo tipo de interação do agente na estrutura da madeira, podem-se definir três tipos de fungos: de podridão parda, podridão branca e podridão mole.

3.4.2 Podridão Parda

A madeira atacada por fungos causadores de podridão parda, quando seca, apresenta o aspecto levemente queimado. Essa mudança se deve a contínua deterioração da celulose e da hemicelulose, ficando a lignina praticamente intacta, mantendo a estrutura original da madeira, enquanto o material se encontra no estado úmido (MORESCHI, 2013).

O fungo de podridão parda ataca, principalmente, as frações de moléculas de celulose e hemicelulose e modificam a lignina residual, provocando perdas de densidade em cerca de 70% (ANAGNOST, 2011).

3.4.3 Podridão mole

Os fungos da podridão mole crescem na madeira em ambientes úmidos. São os fungos de degradação característicos de postes de vedação ou telegráficos, esquadrias de madeira, madeiras de torres de resfriamento ou madeiras em ambientes marinhos. Eles têm um modo de ataque relativamente simples à madeira. As hifas crescem no lúmen das células lenhosas individuais, geralmente depois de entrarem em contato com o lúmen das células lenhosas individuais. Crescem através da fina camada terciária S3, revestida de lignina da parede, para obter acesso à camada secundária S2, rica em celulose (SRIVASTAVA; KUMAR; SINGH, 2013).

O ataque por fungos causadores de podridão mole é restringido à superfície da madeira, dificilmente penetrando mais que 2 centímetros de profundidade. Entretanto, a parte sadia sob a região atacada, pode ser facilmente exposta e prontamente deteriorada, pela fácil remoção mecânica do material atacado (MORESCHI, 2013).

3.4.4 Podridão Branca

Basidiomicetos e ascomicetos são os principais causadores de podridão branca na madeira. A maioria destes fungos degrada tanto a lignina quanto a celulose, entretanto, alguns removem a lignina seletivamente (Pinto, 2006).

A podridão branca causada principalmente por fungos basidiomicetos afeta a todos os principais componentes: celulose, hemicelulose e lignina, com preferência para as madeiras de espécies folhosas (angiospermas). Este tipo de podridão é a de maior interesse para biopolpação, em especial, aos fungos que apresentam comportamento mais seletivo, degradando a lignina e deixando as cadeias polissacarídicas quase inalteradas (AREA, 2008).

Segundo Area (2008), a principal conclusão a se extrair deste processo natural é a possibilidade de os fungos de podridão branca degradar a lignina. Porém deve-se atentar a questão da seletividade de modo que as estruturas da celulose não sejam danificadas e permitir o uso do papel. Por isso, é importante diferenciar entre fungos de podridão branca, os que degradam tanto a celulose como a lignina, como a *Phanerochaete chrysosporium* e os outros que preferencialmente degradam a lignina.

Entre os fungos que podem degradar seletivamente a lignina se encontram as espécies dos gêneros *Pleurotus*, *Ganoderma*, *Phellinus* e *Inonotus* (González et al., 2005). A Figura 6 apresenta os diferentes estágios de degradação da madeira sob ataque de podridão branca.

Figura 6: Madeiras em diferentes estágios de podridão branca.



Fonte: García (2015).

3.4.5 *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.)

O fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.), Aoshima ("meshimakobu" em japonês) tem sido usado na medicina tradicional oriental no Japão, China, Coreia e outros países asiáticos para o tratamento de várias doenças, incluindo desordem gastroentérica, doença linfática e vários tipos de câncer (CHO et al. 2002; LEE et al., 2005).

Phellinus linteus (Berk. e Curt.), é um fungo de cor amarelo-laranja que cresce em amoreiras e pertencente à família Hymenochaetaceae (KIM et al. 2004). Em seu trabalho, Techaoei et al. (2017), atesta a descoberta de que a espécie *Phellinus linteus* (Berk. & M.A. Curtis) possui poderosa atividade microbiana, ao qual a partir de seu extrato etanólico, apresentou significativa inibição a outros micro-organismos como *Candida albicans* e *Staphylococcus aureus*.

Lee et al. (2015) verificaram que a espécie *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) produz diversas substâncias bioativas, especialmente antioxidantes e que o seu caldo é utilizado como ingrediente em antioxidantes para fazer bebidas funcionais e cosméticos na Coreia.

Srivilai et al. (2013), estudaram a espécie *P. linteus* do Camboja, e atestaram que o fungo secretou enzimas hidrolíticas para decompor componentes da madeira. As análises se basearam em dois tipos diferentes de fungos da espécie, os monocarítonos e dicários que são variações genéticas cromossômicas da espécie. Os autores concluíram que *Phellinus linteus* monocarítonos do Camboja formam um micélio apropriado para a degradação da madeira, visando processos industriais de papel e tecnologia enzimática devido ao seu crescimento lento e fácil manejo, além de não terem produzido pigmentos escuros advindos do corpo de frutificação. A Figura 7 ilustra um corpo de frutificação da espécie.

Figura 7: Corpo frutífero da espécie *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.).



Fonte: Medicalmushrooms (2018).

3.5 BIOPOLPAÇÃO

A biopolpação é o pré-tratamento fúngico de cavacos de madeira, configurado como um processo de fermentação de estado sólido, para a produção de polpas mecânicas ou químicas. O seu princípio se baseia na capacidade de alguns fungos de degradação da madeira do tipo podridão branca se desenvolverem na madeira e degradar seletivamente a lignina (Ferraz, 2007).

Kang et al. (2007), estudaram métodos para avaliar a atividade fúngica e o padrão de crescimento de fungos de podridão branca, visando o pré-tratamento bem-sucedido da madeira. Os autores verificaram que o fungo *Phanerochaete chrysosporium* apresentou excelentes capacidades de colonização e deslignificação em uma variedade de madeiras, tanto coníferas quanto folhosas, constatando sua eficácia no processo.

Estudos relatam que o pré-tratamento fúngico utilizando processos biomecânicos de polpação, resulta em economias significativas de energia durante a polpação mecânica no desfibramento, tendo pouca perda de peso de cavacos (<5%) (LEATHAM; MYERS; WEGNER, 1990).

Salazar et al. (2012), obtiveram bons resultados com polpa apresentando semelhante ou maior rendimento que as produzidas de forma convencional e com menor número Kappa, estes concluíram que os resultados obtidos mostraram que o pré-tratamento fúngico usando *Ceriporiopsis subvermispora* é uma potencial ferramenta biotecnológica para aumentar a produção de celulose.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 OBTENÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E PREPARO DOS CAVACOS.

O material utilizado neste estudo foi fornecido por uma empresa privada que atua no setor de Papel e Celulose. Os cavacos doados foram dos gêneros *Pinus sp.*, e *Eucalyptus sp.*, os quais foram levados para o laboratório de Tecnologia da Madeira, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Dois Vizinhos – PR. Estes foram classificados manualmente e visualmente, levando em consideração parâmetros como tamanho e uniformidade, mantendo um padrão de seleção. Após a classificação dos cavacos, estes foram imersos em água por aproximadamente 36 horas, e depois drenados para retirada do excesso de água.

O material foi dividido em porções de aproximadamente 1,200 Kg úmidos, e colocados em sacos de polietileno de alta densidade de 20 litros que, posteriormente, passaram por processo de tinalização (três sessões de autoclavagem a 121°C, durante 30 minutos) para eliminar esporos altamente resistentes ao calor (Figura 8). Um dia antes da inoculação, esse material foi imerso em uma solução de extrato de levedura e calcário, por um período de aproximadamente 12 horas e dividido em porções de 1,260 Kg. Os sacos foram autoclavados a 121 °C por 30 min.

Figura 8: a) Cavacos de *Pinus* em sacos de autoclave; b) Cavacos de *Eucalyptus* em sacos de Autoclave; c) e d) Imersão de cavacos de *Pinus* em solução de extrato de levedura e calcário.



Fonte: Autor (2019)

4.2 FUNGO E PREPARO DO INÓCULO

Os isolados da espécie *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.), foram obtidos por uma Instituição de Pesquisa. Os processos de manutenção, repicagem e inoculação do fungo foram feitos no Laboratório de Bioprocessos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos –PR. O fungo foi reativado em placas de petri contendo meio de cultivo batata-dextrose-ágar (BDA), este foi previamente esterilizado em autoclave a 120°C por 15 minutos. As repicagens da espécie estudada foram feitas em câmara de fluxo laminar, aos quais os repiques foram feitos no meio BDA e incubados por 20 dias a $\pm 28^{\circ}\text{C}$ para crescimento e obtenção de culturas puras (Figura 9).

Figura 9: Repiques em meio de cultura BDA do Fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) em câmara de fluxo laminar.



Fonte: Autor (2019)

4.2.1 Inoculação

Dentro da câmara de fluxo laminar foram colocados os sacos que receberiam os inóculos. Determinou-se a partir de embasamento literário (RIBES et.al,2018) e (ARAÚJO,2009) a inoculação 18 discos de 5 mm do fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) para cada saco.

4.3 BIOTRATAMENTO FÚNGICO

Os sacos contendo as amostras foram fechados com uma esponja, para permitir a aeração do meio e amarrados com barbante e fita isolante, esse processo foi realizado dentro do fluxo laminar para minimizar contaminações.

Estes foram acondicionados na sala climatizada do Laboratório de Tecnologia da Madeira, em uma temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade controlada acima do ponto de saturação, durante o período de 54 dias (Figura 10).

Figura 10: a) Inoculação, em câmara de fluxo laminar, dos discos de *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) dentro dos sacos de cavacos; b) Acondicionamento dos mesmos em sala climatizada.



Fonte: Autor (2019).

4.4 LIMPEZA DOS MATERIAIS

O material biotratado foi encaminhado para o laboratório de polpa e papel da Universidade Federal do Paraná (UFPR) – Campus Curitiba. Após o período proposto de biotratamento do material, estes foram retirados dos sacos e lavados com água corrente para retirar os resquícios de material biológico, e passados em uma solução diluída de 100 ml hipoclorito em 1 litro de água, visando à descontaminação do material. Foram mantidos na estufa em uma temperatura de $40 \pm 2^\circ\text{C}$ por um período de 48 horas e depois colocados em sala climatizada, visando à estabilização da umidade do material em um valor ideal de aproximadamente 12%.

4.5 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA

Foram determinadas as propriedades físicas umidade e densidade básica da madeira. A umidade foi determinada de acordo com a norma ABNT (NBR9656), pela seguinte equação (1):

$$(1) \quad TU\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

Em que:

TU % = porcentagem de umidade

m_1 = massa de amostra úmida (g)

m_2 = massa de amostra seca (g)

Para a densidade básica dos cavacos, a cada tratamento foram utilizados aproximadamente 800 g de cavacos divididos em três repetições. As amostras foram pesadas antes e depois de secos em estufa a uma temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até obtenção de peso constante. Os valores de peso seco foram divididos por seus respectivos valores de volume saturado de amostra (Equação 2).

$$(2) \rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}}$$

Em que:

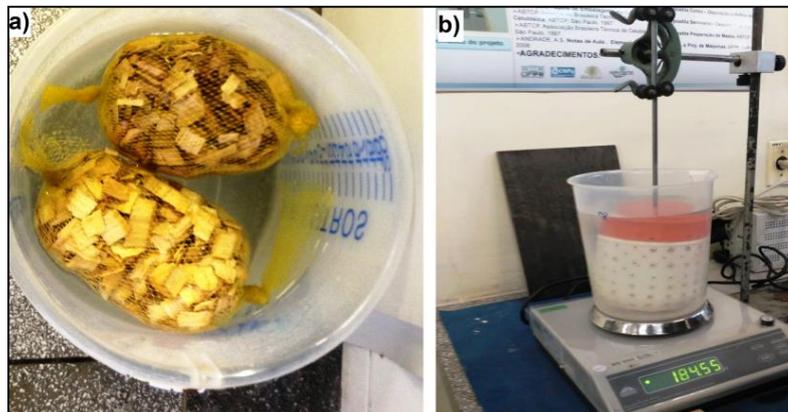
ρ_{bas} - densidade aparente ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)

m_s - massa seca da madeira (g)

V_{sat} - volume da madeira saturada (cm^3)

A densidade básica da madeira foi determinada segundo ABNT NBR 11941:2003. Os valores de densidade foram convertidos e expressos em kilogramas por metro cúbico (kg/m^3) que é a unidade padrão. O teor de umidade da madeira foi determinado pela relação entre a massa de água nela contida e a massa de madeira seca e expressa em porcentagem (Figura 11).

Figura 11: a) Cavacos imersos em água para saturação/ b) Metodologia de determinação de Densidade básica da madeira.



Fonte: Autor (2019).

4.6 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA

Para caracterização química dos cavacos biotratados e testemunhas das madeiras de Pinus e Eucaliptos, foram feitas análises em triplicata por tratamento. Os cavacos foram moídos em moinho de facas tipo Willey e, posteriormente, classificados no conjunto de peneiras de malha n° 16 internacional (fração 40 mesh ASTM) e malha n° 24 internacional (fração 60 mesh ASTM). A serragem utilizada foi a de fração 40/60 (Figura 12).

Figura 12: a) Palitos de madeira; b) moinho Wiley; c) peneiras classificatórias de serragem para obtenção da fração 40/60 Mesh; d) serragem classificada.



Fonte: Autor (2019).

A maioria das análises feitas de caracterização química seguiram as normas estabelecidas pelo órgão TAPPI (Technical Association of Pulp and Paper Industry). A lignina insolúvel em ácido foi determinada segundo Gomide e Demuner (1986). E a lignina Solúvel foi realizada conforme Goldschmid (1971). Estas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Procedimentos para Análise Química da Madeira.

Procedimentos	Normas
Preparo do material para análise	*TAPPI T 264 om-97
Teor de lignina insolúvel	Gomide e Demuner (1986)
Teor de lignina solúvel	Goldschmid (1971).
Teor de extrativos totais	TAPPI T 204 om-97
Solubilidade em NaOH a 1%	TAPPI T 212 om-02
Solubilidade em água quente	TAPPI T 207 cm-99
Teor de cinzas	TAPPI T 211 om-02

Fonte: (Autor, 2019) * Procedimentos da TAPPI - Technical Association of Pulp and Paper Industry.

4.6.1 Determinação do Teor de Extrativos

Este método tem por objetivo determinar o teor total de substâncias extraíveis da madeira (extrativos totais). Aproximadamente 2 g de serragem, por amostra, em triplicata (dos materiais de *Pinus sp.*, e *Eucalyptus sp.* biotratados e controle) foram colocados em cartuchos de extração e estes foram levados para o extrator Soxhlet na bancada de extração (Figura 13). Ocorreram dois processos em sequência de Extração em solventes orgânicos: na primeira etapa, foram adicionados 200 ml da solução 1:2 de etanol-tolueno, em balão volumétrico de fundo chato de 250 ml, que conectado à bancada de extração, esta ficou ligada por um período de 8 horas á partir do primeiro refluxo.

Na segunda extração, foram usados 200 ml de álcool etílico 95%, com um período de extração de 6 horas. Após os processos de extração, os materiais dos cartuchos foram transferidos para erlenmeyers de 1 l e adicionados 500 ml de água destilada a 100 °C, vedados com vidro-relógio. Estes foram levados para o banho-maria por 1 hora a 100 °C. Após, as amostras foram lavadas com 300 ml de água deionizada quente e filtradas em cadinhos filtrantes de vidro com auxílio de bomba de vácuo, que após esta etapa foram colocados em estufas para secar.

Figura 13: Extrator Soxhlet na bancada de Extração



Fonte: Autor (2019)

O teor de extrativos totais foi calculado a partir da Equação 3.

$$(3) \quad Tet = \frac{Pas - (Pac - Pc)}{Pas} \times 100$$

Em que :

T_{Et} - Teor de Extrativos totais (%)

P_{as} - Peso amostra seca (g)

P_{ac} - Peso amostra + cadinho filtrante (g)

P_c - Peso Cadinho Filtrante (g)

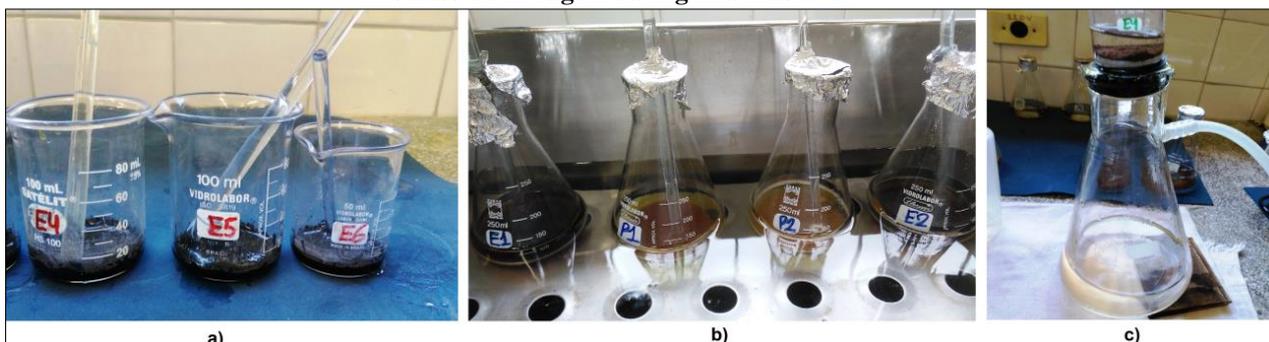
4.6. 2 Teor de Lignina Total - Lignina Insolúvel e Solúvel.

Para a determinação do Teor de lignina insolúvel também denominada lignina de Klason, se utilizou da metodologia de Gomide e Demuner (1986). As amostras foram feitas em triplicatas, pesou-se amostras de aproximadamente 0,3 g da serragem livre de extrativos, obtida no processo anterior. Estas foram inseridas em béqueres de 100 ml e tratadas com 3 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 72%, esta mistura foi levada para o banho-maria, a 30°C por 1 hora.

Após a hidrólise do material, adicionou-se 84 ml de água destilada, diluindo a concentração de H₂SO₄, realizando-se, em seguida, um segundo estágio de hidrólise, por 4 horas, a temperatura de ebulição. Finalizado o processo de hidrólise, os erlenmeyers foram retirados do banho-maria e deixados em repouso para decantação da lignina por 24h aproximadamente. A mistura, então, foi filtrada em cadelhos filtrantes tarados, e com o auxílio de bomba a vácuo e 700 ml de água destilada, foi lavada para remoção do ácido e separação da lignina insolúvel retida nos cadelhos (Figura 14). Após este procedimento, os cadelhos foram levados à estufa a 103 °C.

A fração líquida filtrada foi transferida para um balão volumétrico 1 l ajustando o volume desta alíquota até 1 l. Desta solução, foram retiradas 3 amostras e armazenadas em recipiente para posterior análise deste filtrado. As amostras foram analisadas em espectrofotômetro com comprimentos de onda de 215 nm e 280 nm, conforme equação 5. Uma solução de 3 ml de H₂SO₄ a 72%, diluída em um balão de 1 l, foi usada para a prova em branco (Figura 14).

Figura 14: a) Serragem em hidrólise por H₂SO₄ 72%; b) 2^o etapa de Hidrólise em banho-maria; c) Processo de filtragem da Lignina Insolúvel.



Fonte: Autor (2019).

Os teores de lignina Solúvel e Insolúvel foram determinados pelas seguintes Equações 4 e 5:

$$(4) \text{ Teor de Lignina Klason Insolúvel} = \frac{\text{Peso do Resíduo (g)}}{\text{Peso Inicial da Amostra(g)}} \times 100$$

$$(5) \text{ Teor de Lignina Solúvel} = \frac{(4,53 \times A_{215}) - A_{280}}{(300 \times p)} \times 100$$

Em que:

A₂₁₅ = absorvância obtida no comprimento de onda de 215 nm;

A₂₈₀ = absorvância obtida no comprimento de onda de 280 nm;

P = peso absolutamente seco (g) da amostra utilizada na determinação da Lignina Insolúvel.

4.6. 3 Holocelulose

A Holocelulose foi calculada por meio de um balaço de massa seguindo a seguinte equação 6:

$$(6) \text{ Holocelulose (\%)} = 100 - (\text{Extrativos (\%)} + \text{Lignina (\%)})$$

4.6. 4 Solubilidade em NaOH a 1%.

Esta metodologia visa determinar a solubilidade em NaOH a 1% da madeira, quando reduzida à serragem. Com essa análise, pode-se constatar o grau de ataque da madeira por fungo ou outros agentes de deterioração. Para ambos os grupos *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*, foram feitas amostras em triplicata por tratamento. Foram pesados 2 g de serragem (peso seco em erlenmeyer de 250 ml, adicionando-se 100 ml de NaOH 1%. As amostras foram levadas ao banho-maria com água a 100 °C, durante uma hora. Em intervalos de tempo 10, 15 e 25 min, as amostras foram agitadas com bastões de vidro. Por fim, as amostras foram lavadas com aproximadamente 300 ml de água destilada quente e filtradas em cadinho filtrantes em bomba a vácuo. Após, os cadinhos com a serragem foram levados à estufa para secagem.

4.6. 5 Solubilidade em Água quente

Este método visa determinar a solubilidade de substâncias da madeira em água fria, quando reduzida em serragem. Para ambos os grupos *Pinus sp.* e *Eucalyptus sp.*, foram feitas amostras em triplicata por tratamento. Assim, 2 g de serragem (base seca) foram colocados em erlenmeyers de 250 ml sendo adicionados 100 ml de água destilada. Estes recipientes contendo as amostras foram direcionados ao banho-maria onde ficaram pelo período de 3 horas. Após, as amostras de material (serragem + água), foram uma a uma transferidas para cadinhos filtrantes, lavando-se com pelo menos 100 ml de água destilada, removendo a água com auxílio da bomba de vácuo. Os cadinhos foram levados para estufa até peso constante.

4.6. 6 Teor de cinzas

Para determinação do teor de cinzas das amostras dos grupos, foram calcinados cadinhos de porcelana limpando-os para o experimento. Estes foram incinerados a temperatura de 750°C, em forno mufla por aproximadamente 1 hora. Depois disso foram colocados em dessecador até esfriarem, e assim pesados e tarados para a pesagem da serragem com valor próximo de 2 g, base seca. Estes cadinhos então foram levados a mufla novamente com temperatura de 525°C ± 25°C, por 3 horas até a incineração total do material orgânico. O teor de cinzas foi determinado pela seguinte Equação 7:

$$(7) Tc = \left(\frac{Pac - Pc}{Pas} \right) \times 100$$

Em que:

Tc - Teor de cinzas (%)

Pac - Peso cinzas + cadinho (g)

Pc - Peso cadinho porcelana (g)

Pas - Peso amostra seca (g)

4.7 PROCESSOS DE COZIMENTOS KRAFT

Os cozimentos (Processo Kraft) foram realizados em triplicata por tratamento de um total de 4 tratamentos, 2 por gênero de madeira: Tratamento *Eucalyptus sp.* Testemunha (TET), TEB: Tratamento *Eucalyptus sp.* Biotratado (TEB), Tratamento *Pinus sp.* Testemunha (TPT) e Tratamento *Pinus sp.* Biotratado (TPB).

A partir desta definição e divisão, os cavacos foram submetidos a cozimentos exploratórios pelo processo de polpação Kraft, com diferentes níveis de carga alcalina, para atingir determinados níveis de deslignificação representados pelos números Kappas.

Para a determinação das condições de cozimento aplicadas e dos Kappas objetivos é importante ressaltar que se levaram em consideração as características das madeiras dos gêneros estudados e principalmente a sua utilização no setor industrial. Para o gênero *Eucalyptus sp.* as condições utilizadas foram as normais para produzir uma polpa celulósica que poderia seguir para o branqueamento, já no caso do *Pinus sp.*, levou-se em consideração o seu processo comum que é para fins de produção de papeis mais resistentes, ou seja, possuem finalidades diferentes. Assim, determinou-se dois níveis de deslignificação com Kappas Objetivos, para o gênero *Pinus sp.* (Kappa 65 ± 2) e para o gênero *Eucalyptus sp.* (Kappa 17 ± 2).

Foram feitos 4 cozimentos exploratórios e 2 cozimentos, com as cargas de álcali ajustadas, foram feitos em triplicata por tratamento (biotratado e controle) de cada gênero. Os cálculos de condição de cozimento foram estipulados para cada novo valor de (AA%) álcali ativo proposto e assim determinadas às proporções de água e licor branco (NaOH+Na₂S) que contém os produtos químicos ativos do cozimento, hidróxido de sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S). As proporções de água e álcali foram misturadas aos cavacos (aproximadamente 250 g em base seca), pesados em balança analítica e colocados em cápsulas no digestor para o processo de cozimento. Os cozimentos foram realizados em um digestor rotativo de aço composto de quatro cápsulas, aquecido eletricamente, dotado de controle de tempo e temperatura automática (Figura 14). Levando em consideração os parâmetros descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Condições de Cozimento para *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*

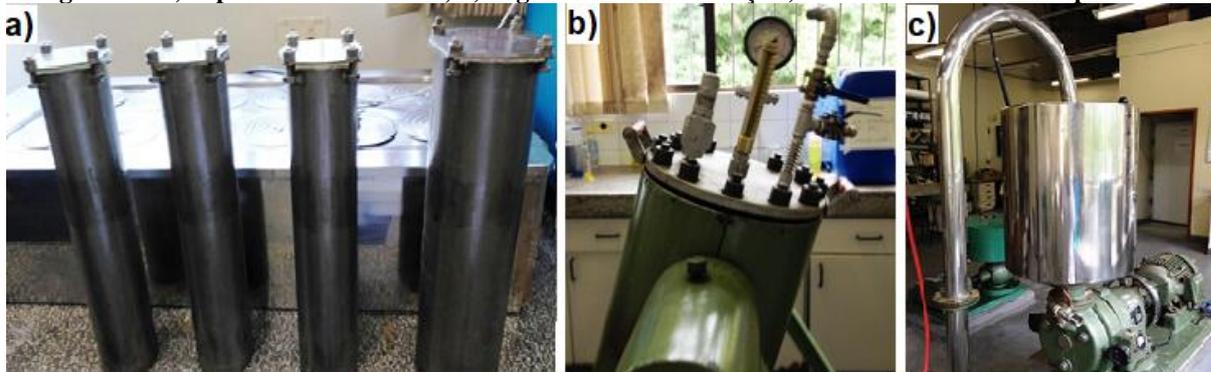
Parâmetros	<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Pinus sp.</i>
Cavacos (g/base seca)	250	250
Relação licor/madeira	4:1	4:1
Álcali ativo (% NaOH)	18 a 22%	18 a 22%
Sulfidez (%)	25%	25%
Fator H	850	1100
Temperatura Máxima (°C)	175	175

Fonte: Autor (2019).

Após os cozimentos, as polpas foram retiradas das cápsulas, lavadas em água à temperatura ambiente, utilizando caixa com tela de aço inox de 150 mesh ao fundo para completa remoção do licor residual. Posteriormente, centrifugadas e pesadas para obter o valor de celulose peso bruto para se realizar cálculo de rendimento bruto, pela relação massa absolutamente seca de polpa celulósica pela massa absolutamente seca de madeira que entrou no digestor.

Em seguida foram passadas em equipamento desfibrador de discos tipo Bauer com capacidade de 80 litros para a individualização das fibras. Por fim, foram centrifugadas e acondicionadas em sacos plásticos para análise posteriores. As polpas foram depuradas em um depurador laboratorial vibratório tipo Brecht & Holl, com fendas de 0,2 mm de abertura para determinação do teor de rejeitos dos materiais que é a relação entre o peso seco dos rejeitos (material retido na peneira com fendas do depurador) e o peso seco da madeira (Figura 14).

Figura 14: a) cápsulas de cozimento; b) Digestor Rotativo de aço c) Desfibrador de discos tipo Bauer.



Fonte: Autor (2019).

O número Kappa de ambos os gêneros de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. foi determinado para controle de deslignificação do processo de polpação e determinação de cargas de álcali ideais, visando à otimização do processo de polpação em relação à porcentagem de reagentes. O número Kappa das amostras foi obtido através da oxidação da lignina residual com permanganato de potássio (KMnO_4) em solução acidificada, seguindo as normas estabelecidas pela TAPPI T236 cm-85.

4.8 CONFECÇÕES DO PAPEL

No processo de formação das folhas foi feito o teste de grau Schopper Riegler ($^{\circ}\text{SR}$) nas polpas, visando analisar a resistência à drenabilidade da suspensão aquosa das pastas produzidas, seguindo a norma TAPPI T-402 om-94 e ISO 5269/2. Esse teste visa analisar a qualidade da fibra e o entrelaçamento da mesma para a formação do papel, quanto maior for o $^{\circ}\text{SR}$, mais refinada está a pasta, resultando em dificuldade de drenagem na mesa plana. Entretanto, ao mesmo tempo em maior resistência física da folha formada; quanto menor for o $^{\circ}\text{SR}$, menos refinada está amostra, facilitando o processo de drenagem.

As folhas foram formadas em um formador do tipo Rapid-Köethen com temperatura de secagem de aproximadamente $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ e pressão aplicada 80 kPa . Por tratamento, foram feitas duplicatas de 6 folhas cada por tratamento não tratado e biotratado, com gramatura de 60 g/m^2 . O material obtido foi acondicionado em câmara climatizada a uma temperatura de $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $50 \pm 2\%$ de umidade relativa. Após a climatização das folhas de papel foram realizados testes físicos e mecânicos. A norma para formação manual de folhas é a TAPPI T 218 sp-02. A seguir se ilustra as 3 etapas para formação das folhas (Figura 15).

Figura 15: Equipamentos utilizados para formação de folhas: 1) Desintegrador; 2 e 3) formador do tipo Rapid-Köethen.

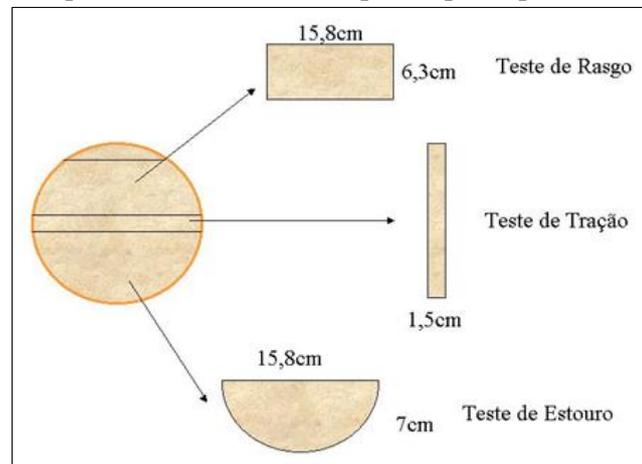


Fonte: Autor (2019)

4.8.1 Propriedades de Resistência do Papel

Corpos-de-prova foram confeccionados com a utilização de guilhotinas com padrões específicos para os cortes (Figura 16).

Figura 16: Esquema da retirada dos corpos-de-prova para ensaios do papel



Fonte: Ensaio (2018).

Depois do corte, os testes foram divididos por ensaios, sendo que para cada teste ou propriedade analisada têm-se um ensaio. Foram analisadas as propriedades de gramatura aparente (g/m^2), Tração (Kgf), Rasgo (gf) e Arrebentamento (Kgf/cm^2).

Para a determinação da Gramatura aparente (medida em massa por unidade de área), foram pesadas seis folhas de cada tratamento. A gramatura foi calculada pela relação entre o peso médio das 6 folhas em gramas e a área do corpo-de-prova em centímetros quadrados. A determinação seguiu as Normas da TAPPI T-410 om-02 e da ABTCP P6: 1996 (Equação 7) a seguir.

$$(7) G = \left(\frac{m}{A} \right) \times 10.000$$

Em que:

G – Gramatura (g/m²)

m- peso médio das 6 folhas (g)

A - Área do corpo-de-prova (cm²)

A propriedade de resistência Tração (Kgf) foi obtida seguindo a norma TAPPI T 494 om-01- “Tensile properties of paper and paperboard”. Através do dinamômetro se obteve o valor da carga de ruptura no ensaio de tração. Utilizaram-se como corpo-de-prova as tiras feitas com medidas de largura padrão de 1,5 cm. Depois, as tiras foram fixadas e presas entre duas garras presentes no aparelho, e se soltava a alavanca que tracionava as tiras.

O Rasgo (gf) foi determinado seguindo a norma TAPPI T 414 om-98. Essa propriedade foi obtida a partir do aparelho chamado Elmendorf que possui um pêndulo que ao movê-lo, traciona as garras no sentido contrário esticando as tiras até ponto de rasgo. A força despendida até o ponto de rasgo é marcada pela escala graduada de 0 a 100 gf, que está fixada no próprio aparelho. Os corpos de prova do ensaio foram os retângulos com medida padrão de (15,8 x 6,3). No total se obteve um ensaio com 10 repetições.

O Arrebentamento (Kgf/cm²) foi determinado seguindo a norma TAPPI T 403 om-15. Foi utilizado o equipamento Muller que permite determinar a resistência no instante do rompimento do corpo de prova, a pressão de estouro é medida por um manômetro acoplado no aparelho. O ensaio tem o objetivo de analisar em uma única folha de papel a pressão máxima suportada até o estouro da mesma que é expressa em quilopascal (kPa). Neste ensaio utilizou-se a metade da folha com dimensões fixas de 15,8 x 7 cm. Foram efetuados 2 testes por folha, um em cada lado do corpo-de-prova.

4.9 ANÁLISE ESTÁTISTICA

Para todas as análises comparativas entre os valores médios obtidos das variáveis analisadas (Propriedades físicas e composição química a madeira, características da Polpa, Número Kappa, Rendimento Bruto e Propriedade do Papel) foram avaliados conforme o delineamento inteiramente casualizado. A análise foi feita por gênero *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* O número de repetições variou em cada resposta, para algumas propriedades específicas como a resistência do papel ao esforço de tração, foram feitas 10 repetições. A comparação de médias das variáveis analisadas em cada gênero foi interpretada estatisticamente pelo método paramétrico análise de variância (ANOVA), utilizando o Pacote de Análise de Dados do Software Microsoft Excel. A comparação entre os tratamentos testemunha e biotratados dos dois gêneros foi feita pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o mesmo software.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de celulose e papel é fortemente influenciada e dependente dos aspectos físicos, químicos e anatômicos da matéria-prima. Estes aspectos são interdependentes, pois dificilmente se consegue alterar uma propriedade sem afetar as demais.

5.1 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

A tabela 3 apresenta os valores médios da densidade básica dos cavacos, nos tratamentos analisados dos gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*

Tabela 3 – Características Físicas dos cavacos, nos tratamentos testemunha e biotratados dos gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*

Gênero - Tratamento	Estatística	Umidade (%)	Densidade básica (Kg/m ³)
Eucalyptus - Testemunha	*Média ± **D.P	11,82 ± 0,12	454,56 ± 4,24 ^a
Eucalyptus - Biotratado	*Média ± **D.P	9,12 ± 0,15	434,00 ± 3,40 ^b
Pinus - Testemunha	*Média ± **D.P	10,56 ± 0,28	350, 87 ± 2,24 ^a
Pinus - Biotratado	*Média ± **D.P	8,90 ± 0,26	324, 62 ± 3,86 ^b

Fonte: (Autor, 2019)

*Comparação de médias dos tratamentos do mesmo gênero: Médias seguidas pela mesma letra, dentro de uma mesma coluna do mesmo gênero, não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

**D.P: desvio padrão.

Os resultados obtidos para a análise do teor de umidade dos materiais testemunha e biotratado dos gêneros *Eucalyptus sp* e *Pinus sp*, se encontraram dentro de uma faixa de umidade comum, ou seja, abaixo de 12% de umidade, esse procedimento tende a evitar a continuidade do desenvolvimento dos fungos além de não interferir nos resultados das outras propriedades analisadas, isso ocorreu tanto para os cavacos quanto para a serragem.

Pelo teste de Tukey a 5% de significância, houve diferença significativa entre os valores médios de densidade básica dos tratamentos comparados. A partir desses resultados é possível verificar que os cavacos biotratados dos dois gêneros apresentaram valores de densidade básica da madeira relativamente menor em relação às suas respectivas testemunhas.

Os valores médios de densidade básica, encontrados para os tratamentos testemunha e biotratado do gênero *Eucalyptus sp.*, diferiram estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5% de significância, com média de 454,56 Kg/m³ para testemunha e 434 Kg/m³ para o material biotratado. Houve uma diminuição do valor da densidade básica do material testemunha para o biotratado. O mesmo foi observado para os tratamentos do gênero *Pinus sp.* em que também houve diferenciação significativa, segundo a estatística das médias, para o material biotratado se obteve um valor médio inferior 324,62 Kg/m³ que o tratamento testemunha 350,87 Kg/m³. Isto pode ter ocorrido em função dos materiais biotratados dos dois gêneros estarem em início do processo de degradação, e os cavacos ficaram em contato com o fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) por apenas 54 dias.

Essa pequena redução observada na densidade média da testemunha para o biotratado pode estar relacionado a alguns componentes químicos como a lignina e os extrativos, pois ao atacar a madeira, o fungo pode degradar alguns componentes macromoleculares.

Cruz (2005) afirma que a degradação dos componentes da madeira, por fungos basidiomicetos, se dá inicialmente através da alteração dos complexos enzimáticos e outros metabólitos de baixa massa molar que promovem a despolimerização de glucanas, polioses e lignina, afetando a densidade da madeira. Entre as propriedades físicas, a densidade básica da madeira é um importante parâmetro, pois influencia diretamente na qualidade de matéria-prima que se terá no processo de produção de polpa e papel.

Esta propriedade, juntamente com o maior volume e rendimento de polpa são as principais características para determinar os custos de produção da celulose (FONSECA et al., 1996). As variações na densidade básica dependem das mudanças na proporção dos vasos e das espessuras das paredes celulares das fibras e o seu aumento é geralmente relacionado com o aumento da espessura da parede celular (SOUZA, 2012).

A densidade básica da madeira está relacionada também a presença de espaços livres da madeira, pois representa as dimensões dos componentes celulares por unidade de volume. Isso interfere diretamente quando se fala do processo de cozimento e produção da polpa, pois, influencia na questão da impregnação do licor de cozimento e a efetividade no processo de deslignificação.

5.2 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA

As propriedades químicas dos tratamentos dos gêneros *Eucalyptus sp* e *Pinus sp* são apresentados na Tabela 4. Para todos os resultados, houve diferença estatisticamente significativa segundo o teste de Tukey a 5% entre os tratamentos do mesmo gênero.

Tabela 4 – Análises das Propriedades Químicas dos tratamentos testemunha e biotratados dos Gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*

Gênero Tratamento	Estatística	Extrativos (%)	NAOH 1% (%)	Água Quente (%)	Cinzas (%)	Lignina Total (%)	Holocelulose (%)
Eucalyptus Testemunha	*Média ±**D.P	2,61 ± 0,17 ^a	10,42 ± 0,20 ^a	2,02 ± 0,06 ^a	0,47 ± 0,02 ^a	24,25 ± 0,20 ^a	73,14 ± 0,18 ^a
Eucalyptus Biotratado	*Média ±**D.P	2,41 ± 0,10 ^b	10,98 ± 0,05 ^b	2,94 ± 0,18 ^b	0,71 ± 0,02 ^b	22,93 ± 0,58 ^b	76,74 ± 0,58 ^b
Pinus Testemunha	*Média ±**D.P	4,02 ± 0,231 ^a	8,90 ± 0,24 ^a	3,73 ± 0,13 ^a	0,38 ± 0,01 ^a	27,11 ± 0,22 ^a	68,87 ± 0,44 ^a
Pinus Biotratado	*Média ±**D.P	3,02 ± 0,16 ^b	8,52 ± 0,15 ^b	3,29 ± 0,22 ^b	0,51 ± 0,01 ^b	26,28 ± 0,13 ^b	73,40 ± 0,14 ^b

Fonte: (Autor, 2019)

*Comparação de médias dos tratamentos do mesmo gênero: Médias seguidas pela mesma letra, dentro de uma mesma coluna do mesmo gênero, não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

**D.P: desvio padrão.

A testemunha e biotratado do gênero *Eucalyptus sp.* diferiram entre os tratamentos, para o teor de extrativos, apresentando 2,61% para a testemunha e 2,41% para o material biotratado, respectivamente. Já para o gênero *Pinus sp.*, os valores médios foram 4,02% tratamento testemunha e 3,02% para o tratamento biotratado, também apresentando diferença estatisticamente significativa entre as médias ao nível de 5% de significância. Em ambos os gêneros, o tratamento biotratado apresentou percentual de extrativos total menor do que o tratamento testemunha. Isso aponta uma possível remoção de extrativos da madeira por parte do fungo *Phellinus linteus (Berk. e Curt.)*. Os extrativos no processo de cozimento Kraft são componentes químicos indesejáveis, devendo ser removidos durante a polpação da madeira (ELISASHVILI et.al, 2010). Segundo Area (2008) a percentagem de extrativos para folhosas varia entre 2 a 3%, enquanto que em algumas coníferas pode chegar até 10%, apesar de normalmente apresentarem valores pequenos, estes podem influir sobre qualidade da matéria-prima madeira na utilização para determinado processo.

A composição química da madeira é de grande relevância devida á sua influência em algumas propriedades definidoras da aptidão da madeira para determinados usos finais como a produção de polpa e papel. A maioria das propriedades físico-mecânicas que caracterizam a madeira é determinada pela qualidade e proporção relativa dos diferentes componentes químicos na sua estrutura (SILVA, 2010).

De forma específica no processo de polpação, a composição química da madeira afeta, por exemplo, o consumo de químicos no digestor, o rendimento depurado e o teor de sólidos gerados, assim conhecer a química da madeira é essencial para melhorar as pesquisas relacionadas ao processo de produção, visando aperfeiçoar qualitativamente e quantitativamente o produto final (DEMUNER, 2011).

Os extrativos comumente encontrados na madeira consistem de material orgânico oleofílico de baixa massa molecular, como resinas que podem ser: Terpenos, lignanas, estilbenos, flavonoides e outros aromáticos, além de outros compostos orgânicos como gorduras, ceras, ácidos graxos, álcoois, esteroides e hidrocarbonetos de elevada massa molecular (SARTO E SANSIGOLO, 2010).

Os extrativos dificultam a impregnação do licor nos cavacos, consomem mais reagentes e reduz o rendimento, estes são os principais causadores de “pitch” na celulose. Allen (1980) descreve os ‘pitch’ como os depósitos de extrativos da madeira associados às fibras, sais inorgânicos e aditivos, que interrompem a capacidade de execução das máquinas para fabricação de papel e reduzem a resistência e brilho da polpa.

Martínez-Iñigo et.al (1999) afirmam que a remoção de extrativos da madeira antes da polpação é uma tecnologia promissora para controlar a formação de “pitch” e que processos biotecnológicos baseados no uso de fungos de podridão branca podem ser muito vantajosos em comparação com os existentes métodos biológicos para redução de pitch.

Para a solubilidade em NaOH 1%, os tratamentos do gênero *Eucalyptus sp.*, apresentaram diferença estatisticamente significativa, apresentando valores médios de 10,42% para o tratamento testemunha e 10,98% para o biotratado. Esse resultado aponta o início de degradação, pois a análise de solubilidade em NaOH 1% indica a possível degradação da madeira por agentes biológicos. Altos valores de solubilidade em NaOH 1% podem representar que a madeira foi degradada e houve solubilização de carboidratos de baixo peso molecular importantes como a celulose e holocelulose, o que para o processo de polpação não é interessante. Nesse caso houve um pequeno aumento, que confirma que houve um início de processo de degradação.

Para o gênero *Pinus sp.*, também houve diferença significativa entre as médias dos dois tratamentos. Os valores médios foram de 8,90 para o tratamento testemunha e 8,52 para o biotratado. Esses valores estão dentro do esperado para o gênero. Aguiar & Ferraz (2012) em seu trabalho utilizando aditivos na biodegradação da madeira pelo fungo *Ceriporiopsis subvermispota*, encontraram valores médios de solubilidade em NaOH 1% para a testemunha de *Pinus taeda* variando de 8,6 a 13,0.

A solubilidade em água quente para o gênero *Eucalyptus sp.* foi de 2,02% para o tratamento testemunha e 2,94% para o biotratado, valores que se encontraram um pouco abaixo dos encontrados na literatura. Carvalho (1999) caracterizou 10 árvores clones de *Eucalyptus globulus* e relatou variação de 3,7 a 7,5% para a solubilidade em água quente.

No gênero *Pinus sp.*, os valores médios foram de 3,73% para tratamento testemunha e 3,29 % para biotratado. Os resultados foram um pouco inferiores aos apontados por Morais et.al (2005) para *Pinus oocarpa* (4,31%).

Em relação aos valores de teor de cinzas é possível concluir e confirmar estatisticamente segundo teste de Tukey a 5%, que no caso de ambos os gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*, comparando seus tratamentos testemunhas com os biotratados, é possível perceber que houve um aumento considerável dos valores de teor de cinzas, no gênero *Eucalyptus sp.* se obteve médias de 0,47% para testemunha e 0,71% para o biotratado.

Já para o *Pinus sp.* se encontrou os valores 0,38% tratamento testemunha e 0,51% biotratado. Esse aumento pode ser decorrente da presença de resíduos de extrato de levedura e calcário nos cavacos biotratados. Apesar dos cavacos terem passado por um processo de lavagem, resíduos de material podem ter ficado aderidos à superfície dos cavacos e incinerados junto ao material, aumentando o conteúdo inorgânico.

Para os tratamentos testemunhas em ambos os gêneros, os valores obtidos se encontraram dentro do esperado segundo a literatura. Além (2000) afirma que o teor de cinzas entre 0,16 e 0,47% condiz com a fração inorgânica esperada para a madeira, que pode variar entre 0,1 e 0,5% para madeiras de regiões temperadas, podendo chegar a 5% para madeiras de regiões subtropicais e tropicais, porém, geralmente, situa-se entre 0,3 e 1,5% nas espécies cultivadas comercialmente.

5.2.1 Lignina total e holocelulose

Na Tabela 4 acima se tem os resultados de lignina total e holocelulose, para os tratamentos testemunha e biotratados dos gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*

No caso do gênero *Eucalyptus sp.* a concentração de lignina total ficou em 24,25% para o tratamento testemunha e 22,93% para o tratamento biotratado, diferindo estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5%.(Tabela 4). A diminuição do teor de lignina do biotratado em relação à testemunha é positiva, visto que isso demonstra que houve uma possível degradação de lignina pelo fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.).

Ribes et.al (2018) em estudo de biopolpação de *Eucalyptus sp.* com o fungo *Pycnoporus sanguineus* obtiveram valores variando entre: 25,9% (testemunha), 24,8% (aos 30 dias), 24,3% (aos 60 dias) e 23,7% (aos 90 dias).

A porcentagem de lignina total degradada para o tratamento biotratado em comparação a testemunha do gênero *Eucalyptus sp.* deste presente trabalho, após 54 dias, foi de 1,32 %. Valor muito próximo, ao encontrado por Dudecki (2015) para o mesmo gênero após 15 dias de inoculação do fungo *Pycnoporus sanguineus* tendo uma porcentagem de 1,24% de lignina total degradada em relação a sua respectiva testemunha.

Willian e Nascimento (2007) em seu estudo com a *Acacia mearnsii* biotratada com *Ceriporiopsis subvermispota* durante 20 dias obtiveram redução de 1,34% do valor de lignina total. Ainda neste estudo, o percentual de lignina total encontrado para o tratamento testemunha de *Eucalyptus grandis*, foi de 24,58%, valor muito próximo do encontrado no presente estudo para a testemunha (24,25%). Para o material biotratado com *Pycnoporus sanguineus*, os autores verificaram também uma porcentagem de lignina total degradada próximo a 3,85% com 20,73% de lignina total aos 30 dias, um valor um pouco inferior ao encontrado neste estudo.

No caso do gênero *Pinus sp.*, o valor de lignina total para o tratamento testemunha foi de 27,11% enquanto que para o material biotratado encontrou-se 26,28%, diferindo estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5%.

Para o gênero *Pinus sp.*, observou-se uma leve redução no percentual de lignina total do tratamento testemunha para o biotratado, constatando-se também que houve degradação de lignina por conta do biotratamento do fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.), com uma porcentagem de lignina degradada na faixa de 0,83%, valor inferior ao comparado ao gênero *Eucalyptus sp.*

É possível afirmar que no caso dos dois gêneros, *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*, houve redução no percentual de lignina do tratamento testemunha para o biotratado. Estes resultados são positivos, pois demonstram que houve consumo, ou seja, degradação de lignina por parte do fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.). Sabe-se que a lignina é um componente indesejável que dificulta o processo de produção de polpa e papel e torna oneroso o processo.

Na produção de celulose, a polpação Kraft é a segunda etapa do processo, na qual o objetivo principal é separar as fibras de celulose por meio da remoção da lignina. Não apenas a quantidade de lignina interfere na dinâmica e eficiência da polpação, mas o tipo de lignina também influencia no grau de deslignificação e/ou economia do processo (Carvalho et.al, 2014).

Segundo Mezzomo et al. (1997), a quantidade de lignina e seu comportamento estrutural podem afetar negativamente a deslignificação no cozimento Kraft, ocorrendo variações no número kappa, no rendimento e alvura da celulose marrom. Madeiras com quantidades maiores de lignina podem produzir maior número Kappa e menor alvura ou exigirem maiores quantidades de álcali (Cardoso et.al, 2002).

O percentual de holocelulose obtido para o *Eucalyptus sp.* foi de 73,14% para o tratamento testemunha e 76,74% para o material biotratado.

Sarto e Sansigolo (2010) obtiveram 73,15% de holocelulose para *Eucalyptus grandis*. Gomide et al. (2005) analisaram a composição química de 13 clones comerciais de espécies do gênero *Eucalyptus sp.*, obtendo concentrações na faixa de 64,5 a 70,2%.

Para o gênero *Pinus sp.*, o percentual de holocelulose foi de 68,87% para material testemunha e 73,40% para biotratado. Pode-se constatar que no caso de ambos os gêneros, houve diferença significativa de médias segundo teste de Tukey a 5% e um aumento da porcentagem de holocelulose do material testemunha em relação ao biotratado.

Este resultado confirma que houve degradação de lignina por parte do fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) para os dois gêneros, pois segundo Silva et.al (2018) o termo holocelulose indica o produto obtido após a extração da lignina, sendo o teor desta é inversamente proporcional ao teor de holocelulose.

5.3 POLPAÇÃO

Como descrito na metodologia, foram feitos 6 cozimentos exploratórios de modo a produzir um grupo de funções que viessem a otimizar a carga de álcali ativo para cada condição de tratamento analisado. Estas funções visaram atingir valores de números Kappa objetivos específicos para os tratamentos testemunhas e biotratados de ambos os gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* . Os parâmetros analisados no processo de polpação Kraft foram os valores de álcali ativo e rendimento bruto em porcentagem e o valor do número Kappa que ficou estabelecido para o gênero *Eucalyptus sp.*, na faixa de (17 ± 2) e para o *Pinus sp.* (65 ± 2) . Os resultados estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros analisados nos processos de cozimento Kraft nos tratamentos dos gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*

Gêneros Tratamentos	Álcali Ativo (%)	Estatística	Número Kappa	Rend. Bruto (%)
Eucalyptus Testemunha	21,0	*Média ± **D.P	16,14 ± 1,79 ^a	48,29 ± 0,41 ^a
Eucalyptus Biotratado	20,8	*Média ± **D.P	17,42 ± 0,32 ^a	50,26 ± 0,74 ^b
Pinus Testemunha	22,0	*Média ± **D.P	65,63 ± 1,60 ^a	53,29 ± 0,44 ^a
Pinus Biotratado	21,1	*Média ± **D.P	65,92 ± 0,74 ^a	52,74 ± 1,46 ^a

Fonte: (Autor, 2019)

*Comparação de médias dos tratamentos do mesmo gênero: Médias seguidas pela mesma letra, dentro de uma mesma coluna do mesmo gênero, não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

**D.P: desvio padrão.

Ao comparar os números Kappa dos tratamentos testemunha com o biotratado, não houve diferenciação estatística, para os dois gêneros. No gênero *Eucalyptus sp.*, houve uma diminuição no teor de álcali utilizado no processo de cozimento Kraft, resultando num menor valor de 20,8% para material biotratado em relação à testemunha que foi 21%, obtendo-se um valor de Kappa médio de 16,14 para o material testemunha e 17,42 para o biotratado.

Esse menor valor de álcali representa um menor consumo de carga alcalina no processo, ou seja, menos reagentes utilizados no cozimento, demonstrando um resultado positivo e atingindo os objetivos esperados para este trabalho. Associado a isso, obteve-se um rendimento bruto para o material biotratado maior que o testemunha, com diferença significativa estatisticamente segundo o teste de tukey a 5%, sendo o percentual obtido para o material biotratado de 50,26% enquanto que para o tratamento testemunha foi de 48,29%.

Este valor médio de rendimento bruto menor para a testemunha pode estar ligado à questão de que maior carga de álcali aplicada ocasionando maior remoção de lignina, devido a maior intensidade de degradação das cadeias dos carboidratos e conseqüentemente um menor rendimento e um número Kappa mais baixo, o que no caso foi ligeiramente mais baixo do que o encontrado para o material biotratado.

Esse resultado corrobora com os resultados obtidos por Cardoso (2002) que estudou as condições de cozimento Kraft de *Eucalyptus globulus* em função do teor de lignina da madeira. O autor concluiu que madeiras de baixo teor de lignina e número Kappa mais elevado (19), consegue-se um rendimento de cerca de 4,2% maior e concentração de 2 a 2,5% a menos de carga aplicada de álcali ativo em relação à madeira de alto teor de lignina, deslignificada a número Kappa 16.

Salazar et.al (2012) em seu trabalho de polpação Kraft e branqueamento de *Eucalyptus globulus* pré-tratados pelo fungo de podridão branca *Ceriporiopsis subvermispora*, afirma que as polpas de madeira biotratada apresentam maior produção de polpa do que as polpas testemunha, quando comparadas no mesmo número Kappa, podendo esse aumento de rendimento da polpa variar de 1% nas polpas de kapa baixa a 4% nas polpas com número de kapa superior a 20.

No caso do gênero *Pinus sp.*, o teor de álcali também diminui do tratamento testemunha com valor médio 22%, para 21,1% para o material biotratado, essas diferentes cargas de álcali para se obter um número Kappa próximo de (65+- 2). Resultado alcançado, pois em relação aos valores médios de número Kappas obtidos, foram encontradas médias percentuais de 65,63 para o tratamento testemunha e 65,92 para o tratamento biotratado, que não diferiram estatisticamente segundo o teste de Tukey a 5%, ou seja, foi possível obter condições semelhantes de grau de deslignificação, porém com menos consumo de reagentes no caso do material biotratado.

Para o rendimento bruto do *Pinus sp.*, se encontrou um valor médio de 53,29% para testemunha e 52,74% para o tratamento biotratado, valores que não diferiram estatisticamente, demonstrando que em relação a essa variável não se obteve variações. Porém estão condizentes com valores já encontrados na literatura. Suardi Junior (2016) ao estudar a polpação Kraft da madeira das árvores de cinco espécies de *Pinus sp.*, encontrou valores de rendimento bruto, variando entre 42,74 a 51,49%.

Pelos resultados obtidos, pode-se verificar que para ambos os gêneros, *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*, houve redução no teor de álcali necessário para atingir determinados níveis de deslignificação da polpa, representados pelos números Kappas que foram de 17 ± 2 para o *Eucalyptus sp* e de 65 ± 2 para o *Pinus sp.* Nos processos de cozimento, valores de álcali menores foram utilizados nos materiais biotratados de ambos os gêneros em relação aos seus respectivos tratamentos testemunhas.

Esse resultado é considerado benéfico para o processo de polpação Kraft. Alto teor de álcali aplicado na polpação tem efeitos negativos na qualidade da polpa, diminuindo a viscosidade da mesma. Além de aumentar a degradação dos carboidratos, ocasiona também o aumento da carga de sólidos totais enviados para o ciclo de recuperação química do licor de cozimento do processo Kraft (FAVARO, 2015). Carvalho (1999) afirma que a aplicação de cargas alcalinas mais elevadas faz com que a velocidade de deslignificação aumente, obtendo assim um menor número Kappa para um mesmo tempo de reação. Porém, como consequência, vem o decréscimo de rendimento e nas propriedades de resistência da pasta, devido à degradação de celulose e das hemiceluloses, agravando a capacidade de ligação entre as fibras.

O menor consumo de reagentes (álcali ativo) é muito importante para o processo de fabricação de polpa e papel, pois este parâmetro não só influencia na qualidade de material obtido, seja celulose ou papel, mas também representa menor dispêndio de energia e redução de custos, pois uma das etapas mais onerosas do processo de produção de polpa e papel é o cozimento.

Em relação aos números Kappas, para os dois gêneros pode-se obter valores próximos dos Kappas objetivos propostos. O número Kappa possibilita a verificação da branqueabilidade. O número Kappa é um dos principais parâmetros de controle dos processos de polpação, pois demonstra o grau de deslignificação da madeira valores baixos de número Kappa significam que houve melhor dissociação da lignina nas fibras. No presente trabalho se obtiveram os números Kappa propostos para os dois gêneros, porém com menor emprego de álcali ativo no material biotratado, apontando a potencialidade do fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) para o processo de biopolpação.

5.4 PROPRIEDADES DO PAPEL

No processo de formação das folhas de papel foi feito a análise de Grau Schopper-Riegler nas polpas, visando analisar a qualidade das mesmas. Na determinação do Grau Schopper, não houve variação entre os materiais testemunha e biotratado, para ambos os gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* Os resultados obtidos foram de um Grau Schopper de 17°SR para os tratamentos testemunha e biotratado do gênero *Eucalyptus sp.*, enquanto que para o *Pinus sp.*, os valores ficaram Grau Schopper 16°SR para testemunha e 15°SR para o biotratado.

Assim, para ambos os gêneros, o grau de refino, quando comparado o tratamento testemunha com o biotratado se mantiveram dentro de valores esperados. Os valores médios de gramatura aparente para o gênero *Eucalyptus sp.*, ficou em 71,17 g/m² para a testemunha e 66,24 g/m² material biotratado. No gênero *Pinus sp.*, obteve-se 69,44 g/m² para testemunha e 70,35 g/m² para biotratado.

Segura (2012) relata que o grau Schopper-Riegler indica a drenabilidade da polpa celulósica, capacidade de escoamento da água, sendo um importante parâmetro que indica o grau de entrelaçamento das fibras da polpa.

Na tabela 6 estão apresentados os resultados dos testes físicos e mecânicos feitos com os corpos de prova dos tratamentos testemunha e biotratado dos gêneros estudados.

Tabela 6 – resultados dos testes de resistência do papel, índices de tração, rasgo e arrebatamento nos tratamentos testemunhas e biotratados dos gêneros *Eucalyptus sp* e *Pinus sp.*

Gêneros Tratamentos	Estatística	1. IT [N.m/g]	2. IR [mN. m²/g]	3. IA [kPa. m²/g]
Eucalyptus Testemunha	*Média ± **D.P	21,77 ± 3,47 ^a	3,58 ± 1,05 ^a	1,47 ± 0,15 ^a
Eucalyptus Biotratado	*Média ± **D.P	28,92 ± 2,51 ^b	4,15 ± 0,69 ^a	2,12 ± 0,31 ^b
Pinus Testemunha	*Média ± **D.P	37,00 ± 2,70 ^a	12,88 ± 0,79 ^a	3,88 ± 0,53 ^a
Pinus Biotratado	*Média ± **D.P	28,25 ± 2,81 ^b	11,38 ± 1,27 ^b	3,07 ± 0,84 ^b

Fonte: (Autor, 2019)

*Comparação de médias dos tratamentos do mesmo gênero. Médias seguidas pela mesma letra, dentro de uma mesma coluna para o mesmo gênero, não diferem entre si ao nível de 5 % de significância pelo teste de Tukey.

**D.P: desvio padrão;

1 - IT:índice de tração; 2-IR: índice de rasgo; 3- IA:índice de arrebatamento.

No presente estudo, os tratamentos do gênero *Eucalyptus sp.*, os resultados para o índice de tração foram de 21,77 Nm/g para a testemunha e 28,92 Nm/g para o biotratado, que segundo o teste de Tukey a 5%, diferiram significativamente. Verificou-se assim um aumento no IT do material testemunha para o biotratado, demonstrando que os papéis do material biotratado apresentaram maior resistência em relação aos do tratamento testemunha. A resistência à tração pode ser influenciada por fatores como: a resistência individual e comprimento dos elementos fibrosos, a quantidade de ligações entre fibras, formação e estrutura da folha e refinação, fatores relacionados com a durabilidade e utilidade do papel.

Para o IR não houve diferença estatística entre material testemunha do gênero *Eucalyptus sp.* (3,58 mN. m²/g) para o material biotratado (4,15 mN.m²/g). Porém, os valores se encontram dentro do esperado para o gênero ao serem confrontados com dados de outras literaturas. Zanuncio (2011) em seu estudo avaliando a influência da composição química da polpa celulósica de Eucalipto nas propriedades ópticas e físico-mecânicas do papel, encontrou valores entre 1,02 e 5,33 mN.m²/g.

No IA também houve do tratamento testemunha (1,47 kPa. m²/g), para o material biotratado (2,12 kPa.m²/g), demonstrando maior resistência do papel biotratado pois este índice está relacionado a pressão limite que suporta um papel e assim tração longitudinal do mesmo.

No gênero *Pinus sp.*, nota-se que houve uma redução nas propriedades de resistência do papel com valores médios percentuais para o tratamento testemunha mais elevado do que o material biotratado. Os índices variaram de 37,00 Nm/g para testemunha e 28,25 Nm/g material biotratado no índice de tração, para o índice de rasgo foi 12,88 mN.m²/g testemunha e 11,38 mN.m²/g biotratado e o índice de arrebentamento se obteve os resultados de 3,88 kPa. m²/g para testemunha e 3,07 kPa. m²/g material biotratado. Este resultado pode apontar que a ação do fungo pode ter comprometido parte das estruturas das cadeias dos polissacarídeos das paredes celulares dos elementos fibrosos e com isto refletindo sobre a resistência das folhas de papel.

6. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que o fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) possui potencial para emprego no processo de biopolpação com aplicação em ambos os gêneros.

Os resultados foram positivos para os valores de extrativos totais, lignina total e holocelulose para ambos os gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.* Esses resultados permitiram concluir que o fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) degradou extrativos e lignina, porém não afetou significativamente a parte de celulose e hemiceluloses, apresentando valores altos de composição de holocelulose. O teor de cinzas foi um ponto negativo para ambos os gêneros, os valores médios obtidos para os tratamentos biotratados, foram relevantemente altos.

Em relação ao processo de polpação, os resultados foram satisfatórios para ambos os gêneros. Foi possível atingir os graus de deslignificação, números Kappas objetivos, em ambos os tratamentos testemunha e biotratados. Porém, os materiais biotratados dos gêneros *Eucalyptus sp.* e *Pinus sp.*, apresentaram valores inferiores de álcali ativos empregados no processo de cozimento, ou seja, houve menor consumo de reagentes para produção das polpas biotratadas, as quais também apresentaram resultados satisfatórios de rendimento Bruto.

No caso das propriedades de resistência, no gênero *Eucalyptus sp.* pode-se concluir que a partir das polpas biotratadas pode-se obter uma melhor qualidade de papel, com bons resultados para os índices de tração, rasgo e arrebentamento. Porém, para o *Pinus sp.*, o tratamento biotratado apresentou resultados negativos para as propriedades de resistência analisadas. Isso mostra que o fungo pode ter iniciado algum tipo de degradação das paredes celulares e com isso reduzido a resistência dos elementos fibrosos.

Os resultados indicam o potencial do fungo *Phellinus linteus* (Berk. e Curt.) para o processo de biopolpação, mas se vê necessários estudos mais aprofundados sobre o processo de degradação do fungo sobre os gêneros de madeira estudados, seu comportamento, suas atividades metabólicas, e quais enzimas estão envolvidos no seu processo de degradação. Talvez tempos maiores de inoculação e análises mais específicas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE, A.; DUSEK, K.; KOBAYASHI, S. **Biopolymers: Lignin, Proteins, Bioactive and Bioactive Nanocomposites Hardcover**. Berlin: Springer-Verlag Heidelberg. 2009.

AGUIAR, André; FERRAZ, André. **Uso de aditivos na Biodegradação de madeira pelo fungo *Ceriporiopsis subvermispora*: Efeito na Peroxidação de lipídios dependente de Manganês-Peroxidase**. Quim. Nova. Vol. 35, No. 6, São Paulo, 1107-1111, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012000600007>. Acesso em: 26/10/2019.

Allen, R. 1980. **Structure and chemical composition of wood**. In: Forest product chemistry. Ed. Stenius, P.; Paparinen, H.; FAPET/TAPPI. En CD.

ALÉN, R. **Structure and chemical composition of wood**. Forest products chemistry, v. 3, p. 11-57, 2000. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM. (ASTM D –1110). Standard test method for water solubility of wood. Annual Book of ASTM Standards: Wood. Philadelphia: 1994. V.410, p. 195-196.

AMPESSAN, C. G. M. **Idade da Madeira na qualidade da Polpa e do Papel**. 2015. 134 p. Dissertação (mestrado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2015.

ANAGNOST, S.E. Wooddecay, fungi, stainandmold. Department of Sustainable Construction Management and Engineering. SUNY College of Environmental Science and Forestry. New York. 2011.

ARANTES, V.; MILAGRES, A. M. F. **Relevância de compostos de baixa massa molar produzidos por fungos e envolvidos na Biodegradação da madeira**. Quim. Nova, Vol. 32, No. 6, p.1586-1595, 2009. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000600043>. >. Acesso em: 29.Mai.2018.

AREA, M. C. **Panorama de la industria de celulosa y papel en Iberoamérica**. 1. ed. Misiones: Red Iberoamericana de Docencia e Investigación en Celulosa y Papel, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 1194: Madeira: determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 7190: projeto de Estruturas de Madeira. Anexo B – Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ARAÚJO, S.P. **Potencial dos fungos amazônicos *Pycnoporus sanguineus* e *Trametes elegans* para Biopolpação**. 2009.94f. Dissertação - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus-Amazonas, 2009.

AZZOLINI, J. C.; FABRO, L. F.; **Controle da eficiência do sistema de tratamento de efluentes de uma indústria de celulose e papel da região Meio Oeste de Santa Catarina.** Unoesc & Ciência – ACET, Joaçaba, v. 3, n. 1, p. 75-90. 2012.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. - **A madeira de espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel.** Série divulgação. PRODEPEF, Brasília, (13): 1-145, 1976.

BIERMANN, C.J., **Handbook of Pulping and Papermaking.** San Diego: Academic Press. 2. ed. 1996.

BORÉM, ALUÍZIO. **Biotecnologia Florestal.** Editora Suprema Gráfica. 2007.

CARDOSO, G. V; FRIZZO, S. M. B; ROSA, C.A. B. **Otimização das condições de cozimento Kraft de *Eucalyptus globulus* em função do teor de lignina da madeira.** In: 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel, 2002, São Paulo. ABTCP. 2002.

CARVALHO, A. P. **Biotecnologia.** In: SCHWARTZMAN, S. Ciência e Tecnologia no Brasil: a Capacitação Brasileira para a Pesquisa Científica e Tecnológica. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 1996. 420p.

CARVALHO, D. M; SILVA, M. R; COLODETTE, J. L. **Efeito da qualidade da madeira no desempenho da polpação Kraft.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 677-684, jul.-set, 2014. Disponível em: < <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53432098015>>. Acesso em: 12/11/2019.

CARVALHO, M.G.V.S.C. **Efeito das variáveis de cozimento nas Características Químicas de Pastas Kraft de *Eucalyptus globulus*.** 1999.282 f. Tese de Doutorado-Universidade de Coimbra, Coimbra, 1999.

CARVALHO, W; CANILHA, L.; FERRAZ, A.; MILAGRES, A. M. F. **Uma visão sobre a Estrutura, Composição e Biodegradação da madeira.** Rev. Quím. Nova vol.32 no. 8. São Paulo ,2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000800033>. Acesso em: 07 de maio 2018.

Castro, H. F. **Papel e Celulose.** Apostila de Processos Químicos Industriais II. São Paulo. USP, 2009.

CHO, J.H.; CHO, S.D.; HU, H.; KIM, S.H.; LEE, S.K.; LEE, Y.S.; KANG, K.S. **The roles of ERK 1/2 and p38 MAP kinases in the prevention mechanism of mushroom *Phellinus linteus* against the inhibitor of gap functional intercellular communication by hydrogen peroxide.** Carcinogenesis 23, 1164- 1169; 2002.

CORREIA, F. M. Análise de distúrbios de Compactação de cavacos de Eucalipto em digestora contínua fase vapor. 2010. 132f. **Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Celulose e Papel)** - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.

CRUZ, P.B.S. **Morfo-fisiologia da biodegradação de madeiras por *Ceriporiopsis Subvermispora* (Pil.). *Gilbn. & Ryv. e Phlebia tremellosa* (Schrad: Fr.) Nakas & Burds.**

(*Fungi, Basidiomycetes*). 2005. 95f. Tese de Doutorado – Faculdade de Engenharia Química de Lorena, Lorena- SP, 2005.

CUNHA, G. G. S. Biopolpação a partir de cultivos mistos de basidiomicetos sobre madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*. 2012. 110 p. **Tese (Doutor em Ciências- Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Conversão de Biomassa)** – Escola de Engenharia de Lorena da universidade de São Paulo. 2012.

D' ALMEIDA, M. L. O. Celulose e papel. In: **SENAI; IPT. Tecnologia de fabricação de pasta celulósica**. 2. ed. São Paulo: Escola SENAI Theobaldo de Nigris, 1988. v. 1, cap. 3.

DEMUNER, W.P. *Predição do impacto da madeira em fábrica Kraft de Eucalipto*. 2011. 33f. **Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira)**– Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES, 2011.

DUDECKI, L. Efeito do ataque de fungos lignolíticos em cavacos de *Eucalyptus spp*. 2015.30f. **Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira)**– Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES, 2015.

DUEÑAS, RS. **Obtención de pulpas y propiedades de lãs fibras para papel**. Guadalajara, 1997.

EGAL, M.M. **Structure et propriétés des solutions et gel de cellulose-NaOH-Eau et leurs matériaux régénérés**. Sciences de l'ingénieur [physics]. École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 2006. Français. Disponível em: < <https://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00002229> >. Acesso em: 01/07/2018.

EK, M.; GELLERSTEDT, G; HENRIKSSON, G. **Pulp and Paper Chemistry and Technology**. De Gruyter: Stoclm, 2009, vol. 1.

Elisashvili V, Kachlishvili E, Khardziani T and Agathos. SN (2010). **Effect of aromatic compounds on the production of laccase and manganese peroxidase by white-rot basidiomycetes**. J. Ind. Microbiol. Biot. 37: 1091-1096.

ENSAIO. Modelo de relatório- Práticas Polpa e Papel. Disponível em: <<http://www.ensaio.org/modelo-relatorio-praticas-polpa-e-papel.html>>. Acesso em: 01/07/2018.

ESPOSITO, E; AZEVEDO, J. L. **Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. 2 ed. Caxias do Sul: Educs, 2010.

EVTUGUIN, D. V.; PASCOAL NETO, C. **Recent advances in Eucalyptus Wood Chemistry: Structural features through the Prism of Technological response.** **Researchgate**, Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/237632161_recent_advances_in_eucalyptus_wood_chemistry_structural_features_through_the_prism_of_technological_response>. Acesso em: 07. Maio. 2018.

FAVARO, J. S.C. *Estudos da polpação Kraft, branqueamento e refino de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla*. 2015. 180 f. Tese de Doutorado - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá-SP, 2015.

FENGEL, D; WEGENER, O. **Wood: chemistry, ultrastructure, reactions**. New York: Walter de Gruyter, 1984. 613p.

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

FERRAZ, A. Desenvolvimentos da Biopolpação no Brasil. **O Papel (Brasil)**, v. 68, n. 7, p. 44-53, 2007. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/11449/69781>>. Acesso em 20. Maio. 2018.

FOELKEL, C. E. B. **Qualidade da madeira: teoria**. 5. ed. Belo Oriente: [s.n.], 1977.

FOELKEL, C. **Individualização das Fibras da Madeira do Eucalipto para a Produção de Celulose Kraft**. Eucalyptus Online Book & Newsletter, 107 p. (2009).Disponível em :<http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT16_IndividualizacaoFibras>. Acesso em: 23. Maio.2018.

FOELKEL, C.E. B; BARRICHELLO, L.E.G. Avaliação das madeiras para produção de celulose através de suas características estruturais: uma referência especial para o gênero Eucalyptus. **IN: Seminário de Integração Floresta-Indústria**, 1975, Piracicaba. Anais... Piracicaba: IPEF, 1975. 180p. P.5-33.

FONSECA, S.M.; OLIVEIRA, R.C.; SILVEIRA, P.N. **Seleção da árvore industrial**. Revista *Árvore*, v.20, n.1, p. 69-85, Jan. 1996.

FRACARO, G. **Eficiência Energética e Intensidade de Emissões no Setor de Papel e Celulose Brasileiro**. UNIOESTE, Cascavel, Paraná. 2012.

GOMIDE, J. L. et al. **Caracterização tecnológica, para produção de celulose, da nova geração de clones de Eucalyptus do Brasil**. Revista *Árvore*, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 129-137, 2005.

GOMIDE, J. L.; FANTUZZI NETO, H.; REGAZZI, A. J. Análise de Critérios de qualidade da Madeira de Eucalipto para Produção de Celulose Kraft. **Revista *Árvore***. Viçosa-MG, v.34, n.2, p.339-344, 2010.

GOMIDE, J. L.; OLIVEIRA, R. C.; COLODETE, J. L. Produção de polpa Kraft de eucalipto, com adição de antraquinona. **Revista *Árvore***, Viçosa, v. 4, n. 2, p. 203-214, 1980.

GOMIDE, J.L. **Polpa de celulose: química dos processos alcalinos de polpação**. Viçosa, Univ. Federal, 1979. 50p.

GONZÁLEZ, A. E.; TERRÓN, M. C.; GONZÁLEZ, T.; ARANA, A.; CARBAJO, J. M. Biodegradación de compuestos aromáticos por hongos basidiomicetos, **In: Biotecnología y medio ambiente** (I. Marín, J.L. Sanz and R. Amils, Eds). Ephemera, Madrid 2005.

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2019. Disponível em: <https://www.iba.org>. Acessado em: 2019.

KANG, K.Y; SUNG, J.S.; KIM, D.Y. Evaluation of White-rot Fungi for Biopulping of Wood. **Microbiology: The Korean Society of Mycology**.p.205-209.2007.Disponível em: <>. Acesso em: 23.Mai.2018.

KIM, S. H., SONG, Y. S., KIM, S. K., KIM, B. C., LIM, C. J. AND PARK, E. H. 2004. Anti-inflammatory and related pharmacological activities of the n-BuOH subfraction of mushroom *Phellinus linteus*. **J. Ethnopharmacol.** 93:141-146.

KLOCK, U; ANDRADE, A.S. Química da Madeira. Apostila da disciplina de Química da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba. UFPR, 2013.

KLOCK, U; ANDRADE, A.S; Hernandez, J. A. **Polpa e Papel**. Apostila da disciplina de Polpa e Papel do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal. Curitiba. UFPR, 2013.

KOLLMANN, F.R. & COTÉ, W.A. Principles of Wood Science and. Technology. Berlin: Springer-Verlag. 1968.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R. H. **A cultura do Pínus no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2005. 156 p.

LEATHAM, G. F.; MYERS, G.C.; WEGNER, T. H.; BLANCHETTE, R. A. Biomechanical pulping of aspen chips: paper strength and optical properties resulting from different fungal treatments. **Tappi Journal**, 1990, p. 249-255, Março. 1990. Disponível em:<<https://www.fpl.fs.fed.us/>>. Acesso em: 23. Mai.2018.

LEE, H.J; LEE, H.J; LIM, E.S; AHN, K.S; SHIM, B.S; KIM, H.M; GONG, S.J; KIM D.K; KIM, S.H.**Cambodian *Phellinus linteus* inhibits experimental metastasis of melanoma cells in mice via regulation of urokinase type plasminogen activator**. Biol Pharm Bull 28: 27-31, 2005.

LEE, J.W.; BAEK, S.J.; KIM, Y.S. **Submerged Culture of *Phellinus linteus* for Mass Production of Polysaccharides**. Mycobiology, 2008, p. 178-182, Set.2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.4489/MYCO.2008.36.3.178>>. Acesso em: 24. Mai.2018.

LEE, M.S.; HWANG, B.S.;LEE, I.K.; SEO, G.S.; YUN, B.S. **Chemical Constituents of the Culture Broth of *Phellinus linteus* and Their Antioxidant Activity**. Mycobiology, 2015, p. 43-8. Mar.2015. Disponível em: < <https://doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.1.43>>. Acesso em: 23. Mai.2018.

LIMA, U. A. et al. **Processos Fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2001. 598 p. v. 3. (Biotecnologia Industrial).

MANO, E.B.; MENDES, L.C. **A Natureza e os Polímeros: Meio ambiente, geopolímeros, fitopolímeros e zoopolímeros**. São Paulo: Blücher, 2013.

MARTÍNEZ-INIGO, M.J.; IMMERZEEL P.; GUTIERREZ A.; DEL RÍO, J.C; SIERRA-ALVAREZ, R. **Biodegradability of Extractives in Sapwood and Heartwood from Scots Pine by Sapstain and White-Rot Fungi**. *Holzforschung*, Vol. 53. No. 3. 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.1515/HF.1999.042>>. Acesso em: 06/11/2019.

MEDICALMUSHROOMS. *Phellinus linteus*, *Mesima*, *Meshimakobu*, *Song-gen*. **Disponível em:** <<http://www.medicalmushrooms.net/phellinus-linteus/>>. Acesso em: 21. Mai. 2018.

MELO P. T. H. Estudo das Propriedades Físico – Mecânicas do Papel. **4º EETCG- Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**. 2008. 25 a 29 de agosto. Disponível em: <http://www.4eetcg.uepg.br/oral/29_1.pdf>. Acesso em: 05/11/2019.

MENDES, C.J. **Influência da idade em *Pinus taeda* sobre a qualidade de madeira para produção de celulose**. Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.9, n.27, p.81 – 90 Ago.1993. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr27/cap07.pdf>>. Acesso em: 05/11/2019.

MEZZOMO, L.X. et al. **Potencialidade de quatro espécies de *Eucalyptus* cultivados na Bahia, para produção de celulose solúvel branqueada**. *O Papel*, São Paulo, v. 11, p. 71-80, 1997.

MOKFIENSKI, Alfredo. **Importância relativa da densidade básica e da constituição química de madeira de *Eucalyptus spp.* no rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa kraft**. 2004. 153 f. Tese (Doutorado em Manejo Florestal; Meio Ambiente e Conservação da Natureza; Silvicultura; Tecnologia e Utilização de) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

MORAIS, S. A. L. DE; NASCIMENTO, E. A; MELO D. C. **Análise da madeira de *Pinus oocarpa* Parte i – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis**. *R. Árvore*, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.461-470, 2005. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/237487314>>. Acesso em: 08/11/2019.

MORESCHI, J. C. Biodegradação da Madeira. **Biodegradação e Preservação da Madeira**, 4ª edição, v.1. Universidade Federal do Paraná, abril/2013.

PEREIRA, F.S.G. **Bioquímica numa abordagem química**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE): Recife, 2010. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/311994359>>. Acesso em: 01/07/2018

PULPS: DETERMINATION OF DRAINABILITY. **Part 1: Schopper-Riegler method**. Genève, 1979. 5p. (ISO 5267-1: 1979).

RIBES, D. D; ZANATTA, P; GALLIO, E; LOURENÇON, T; BELTRAME, R; PEDRAZZI, C; GATTO, D. A. **Utilização do fungo *Pycnoporus sanguineus* para biopolpação de**

madeira. Revista *Matéria*, v.23, n.4, 2018. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Ezequiel_Gallio/publication/329477863>. Acesso em: 09/11/2019.

ROWELL, R.M.; PETTERSEN, R.; HAN, J.S; ROWELL, J.S; TSHABALALA, M.A. Cell Wall Chemistry. Capítulo 03 do livro **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. Editado por Roger M.Rowell. Editora Taylor & Francis Group. New York, 2005.

SALAZAR, C.; MENDONÇA, R. T.; BAEZA, J.; FREER, J. Kraft pulping and ECF bleaching of Eucalyptus globulus pretreated by the white-rot fungus *Ceriporiopsis subvermispora*. **Acta Scientiarum Technology**, 2012, Maringá, v. 34, n. 3, p. 277-281, July-Sept., 2012. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/237081327>>. Acesso em: 23. Mai.2018.

SAMISTRARO, G.; MUNIZ, G. I. B.; PERALTA-ZAMORA, P.; CORDEIRO, G. A. Previsão das Propriedades Físicas do Papel Kraft por Espectroscopia no Infravermelho Próximo (nir) e regressão por mínimos quadrados parciais (pls). **Quim. Nova**, 2009, Vol. 32, No. 6, p. 1422-1425, Mai.2009. Disponível em :<<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000600011>>. Acesso em: 23. Maio.2018.

SANTOS, C. P., REIS, I. N., MOREIRA, J. E. B., et al, 2001, “Papel: como se fabrica?”, *Química Nova na Escola*, v. 14, Novembro. Disponível em:<[Http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a01.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc14/v14a01.pdf)>. Acesso em: 23.Maio.2018.

SANTOS, E. R. D; HORTA JUNIOR, P. A. **Material Complementar ao livro Sistemática Vegetal I: Fungos**. Florianópolis, 2015.

SANTOS, F. A.; QUEIRÓZ, J. H.; COLODETTE, J. L.; FERNANDES, S. A.; GUIMARÃES, V.M.; REZENDE, S.T. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Quim. Nova**, 2012, Vol. 35, No. 5, p 1004-1010, Dez.2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012000500025>>. Acesso em: 23.maio.2018.

SARTO, C.; SANSIGOLO, C. A. Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. **Acta Scientiarum. Technology**. Maringá, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2010.

SEGURA, Tiago Edson Simkunas. **Avaliação das madeiras de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla e Acacia mearnsii para a Produção de Celulose Kraft pelos Processos Convencional e Lo-Solids**. 2012. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia de Produtos Florestais, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2012.

SILVA, M. E. C. M. da. **Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais. Composição química da madeira**. UTAD. p. 1-18, 2010.

SILVA, N. G.; FARIAS D. C; BATISTA, A. C.; SANTOS, A. J. G.; SOUZA, J. A. S.; COSTA, D. S. "**Determinação de características químicas de fibras curtas de Bambu (*Bambusa vulgaris*) a partir da determinação de extrativos, lignina e holocelulose**", p.

1924-1927. In: São Paulo: Blucher, 2018. ISSN 2359-1757, DOI 10.5151/cobeq2018-PT.0507.

SIXTA, H. **Handbook of Pulp**.vol 1. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH &Co. KGaA,2006.

SMOOK, G.A. **Manuel Du Technicien ET de la Technicienne en Pates ET Papers**. 2. ed. Montréal: Centre collégial de développement de matérieldidactique, 1998.

SOUZA, F. M. L de. **Estudo comparativo da madeira e polpação de *Eucalyptus urophylla* e do híbrido *E. urophylla x E.grandis* em dois modelos silviculturais**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

SRIVASTAVA, S.; KUMAR, R.; SINGH, V.P. **Wood Decaying Fungi**. Germany: Lap Lambert Academic Publishing, 2013.

Srivilai, P.; Chaiseana, W.; Loutchanwoot, P.; Dornbundit, P. **Comparison of Differences Between the Wood Degradation by Monokaryons (n) and Dikaryons (2n) of White RotFungus (CambodianPhellinuslinteus)**. Journal of Biological Sciences, Vol.13, No. 3, p. 131-138, 2013. Disponível em :< <https://scialert.net/abstract/?doi=jbs.2013.131.138>>. Acesso em: 29. Mai.2018.

SUARDI JUNIOR, L. M. M. **Avaliação da qualidade da madeira de cinco espécies de Pelos destinadas à produção de celulose**. 2016.61 f. Dissertação de Mestrado- UNESP, Botucatu – SP, 2016.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test methods **TAPPI T264 om-97**: Preparation of Wood for Chemical Analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, 1997.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test **TAPPI T 204 cm-97**: Solvent extractives of wood and pulp. Atlanta: Tappi Press, 2007.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test **TAPPI T 207 cm-99**: Water solubility of wood and pulp. Atlanta: Tappi Press, 2008.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test **TAPPI T 212 om-02**: One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Atlanta: Tappi Press, 2002.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test **TAPPI T 211 om-02**: Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C. Atlanta: Tappi Press, 2002.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test methods **TAPPI T 218 sp-02**: Forming handsheets for reflectance testing of pulp (Büchner funnel procedure). Atlanta: Tappi Press, 1999.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test methods **TAPPI T 220 sp-01**: Physical testing of pulp handsheets. Atlanta: Tappi Press, 2001.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. TAPPI test methods **TAPPI T 403 om-15**: Bursting Strength of Paper. Atlanta: Tappi Press, 2001.

TECHAOEI, S; EAKWAROPAS, P; JARMKOM, K; KHOBjai, W. Structure Characterization and Evaluation potential of antimicrobial extracts from *Phellinus linteus* against skin infectious pathogens, *Staphylococcus epidermidis* ATCC12228 and *Propionibacterium Acnes* DMST14916. **Int J Pharm Pharm Sci**, Vol 9, Issue 12, p 78-81.2017.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY - TAPPI. **Normas técnicas**. Atlanta, 1999.

UFRGS. BMM 5777 – **Culturas celulares e suas aplicações em Microbiologia**. Disponível em:<http://www.ufrgs.br/labvir/material/contagem_celulas.pdf>. Acesso em: 01/07/2018.

WILLE, C.N; NASCIMENTO, J. S. **Potencial do fungo *Pycnoporus sanguineus* na biopolpação da madeira para a fabricação de papel**. In: XVI Congresso de Iniciação Científica. 2007. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ZANUNCIO, A. J.V.; COLODETTE, J. L; OLIVEIRA, R.C. **Características Químicas da polpa celulósica de Eucalipto e as Propriedades Ópticas e Físico-Mecânicas do papel**. Ciência da Madeira (Braz. J. Wood Sci.), Pelotas, v. 02, n. 02, p. 75-85, Novembro de 2011. Disponível em: < <https://www.researchgate.net/publication/264260407>>. Acesso em: 10/11/2019.