



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

CARLOS HENRIQUE ROCHA GONÇALVES

**SOLUBILIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA DE PARTÍCULAS DA MADEIRA DE
Corymbia citriodora (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Pinus* sp.**

**Prof. Dr. HEBER DOS SANTOS ABREU
Orientador**

**SEROPÉDICA, RJ
Julho – 2011**



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

CARLOS HENRIQUE ROCHA GONÇALVES

**SOLUBILIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA DE PARTÍCULAS DA MADEIRA DE
Corymbia citriodora (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Pinus* sp.**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.


Prof. Dr. HEBER DOS SANTOS ABREU
Orientador

SEROPÉDICA, RJ
Julho – 2011

**SOLUBILIDADE E ABSORÇÃO DE ÁGUA DE PARTÍCULAS DA MADEIRA DE
Corymbia citriodora (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Pinus* sp.**

Comissão Examinadora:

Monografia aprovada em 12 de julho de 2011.



Prof. Dr. Heber dos Santos Abreu

UFRRJ / IF / DPF

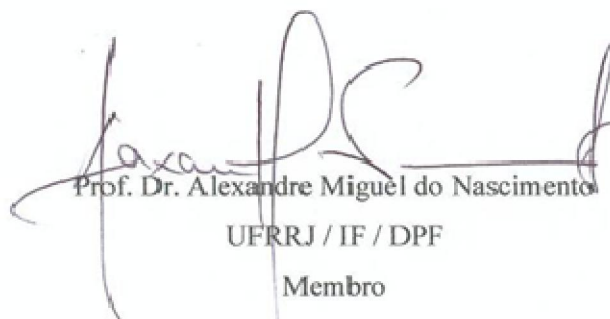
Orientador



Prof. Natália Dias de Souza

UFRRJ / IF / DPF

Membro



Prof. Dr. Alexandre Miguel do Nascimento

UFRRJ / IF / DPF

Membro

DEDICATÓRIA

A Deus.
Aos meus pais Carlos Alberto
Gonçalves da Silva e Heloisa Helena
Florentino Rocha Gonçalves.
Ao meu irmão Bruno Rocha Gonçalves.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar forças para levantar todos os dias, pela luz divina que ilumina os meus caminhos e me ajuda a vencer com sabedoria mais essa etapa da vida.

À Fundação Carlos Chagas de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pela concessão da bolsa de iniciação científica, CAPES e CNPq pela infraestrutura de equipamentos do laboratório.

Ao Prof. Dr. Heber dos Santos Abreu, que como orientador, colaborou em todos os aspectos para a realização deste trabalho, demonstrando paciência, interesse e amizade na tarefa de orientação.

A minha amiga Gisely de Oliveira pela contribuição nos trabalhos práticos e de elaboração desta monografia.

Ao Prof. Roberto Carlos Costa Lelis pela cessão do Laboratório de Tecnologia da Madeira do Instituto de Florestas / UFRRJ.

Ao Prof. Jorge Mitiyo Maêda pela ajuda com a análise estatística dos dados.

Aos amigos Allana Oliveira Lima, Camila Caetano da Cruz, José Carlos Ferreira Batista, Tatiana de Felice Elias, Gisely de Lima Oliveira, Bruno Couto da Silva, Monique de Moura Gurgel, Michel Cardoso Vieira, Daniela Paes da Rocha, Leonardo de Souza Sanches, Nayara Dorigon Rodrigues e Thuanny de Santa Barbara Menezes pelo carinho e pela valiosa colaboração que foi de fundamental importância para o processo de desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus queridos pais, minha eterna gratidão pela vida, amor, carinho e dedicação.

Ao meu querido irmão pelo carinho, companheirismo e amizade.

Aos meus amigos, que permitiram que eu, de vez em quando, quebrasse a rotina, Dallyene da Silva Poubel, Leticia Maria Alves Ramos, Nicelle Mendes de Oliveira, Pollyanna Rodrigues Oliveira dos Santos e Wanessa Aparecida dos Santos, pelo carinho, amizade e apoio.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar as partículas de madeira de *Corymbia citriodora* e *Pinus* sp. sob o contexto físico e químico, para serem utilizados em um reator de ozonólise para o pré-tratamento que antecipa o processo de hidrólise enzimática na produção de álcool de segunda geração. Para isso foram avaliadas diferentes granulometrias de partículas em testes de solubilidade a frio e a quente, e de absorção de água, além de uma caracterização química, na qual foram determinados os teores de extrativos, com os solventes ciclohexano, acetato de etila e metanol, lignina (Klason) e holocelulose pelo método da cloração. Os resultados obtidos na análise química foram próximos aos encontrados na literatura, tanto para *C. citriodora*: extrativos (1,89%), lignina (22,00%) e holocelulose (76,11%), quanto para *Pinus* sp.: extrativos (4,07%), lignina (26,50%) e holocelulose(69,43%). Os melhores valores de solubilidade foram encontrados entre os tratamentos com pré-extração, sendo a granulometria de 150 μ m a mais eficiente para ambas as espécies. Os testes de absorção de água mostraram que a madeira de *Pinus* sp. foi mais eficiente em reter a água do que a madeira de *Corymbia citriodora*. Concluiu-se que as partículas mais indicadas para serem utilizadas em reações de ozonólise são as de *Pinus* em termos de absorção de água, analisando a solubilidade as melhores partículas são as de *C. citriodora* com tamanho de 150 μ m.

Palavras-chave: higroscopicidade, solubilidade, ozonólise, álcool de segunda geração.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the particles from *Corymbia citriodora* and *Pinus* sp. woods to be used in the ozonolysis reactor, as a pretreatment that came before of the enzymatic process toward production of second generation alcohol. For this reason different particles sizes were analyzed in cold and hot water solubility, and water absorption tests, beyond a chemical characterization, in which the extractives content were determined with the following solvents: cyclohexane, ethyl acetate and methanol. The lignin (Klason) content was also determined and holocellulose content by cloration method. The results obtained in the chemical analysis were next to those found in literature for *C. citriodora*: extractives (1,89%), lignin (22,00%) and holocellulose (76,11%), and for *Pinus* sp.: extractives (4,07%), lignin (26,50%) and holocellulose(69,43%). The best solubility were compared with treatments with wood previously extraction, being the 150 μ m size the most efficient for both species. The water absorption tests showed that the *Pinus* sp. wood was more efficient at absorbing water than the *Corymbia citriodora* wood. It was concluded that the most indicated particles to be used in ozonolysis reactions analyzing the water absorption, are the ones from *Pinus* sp. Considering the solubility, the best particles are the ones from *C. citriodora* with 150 μ m size.

Key-words: hygroscopicity, solubility, ozonolysis, second generation alcohol

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 RELAÇÃO ÁGUA-MADEIRA.....	4
2.2 SOLUBILIDADE DA MADEIRA.....	8
3. OBJETIVO.....	10
3.1 OBJETIVO GERAL.....	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
4.1 PREPARAÇÃO DO MATERIAL.....	12
4.2 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE EXTRATIVOS.....	13
4.3 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LIGNINA.....	14
4.4 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HOLOCELULOSE.....	14
4.6 TESTE DE SOLUBILIDADE EM ÁGUA.....	15
4.6.1 Solubilidade em água fria.....	15
4.6.2 Solubilidade em água quente.....	16
4.6.3 Delineamento experimental.....	17
4.7 ENSAIOS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA.....	19
4.7.1 Delineamento experimental.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5.1 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA.....	20
5.2 TESTE DE SOLUBILIDADE.....	21
5.2.1 <i>Corymbia citriodora</i>	21
5.2.2 <i>Pinus</i> sp.....	22
5.3 HIGROSCOPICIDADE.....	23
6. CONCLUSÃO.....	24
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
8. ANEXOS.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Materiais lignocelulósicos, (A) Aparas de madeira, (B) Bagaço de cana de açúcar e (C) Sabugo de milho.	2
Figura 2	Microfibrilas de celulose (Adaptado de SILVA <i>et al.</i> , 2009).	5
Figura 3	Representação esquemática das ligações de hidrogênio que se estabelecem nas regiões cristalinas das microfibrilas (Adaptado de DA SILVA, 2010 tal como mostra GALVÃO <i>et al.</i> , 1985).	6
Figura 4	A água na madeira. A ligação das moléculas de água aos grupos hidroxílicos livres das cadeias de celulose. (A) Adsorção monomolecular, (B) Adsorção polimolecular (Adaptado de DA SILVA, 2010 tal como mostra TSOUMIS, 1991).	7
Figura 5.	Unidade piloto para deslignificação por ozonólise.	10
Figura 6	Diagrama seqüencial de procedimentos.	12
Figura 7	Homogeneização da granulometria das amostras de madeira.	13
Figura 8	Processo de extração pelo aparelho tipo Soxhlet.	14
Figura 9	Solubilidade em água fria.	15
Figura 10	Solubilidade em água quente.	16
Figura 11	Teste de absorção em água.	19
Figura 12	Valores solubilidade para <i>Corymbia citriodora</i> . (A) Sem pré-extração, (B) Com pré-extração.	22
Figura 13	Valores solubilidade para <i>Pinus</i> sp. (A) Sem pré-extração, (B) Com pré-extração.	22
Figura 14	Valores médios de absorção de água.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Descrição dos tratamentos realizados com amostras de <i>Corymbia citriodora</i> e <i>Pinus</i> sp.	18
Tabela 2	Teores dos constituintes da madeira por espécie.	20

1. INTRODUÇÃO

Esta monografia representa uma fase da preparação de resíduo lignocelulósico para aumentar a acessibilidade do ozônio durante a ozonólise dos materiais lignocelulósicos como pré-tratamento para a produção de etanol de segunda geração. A utilização de madeira de *Corymbia citriodora* e de *Pinus* sp., foi de forma objetiva atender ao conhecimento já adquiridos sobre estas madeiras dando suporte aos questionamento da física e da química de ambas as amostras. *Corymbia citriodora* possui uma gama de substâncias que diferem da madeira de *Pinus*. Composto de uma série de substâncias lipofílicas, fenólicas e de alta polaridade as quais possuem significativa influência na solubilidade da madeira.

É possível ampliar e valorizar o material lignocelulósico e ejetar os resíduos de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. como fonte energética - não somente como lenha e carvão – e também para a elaboração de estudos de um biocombustível ecologicamente viável aumentando a cadeia produtiva, pois o Brasil possui 5 milhões de Km² de floresta nativa, o que representa 64 % de sua área, e segundo a FAO 29 mil Km² de seu território são reflorestado com eucalipto, o que coloca o país em segundo lugar nesse *ranking*, atrás da Índia. O Brasil é o maior produtor de madeira de bosques cultivados (sobretudo de eucalipto), com mais de 2.965.000 ha e possui uma área plantada de pinus de 1.840.050 ha. Estima-se que 1 milhão de hectares estão destinados a produção de lenha e carvão vegetal (CORTEZ et al., 2009).

Resíduos lignocelulósicos podem ser obtidos de vegetais não-lenhosos, de vegetais lenhosos, como o caso da madeira e seus resíduos, e também de resíduos orgânicos dentre os quais se pode encontrar os resíduos agrícolas, urbanos e industriais (CORTEZ et al., 2009). Calcula-se que esses compostos orgânicos, hoje praticamente sem valor comercial, correspondem a cerca de 50% da biomassa terrestre (ROMERO, 2008).

A maioria dos pré-tratamentos que buscam a produção de etanol de segunda geração gera forte impacto ambiental. Os processos tradicionais de deslignificação além de serem agressivos impactam o meio ambiente. A expectativa de uso do ozônio pode ser um tratamento viável sem impacto ao meio ambiente (SONNENBERG et al., 1992; MOHAN et al., 2006), tendo em vista que será apenas utilizada água durante a reação, com possibilidade de aproveitamento dos produtos gerados e purificação da mesma. Estes materiais podem ser utilizados para obtenção de energia através de técnicas, ainda

em fase de aperfeiçoamento, como a hidrólise ácida e a hidrólise enzimática, esta última principalmente visando à produção de etanol de segunda geração, que consiste em um processo de baixo impacto ambiental que poderá refletir como uma alternativa para o uso energético da biomassa, podendo ser obtidas através de resíduos como bagaço de cana, sabugo de milho, e aparas de madeira (Figura 1) os quais são formados por celulose e podem transformar-se em biocombustível quando submetidos a um processo químico de quebra de moléculas.



Figura 1. Materiais lignocelulósicos, (A) Aparas de madeira, (B) Bagaço de cana de açúcar e (C) Sabugo de milho.

A granulometria é uma das mais importantes propriedades dos sólidos, que são usados em muitos campos da atividade humana, tais como construção, controle de resíduos, metalurgia, fabricação de combustíveis, etc.

Os materiais obtidos especificamente a partir da biomassa pré-tratada ou industrializada, são compostos que podem ser transformados em uma grande quantidade de partículas, que podem ser de diferentes formas e tamanhos (geometricamente diferentes) e ter características físico-químicas específicas. Para obter um aproveitamento mais eficiente de qualquer material sólido polidisperso (formado por um conglomerado de partículas fisicamente diferentes) em suas mais diversas aplicações, é necessário primeiramente realizar a seleção prévia das frações mais apropriadas de acordo com cada aplicação em particular. A partir desta seleção

específica será possível estudar as principais características físico-geométricas, químicas, térmicas e aerodinâmicas das partículas (CORTEZ et al., 2009).

Na ampla maioria dos processos industriais, as técnicas envolvidas para caracterizar as propriedades físico-geométricas, forma e tamanho dos objetos sólidos estão baseadas na definição de parâmetros conhecidos, tais como os fatores de forma: esfericidade e circularidade, e da classificação das partículas baseada em seu tamanho, o conhecido conceito de composição granulométrica (CORTEZ, 2009). As variações morfológicas e granulométricas das partículas de madeira ou de outras fontes de biomassa são na verdade um aspecto que resulta na eficiência do pré-tratamento seja físico ou químico. Estudos sobre tamanho de partículas para a obtenção de polpa celulósica possuem importância tão grande que sua dimensão pode causar perdas econômicas e desgastes técnicos durante a obtenção da polpa celulósica (CASTANHO, 2002).

A madeira é um material heterogêneo, tem uma variabilidade estrutural e química refletida numa ampla gama de propriedades tais como: densidade, permeabilidade, capilaridade, condutividade térmica, difusão da água de impregnação, entre outras. O arranjo de seus componentes a nível macroscópico (organização celular), microscópico (parede celular) e molecular (polímeros) define a estrutura lenhosa como uma engenhosa organização multimolecular na madeira. Apresenta um tecido complexo devido a sua formação por diferentes tipos de células, apresentando uma composição química que não pode ser precisamente definida para uma espécie de madeira ou mesmo para uma madeira em particular.

Pode-se afirmar que existem três componentes principais na madeira: lignina (18% a 35%), hemicelulose e celulose (65% a 75%). A celulose é o mais forte dos polímeros na madeira e, assim, é altamente responsável pela força na fibra da madeira devido ao seu alto grau de polimerização e orientação linear. As hemiceluloses atuam como uma matriz para celulose e está intimamente (por ligações covalentes) associada à lignina. Suspeita-se que o papel primário das hemiceluloses é agir como um agente altamente específico de acoplamento capaz de associar tanto com as áreas mais aleatórias (isto é, não cristalino) de celulose hidrofílica e lignina hidrofóbica amorfa. A lignina não somente mantém as fibras da madeira unidas, mas também auxilia na ligação de moléculas de carboidrato com o interior da parede celular da fibra da madeira (WINANDY & ROWELL, 2005).

Esses materiais são considerados polímeros complexos. Dentre esses

constituintes, a celulose representa a porção de maior interesse para a produção de biocombustíveis, ao passo que a lignina representa uma barreira frente à atuação de processos para obtenção desta matéria-prima. Desta forma, torna-se necessário aperfeiçoar novas metodologias a fim de remover ou facilitar a remoção da camada lignínica que envolve as fibras de celulose.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Relação água-madeira

A madeira é um material higroscópico capaz de absorver ou perder água para o meio ambiente (BORGES & QUIRINO, 2004). Essa característica é explicada pela constituição química da madeira (teores de holocelulose, lignina e extrativos), que atua no fenômeno de adsorção d'água. Estima-se que a celulose contribui com 47% da capacidade total da madeira trocar água com o ar, as hemiceluloses com 37%, e a lignina com 16%. Apesar de a celulose ser a substância que mais contribui para a absorção de água do ambiente, a hemicelulose é a substância mais hidrófila da madeira e a existência de celulose em maior quantidade na parede faz com que esta absorva mais conteúdo de água (SKAAR, 1972 *apud* JANKOWSKY & GALVÃO, 1979).

A celulose tem dois tipos de regiões. Quando as cadeias de celulose estão ordenadas uniformemente, é chamada região cristalina. Quando essas cadeias não estão ordenadas uniformemente, recebe o nome de região amorfa (Figura 2). A cristalinidade da celulose da madeira é de aproximadamente 50% (WADSØ, 1993). Essas diferentes partes da celulose têm diferentes propriedades de absorção de água, pois a região amorfa é higroscópica, enquanto a região cristalina não é.

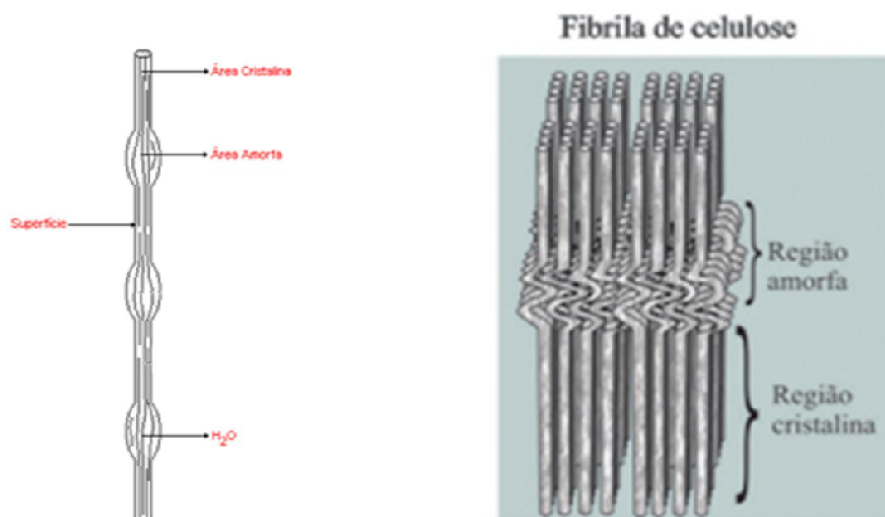


Figura 2. Microfibrilas de celulose (Adaptado de SILVA *et al.*, 2009).

A hemicelulose tem aproximadamente a mesma higroscopicidade da região amorfa da celulose (TIME, 1998). Já a lignina é quimicamente diferente da celulose e da hemicelulose e apresenta menor higroscopicidade do que a hemicelulose.

JANKOWSKY & GALVÃO (1979) ressaltam, porém, que as curvas de adsorção dos constituintes da madeira quando isolados não representam a atuação dos mesmos na madeira bruta, e que a capacidade adsortiva da madeira não corresponde à somatória de seus constituintes.

A higroscopicidade da madeira é basicamente ocasionada pelos grupos hidroxílicos (OH) que nela ocorrem. Eles atraem e retêm moléculas de água através de ligações de hidrogênio. Os grupos (OH) são polares, isto é, a sua carga elétrica não é uniforme em toda sua estrutura. Existe uma carga negativa próxima ao átomo de oxigênio e uma carga positiva próxima ao átomo de hidrogênio (Figura 3).

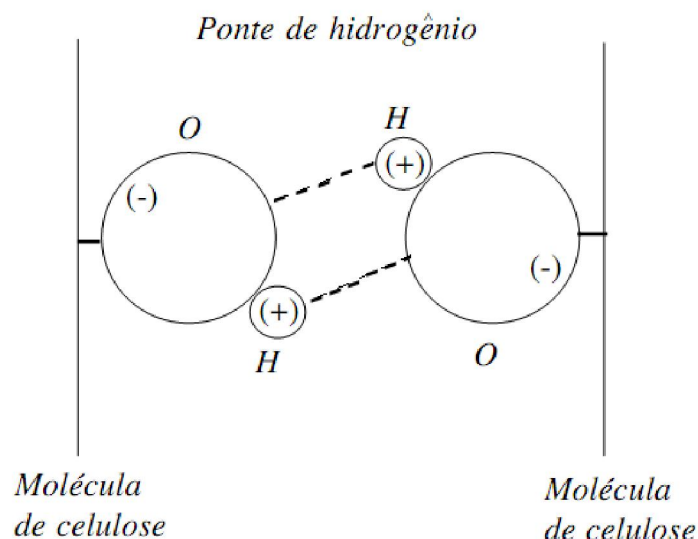


Figura 3. Representação esquemática das ligações de hidrogênio que se estabelecem nas regiões cristalinas das microfibrilas (Adaptado de DA SILVA, 2010 tal como mostra GALVÃO *et al.*, 1985).

As substâncias polares formam ligações químicas por meio de atração eletrostática entre os átomos ou por ligações covalentes envolvendo ligações C-C, C-OH, C-H, C-N e O-HN. Apesar dessas ligações de hidrogênio não serem fortes como as ligações químicas primárias, elas são bastante importantes na madeira, pois ocorrem em escala de bilhões. As moléculas de água são também polares, com cargas residuais positivas ao lado do hidrogênio e negativas ao lado do átomo de oxigênio. As ligações de hidrogênio que ocorrem nas regiões cristalinas das microfibrilas, onde as cargas residuais das hidroxilas nas moléculas de celulose são mutuamente satisfeitas, torna os grupos OH inacessíveis às moléculas de água nas condições naturais da madeira (GALVÃO & JANKOWSKY, 1985), entretanto, nas regiões amorfas, as moléculas de celulose dispõem de hidroxilas livres para se ligarem com moléculas de água através das ligações de hidrogênio, processo denominado adsorção (Figura 4).

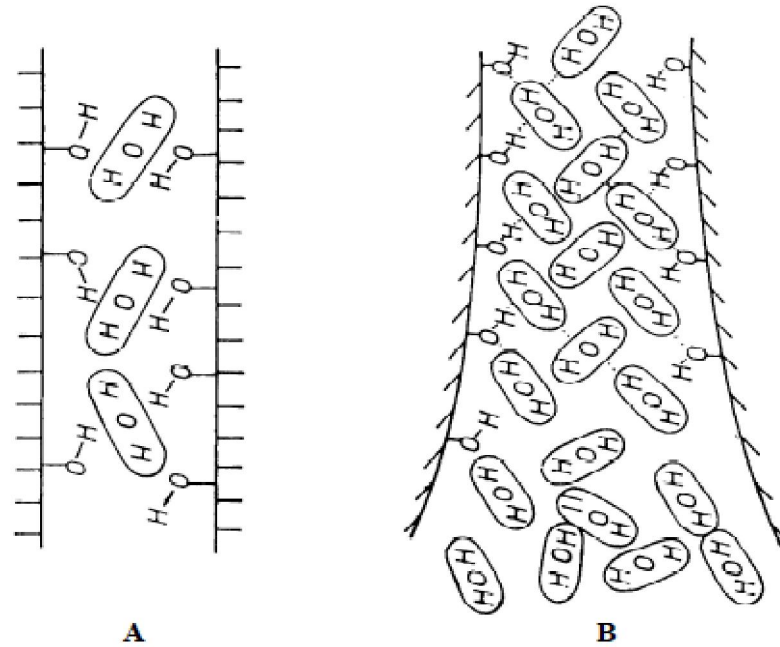


Figura 4. A água na madeira. A ligação das moléculas de água aos grupos hidroxílicos livres das cadeias de celulose. **(A)** Adsorção monomolecular, **(B)** Adsorção polimolecular (Adaptado de DA SILVA, 2010 tal como mostra TSOUMIS, 1991).

Quando as paredes celulares estão completamente saturadas de água, então a água que entra para a célula passa a localizar-se no lúmen. É exatamente no momento em que cessa a entrada de água higroscópica e começa a entrada de água livre que a madeira atinge o chamado ponto de saturação das fibras (SKAAR, 1972 *apud* DA SILVA, 2010).

O ponto de saturação das fibras é uma referência importante nas relações da água com a madeira. De fato, quando a madeira verde se encontra num processo de secagem, não há alteração apreciável das suas propriedades mecânicas até que seja atingido o ponto de saturação das fibras. Até esta altura, a água que é removida é aquela que se encontra absorvida, ou seja, a água localizada nos espaços intercelulares que facilmente é evaporada sem que seja necessário o fornecimento de muita energia. À presença de água no lúmen da célula se dá o nome de água livre. Só quando começa a remoção da água adsorvida é que a madeira começa a contrair (DA SILVA, 2010). À água retida nas paredes celulares dá-se o nome de água higroscópica.

Fazendo parte integrante da constituição química da matéria prima lenhosa, existe sempre na madeira a chamada água de constituição. Na realidade, ela não é

verdadeiramente água até a ocorrência de combustão. Só então, por quebra das ligações entre o oxigênio e hidrogênio de dois grupos hidroxílicos é que se formam moléculas de água (STAMM, 1964). Por essa razão, a água de constituição não é contabilizada quanto ao teor de umidade da madeira, contribuindo com este último, somente a água livre e higroscópica (ESTEVES, 2009).

2.2 Solubilidade da Madeira

Quando um sólido e um soluto entram em contato um com o outro, as forças atrativas do solvente causadas pelo movimento térmico das partículas sólidas tendem a romper a estrutura do sólido, dispersando íons ou moléculas de sua superfície. A ação do solvente é resultado da alta afinidade ou forças atrativas entre o solvente e a partícula sólida (HORVATH, 1982, 1992; JAMES 1986 *apud* HORVATH, 2006).

A solução é formada quando os íons ou moléculas se desagregam a partir da superfície do sólido no solvente. O sólido disperso na solução é descrito como soluto e o processo de dissolução. Os íons ou moléculas dissolvidos na solução são livres para mover-se como resultado de suas energias cinéticas de translação (HORVATH, 2006).

Na solução, há um contínuo contato/retorno entre os íons ou moléculas dissolvidos e a superfície sólida não-dissolvida. Quando a concentração de íons ou moléculas se torna suficientemente alta, a solução está saturada e um equilíbrio dinâmico será estabelecido, então a solução é incapaz de dissolver mais partículas de soluto.

Celulose, hemicelulose e lignina são polímeros de baixa solubilidade em água. Em soluções os polímeros movimentam-se restritamente. Isto significa que a entropia da mistura de um polímero em um solvente é menor do que no caso de um monômero no mesmo solvente. Se a massa molecular de um soluto aumenta, sua solubilidade diminui. E se um polímero tiver uma massa molecular muito grande (cerca de 2 milhões), mesmo coincidindo os melhores parâmetros de solubilidade entre o solvente e o soluto (que é o polímero) não resultará em uma solução verdadeira (HANSEN & BJÖRKMAN. 1998 *apud* HORVATH, 2006).

Os parâmetros de solubilidade por si sós não podem explicar os resultados do efeito do solvente e do soluto na madeira e nos seus, constituintes poliméricos de alto peso molecular. A insolubilidade da madeira pode ser explicada pela existência de

ligações cruzadas entre os seus polímeros.

De uma forma geral as substâncias solúveis da madeira são tratadas como extrativos, apresentando substâncias que possuem baixo peso molecular e alta solubilidade em solventes orgânicos neutros. Os materiais lignocelulósicos são constituídos de substâncias de alta massa molecular e de baixa massa molecular. As de alta massa molecular constituem as paredes celulares e as de baixa massa molecular os espaços celulares vazios. Entre os de baixa massa molecular estão substâncias, terpênicas, ceras, graxas, taninos, cumarinas, lignanas, fenóis simples, açúcares simples, glicosídeos, entre outros (FENGEL & WEGENER, 1984).

Além da temperatura e da pressão, a solubilidade de sólidos em líquidos depende também do tamanho das partículas (HULETT, 1901; DUNDON & MACK, 1923; COHEN & THÖNNESEN, 1932; HILDEBRAND & SCOTT, 1950 *apud* HORVATH, 2006). Vários outros estudos mais recentes têm relatado sobre o efeito do tamanho da partícula na solubilidade (PEDERSEN & BROWN, 1976; FÜRER & GEIGER, 1977; KANENIWA & WATARI, 1978; KANENIWA et al., 1978; MOROKHOV et al., 1979; YU, 1982 *apud* HORVATH, 2006).

O pré-tratamento das amostras, especialmente a moagem e secagem, pode influenciar substancialmente a penetração do solvente, e assim, a eficiência da extração/solubilidade. Em teoria, a solubilidade de partículas muito pequenas é maior do que a de partículas maiores do mesmo material e no mesmo solvente, utilizando as mesmas condições de temperatura e pressão (HORVATH, 2006).

Segundo ALAKANGAS (2005), o tamanho das partículas é um dos principais fatores para a determinação da qualidade de combustíveis madeireiros e de acordo com DAI (2010) muitos processos de biomassa, incluindo a combustão, gaseificação e pirólise, estão em desenvolvimento, sendo um problema crítico em todos os casos é de como alimentar a biomassa em reatores (Figura 5), o que pode impedir um bom funcionamento.

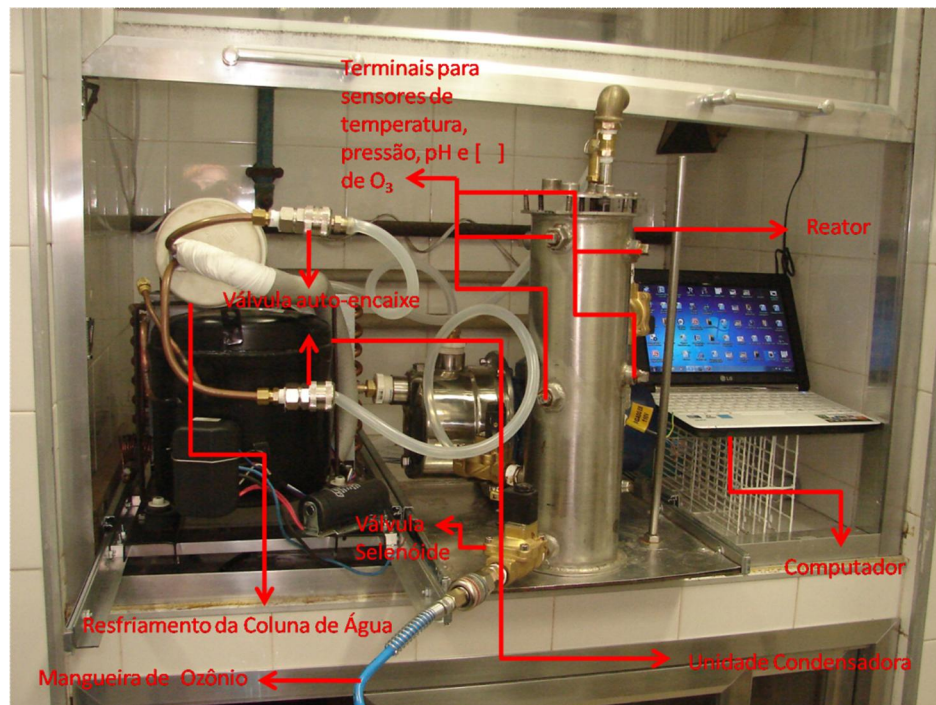


Figura 5. Unidade piloto para deslignificação por ozonólise.

3. OBJETIVO

3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho foi avaliar a melhor granulometria entre os materiais lignocelulósicos da espécie *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Pinus* sp. segundo análises de higroscopicidade e solubilidade, como parâmetros para a serem otimizados nas reações de ozonólise.

3.2 Objetivos Específicos

- Determinar a solubilidade da madeira de espécies *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Pinus* sp. segundo o parâmetro granulométrico;
- Determinar a higroscopicidade da madeira de espécies *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Pinus* sp. segundo o parâmetro granulométrico;

- Caracterizar quimicamente os madeira das espécies *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e *Pinus* sp.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Química da Madeira do Departamento de Produtos Florestais do Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).

Em decorrência da natureza dos diferentes materiais lignocelulósicos disponíveis, no que tange aos aspectos anatômicos e principalmente químicos entre outros fatores, foram utilizados no trabalho materiais de origem: *Corymbia citriodora* e *Pinus* sp. Esses materiais em se tratando de ligninas são de composição diferente, o primeiro possui maior teor de lignina e rica em unidades guaiacólica (GH), o segundo moderada concentração de unidade siringílica (GS).

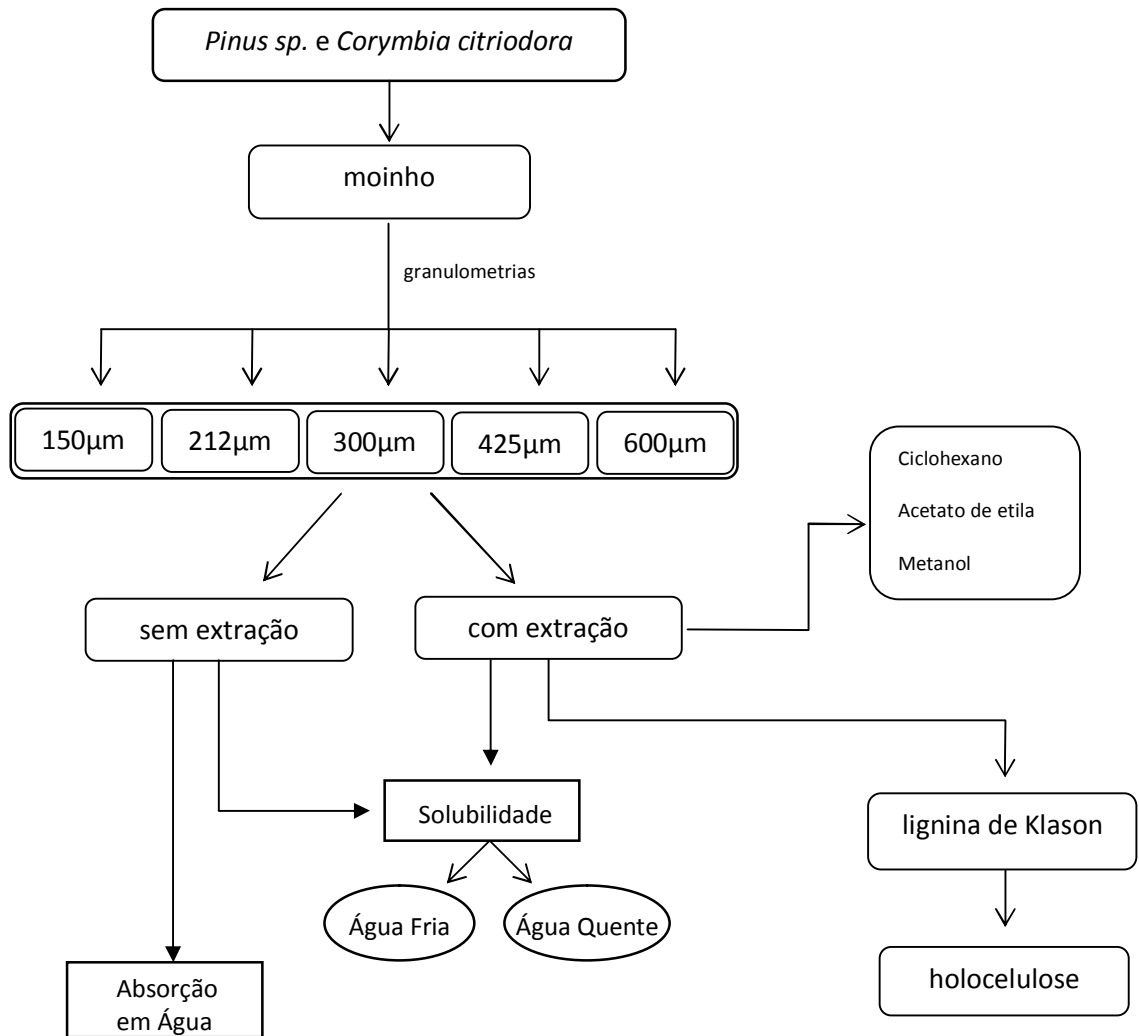


Figura 6. Diagrama seqüencial de procedimentos.

4.1 Preparação do Material

As madeiras utilizadas foram provenientes de povoamentos florestais da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no município de Seropédica-RJ.

Depois de abatidas as árvores e transformadas em discos, as amostras de *Corymbia citriodora* e *Pinus* sp., foram transformadas em cavacos e secas ao ar, e em seguida, foram trituradas no moinho de facas. Posteriormente para padronização, sendo adotadas as granulometrias 150, 212, 300, 425 e 600 µm, através de um conjunto de peneiras conforme mostra a Figura 7.

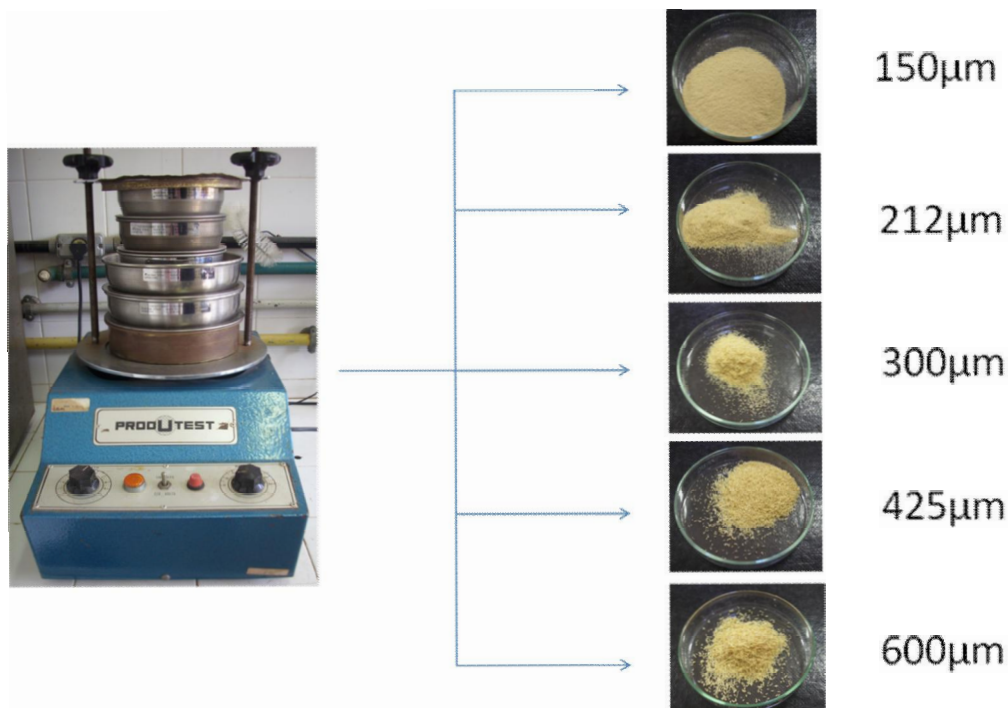


Figura 7. Homogeneização da granulometria das amostras de madeira.

4.2 Determinação do Teor de Extrativos

O teor de extrativos dos materiais foi determinado através de extração com os solventes ciclohexano, acetato de etila e metanol, grau PA da marca VETEC, em extrator do tipo Soxhlet durante 24 h para cada extração (Figura 8). Os extratos obtidos foram evaporados em um evaporador rotatório e posteriormente secos em uma capela. Após secos foram pesados (LIN & DENCE, 1992).



Figura 8. Processo de extração pelo aparelho tipo Soxhlet.

4.3 Determinação do Teor de Lignina

Para determinação do teor de lignina foi utilizado o método de Klason. Foram utilizadas aproximadamente 300 mg de amostra seca e livre de extrativos, tratada com ácido sulfúrico 72%. A amostra foi homogeneizada por agitação contínua durante 1 minuto e conservada por 1 hora entre 25 e 30°C em banho-maria. Em seguida, o material foi diluído com 84 ml de água destilada, permanecendo em refluxo por 4 horas. Após este procedimento, o material foi lavado com 500 ml de água destilada quente em um funil de placa sinterizada previamente tarado e em seguida seco em estufa a 105°C durante 24 horas e em seguida foi feita uma nova pesagem (EFFLAND, 1977).

4.4 Determinação do Teor de Holocelulose

Para determinação do teor de holocelulose foi utilizado o método da cloração. Foram utilizadas 2,5 g de amostra seca e livre de extrativos e adicionou-se 8 mL de água destilada quente, 0,5 mL de ácido acético e 1g de clorito de sódio. Depois, essas amostras reacionais foram mantidas em banho-maria a 70°C, sendo a cada 1 h adicionados mais 0,5 mL de ácido acético e 1g de clorito de sódio até as fibras mostrarem-se completamente separadas. A amostra foi mantida em repouso sem adição de qualquer reagente durante 24 horas. Após esse período, a amostra foi filtrada sob

vácuo, e depois lavada com água destilada até a cor amarela e o odor de cloro desaparecer completamente. Em seguida, o material foi seco em uma estufa a 105°C durante 24 horas e depois foi pesado (ABREU et al., 2006).

4.6 Teste de Solubilidade em Água

Foram realizados testes envolvendo pré-extrações com solventes de polaridades diferentes e assim como *in natura*, com diversificadas granulometrias (Figura 8), recomendadas pela norma técnica de preparação de material lignocelulósico livre de extrativo (TAPPI, 1979) e também segundo HORVATH (2006).

4.6.1 Solubilidade em água fria

Para cada uma das granulometrias foram colocados 10g de amostra em um erlenmeyer com 300mL de água destilada a temperatura ambiente. As amostras foram tratadas a $23 \pm 2^\circ\text{C}$ por 48 horas, sob constante agitação (Figura 9). Posteriormente, estas foram transferidas para funis de placa sinterizada previamente tarados e, lavadas com água destilada fria, sendo, em seguida, colocadas para secar em estufa a 105°C até peso constante. Após esse período, foi feita uma nova pesagem.



Figura 9. Solubilidade em água fria.

4.6.2 Solubilidade em água quente

Para cada uma das granulometrias foram colocados 10g de amostra em um balão com 100 mL de água destilada a temperatura ambiente, os quais foram fixados, sob banho-maria, em um condensador de refluxo (Figura 10). As amostras foram tratadas por 3 horas, à 70°C, certificando-se que o nível de água do banho-maria permaneceu constante acima da solução no balão. Posteriormente, estas foram transferidas para funis de placa sinterizada previamente tarados e lavadas com água destilada quente, sendo, em seguida, colocadas para secar em estufa a 105°C até peso constante. Após esse período, foi feita uma nova pesagem.



Figura 10. Solubilidade em água quente.

A solubilidade a frio e a quente foi determinada utilizando-se a fórmula:

$$S = \frac{P_a - P_d}{P_a} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

S= Solubilidade de água (fria e quente)

Pa= Peso da amostra antes do teste de solubilidade.

Pd= Peso da amostra após sair da estufa.

4.6.3 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco repetições. Foram testadas 4 condições: água quente - sem extração, água fria - sem extração, água quente - com extração e água fria - com extração. Essas condições foram estabelecidas para cada uma das granulometrias, totalizando 20 tratamentos conforme Tabela 1.

Foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis ao nível de 5% de significância para comparação das médias.

Tabela 1. Descrição dos tratamentos realizados com amostras de *Corymbia citriodora* e *Pinus* sp.

Código	Tratamento	Número de repetições
QS1	Água quente - sem pré-extração-150µm	
QS2	Água quente - sem pré-extração-212µm	
QS3	Água quente - sem pré-extração-300µm	
QS4	Água quente - sem pré-extração-425µm	
QS5	Água quente - sem pré-extração-600µm	
FS1	Água fria - sem pré-extração-150µm	
FS2	Água fria - sem pré-extração-212µm	
FS3	Água fria - sem pré-extração-300µm	
FS4	Água fria - sem pré-extração-425µm	
FS5	Água fria - sem pré-extração-600µm	
QC1	Água quente - com pré-extração-150µm	5
QC2	Água quente - com pré-extração-212µm	
QC3	Água quente - com pré-extração-300µm	
QC4	Água quente - com pré-extração-425µm	
QC5	Água quente - com pré-extração-600µm	
FC1	Água fria - com pré-extração-150µm	
FC2	Água fria - com pré-extração-212µm	
FC3	Água fria - com pré-extração-300µm	
FC4	Água fria - com pré-extração-425µm	
FC5	Água fria - com pré-extração-600µm	

4.7 Ensaio de Absorção de Água

A determinação da Absorção de Água (AA) foi feita segundo a NBR 14810-3 (ABNT, 2006) adaptada para a utilização de partículas.

Foi pesado 1 g de amostra de cada granulometria, sem sofrer pré-extração e em seguida transferida para um cartucho de papel filtro (marca Whatman, porosidade 40 e 125mm de diâmetro) (Figura 11) que posteriormente foram imersas em água por 2 horas, sendo pesados novamente após esse período.



Figura 11. Teste de absorção em água.

A absorção em água após 2 horas foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$A = \frac{M_f - M_i}{M_i} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

AA = Absorção de água (%)

M_F = Massa final (g)

M_I = Massa inicial (g)

4.7.1 Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado. Foram testadas 5

granulometrias, com cinco repetições para cada uma. Foi utilizado o teste de Wilcoxon ao nível de 1% de significância para comparação das médias.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização Química

As características químicas, junto às características físicas e anatômicas da madeira são bons parâmetros de avaliação de sua qualidade e de sua utilização. A composição química da madeira varia de acordo com as condições edafoclimáticas e tratos silviculturais, sendo relevante também o crescimento da árvore, bem como a idade do indivíduo e a posição no tronco.

Os valores encontrados para a madeira de *Corymbia citriodora* e *Pinus* sp coadunam com os dados da literatura conforme Tabela 2. Segundo ROWELL et al. (2005), os valores médios dos teores de lignina variam em torno de 18 a 35% e os valores médios de holocelulose em torno de 65 a 75%.

Tabela 2. Teores dos constituintes da madeira por espécie.

Análise	Especie	Teor (%)
Extrativos	<i>Corymbia citriodora</i>	1,89
	<i>Pinus</i> sp.	4,07
Lignina	<i>Corymbia citriodora</i>	22,00
	<i>Pinus</i> sp.	26,50
Holocelulose	<i>Corymbia citriodora</i>	76,11
	<i>Pinus</i> sp.	69,43
Total	<i>Corymbia citriodora</i>	100,00
	<i>Pinus</i> sp.	100,00

SEVERO (2006) analisou a composição química de *Corymbia citriodora*, e encontrou o valor médio para o teor de lignina no fuste de 23,31 e de 20,70% para o lenho juvenil e adulto, respectivamente e para o teor de holocelulose, o valor médio no fuste foi de 69,40% e de 72,04% para o lenho juvenil e adulto, respectivamente.

SIQUEIRA (2001) e COLODETTE et al (1981) analisaram madeira de *Pinus merkusii* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, e encontraram teores de lignina e holocelulose 25,2% e 66,4%; 27,9% e 68,8%, respectivamente, sendo próximos aos teores encontrados.

Comparando as duas espécies, o *Pinus* sp. teve maiores teores de extrativos e lignina, enquanto o *C. citriodora* teve maior teor de holocelulose.

5.2 Teste de Solubilidade

5.2.1 *Corymbia citriodora*

Em uma avaliação a pré-extração com solventes retira da madeira uma quantidade significativa de substâncias solúveis, enquanto a madeira sem esse pré-tratamento mantém sua composição inviolada. Os dados estatísticos comparando os tratamentos mostraram que o tratamento com pré-extração e solubilidade tanto em água fria quanto em água quente, foram mais eficientes do que os sem pré-extração e com solubilidade água fria ou quente. Essa diferença é esperada por ser a pré-extração com diferentes solventes capaz de retirar substâncias apolares, de polaridades intermediárias e polares, deixando apenas uma parte em que só a água pode solubilizar.

O tamanho das partículas, exceto o de 150 μ m (foi estatisticamente superior), apesar de não serem significamente diferentes, os resultados mostraram a mesma ou muito próxima capacidade de difusão de água em seu interior. Apesar de alguns tratamentos apresentarem resultados estatísticos não significativos, qualquer valor na diferença, mesmo sendo esta muito pequena (valores decimais) (Figuras 12), pode significar grande economia para indústria de utilização de biomassa para fins energéticos tendo em vista que as mesmas trabalham em escala de toneladas de biomassa.

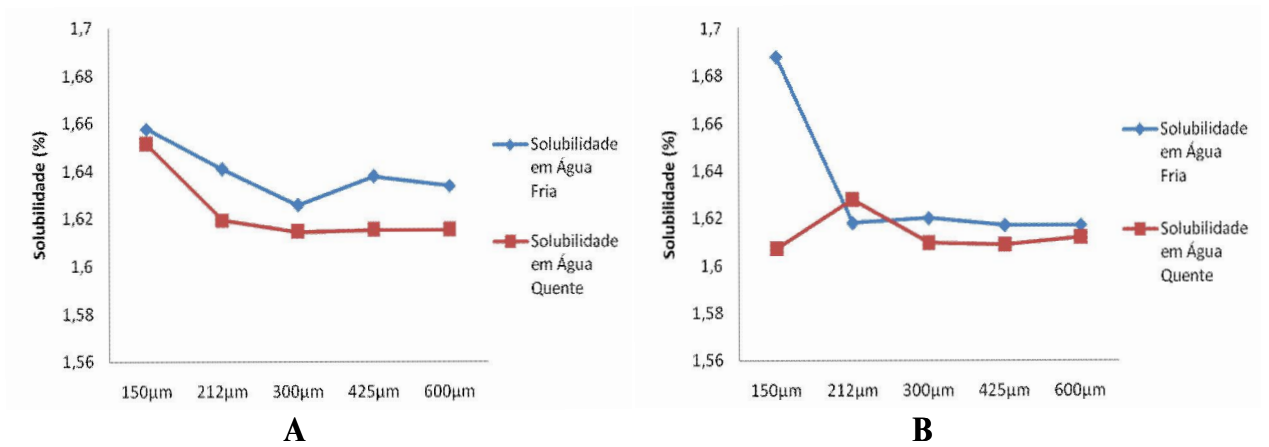


Figura 12. Valores solubilidade para *Corymbia citriodora*. (A) Sem pré-extração, (B) Com pré-extração.

5.2.2 *Pinus* sp.

Em *Pinus* sp. observou-se que os tratamentos com granulometria de 150µm (com pré-extração) tanto em solubilidade com água quente quanto em água fria se mostram mais eficientes na solubilização dos compostos da madeira, do que os restantes das partículas, com pré-extração e sem pré-extração, com solubilidade em água fria ou quente (figuras 13). Geralmente as extrações com água quente são mais eficientes, entretanto, no caso de *Pinus* sp., as características anatômicas e químicas, ausência de porosidade em *Pinus*, presença de cerne e sua amostragem, grande concentração de resina e tanino podem ter influenciado nos resultados de solubilidade em água.

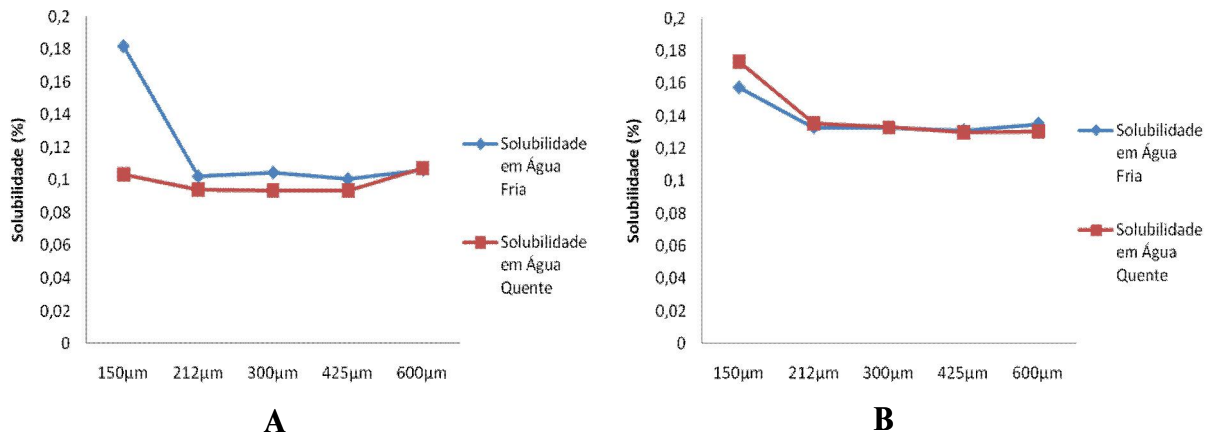


Figura 13. Valores solubilidade para *Pinus* sp. (A) Sem pré-extração, (B) Com pré-extração.

5.3 Absorção em água

A comparação entre os valores de absorção de água de madeira de *C. citriodora* e *Pinus* sp., sem pré extração, pelo teste de Wilcoxon a 1% de significância, revelou mais positiva para madeira de *Pinus* sp. (Figura 14), sem distinção de tamanho de partículas. Apesar da ausência de poros em *Pinus* sp. a difusão de água mostrou-se mais eficiente, provavelmente devido à maior retenção de água.

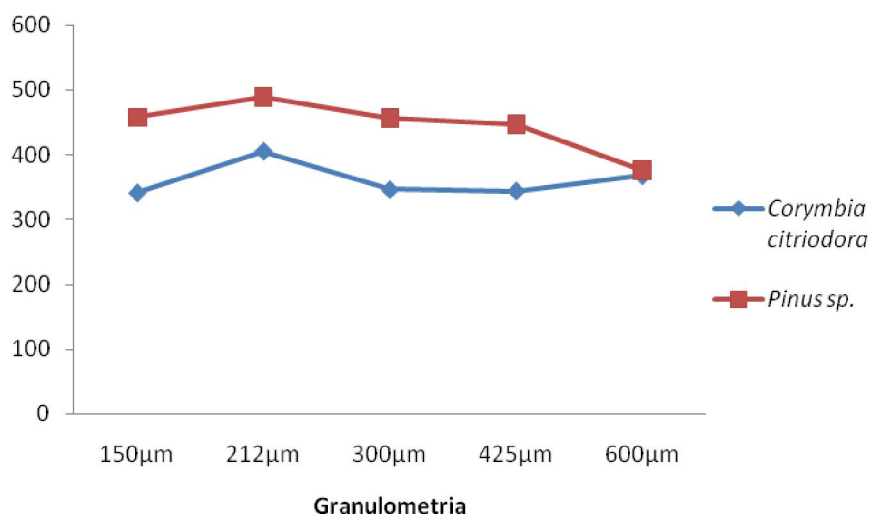


Figura 14. Valores médios de absorção de água.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos sugerem o uso de partículas de 150 μ m por ser o mais eficiente para *Corymbia citriodora* e *Pinus* sp., considerando os tratamentos realizados na pré condição propriedades física e química as quais serão submetidas durante a reação de ozonólise.

Em escala industrial a utilização de solventes orgânicos se mostra antieconômico e com impacto ambiental, tendo em vista o preço/l dos solventes e sua toxidez. Tal fato pode ser inviabilizado, tendendo a outras formas de preparação ou utilização das mesmas, como em condição *in natura*, de maneira considerar a competitividade do ozônio com as substâncias extrativas existentes na biomassa durante a degradação da lignina.

Considerando o melhor material de biomassa em termos de absorção de água foi a proveniente da madeira de *Pinus* sp.. Esses fatores podem permitir escolhas, entretanto isso não significa que uma biomassa de qualquer origem vegetal não seja viável para utilização em reatores de ozonólise.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, H. S.; CARVALHO, A. M.; MONTEIRO, M. B. O.; PEREIRA, R. P. W.; SILVA, H. R.; SOUZA, K. C. A.; AMPARADO, K. F.; CHALITA, D. B. Métodos de análise em química da madeira, **Floresta e ambiente (Série técnica)**, 2006, 20p.
- ALAKANGAS, E. Properties of Wood fuels used in Finland – BIOSOUTH-project. Project Report. **Intelligent Energy – Europe Programme**. 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14810-3: chapas de madeira aglomerada: parte 3: métodos de ensaio. São Paulo, 51 p. 2006.
- BORGES, L. M. & QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1 n. 2 p. 173-182. 2004
- CASTANHO, C. G., M. S., **Utilização de rejeito fibroso industrial da polpação kraft de eucalipto para produção de papéis**. Universidade Federal de Viçosa. Dissertação de mestrado em Ciências Florestais. 102 p. 2002.
- COHEN, N. C. & THÖNNESSEN, B. **Proc. K. Akad. Wetens.**, Amsterdam, 35, 441, 798 (1932). In: HORVATH, A. L. Solubility of Structurally Complicated Materials: I. **Wood. Journal of Physical Chemistry**, Vol. 35 (1) : 77-92. 2006.
- COLODETTE J. L.; GOMIDE J. L.; OLIVEIRA, R. C. de. Caracterização da madeira e da polpa Kraft do *Pinus caribaea* Mor. var. *Hondurensis* Barr. E Golf. com rabo-de-raposa. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 5, n. 2, p. 194-209, jul./dez. 1981.
- CORTEZ, L.A.B.; LORA, E.E.S.; GÓMEZ, E.O.; **Biomassa para energia**, Ed UNICAMP, 734p, 2008.
- DA SILVA, M. E. C. M. Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais - Higroscopicidade da madeira. **UTAD**. 2010
- DAI, J., GRACE, J. R. Biomass granular screw feeding: An experimental investigation. **Biomass and Bioenergy** v. 35 (2011) p. 942 – 955. 2010
- DUNDON, M. L. & MACK, E. J. Am. Chem. Soc. 45(11), 2479–2485 (1923). In: HORVATH, A. L. Solubility of Structurally Complicated Materials: I. **Wood. Journal of Physical Chemistry**, v. 35 n. 1: 77-92. 2006.
- EFFLAND, M. J. Modified procedure to determine acid-insoluble lignin in wood and pulp. **Teppi**, v.60, n. 10. p. 143-144, 1977.
- ESTEVES, C. M. G. **Identificação das propriedades de difusão na madeira *Pinus Pinaster Aiton***. Dissertação apresentada à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. 138p. 2009.

FENGEL, D., WEGENER, G. **Wood: Chemistry, ultrastructure reactions**. New York: W. De Gruyter, p. 613, 1984.

FÜRER, R. & GEIGER, M. *Pestic. Sci.* 8(4), 337–344 (1977). Grant, D. J. W. and Higuchi, T. *Solubility Behavior of Organic Compounds*, Vol. 2 Wiley, Chichester, (1990). In: HORVATH, A. L. *Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. Journal of Physical Chemistry*, Vol. 35 (1) : 77-92. 2006.

GALVÃO, A. P. M. & JANKOWSKY, I. P. **Secagem Racional da Madeira**. Nobel. São Paulo. 1985.

GALVÃO, A. P. M. & JANKOWSKY, I. P. **Secagem Racional da Madeira**. Nobel. São Paulo. 1985. In: DA SILVA, M. E. C. M. *Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais - Higroscopicidade da madeira. UTAD*. 2010

HANSEN, C. M. & BJÖRKMAN, A. “The ultrastructure of wood from a solubility parameter point of view.” *Holzforschung* v. 52 n. 4, 335–344 (1998). In: HORVATH, A. L. *Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. Journal of Physical Chemistry*, v. 35 n. 1 : 77-92. 2006.

HILDBRAND, J. H. and SCOTT, R. L. *The Solubility of Nonelectrolytes*, 3rd ed. Reinhold, New York, (1950), 488 pp. In: HORVATH, A. L. *Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. Journal of Physical Chemistry*, v. 35 n. 1: 77-92. 2006.

HORVATH, A. L. *Halogenated Hydrocarbons. Solubility-Miscibility with Water* (Marcel Dekker, New York, 1982), 920 pp.; HORVATH, A. L. *Molecular Design. Chemical Structure Generation from the Properties of Pure Organic Compounds* (Elsevier, Amsterdam, 1992), 1489 pp.; JAMES, K. C. *Solubility and Related Properties* (Marcel Dekker, New York, 1986), 425 pp. In: HORVATH, A. L. *Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. Journal of Physical Chemistry*, v. 35 n. 1 : 77-92. 2006.

HORVATH, A. L. *Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. Journal of Physical Chemistry*, v. 35 n. 1 : 77-92. 2006.

HULETT, C. A. Z. *Phys. Chem.* 37, 385–406 (1901). In: HORVATH, A. L. *Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. Journal of Physical Chemistry*, v. 35 n. 1: 77-92. 2006.

JANKOWSKY, I. P. & GALVÃO, A. P. M. *Influência do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira. IPEF* n.18, p.1-33, jun.1979

KANENIWA, N. & WATARI, N. *Chem. Pharm. Bull.* 26(3), 813–826 (1978). In: HORVATH, A. L. *Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. Journal of Physical Chemistry*, v. 35 n. 1: 77-92. 2006.

KANENIWA, N., WATARY, N., IJIMA, H. *Chem. Pharm. Bull.* 26(9), 2603–2614 (1978). In: HORVATH, A. L. *Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. Journal of Physical Chemistry*, v. 35 n. 1: 77-92. 2006.

- LIN, S. Y. & DENCE, C. W. *Methods in lignin chemistry*. Springer, Berlim, 1992.
- MOHAN, D.; PITTMAN JR., C. U.; STEELE, P. H. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. **Energy & Fuels**. v. 20 n. 3, p. 848-889, 2006.
- MOROKHOV, I. D., CHIZHIK, S. P., GLADKIKH, N. T., GRIGOR'EVA, L. K., STEPANOV, S. V. **Dokl. Akad. Nauk SSSR**, 247(6), 1376–1380 (1979). In: HORVATH, A. L. Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. **Journal of Physical Chemistry**, v. 35 n. 1: 77-92. 2006.
- PEDERSEN, P. V. & BROWN, K. F. J. **Pharm. Sci.** 65(10), 1437–1447 (1976). In: HORVATH, A. L. Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. **Journal of Physical Chemistry**, v. 35 n.1 : 77-92. 2006.
- ROMERO, T. **Etanol de segunda geração é essencial à sustentabilidade dos biocombustíveis**. Disponível em:
<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=etanol-de-segunda-geracao-e-essencial-a-sustentabilidade-dos-biocombustiveis&id=010115081226>. Acesso em 30 Jun. 2011.
- ROWELL, R. M.; PETERSEN, R.; HAN, J.S.; ROWELL, J. S.; TSHABALALA, M. A. Cell Wall Chemistry. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**. Editado por Roger M. Rowell. Editora Taylor & Francis Group. New York, 2005.
- SEVERO, E. T.D., CALONEGO, F. W. e SANSÍGOLO, C. A. Composição Química da Madeira de *Eucalyptus citriodora* em Função das Direções Estruturais. **Silva Lusitana** v. 14 n. 1: 113 - 126. Lisboa, 2006
- SILVA, R., HARAGUCHI, S. K., MUNIZ, E. C., RUBIRA, A. F. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. **Química Nova**. v. 32, n. 3, p. 661-671. 2009.
- SIQUEIRA, M. M., PEREIRA, J. C. D., DE MATTOS, P. P., SHIMIZU, J. Características Físicas, Químicas e Anatômicas da Madeira de *Pinus merkusii*. Comunicado Técnico 65. **Embrapa Florestas**. Colombo. 2001
- SKAAR, C. - Water in wood. **Syracuse, Syracuse University Press**, 1972. 218p. In: JANKOWSKY, I. P. & GALVÃO, A. P. M. Influência do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira. **IPEF** n.18, p.1-33, jun.1979
- SKAAR, C. - Water in wood. **Syracuse, Syracuse University Press**, 1972. 218p. In: DA SILVA, M. E. C. M. Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais - Higroscopicidade da madeira. **UTAD**. 2010
- SONNENBERG, L.B.; POLL, K.M.; LE LACHEUR, R.M.; MURPHY, R.G. Characterization of Pulp Ozonolysis Products. **IPST Technical Paper Series** – n. 420, 19p. 1992.
- STAMM, A. J. *Wood and Cellulose Science*. v.147 n. 3658 pp. 595-596. **Ronald**. New

York, 1964.

TAPPI – Official test methods and provisional test methods/Technical Association of the Pulp and Paper Industry , One Dunwoody Park Atlanta, GA 30338 USA. **Tappi Technology Park**. 1979.

TIME, B. **Hygroscopic Moisture Transport in Wood**. A thesis presented for the degree of Doctor Engineer of the Norwegian University of Science and Technology, Department of Building and Construction Engineering. 216p. 1998.

TSOUMIS, G. (1991): Science and technology of wood - Structure, Properties, Utilization. **Van Nostrand Reinhold**, New York.In: DA SILVA, M. E. C. M. Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais - Higroscopicidade da madeira. **UTAD**. 2010

WADSØ, L. **Studies of water vapor transport and sorption in wood**. Doctoral Dissertation, Report TVBM-1013, Building Materials, Lund University.

WINANDY, J. E., ROWELL, R. M. The chemistry of wood strength. In: Rowell, R.M. (Ed.), The Chemistry of Solid-Wood. **ACS Sym Series** n. 208. Washington DC, 303-347p. 2005.

YU, S.-M. G. “Solvolytic liquefaction of wood under mild conditions.” PhD thesis, University of California, Berkeley, 1982, 169 pp. (Univ. Microfilms International, Ann Arbor, MI). In: HORVATH, A. L. Solubility of Structurally Complicated Materials: I. Wood. **Journal of Physical Chemistry**, v. 35 n. 1: 77-92. 2006.

8. ANEXOS

Valores médios de solubilidade de *Corymbia citriodora*.

Tratamento	Solubilidade
Água quente - sem pré-extração-150µm	1,6512 b
Água quente - sem pré-extração-212µm	1,6192 b
Água quente - sem pré-extração-300µm	1,6144 b
Água quente - sem pré-extração-425µm	1,6152 b
Água quente - sem pré-extração-600µm	1,6152 b
Água fria - sem pré-extração-150µm	1,6576 b
Água fria - sem pré-extração-212µm	1,6408 b
Água fria - sem pré-extração-300µm	1,6256 b
Água fria - sem pré-extração-425µm	1,6376 b
Água fria - sem pré-extração-600µm	1,6336 b
Água quente - com pré-extração-150µm	1,6072 bc
Água quente - com pré-extração-212µm	1,628 b
Água quente - com pré-extração-300µm	1,6096 bc
Água quente - com pré-extração-425µm	1,6088 bc
Água quente - com pré-extração-600µm	1,612 b
Água fria - com pré-extração-150µm	1,688 ab
Água fria - com pré-extração-212µm	1,618 b
Água fria - com pré-extração-300µm	1,62 b
Água fria - com pré-extração-425µm	1,617 b
Água fria - com pré-extração-600µm	1,617 b

Valores médios de solubilidade de *Pinus sp.*.

Tratamento	Solubilidade
Água quente - sem pré-extração-150µm	0,1032 b
Água quente - sem pré-extração-212µm	0,0944 bc
Água quente - sem pré-extração-300µm	0,0936 bc
Água quente - sem pré-extração-425µm	0,0936 bc
Água quente - sem pré-extração-600µm	0,1072 b
Água fria - sem pré-extração-150µm	0,1816 b
Água fria - sem pré-extração-212µm	0,1024 b
Água fria - sem pré-extração-300µm	0,1048 b
Água fria - sem pré-extração-425µm	0,1008 b
Água fria - sem pré-extração-600µm	0,1064 b
Água quente - com pré-extração-150µm	0,1736 ab
Água quente - com pré-extração-212µm	0,1352 b
Água quente - com pré-extração-300µm	0,1328 b
Água quente - com pré-extração-425µm	0,1296 b
Água quente - com pré-extração-600µm	0,1304 b
Água fria - com pré-extração-150µm	0,1576 ab
Água fria - com pré-extração-212µm	0,1328 b
Água fria - com pré-extração-300µm	0,1328 b
Água fria - com pré-extração-425µm	0,1312 b
Água fria - com pré-extração-600µm	0,1352 b

Valores médios de higroscopicidade de *Corymbia citriodora*.

Tratamento	Higroscopicidade
150µm	340,66
212 µm	405,64
300 µm	345,76
425 µm	343,58
600 µm	367,56

Valores médios de higroscopicidade de *Pinus sp.*

Tratamento	Higroscopicidade
150µm	457,24
212 µm	488,82
300 µm	455,46
425 µm	445,92
600 µm	375,48

Análise estatística de dados de solubilidade de *Corymbia citriodora*.

Estatísticas descritivas – Solubilidade de *Corymbia citriodora*.

Número de Observações	100
Média Geral	1,631000
Desvio Padrão	0,043645
Erro Padrão	0,004365
Coefficiente de Variação	2,675996
Valor Máximo	1,952000
Valor Mínimo	1,584000
Amplitude	0,368000
Teste de t	373,692628
Probabilidade da Média = 0	0,0002
Assimetria	4,478888
Probabilidade da Assimetria = 0	0,139827
Curtose	30,707784
Probabilidade da Curtose = 3	0,000100
Intervalo de Confiança P(0.05)	0,008685
Amostra Ideal (10%)	0,283581

Teste para verificação de normalidade (Teste de Lilliefors).

Variáveis	Valor Calculado	Valor (P=0.05)	Valor(P=0.01)
Solubilidade	0,2483	0,089	0,103

Teste de Kruskal – Wallis, analisando solubilidade em relação à granulometria.

Valor do Teste	(P=0.05)
7,478	9,490

Teste de Kruskal – Wallis, analisando solubilidade em relação aos tratamentos.

Valor do Teste	(P=0.05)
42,108	30,140

Comparações múltiplas entre os tratamentos em relação aos valores de solubilidade.
(continua)

Classes comparadas		Diferença Observada	Diferença Mínima Significativa(P=0.05)
QS1	QS2	26,90000	65,02736
QS1	QS3	32,20000	65,02736
QS1	QS4	31,50000	65,02736
QS1	QS5	26,30000	65,02736
QS1	FS1	5,20000	65,02736
QS1	FS2	5,70000	65,02736
QS1	FS3	17,00000	65,02736
QS1	FS4	2,50000	65,02736
QS1	FS5	8,00000	65,02736
QS1	QC1	48,60000	65,02736
QS1	QC2	36,60000	65,02736
QS1	QC3	46,80000	65,02736
QS1	QC4	47,90000	65,02736
QS1	QC5	42,60000	65,02736
QS1	FC1	21,30000	65,02736
QS1	FC2	19,70000	65,02736
QS1	FC3	15,00000	65,02736
QS1	FC4	22,60000	65,02736
QS1	FC5	21,60000	65,02736
QS2	QS3	5,30000	65,02736
QS2	QS4	4,60000	65,02736
QS2	QS5	0,60000	65,02736
QS2	FS1	32,10000	65,02736
QS2	FS2	21,20000	65,02736
QS2	FS3	9,90000	65,02736
QS2	FS4	29,40000	65,02736
QS2	FS5	18,90000	65,02736
QS2	QC1	21,70000	65,02736
QS2	QC2	9,70000	65,02736
QS2	QC3	19,90000	65,02736
QS2	QC4	21,00000	65,02736
QS2	QC5	15,70000	65,02736
QS2	FC1	48,20000	65,02736
QS2	FC2	7,20000	65,02736
QS2	FC3	11,90000	65,02736
QS2	FC4	4,30000	65,02736
QS2	FC5	5,30000	65,02736
QS3	QS4	0,70000	65,02736
QS3	QS5	5,90000	65,02736

Continuação

QS3	FS1	37,40000	65,02736
QS3	FS2	26,50000	65,02736
QS3	FS3	15,20000	65,02736
QS3	FS4	34,70000	65,02736
QS3	FS5	24,20000	65,02736
QS3	QC1	16,40000	65,02736
QS3	QC2	4,40000	65,02736
QS3	QC3	14,60000	65,02736
QS3	QC4	15,70000	65,02736
QS3	QC5	10,40000	65,02736
QS3	FC1	53,50000	65,02736
QS3	FC2	12,50000	65,02736
QS3	FC3	17,20000	65,02736
QS3	FC4	9,60000	65,02736
QS3	FC5	10,60000	65,02736
QS4	QS5	5,20000	65,02736
QS4	FS1	36,70000	65,02736
QS4	FS2	25,80000	65,02736
QS4	FS3	14,50000	65,02736
QS4	FS4	34,00000	65,02736
QS4	FS5	23,50000	65,02736
QS4	QC1	17,10000	65,02736
QS4	QC2	5,10000	65,02736
QS4	QC3	15,30000	65,02736
QS4	QC4	16,40000	65,02736
QS4	QC5	11,10000	65,02736
QS4	FC1	52,80000	65,02736
QS4	FC2	11,80000	65,02736
QS4	FC3	16,50000	65,02736
QS4	FC4	8,90000	65,02736
QS4	FC5	9,90000	65,02736
QS5	FS1	31,50000	65,02736
QS5	FS2	20,60000	65,02736
QS5	FS3	9,30000	65,02736
QS5	FS4	28,80000	65,02736
QS5	FS5	18,30000	65,02736
QS5	QC1	22,30000	65,02736
QS5	QC2	10,30000	65,02736
QS5	QC3	20,50000	65,02736
QS5	QC4	21,60000	65,02736
QS5	QC5	16,30000	65,02736
QS5	FC1	47,60000	65,02736
QS5	FC2	6,60000	65,02736
QS5	FC3	11,30000	65,02736
QS5	FC4	3,70000	65,02736
QS5	FC5	4,70000	65,02736
FS1	FS2	10,89999	65,02736
FS1	FS3	22,20000	65,02736

Continuação

FS1	FS4	2,70000	65,02736
FS1	FS5	13,20000	65,02736
FS1	QC1	53,80000	65,02736
FS1	QC2	41,80000	65,02736
FS1	QC3	52,00000	65,02736
FS1	QC4	53,10000	65,02736
FS1	QC5	47,80000	65,02736
FS1	FC1	16,10001	65,02736
FS1	FC2	24,90000	65,02736
FS1	FC3	20,20000	65,02736
FS1	FC4	27,80000	65,02736
FS1	FC5	26,80000	65,02736
FS2	FS3	11,30000	65,02736
FS2	FS4	8,20000	65,02736
FS2	FS5	2,30000	65,02736
FS2	QC1	42,90000	65,02736
FS2	QC2	30,90000	65,02736
FS2	QC3	41,10000	65,02736
FS2	QC4	42,20000	65,02736
FS2	QC5	36,90000	65,02736
FS2	FC1	27,00000	65,02736
FS2	FC2	14,00000	65,02736
FS2	FC3	9,30000	65,02736
FS2	FC4	16,90000	65,02736
FS2	FC5	15,90000	65,02736
FS3	FS4	19,50000	65,02736
FS3	FS5	9,00000	65,02736
FS3	QC1	31,60000	65,02736
FS3	QC2	19,60000	65,02736
FS3	QC3	29,80000	65,02736
FS3	QC4	30,90000	65,02736
FS3	QC5	25,60000	65,02736
FS3	FC1	38,30000	65,02736
FS3	FC2	2,70000	65,02736
FS3	FC3	2,00000	65,02736
FS3	FC4	5,60000	65,02736
FS3	FC5	4,60000	65,02736
FS4	FS5	10,50000	65,02736
FS4	QC1	51,10000	65,02736
FS4	QC2	39,10000	65,02736
FS4	QC3	49,30000	65,02736
FS4	QC4	50,40000	65,02736
FS4	QC5	45,10000	65,02736
FS4	FC1	18,80000	65,02736
FS4	FC2	22,20000	65,02736
FS4	FC3	17,50000	65,02736
FS4	FC4	25,10000	65,02736
FS4	FC5	24,10000	65,02736

Continuação

FS5	QC1	40,60000	65,02736
FS5	QC2	28,60000	65,02736
FS5	QC3	38,80000	65,02736
FS5	QC4	39,90000	65,02736
FS5	QC5	34,60000	65,02736
FS5	FC1	29,30000	65,02736
FS5	FC2	11,70000	65,02736
FS5	FC3	7,00000	65,02736
FS5	FC4	14,60000	65,02736
FS5	FC5	13,60000	65,02736
QC1	QC2	12,00000	65,02736
QC1	QC3	1,80000	65,02736
QC1	QC4	0,70000	65,02736
QC1	QC5	6,00000	65,02736
QC1	FC1	69,90000	65,02736
QC1	FC2	28,90000	65,02736
QC1	FC3	33,60000	65,02736
QC1	FC4	26,00000	65,02736
QC1	FC5	27,00000	65,02736
QC2	QC3	10,20000	65,02736
QC2	QC4	11,30000	65,02736
QC2	QC5	6,00000	65,02736
QC2	FC1	57,90000	65,02736
QC2	FC2	16,90000	65,02736
QC2	FC3	21,60000	65,02736
QC2	FC4	14,00000	65,02736
QC2	FC5	15,00000	65,02736
QC3	QC4	1,10000	65,02736
QC3	QC5	4,20000	65,02736
QC3	FC1	68,10001	65,02736
QC3	FC2	27,10000	65,02736
QC3	FC3	31,80000	65,02736
QC3	FC4	24,20000	65,02736
QC3	FC5	25,20000	65,02736
QC4	QC5	5,30000	65,02736
QC4	FC1	69,20000	65,02736
QC4	FC2	28,20000	65,02736
QC4	FC3	32,90000	65,02736
QC4	FC4	25,30000	65,02736
QC4	FC5	26,30000	65,02736
QC5	FC1	63,90000	65,02736
QC5	FC2	22,90000	65,02736
QC5	FC3	27,60000	65,02736
QC5	FC4	20,00000	65,02736
QC5	FC5	21,00000	65,02736
FC1	FC2	41,00000	65,02736
FC1	FC3	36,30000	65,02736
FC1	FC4	43,90000	65,02736

Continuação

FC1	FC5	42,90000	65,02736
FC2	FC3	4,70000	65,02736
FC2	FC4	2,90000	65,02736
FC2	FC5	1,90000	65,02736
FC3	FC4	7,60000	65,02736
FC3	FC5	6,60000	65,02736
FC4	FC5	1,00000	65,02736

Análise estatística de dados de solubilidade de *Pinus* sp.

Estatísticas descritivas – Solubilidade de *Pinus* sp.

Número de Observações	100
Média Geral	0,123960
Desvio Padrão	0,04046
Erro Padrão	0,004046
Coefficiente de Variação	32,639530
Valor Máximo	0,400000
Valor Mínimo	0,068000
Amplitude	0,332000
Teste de t	30,637696
Probabilidade da Média = 0	0,000200
Assimetria	3,702199
Probabilidade da Assimetria = 0	0,185763
Curtose	24,098626
Probabilidade da Curtose = 3	0,000100
Intervalo de Confiança P(0.05)	0,008052
Amostra Ideal (10%)	42,188487

Teste para verificação de normalidade (Teste de Lilliefors).

Variáveis	Valor Calculado	Valor (P=0.05)	Valor (P=0.01)
SOLUBILIDADE	0,1962	0,089	0,103

Teste de Kruskal – Wallis, analisando solubilidade em relação à granulometria.

Valor do Teste	(P=0.05)
6,610	9.490

Teste de Kruskal – Wallis, analisando solubilidade em relação aos tratamentos.

Valor do Teste	(P=0.05)
63,381	30,140

Comparações múltiplas entre os tratamentos em relação aos valores de solubilidade.
(continua)

Classes comparadas	Diferença Observada	Diferença Mínima Significativa(P=0.05)
QS1 QS2	9,70000	65,02736
QS1 QS3	10,40000	65,02736
QS1 QS4	12,10000	65,02736
QS1 QS5	4,10000	65,02736
QS1 FS1	23,40000	65,02736

Continuação

QS1	FS2	0,90000	65,02736
QS1	FS3	1,20000	65,02736
QS1	FS4	4,40000	65,02736
QS1	FS5	3,00000	65,02736
QS1	QC1	55,70000	65,02736
QS1	QC2	45,00000	65,02736
QS1	QC3	35,70000	65,02736
QS1	QC4	33,00000	65,02736
QS1	QC5	33,80000	65,02736
QS1	FC1	58,90000	65,02736
QS1	FC2	39,10000	65,02736
QS1	FC3	38,00000	65,02736
QS1	FC4	36,40000	65,02736
QS1	FC5	40,60000	65,02736
QS2	QS3	0,70000	65,02736
QS2	QS4	2,40000	65,02736
QS2	QS5	13,80000	65,02736
QS2	FS1	33,10000	65,02736
QS2	FS2	8,80000	65,02736
QS2	FS3	8,50000	65,02736
QS2	FS4	5,30000	65,02736
QS2	FS5	12,70000	65,02736
QS2	QC1	65,40000	65,02736
QS2	QC2	54,70000	65,02736
QS2	QC3	45,40000	65,02736
QS2	QC4	42,70000	65,02736
QS2	QC5	43,50000	65,02736
QS2	FC1	68,60000	65,02736
QS2	FC2	48,80000	65,02736
QS2	FC3	47,70000	65,02736
QS2	FC4	46,10000	65,02736
QS2	FC5	50,30000	65,02736
QS3	QS4	1,70000	65,02736
QS3	QS5	14,50000	65,02736
QS3	FS1	33,80000	65,02736
QS3	FS2	9,50000	65,02736
QS3	FS3	9,20000	65,02736
QS3	FS4	6,00000	65,02736
QS3	FS5	13,40000	65,02736
QS3	QC1	66,10001	65,02736
QS3	QC2	55,40000	65,02736
QS3	QC3	46,10000	65,02736
QS3	QC4	43,40000	65,02736
QS3	QC5	44,20000	65,02736
QS3	FC1	69,30000	65,02736
QS3	FC2	49,50000	65,02736
QS3	FC3	48,40000	65,02736
QS3	FC4	46,80000	65,02736
QS3	FC5	51,00000	65,02736
QS4	QS5	16,20000	65,02736
QS4	FS1	35,50000	65,02736
QS4	FS2	11,20000	65,02736
QS4	FS3	10,90000	65,02736
QS4	FS4	7,70000	65,02736
QS4	FS5	15,10000	65,02736
QS4	QC1	67,80000	65,02736

Continuação

QS4	QC2	57,10000	65,02736
QS4	QC3	47,80000	65,02736
QS4	QC4	45,10000	65,02736
QS4	QC5	45,90000	65,02736
QS4	FC1	71,00000	65,02736
QS4	FC2	51,20000	65,02736
QS4	FC3	50,10000	65,02736
QS4	FC4	48,50000	65,02736
QS4	FC5	52,70000	65,02736
QS5	FS1	19,30000	65,02736
QS5	FS2	5,00000	65,02736
QS5	FS3	5,30000	65,02736
QS5	FS4	8,50000	65,02736
QS5	FS5	1,10000	65,02736
QS5	QC1	51,60000	65,02736
QS5	QC2	40,90000	65,02736
QS5	QC3	31,60000	65,02736
QS5	QC4	28,90000	65,02736
QS5	QC5	29,70000	65,02736
QS5	FC1	54,80000	65,02736
QS5	FC2	35,00000	65,02736
QS5	FC3	33,90000	65,02736
QS5	FC4	32,30000	65,02736
QS5	FC5	36,50000	65,02736
FS1	FS2	24,30000	65,02736
FS1	FS3	24,60000	65,02736
FS1	FS4	27,80000	65,02736
FS1	FS5	20,40000	65,02736
FS1	QC1	32,30000	65,02736
FS1	QC2	21,60000	65,02736
FS1	QC3	12,30000	65,02736
FS1	QC4	9,60000	65,02736
FS1	QC5	10,40000	65,02736
FS1	FC1	35,50000	65,02736
FS1	FC2	15,70000	65,02736
FS1	FC3	14,60000	65,02736
FS1	FC4	13,00000	65,02736
FS1	FC5	17,20000	65,02736
FS2	FS3	0,30000	65,02736
FS2	FS4	3,50000	65,02736
FS2	FS5	3,90000	65,02736
FS2	QC1	56,60000	65,02736
FS2	QC2	45,90000	65,02736
FS2	QC3	36,60000	65,02736
FS2	QC4	33,90000	65,02736
FS2	QC5	34,70000	65,02736
FS2	FC1	59,80000	65,02736
FS2	FC2	40,00000	65,02736
FS2	FC3	38,90000	65,02736
FS2	FC4	37,30000	65,02736
FS2	FC5	41,50000	65,02736
FS3	FS4	3,20000	65,02736
FS3	FS5	4,20000	65,02736
FS3	QC1	56,90000	65,02736
FS3	QC2	46,20000	65,02736
FS3	QC3	36,90000	65,02736

Continuação

FS3	QC4	34,20000	65,02736
FS3	QC5	35,00000	65,02736
FS3	FC1	60,10000	65,02736
FS3	FC2	40,30000	65,02736
FS3	FC3	39,20000	65,02736
FS3	FC4	37,60000	65,02736
FS3	FC5	41,80000	65,02736
FS4	FS5	7,40000	65,02736
FS4	QC1	60,10000	65,02736
FS4	QC2	49,40000	65,02736
FS4	QC3	40,10000	65,02736
FS4	QC4	37,40000	65,02736
FS4	QC5	38,20000	65,02736
FS4	FC1	63,30000	65,02736
FS4	FC2	43,50000	65,02736
FS4	FC3	42,40000	65,02736
FS4	FC4	40,80000	65,02736
FS4	FC5	45,00000	65,02736
FS5	QC1	52,70000	65,02736
FS5	QC2	42,00000	65,02736
FS5	QC3	32,70000	65,02736
FS5	QC4	30,00000	65,02736
FS5	QC5	30,80000	65,02736
FS5	FC1	55,90000	65,02736
FS5	FC2	36,10000	65,02736
FS5	FC3	35,00000	65,02736
FS5	FC4	33,40000	65,02736
FS5	FC5	37,60000	65,02736
QC1	QC2	10,70000	65,02736
QC1	QC3	20,00000	65,02736
QC1	QC4	22,70000	65,02736
QC1	QC5	21,90000	65,02736
QC1	FC1	3,20000	65,02736
QC1	FC2	16,60001	65,02736
QC1	FC3	17,70000	65,02736
QC1	FC4	19,30000	65,02736
QC1	FC5	15,10001	65,02736
QC2	QC3	9,30000	65,02736
QC2	QC4	12,00000	65,02736
QC2	QC5	11,20000	65,02736
QC2	FC1	13,90000	65,02736
QC2	FC2	5,90000	65,02736
QC2	FC3	7,00000	65,02736
QC2	FC4	8,60000	65,02736
QC2	FC5	4,40000	65,02736
QC3	QC4	2,70000	65,02736
QC3	QC5	1,90000	65,02736
QC3	FC1	23,20000	65,02736
QC3	FC2	3,39999	65,02736
QC3	FC3	2,30000	65,02736
QC3	FC4	0,70000	65,02736
QC3	FC5	4,89999	65,02736
QC4	QC5	0,80000	65,02736
QC4	FC1	25,90000	65,02736
QC4	FC2	6,10000	65,02736
QC4	FC3	5,00000	65,02736

Continuação

QC4	FC4	3,40000	65,02736
QC4	FC5	7,60000	65,02736
QC5	FC1	25,10000	65,02736
QC5	FC2	5,30000	65,02736
QC5	FC3	4,20000	65,02736
QC5	FC4	2,60000	65,02736
QC5	FC5	6,80000	65,02736
FC1	FC2	19,80000	65,02736
FC1	FC3	20,90000	65,02736
FC1	FC4	22,50000	65,02736
FC1	FC5	18,30000	65,02736
FC2	FC3	1,10000	65,02736
FC2	FC4	2,70000	65,02736
FC2	FC5	1,50000	65,02736
FC3	FC4	1,60000	65,02736
FC3	FC5	2,60000	65,02736
FC4	FC5	4,20000	65,02736

Análise estatística de dados de Absorção de Água de *C. citriodora* e *Pinus* sp.

Estatísticas descritivas – Absorção de Água.

Número de Observações	50
Média Geral	402,612000
Desvio Padrão	56,202011
Erro Padrão	7,948165
Coefficiente de Variação	13,959348
Valor Máximo	515,620000
Valor Mínimo	322,420000
Amplitude	193,200000
Teste de t	50,654713
Probabilidade da Média = 0	0,000001
Assimetria	0,351754
Probabilidade da Assimetria = 0	0,453117
Curtose	1,701542
Probabilidade da Curtose = 3	0,197136
Intervalo de Confiança P(0.05)	15,975811
Amostra Ideal (10%)	7,872676

Teste para verificação de normalidade (Teste de Lilliefors).

Variáveis	Valor Calculado	Valor (P=0.05)	Valor (P=0.01)
Absorção de Água	0,1619	0,125	0,146

Teste de Kruskal-Wallis, analisando absorção de água em relação à granulometria.

Valor do Teste	(P=0.05)
8,743	9,490

Teste de Wilcoxon, analisando absorção de água em relação às espécies.

Valor do Teste	Variância	Significância
5,19026	51,53882	1%