

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**UTILIZAÇÃO DA VAGEM DA SOJA ASSOCIADA À
MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE
COMPÓSITOS MINERAIS**

Fernando Jesus Nogara Lisboa
Engenheiro Florestal

JATAÍ – GOIÁS - BRASIL
Fevereiro de 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**UTILIZAÇÃO DA VAGEM DA SOJA ASSOCIADA À
MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE
COMPÓSITOS MINERAIS**

Fernando Jesus Nogara Lisboa

Orientador: Prof. Dr. José Benedito Guimarães Junior

Coorientador: Prof. Dr. Robson Schaff Corrêa

**Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Goiás – UFG, Regional Jataí, como
parte das exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Produção Vegetal).**

JATAÍ – GOIÁS - BRASIL

Fevereiro de 2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Jesus Nogara Lisboa, Fernando

Utilização da vagem da soja associada à madeira de eucalipto para a produção de compósitos minerais [manuscrito] : / Fernando Jesus Nogara Lisboa. - 2017.

V, 30 f.

Orientador: Prof. Dr. José Benedito Guimarães Junior ; co orientador Dr. Robson Schaff Corrêa.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Unidade Acadêmica Especial de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agronomia, Jataí, 2017.

Bibliografia.

1. Resíduos. 2. Painéis minerais . 3. Partículas vegetais. I. Guimarães Junior , José Benedito , orient. II. Título.

CDU 630

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Fernando Jesus Nogara Lisboa - filho de Jesus Evalcir Lisboa e Vera Lúcia Nogara Lisboa, natural de Mirandópolis – São Paulo, nascido em 02 de setembro de 1992. É engenheiro florestal pela Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, no ano de 2014. Iniciou o curso de Pós-graduação *strictu-senso* em nível de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, na UFG – Regional Jataí, em março de 2014.



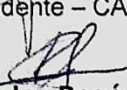
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
REGIONAL JATAÍ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
PRODUÇÃO VEGETAL
Br 364, Km 192, Setor Industrial, Jataí – GO
Fone: (64) 3606-8331. E-mail: ppgajatai@gmail.com

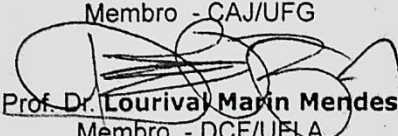


ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Fernando Jesus Noraga Lisboa-

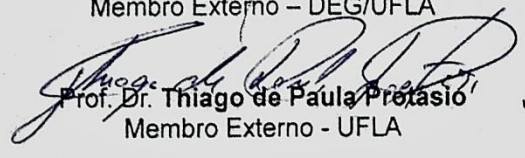
Aos treze dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e dezessete (13/02/2017), às 14h00min, reuniu-se no anfiteatro do PPGA, a Banca Examinadora, composta pelos Professores Doutores: **José Benedito Guimarães Junior, Carlos Rogério Andrade, Lourival Marin Mendes, Rafael Farinassi Mendes e Thiago de Paula Protásio** para sob a presidência do primeiro, procederem na forma da resolução vigente a "Defesa de dissertação" de **Fernando Jesus Noraga Lisboa-** discente do PPGA, curso de Mestrado, área de concentração em Produção vegetal. O título de sua dissertação foi: "UTILIZAÇÃO DA VAGEM DA SOJA EM CONSÓRCIO COM MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS MINERAIS" A Comissão Examinadora reuniu-se e emitiu seu parecer sobre a dissertação realizada pelo discente, considerando-o APROVADO . As 17:10, o Dr. **José Benedito Guimarães Junior**, Presidente da Banca Examinadora, deu por encerrada a sessão, e para constar lavrou-se a presente Ata.


Prof. Dr. **José Benedito Guimarães Junior**
Presidente – CAJ/UFG


Prof. Dr. **Carlos Rogério Andrade**
Membro - CAJ/UFG


Prof. Dr. **Lourival Marin Mendes**
Membro - DCF/UFLA


Prof. Dr. **Rafael Farinassi Mendes**
Membro Externo – DEG/UFLA


Prof. Dr. **Thiago de Paula Protásio**
Membro Externo - UFLA

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que plantou em mim um sonho que hoje, se materializa.

Aos meus pais Jesus e Vera pelo amor, dedicação, suporte e ensinamentos, que fizeram de mim uma pessoa muito melhor do que eu poderia ter sido sozinho.

Aos meus irmãos Amanda e Bruno, por fazerem parte deste sonho, e por terem dividido comigo os momentos mais importantes e felizes da minha vida.

Aos meus avós pelos princípios e pelo apoio, mesmo a distancia.

Ao meu orientador José Benedito por ter sido tão generoso e ter se disposto a me proporcionar experiências de aprendizado que eram maiores do que eu pudesse imaginar, e por ter se dedicado, como um verdadeiro mestre, na realização de um sonho que era meu. Meus sinceros agradecimentos.

Ao meu querido Paulo Robson, por ter me apoiado nos momentos de dificuldade e por ter me mostrado que eu podia, mesmo quando eu achava que não era capaz.

A minha grande amiga Ingrid, pela parceria desenvolvida nos últimos 5 anos, pelo apoio incondicional tanto acadêmico quanto pessoal, e por ter sido muito mais que uma amiga.

Aos meus amigos, em especial Cássio, Francisco e Valéria por todos os momentos que dividimos e pelo apoio que me deram.

Aos membros do Núcleo de Estudos em Produtos Florestais.

À Universidade Federal de Lavras pelo auxílio na realização deste trabalho, principalmente ao professor Rafael Farinassi, por ter disponibilizado seu tempo e partilhado seu conhecimento.

A todos os amigos e familiares que compartilharam da minha caminhada e àqueles que mesmo distantes torceram por mim.

A todos os professores que dedicaram seu tempo e sua sabedoria para que minha formação acadêmica fosse um aprendizado de vida.

Finalmente, a todos que fizeram parte desta jornada, meus mais sinceros agradecimentos.

Sumário

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. OBJETIVO	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	4
3.1. Compósitos Minerais.....	4
3.2. Cimento.....	6
3.3. Resíduos lignocelulosicos	7
3.4. Resíduos de soja	8
3.5. Fatores da matéria-prima que afetam a qualidade de compósitosminerais.....	8
3.6. Tratamentos utilizados em materiais lignocelulósicos.....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	11
4.1. Matérias-Primas – Vagem de soja e madeira de eucalipto	11
4.2. Umidade.....	12
4.3. Densidade básica.....	12
4.4. Análise Química	12
4.5. Produção dos compósitos minerais	13
4.5.1. Tratamento das partículas.....	13
4.5.2. Formação do colchão.....	13
4.6. Delineamento experimental.....	14
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5.1. Caracterização das matérias-primas.....	15
5.2. Propriedades Físicas	16
5.3. Propriedades Mecânicas.....	20
6. CONCLUSÃO	25

7. AGRADECIMENTOS	25
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

UTILIZAÇÃO DA VAGEM DA SOJA ASSOCIADA À MADEIRA DE EUCALIPTO PARA A PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS MINERAIS

RESUMO: O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo. Paralelamente à alta produtividade verifica-se também uma elevada produção de resíduos para a cultura, podendo gerar o equivalente a 120 - 150% da massa de grãos em resíduos, sendo 32% deste valor composto pela vagem da soja. Os compósitos minerais surgem como uma forma de retirar parte do grande volume de resíduos gerados pelo cultivo da soja e transformá-los em matéria-prima para um produto de maior valor agregado. Diante disso, este trabalho teve como objeto avaliar o potencial de utilização da vagem de soja para a produção de compósitos minerais. Para tanto, foram produzidos compósitos minerais com consórcio de madeira de *Eucalyptus grandis* com vagem de soja (*Glycine max*). A inserção de vagem de soja foi realizada nas proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% sendo os tratamentos complementados com madeira de *Eucalyptus grandis* até 100% da massa do material reforço. Ambos os materiais lignocelulósicos passaram por um tratamento por imersão em solução de NaOH (5%) por 48 horas. Os compósitos produzidos foram avaliados quanto à suas propriedades físicas de densidade aparente, absorção de água e inchamento em espessura a 2 e 24 horas de imersão, e quanto as suas propriedades mecânicas de módulo de elasticidade, módulo de ruptura, tração perpendicular, compressão paralela e dureza Janka. Não houve efeito da inserção da vagem de soja sobre as propriedades físicas avaliadas. Os compósitos apresentaram densidade aparente média de 1,30 g/cm³, absorção de água e inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água de 32,50 e 1,68%, respectivamente. As propriedades mecânicas diminuíram com o aumento da proporção de vagem de soja na composição do compósito sendo, de acordo com as equações ajustadas, 38% o valor máximo de substituição de madeira de eucalipto por vagem de soja, para que os compósitos produzidos atendam às normas de qualidade.

Palavras-chave: resíduos, painéis minerais, partículas vegetais.

UTILIZATION OF SOYBEAN POD IN CONSORTIUM WITH EUCALYPTUS FOR THE PRODUCTION OF MINERAL COMPOSITES

ABSTRACT: Brazil is the second biggest soybean producer in the world. Parallel to the high productivity it is also verified a high residues production for the crop, generating the equivalent of 120 - 150% of the mass of grains in residues, being 32% of this value composed by the soybean pod. Mineral composites appear as a possibility of removing part of the large volume of waste generated by soybean cultivation and transforming them into raw material for a higher value product. The objective of this work was to evaluate the potential of soybean pod for the production of mineral composites. For that, mineral composites were produced with a wood consortium of *Eucalyptus grandis* with soybean pod (*Glycine max*). The soybean pod insertion was performed in the proportions of 0, 25, 50, 75 and 100% and the treatments were supplemented with *Eucalyptus grandis* wood up to 100% of the mass of the composites. Both lignocellulosic materials were pretreated by immersion in NaOH solution (5%) for 48 hours for the removal of possible cement cure inhibitor components. The panels produced were evaluated by their physical properties of apparent density, water absorption and swelling in thickness at 2 and 24 hours of water immersion, and their mechanical properties of modulus of elasticity, modulus of rupture, perpendicular traction, parallel compression and Janka hardness. There insertion of soybean pod had no effect on the physical properties evaluated. The composites presented average apparent density of 1.30 g/cm³, water absorption and swelling in thickness after 24 hours of immersion in water of 32.50 and 1.68%, respectively. The mechanical properties decreased with the increase of the soybean pod ratio in the panel composition and, according to the adjusted equations, the maximum value of substitution of eucalyptus wood for soybean pod was 38% so that the composites produced could meet quality standards.

Keywords: residues, mineral panels, plant particles.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que apresenta uma vocação tipicamente agrícola devido à suas dimensões continentais e às suas condições edafoclimáticas favoráveis à produção. Aliado à elevada diversidade de espécies cultivadas e à alta produtividade, existe também um grande volume de resíduos agrícolas gerados, resíduos estes que, por serem produtos secundários da produção, acabam não tendo atenção necessária e sendo subutilizado como, por exemplo, na geração de energia por queima direta ou na produção de materiais de maior valor agregado (VIEIRA, 2012).

Dentre estes materiais de alto valor agregado, pode-se destacar os compósitos minerais que, de acordo com Iwakiri e Prata (2008), são tipos especiais de painéis aglomerados que utilizam em sua composição fibras, agente cimentante mineral, água e aditivos. Estes elementos são aglutinados e passam por um processo de endurecimento resultante de reações exotérmicas decorrentes da hidratação do cimento na presença da água, sem a necessidade de utilização dos adesivos convencionais.

Embora o uso deste tipo de material no Brasil seja ainda incipiente, eles são amplamente utilizados na construção civil em países europeus e asiáticos já que, segundo Lopes (2004) estes compósitos se destacam por apresentarem alta durabilidade, resistência a mudanças drásticas de temperatura, alta resistência à umidade, alta resistência a fungos e insetos, além de serem incombustíveis, isolantes térmicos e acústicos.

Buscando diversificar a base de materiais lignocelulosicos utilizados na produção de painéis minerais, que constitui-se basicamente na utilização da madeira de pinus e em busca por atender as tendências atuais de geração de materiais com baixo impacto ambiental e custo reduzido, tanto novas espécies florestais, quanto resíduos agroflorestais tem sido estudados e avaliados por diferentes pesquisadores visando avaliar o potencial destes na produção de compósitos minerais, e os resultados são promissores.

Dentre os resíduos lignocelulósicos amplamente disponíveis no Brasil, a vagem da soja surge como uma alternativa a ser estudada, já que soja é um dos principais produtos agrícolas em todo o mundo, tendo a sua produção visando principalmente à extração de óleo e proteínas (EMBRAPA, 2015).

Como é comum em culturas agrícolas e florestais, a colheita e o processamento da soja, produzem elevadas quantidades de resíduos da biomassa vegetal. Segundo Souza et al. (2002), a relação entre produção da soja e a geração de resíduos é de 1,4, sendo todo o resíduo gerado com a colheita deixado sobre o solo.

Embora possam apresentar vantagens na produção de compósitos minerais, alguns autores, ao trabalhar com diferentes tipos de materiais lignocelulósicos para a produção de painéis minerais, verificaram uma grande influência das propriedades químicas das partículas lignocelulósicas sobre a cura e, conseqüentemente, sobre as propriedades físicas e mecânicas dos painéis produzidos. Mori et al (2007) verificaram que a casca de eucalipto, por conter uma elevada quantidade de extrativos, apresentou uma elevada inibição da cura do cimento (168,26%), porém o tratamento desta em solução de NaOH por 24 horas, resultou em uma queda drástica de inibição, com valor observado de 8,30%. Isso demonstra que a utilização de materiais lignocelulósicos com elevadas concentrações de extrativos, como no caso dos resíduos agroindustriais, pode apresentar a sua viabilidade atrelada ao tratamento utilizado nas partículas, sendo este, variável de espécie para espécie.

2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de utilização da casca de soja associada à madeira de eucalipto, para a produção de compósitos minerais e verificar a proporção de inserção desta que resulta em melhores resultados físicos e mecânicos nos painéis produzidos.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Compósitos Minerais

De acordo com a American Society for Testing and Materials (2004), compósito é uma substância que consiste em dois ou mais materiais, insolúveis uns nos outros, os quais são combinados para formar um material elaborado que possui certas propriedades não encontradas em seus constituintes isoladamente, 2004. Apresentam como constituição básica uma fase contínua, denominada matriz que é o meio responsável por envolver os demais constituintes deste tipo de material,

podendo ser polimérica, metálica ou cerâmica; e uma fase dispersa, composta por lâminas, fibras ou partículas, também conhecida como reforço.

Compósitos minerais são tipos especiais de aglomerados que apresentam uma composição relativamente simples. Constituem-se, basicamente, de partículas ou fibras de biomassa vegetal, água, aditivos químicos e aglomerantes. É em função, principalmente deste último constituinte, que os compósitos minerais diferem do aglomerado convencional (IWAKIRI, 2005). Os painéis de madeira, geralmente, utilizam como aglomerante os adesivos sintéticos, tais como, uréia-formoldeído e fenol-formoldeído. Nos compósitos minerais os aglomerantes utilizados não são de origem orgânica, mas sim de origem mineral.

Os aglomerantes inorgânicos empregados na manufatura dos compósitos minerais são a gipsita (gesso natural), a magnezita e o cimento Portland, sendo este último um dos mais empregados.

Esse tipo de compósito combina vantagens tanto dos componentes orgânicos quanto inorgânicos. A incorporação do cimento leva a um painel com alta estabilidade dimensional, alta resistência aos agentes biodegradadores e resistência ao fogo, ao mesmo tempo em que a mistura com madeira resulta em painéis de boa trabalhabilidade e com boas características acústicas e de isolamento térmico (MOSLEMI, 1999).

Pelos motivos citados anteriormente, Dix (1989) destaca que o principal uso desses compósitos está na produção de paredes de casas pré-fabricadas, bancadas (para-peito), pisos, revestimento, paredes divisórias, paredes isolantes térmicas e acústicas, forros de casas etc.

Latorraca e Iwakiri (2001) citaram que, em teoria, todo e qualquer material lignocelulósico pode compor os compósitos cimento-madeira, entretanto as espécies de coníferas são as madeiras mais empregadas, por apresentarem propriedades, principalmente químicas, compatíveis, que podem ser combinadas com o cimento sem afetar a cura e o seu endurecimento.

Conforme mencionado, algumas propriedades químicas do material lignocelulósico, podem ter efeito negativo na produção de compósitos cimento-madeira, sendo os extrativos os principais componentes responsáveis pela inibição da cura do cimento. Segundo Beraldo et al (2002) o efeito causado pelos extrativos pode ser minimizado pela utilização de algum processo que diminua sua influência

sobre a hidratação do cimento. A remoção dessas substâncias pela ação de soluções aquosas ou imobilização das substâncias através do recobrimento por uma película protetora (oleosa ou salina) podem melhorar a compatibilidade do material com o cimento.

Visando aumentar a interface de ligação entre o as partículas lignocelulósicas e o cimento e diminuir a influência da presença de materiais inibidores sobre a cura do cimento, algumas estratégias têm sido utilizadas com principal destaque para a imersão em água (quente ou fria) e para os tratamento químicos (mercerização e acetilação, por exemplo).

3.2. Cimento

O cimento Portland é definido pela ABNT (1991) como sendo um aglomerante hidráulico obtido pela moagem do clínquer Portland e adições, quando necessário.

O clínquer é um pó resultante da moagem do calcário com adição de argila, e tem como principal característica a capacidade de reagir com a água e formar uma pasta que com o passar do tempo torna-se rígida de forma irreversível, resultando um material de alta estabilidade e grande resistência mecânica. Já os aditivos são elementos que tem função de adicionar outras propriedades ao cimento padrão, sendo os principais aditivos o gesso, que atua no tempo de endurecimento do cimento, as escórias de alto-forno, que aumentam a resistência e durabilidade do cimento, os materiais polozânicos, que conferem maior impermeabilidade ao cimento e os materiais carbonáticos, que melhoram a trabalhabilidade do cimento formado (ABCP, 2002).

Atualmente o cimento Portland é dividido em 3 grupos principais: cimento Portland comum e composto (CP - 1 e CP – II), cimento de alto-forno e polozânicos (CP – III e CP – IV) e cimento de alta resistência inicial (CP – V), além disso, existem outros grupos consumidos em menor e escala e que apresentam uso bastante restrito (ABCP, 2002).

O processo de cura de cimento pode ser dividido em 3 fases principais: a primeira envolve um período de elevação da temperatura causada pela hidratação do cimento com a água, a segunda se caracteriza por um período de repouso, onde a temperatura da massa formada tende a manter-se constante, e finalmente a etapa

final envolve um grande aumento de temperatura e posterior endurecimento do cimento.

Durante os momentos iniciais de cura do cimento ocorre a produção de uma elevada quantidade de NaOH, pela hidratação do C2S e C3S, chegando a representar cerca de 25% do peso inicial de cimento. Isso causa um aumento do pH da pasta, tornando-a altamente alcalina, o que confere a ela capacidade de inchar, dissolver e degradar a madeira, principalmente as hemiceluloses (Hachmi e Campbell, 1989).

O tipo de cimento utilizado para a produção de compósitos cimento madeira deve atender as especificações referentes as propriedades físicas e mecânicas, além de apresentar características que permitam uma cura satisfatória do compósito produzido. Latorraca (2000) ao avaliar as propriedades de diferentes tipos de cimentos, concluiu que o cimento tipo CP – V ARI foi o mais adequado para a produção de compósitos minerais produzidos com 4 espécies de eucalipto, por atingir a maior temperatura de hidratação (100°C) em menor tempo (5,30 h) e apresenta a maior resistência à compressão axial (400 kgf/cm²), quando comparado aos demais tipos de cimento avaliados.

3.3. Resíduos lignocelulósicos

A madeira é a principal fonte de fibras vegetais para a produção de painéis de madeira reconstituída e, por sua vez, tem apresentado aumento constante de custo nos últimos anos, tornando-a menos competitiva e acarretando aumento significativo no custo de produção dos painéis.

Neste sentido, muitos autores tem procurado por alternativas para a substituição das espécies já utilizadas buscando, além de novas espécies, também a utilização de resíduos que, por vezes, tem sido deixado de lado pelos produtores e empresas.

O emprego de produtos à base de materiais lignocelulósicos (resíduos agroindustriais e fibras vegetais) na produção de chapas de aglomerados, chapas duras de fibra, chapas de média densidade tem crescido ao longo do tempo e a tendência é de ter sua demanda aumentada devido ao aumento do seu preço e a diminuição da oferta de madeiras nativas comerciais e de madeira de reflorestamento (Caraschi et al, 2009).

3.4. Resíduos de soja

A soja é um dos principais produtos agrícolas em todo o mundo, tendo a sua produção visando principalmente à extração de óleo e proteínas. O Brasil é o segundo maior produtor de soja do mundo, apresentando uma área plantada de 33,177 milhões de hectares plantados e produção de 95.631 milhões toneladas colhidas na safra 2015/2016, com expectativa de passar da marca dos 100 milhões de toneladas na safra 2016/2017 (CONAB, 2016), sendo a região Centro-Oeste a maior produtora de soja do Brasil, responsável por mais de 45,85% da produção nacional.

Por uma das culturas mais cultivadas no Brasil, a soja também é responsável por grande parte dos resíduos agrônômicos gerados no país. Bose e Martins Filho (1984) citaram que a palhada da soja pode representar entre 1,2 e 1,5 tonelada por tonelada de grãos produzida, sendo que 31,78% da palhada é constituída pela vagem da soja.

Devido às praticas atuais de plantio direto e pelo papel ambiental da palhada da soja na ciclagem de nutrientes, Kumar (2003) citou que é recomendado que 70% da palhada permaneça em campo, sendo que em casos onde a reposição de nutrientes é feita via fertilizantes, uma porcentagem maior desta palhada pode ser retirada do campo.

A alta disponibilidade, o baixo custo, e a grande quantidade dos resíduos lignocelulósicos provenientes da cultura da soja, surgem como uma oportunidade a ser estudada para a produção de novos produtos, agregando valor a estes resíduos e reduzindo o seu descarte no meio ambiente.

3.5. Fatores da matéria-prima que afetam a qualidade de compósitos minerais

A qualidade de compósitos minerais pode ser influenciada por vários fatores relacionados à matéria-prima e ao processo produtivo dos painéis, sendo a compatibilidade entre o cimento e o material lignocelulósico, e a composição química destas, variáveis de grande influência sobre as propriedades finais dos compósitos gerados.

A compatibilidade entre o cimento e materiais lignocelulósicos tem sido alvo de estudos realizados por diversos pesquisadores, uma vez que a baixa compatibilidade entre estes dois elementos pode resultar em redução das propriedades mecânicas e até mesmo na impossibilidade da cura do cimento (Matoski, 2005).

O processo de cura do cimento é uma reação exotérmica resultante da hidratação do cimento pela água e a compatibilidade entre o cimento e o material lignocelulósico é verificada por meio da avaliação do comportamento da curva de temperatura de hidratação. Espécies que apresentam baixa compatibilidade com o cimento tendem a ter menor temperatura de hidratação ou precisam de maior tempo para atingirem a temperatura máxima de hidratação (Simatupang e Geimer, 1990).

Okino et al. (2004) estudaram o grau de compatibilidade da madeira de *Hevea brasiliensis* com cimento e a definiram como uma espécie de extrema inibição de cura. Molesmi et al. (1983) verificaram que a alta taxa de inibição da cura do cimento apresentada pela madeira de larch pode ser devido a sua composição química, já que a espécie possui elevada quantidade de açúcares e extrativos solúveis em água.

Os materiais lignocelulósicos são quimicamente heterogêneos e seus componentes podem ser divididos em dois grupos: componentes estruturais (celulose, hemicelulose e lignina), que compõem a maior parte da parede celular e não estruturais (extrativos e compostos inorgânicos). A celulose compõe entre 40 e 42% da parede celular e é insolúvel em água, solventes orgânicos e soluções alcalinas. A lignina é responsável por entre 26 e 28% da parede celular e é um polímero de alta massa molecular e, assim como a celulose não se desintegra em água, solução alcalina e em solventes orgânicos. Já a hemicelulose se diferencia da celulose por ser constituída por cadeias menores de açúcares com 5 ou 6 carbonos e que são facilmente degradadas em soluções alcalinas, sendo um componente extremamente reativo da parede celular (Vaickelionis e Vaickelioniene, 2006).

Dentre esses componentes químicos, como citado anteriormente, os extrativos tem se mostrado os mais limitantes para a produção de compósitos minerais. Segundo Miller e Moslemi (1991), resinas e outras substâncias químicas podem migrar para a superfície da partícula durante o período de secagem da madeira resultando na formação de uma camada, considerada hidrófoba, que

reduz as pontes de hidrogênio entre a madeira e o cimento, o que, sem dúvida, implica em redução da resistência de ligação com o cimento.

Lopes et al (2005) verificaram que o uso de casca de eucalipto não é viável para a produção de compósitos sem que seja feito um tratamento prévio deste material com NaOH, devido ao elevado teor de extrativos presentes na casca. Santos et al (2008) também verificaram uma influência negativa da alta presença de extrativos na madeira de candeia resultando em uma taxa de inibição da cura do cimento superior ao observado para a madeira de pinus e eucalipto avaliadas pelos mesmos autores.

3.6. Tratamentos utilizados em materiais lignocelulósicos

Para fins de viabilizar o uso de determinadas espécies com alto teor de componentes inibidores de cura do cimento, Moslemi et al. (1983) recomendam três métodos de tratamentos de partículas: imersão em água fria por 24 horas; imersão em água quente por 6 horas; imersão em solução de NaOH (1%) por 2 horas.

A imersão em água, fria e/ou quente, visa a retirada de impurezas do processo de geração das partículas bem como a extração de alguns componentes polares presentes na estrutura da fibra. Embora seja o mais simples e que exija menos gastos, esse tipo de tratamento pode não apresentar resultados favoráveis em espécies que contenham grande quantidade de extrativos insolúveis em água, que necessitam de tratamentos mais agressivos para terem suas propriedades melhoradas.

Okino (2004) e seus colaboradores verificaram um efeito positivo do tratamento de partículas de *Hevea brasiliensis* em água fervente por 4 horas no processo de cura do cimento, reduzindo o grau de incompatibilidade, antes classificado como de extrema inibição, para moderada inibição em 3 dos clones avaliados (IAN 873, GT 711 e AVROS 1301), e para alta inibição em um dos clones (IAN 717).

Já os resultados obtidos por Castro et al. (2014) demonstraram que o tratamento de por meio da imersão de partículas de *Eucalyptus benthamii* em água fria por 24 horas, não afetou de forma significativa o grau de compatibilidade entre esta espécie e o cimento, sendo o tratamento em solução alcalina de NaOH (1%) por 6 horas o tratamento de remoção de extrativos que resultou em melhores

resultados de compatibilidade.

Um dos mais usados métodos de tratamento de partículas para produção de compósitos minerais é a imersão em solução alcalina, que visa limpar a superfície da fibra de ceras e graxas, provenientes do manuseio e manufatura das partículas, além de remover parcialmente as hemiceluloses e a lignina (BLEDZKI et al. 1999)

De acordo com Ray et al. (2002), devido à alta solubilidade das hemiceluloses mesmo em baixas concentrações de álcali, o tratamento via hidróxido de sódio promove uma maior rugosidade da superfície da fibra, melhorando a aderência mecânica entre fibra e matriz. A efetividade do tratamento depende das condições (concentração, tempo e temperatura) e do sistema fibra/matriz. Condições otimizadas de tratamento asseguram melhores propriedades mecânicas dos compósitos.

Sadiku (2014) encontrou resultados positivos ao avaliar o tratamento de três espécies tropicais com água fria, água quente e NaOH. Segundo o autor, os tratamentos com água fria e água quente resultaram uma pequena melhora na compatibilidade das espécies Arere, Idigbo e Oriro com cimento Portland, porém os melhores resultados foram obtidos para o tratamento das partículas com solução de NaOH, que possibilitou que as espécies passassem de moderadamente compatíveis, para compatíveis com o cimento.

Miranda et al (2014) verificaram que o tratamento de fibras de piaçava com NaOH resultou em uma remoção de impurezas da superfície e retirada parcial da hemicelulose, promovendo maior flexibilidade na fibra, por outro lado o aumento da concentração do agente químico, do tempo de reação e da temperatura do tratamento, promoveram um aumento na desfibrilação, diminuindo suas propriedades de resistência, demonstrando que essas variáveis do processo de tratamento devem ser estudadas e avaliadas para as diferentes fibras, visando diminuir danos do reagente utilizado sobre as propriedades das fibras.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Matérias-Primas – Vagem de soja e madeira de eucalipto

Para a produção dos compósitos minerais utilizou-se vagem de soja e madeira de *Eucalyptus grandis*. A vagem de soja utilizada nesse trabalho foi coletada de forma casualizada em diversos plantios comerciais localizados no

entorno do município de Jataí, região sudoeste do estado de Goiás. Após coletadas, as vagens foram encaminhadas ao laboratório de produtos florestais (LAPROFLOR) da Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, onde passaram por um processo de limpeza para a retirada de impurezas presentes como sementes, folhas e terra.

Após a limpeza, as vagens tiveram suas dimensões reduzidas por meio de um moinho de facas. As partículas geradas foram selecionadas por meio de peneiramento, sendo descartada a fração mais fina gerada, e a fração retida entre as peneiras de 20 e 40 mesh, que foi utilizada para a confecção dos compósitos, foi armazenada em sacos plásticos até o momento da produção.

Já a madeira de *Eucalyptus grandis*, que foi utilizada em consórcio com a casca da soja, foi proveniente de um plantio experimental da Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. As toras coletadas foram encaminhadas para a Unidade Experimental de Painéis de Madeira (UEPAM) da Universidade Federal de Lavras onde passaram por um processamento, em moinho de martelos, para a geração de partículas. As partículas geradas foram armazenadas em sacos plásticos e encaminhadas ao Laboratório de Produtos Florestais da Universidade Federal de Goiás, onde foram selecionadas em peneiras sobrepostas e seguiram para a produção dos compósitos minerais.

4.2. Umidade

Para avaliação da umidade na base seca, tanto da casca de soja quanto da madeira de eucalipto, foi utilizado o método gravimétrico, realizado de acordo com os procedimentos descritos pela norma da ABNT – NBR 14929 (2003)

4.3. Densidade básica

A densidade básica do material lignocelulósico utilizado foi realizada de acordo com as especificações da norma da ABNT – NBR 11941 (2003).

4.4. Análise Química

Para a análise química o material lignocelulósico utilizado passou por um processo de moagem para diminuição das suas dimensões, sendo transformadas

em serragem por meio de um moinho de facas, visando facilitar a penetração e a ação dos reagentes químicos.

As partículas geradas foram selecionadas em peneiras sobrepostas de 40 e 60 mesh de malha, utilizando-se para a análise somente a fração que ficou retida na peneira de 60 mesh.

As normas utilizadas para a determinação dos constituintes da madeira foram as citadas a seguir:

- ✓ teor de extrativos totais – NBR 14660 (2006);
- ✓ teor de lignina insolúvel – T222 om-88 (1999);
- ✓ teor de cinzas – T211 om-93 (1993).
- ✓ teor de holocelulose – por diferença

4.5. Produção dos compósitos minerais

4.5.1. Tratamento das partículas

Para a produção dos compósitos, as partículas da vagem de soja e da madeira de eucalipto passaram, por um tratamento para a retirada de compostos que pudessem inviabilizar a cura do cimento por meio de imersão em uma solução alcalina.

Para tanto seguiu-se a metodologia proposta por Ferraz (2001), onde as partículas foram submersas em uma solução com concentração de 5% de NaOH, permanecendo em contato com a solução por um período de 48 horas, sendo após este período foi realizada a lavagem em água corrente do material até que a água da lavagem saísse transparente. Em seguida, procedeu-se a secagem das partículas tratadas à temperatura ambiente.

4.5.2. Formação do colchão

Para a produção dos compósitos, as proporções utilizadas de partículas de casca de soja em relação à madeira de eucalipto foram respectivamente: 0/100, 25/75, 50/50, 75/25 e 100/0.

A tabela 1 apresenta os parâmetros utilizados na produção dos compósitos minerais.

Tabela 1. Parâmetros da produção dos compósitos minerais produzidos.

Parâmetros do compósito	Valor
--------------------------------	--------------

	20,0 cm comprimento
Dimensões	20,0 cm largura
	1,5 cm espessura
Relação cimento:madeira	1:2,5
Fator água:cimento	0,25
Aditivo	6% CaCl ₂
Densidade	1,2 g/cm ³

Os componentes dos painéis foram pesados e em seguida realizou-se a mistura, de forma manual, destes até a obtenção de uma massa homogênea. A massa de cada painel foi devidamente separada, pesada e distribuída em placas de alumínio formadoras do colchão, untadas com óleo diesel, para facilitar a retirada do painel após sua prensagem e grampeamento. O controle da espessura dos painéis foi determinado por barras de ferro com espessuras de 1,5cm.

Após o carregamento dos painéis, a prensa foi fechada com pressão específica de 25 kgf/cm² a temperatura ambiente, realizando-se em seguida o grampeamento dos painéis, forma em que permaneceram por um período de 24 horas. Passado esse período, os grampos foram retirados e os painéis foram acondicionados em câmara climatizada à temperatura de 20 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 3% durante 28 dias, sendo então realizados os ensaios das propriedades físicas e mecânicas dos painéis, de acordo com as seguintes normas:

- ✓ Absorção de água e inchamento em espessura – ASTM D1037, ASTM (2012) ;
- ✓ Flexão estática (MOR e MOR) – DIN 52362 (1982);
- ✓ Tração perpendicular – ASTM D-1037, ASTM (2012);
- ✓ Compressão paralela – ASTM D-1037, ASTM (2012);
- ✓ Dureza Janka – ASTM D-1037, ASTM (2012)

4.6. Delineamento experimental

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado composto por 5 tratamentos (proporções de resíduos de soja) e 3 repetições (painéis), conforme demonstrado na tabela 1.

Os dados gerados para a caracterização do material lignocelulósico foram analisados com o auxílio do Software SISVAR 5.6 por meio do teste de F. Já as propriedades físicas e mecânicas dos compósitos minerais foram avaliadas por meio de ajuste de regressão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização das matérias-primas

A tabela 2 apresenta os resultados obtidos para a caracterização química do material em estudo.

Tabela 2. Valores médios de densidade básica, umidade, teor de extrativos totais, lignina, cinzas e holocelulose.

Material	Densidad e básica (g/cm ³)	Umidad e (%)	Extrativos totais (%)	Lignina (%)	Cinzas (%)	Holocelulos e (%)
Soja	0,203 B (1,3)	7,44 A (0,80)	8,27 A (7,65)	23,00 B (2,77)	8,77 A (0,57)	60,51 A (1,86)
Eucalipto	0,554 A (2,1)	7,24 A (18,99)	8,14 A (15,45)	29,03 A (7,18)	0,26 B (11,63)	62,57 A (4,33)

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de F, em nível de 5% de significância. Valores entre parêntesis representam o coeficiente de variação amostral em porcentagem.

A madeira de eucalipto avaliada apresentou densidade média de 0,554 g/cm³, estando compreendida no intervalo entre 0,50 e 0,72 g/cm³, que caracteriza madeiras de média densidade, segundo classificação proposta pelo IPT (1985).

A densidade do material lignocelulósico influencia no grau de compactação dos compósitos formados sendo que, quanto menor a densidade do material, maior tende a ser a compactação e maior a resistência do compósito gerado (LATORRACA, 2000).

O teor de extrativos para os materiais lignocelulósicos avaliados foram iguais estatisticamente. O teor de extrativos é o fator considerado mais limitante na produção de compósitos minerais e segundo Savastano Júnior (2000) a presença de extrativos resulta em uma menor resistência dos compósitos, pois esses extrativos funcionam como uma barreira que impede que a partícula vegetal e o cimento se

liguem de forma satisfatória, sendo o uso de pre-tratamento das partículas necessária para que o compósito tenha melhores propriedades.

Quanto ao teor de cinzas, verificou-se que a casca de soja apresenta um teor superior ao encontrado para a madeira de eucalipto. Sendo o valores encontrado para a vagem de soja semelhante aos encontrados por Silva et al (2008), para o mesmo material, que obtiveram valor médio de 8,90%.

Os valores obtidos para holocelulose não diferiram entre os materiais avaliados. Segundo Miller e Moslemi (1991) a celulose, lignina, os ácidos graxos e os terpenos não afetam as propriedades de resistência dos compósitos, por outro lado os taninos e a hemicelulose atuam de forma direta sobre o processo de hidratação do cimento. Sendo assim, materiais ricos em hemicelulose não são desejáveis para a produção de compósitos minerais sem passarem por um pré-tratamento.

5.2. Propriedades Físicas

As figuras 1 e 2 apresentam os valores médios obtidos para densidade aparente e razão de compactação dos compósitos minerais avaliados.

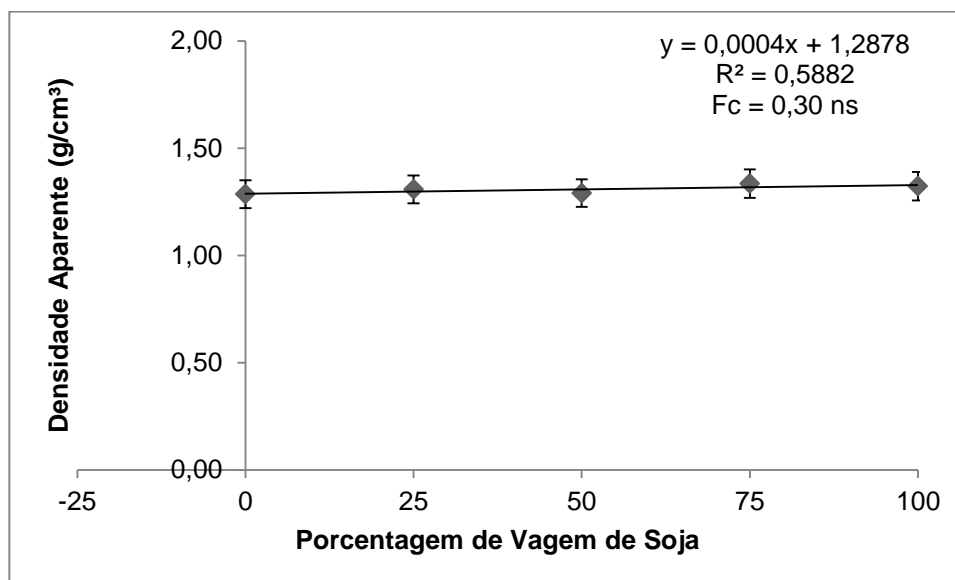


Figura 1. Densidade aparente dos compósitos minerais avaliados.

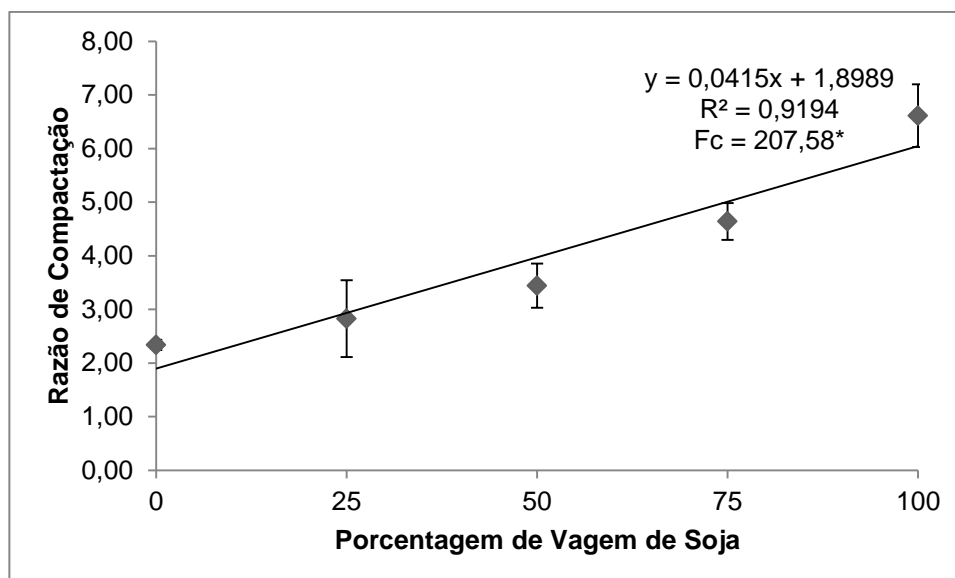


Figura 2. Razão de compactação dos compósitos minerais avaliados.

Não houve diferença estatística entre a densidade dos compósitos avaliados apresentando valor médio de $1,30\text{g/cm}^3$ sendo, portanto, superiores ao da densidade nominal. Isso pode ser explicado pelo fato de se ter adicionado maior quantidade de material no momento da formação do colchão de forma a se minimizar as possíveis perdas destes componentes no momento da montagem dos compósitos.

Já para razão de compactação, os valores obtidos tenderam a aumentar com a inclusão da vagem de soja, uma vez que esta apresenta uma densidade bastante baixa quando comparada à densidade da madeira de eucalipto.

Mendes et al. (2011) ao avaliar diferentes clones de eucalipto encontrou valores de razão de compactação variando entre 1,98 e 2,37, similares ao valor médio encontrado neste trabalho para os compósitos compostos apenas por madeira de eucalipto, porém inferiores ao dos compósitos com inserção de vagem de soja na sua composição.

Altas razões de compactação indicam um colchão de formação do compósito, de maior espessura o que, segundo Iwakiri (2005) pode afetar de forma positiva as propriedades mecânicas dos compósitos, porém de forma negativa as propriedades físicas, pela maior absorção de água e conseqüentemente menor estabilidade dimensional.

As figuras 3 e 4 apresentam os valores obtidos para a propriedade de absorção de água após 2 e 24 horas de imersão, respectivamente, dos compósitos minerais avaliados.

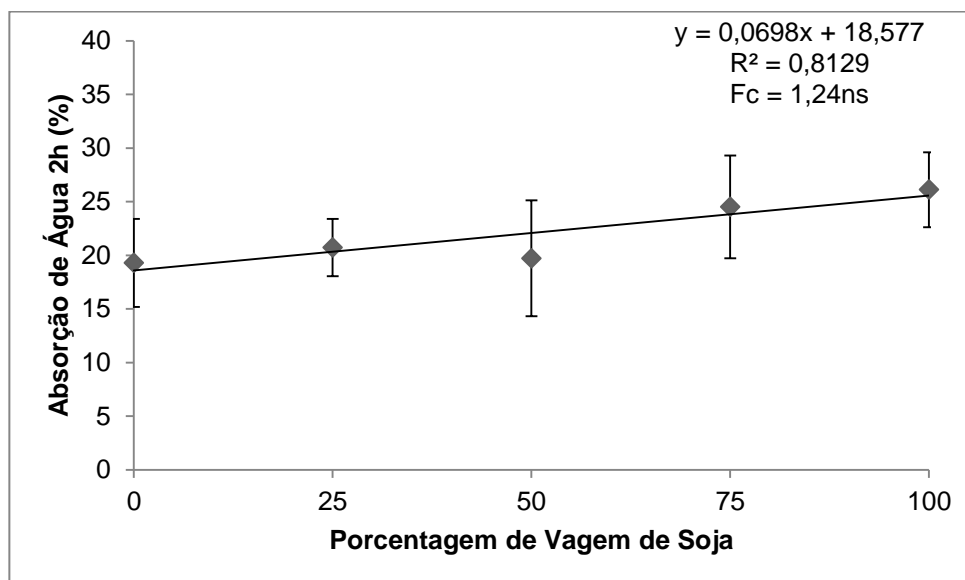


Figura 3. Absorção de água após 2 horas de imersão em água dos compósitos avaliados.

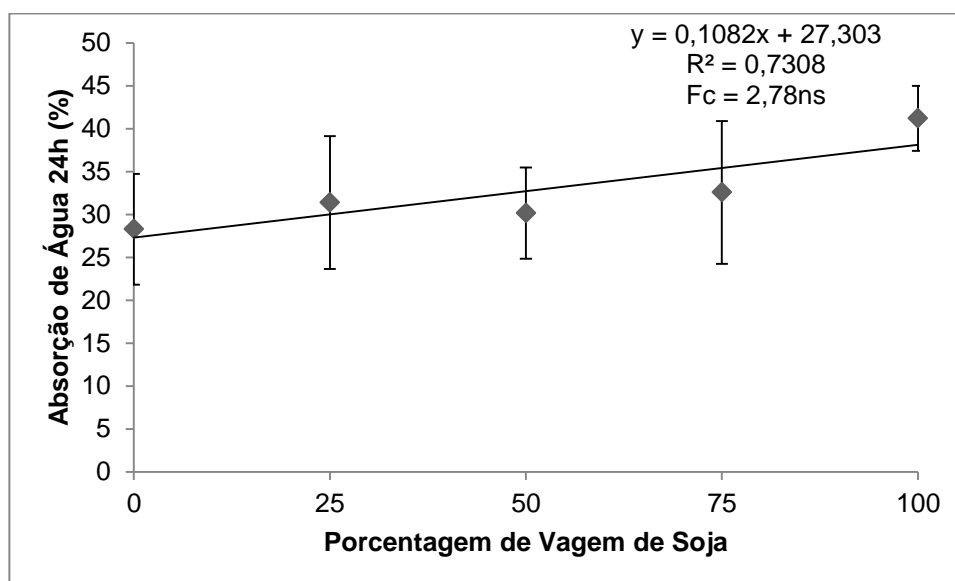


Figura 4. Absorção de água após 24 horas de imersão em água dos compósitos avaliados.

Não houve diferença significativa para absorção de água após 2 e 24 horas de imersão em água para as diferentes proporções de vagem de soja avaliadas, sendo os valores médios encontrados de 22,27 e 32,50% para absorção de água após 2 e 24 horas de imersão, respectivamente.

Os resultados observados neste trabalho foram superiores ao encontrados por Iwakiri et al. (2012), com valores médios de 20,86 e 25,21% para compósitos produzidos com madeira de embaúba e paricá, respectivamente. Os resultados

encontrados por Mendes et al. (2010) ao avaliar o potencial de 6 clones de *Eucalyptus urophylla* para a produção de compósitos minerais, onde obtiveram valores variando entre 6,00 e 11,16%.

Nas figuras 5 e 6 encontram-se os valores de inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água dos compósitos avaliados.

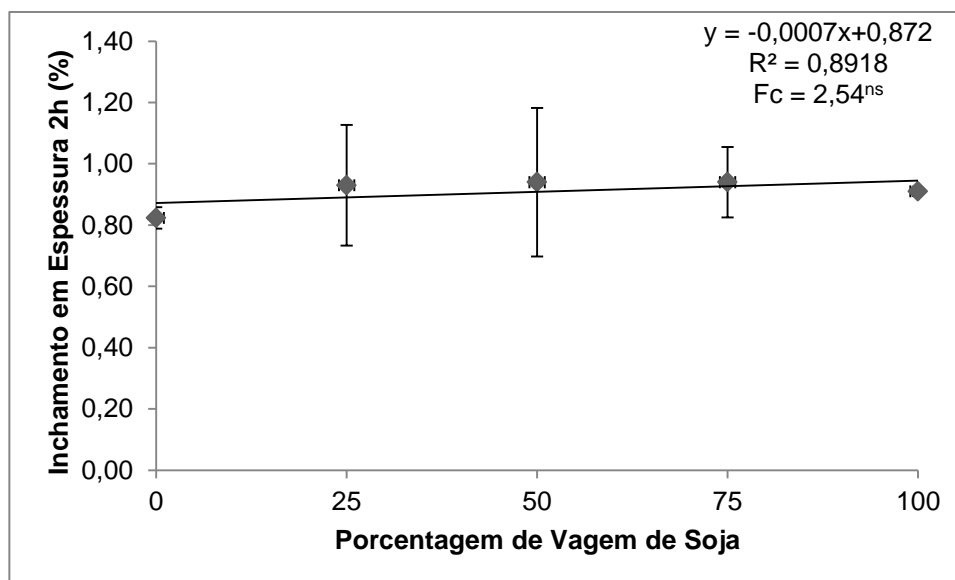


Figura 5. Inchamento em espessura após 2 horas de imersão em água dos compósitos avaliados.

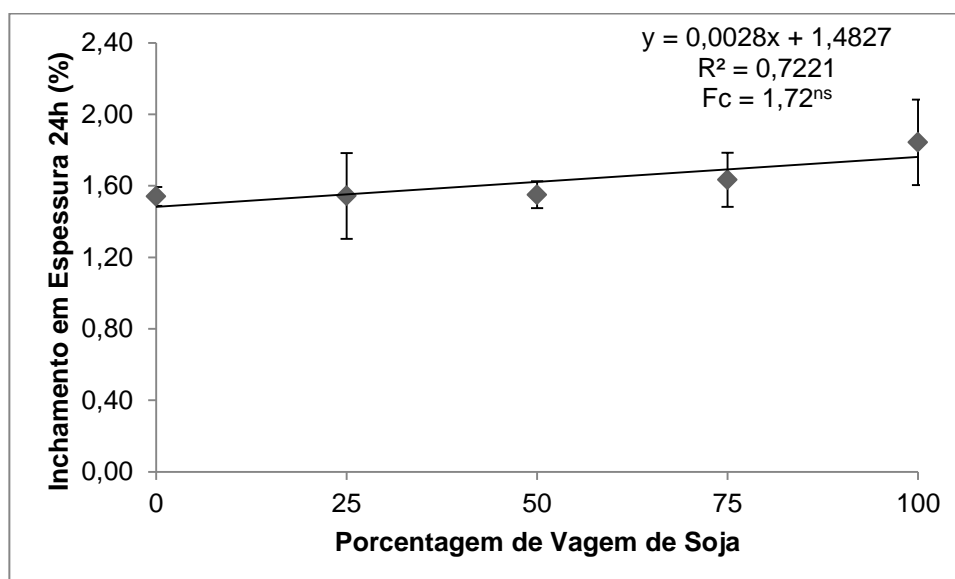


Figura 6. Inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água dos compósitos avaliados.

O inchamento em espessura, tanto após 2 quanto após 24 horas de imersão em água, não apresentou diferença significativa entre os compósitos minerais produzidos com diferentes proporções de vagem de soja, sendo o valor médio obtido de 0,65% para 2 horas de imersão e de 1,68% para 24 horas de imersão em água.

Latorraca (2000) encontrou valores de inchamento em espessura similares aos encontrados neste trabalho para a espécie *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus citriodora*, com valores médios de 1,64 e 1,73% de inchamento em espessura após 24 horas de imersão

O processo Bison Wood-Cement Board estabelece como valor máximo de inchamento em espessura após 24 horas de imersão 1,8%, logo, apenas os compósitos produzidos com 100% de vagem de soja não atenderam ao exigido pela norma.

De acordo com Lee (1984), a baixa variação ocorrida na absorção de água e no inchamento em espessura dos compósitos minerais pode ser atribuída à camada protetora que o cimento forma ao redor das partículas, diminuindo a absorção de água, a sua expansão e conseqüentemente o inchamento em espessura dos compósitos.

5.3. Propriedades Mecânicas

A figura 7 apresenta os valores de MOE obtidos para os compósitos minerais produzidos com diferentes proporções de vagem de soja associada à madeira de eucalipto.

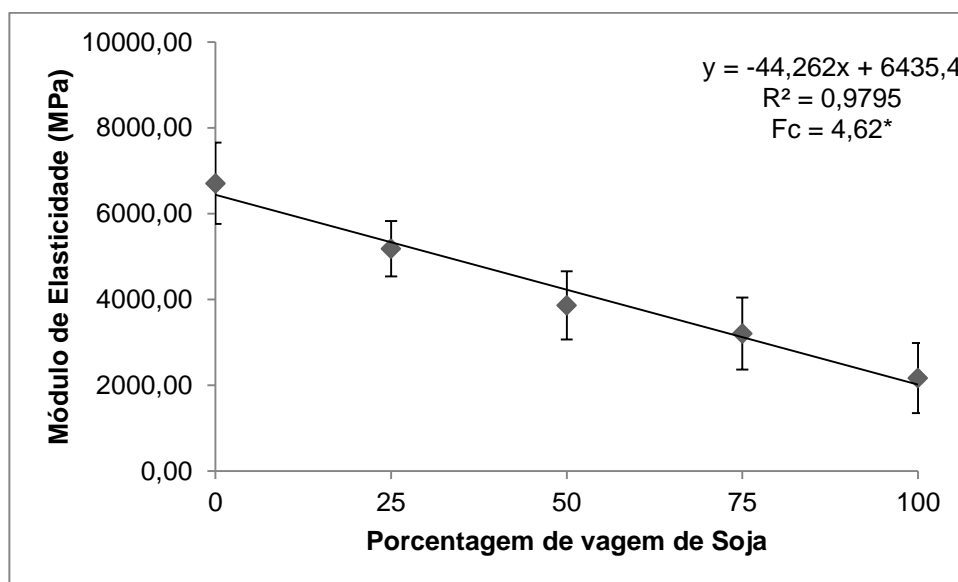


Figura 7. Módulo de elasticidade dos compósitos minerais.

Pode-se verificar que houve uma correlação negativa entre o MOE e a proporção de casca de soja adicionada ao compósito, sendo que para cada 1% de casca de soja adicionado verificou-se uma diminuição de 44,262 MPa no MOE.

Santos et al. (2008), encontraram valores de MOE variando entre 3.608,9 e 5.017,3 MPa para compósitos produzidos com 25 e 50% de inserção de resíduos de candeia associada a madeira de eucalipto, sendo estes valores inferiores aos encontrados neste trabalho. Iwakiri e Prata (2008), também encontraram valores inferiores aos encontrados neste trabalho para compósitos produzidos com madeira de *Eucalyptus grandis* sem tratamento obtendo, para MOE, valor médio de 4.780 MPa.

Para MOE de compósitos minerais, o processo Bison Wood-Cement Board define 3.000 MPa como valor mínimo para compósitos minerais comerciais. Substituindo este valor na equação gerada para MOE, verifica-se que se pode admitir até 77,62% de vagem de soja na produção de compósitos minerais para que o valor referido na norma seja atingido.

Na figura 8 estão expressos os valores de MOR para os compósitos avaliados.

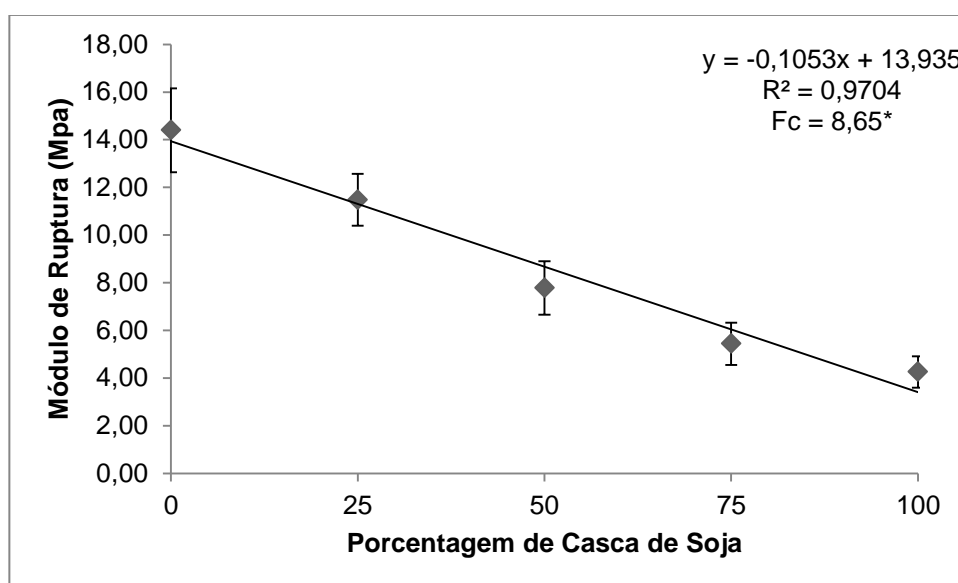


Figura 8. Módulo de ruptura dos compósitos minerais.

Para a propriedade MOR verificou-se tendência similar à obtida para a propriedade MOE, sendo que para cada 1% de vagem de soja adicionada aos compósitos houve uma diminuição da sua resistência a flexão em 0,1053 MPa.

Sá et al. (2012), ao avaliarem a resistência de compósitos minerais produzidos com 50% de *Toona ciliata* associada a madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, encontraram valor médio para MOR de 5,58 MPa, portanto inferior aos valores encontrados neste estudo quando se avaliou compósitos com

inserção de vagem de soja inferiores a 50%. Iwakiri et al. (2012) também encontraram valores inferiores aos encontrados neste trabalho ao avaliarem compósitos produzidos com madeira de paricá e embaúba tratada com solução alcalina de NaOH 1%, sendo os valores encontrados de 6,59 e 7,66 MPa, respectivamente, quando comparados aos valores obtidos com proporção de 25% de vagem de soja.

Segundo o processo de Bison Wood-Cement Board, o valor mínimo de MOR para compósitos minerais é de 8,92 MPa. Sendo assim, substituindo esse valor na regressão gerada para MOR, observa-se que o máximo de inserção de vagem de soja na produção de compósitos minerais para que a normatização seja atingida, é de 47,63%.

A figura 9 apresenta os valores obtidos no teste de tração perpendicular para os compósitos minerais avaliados.

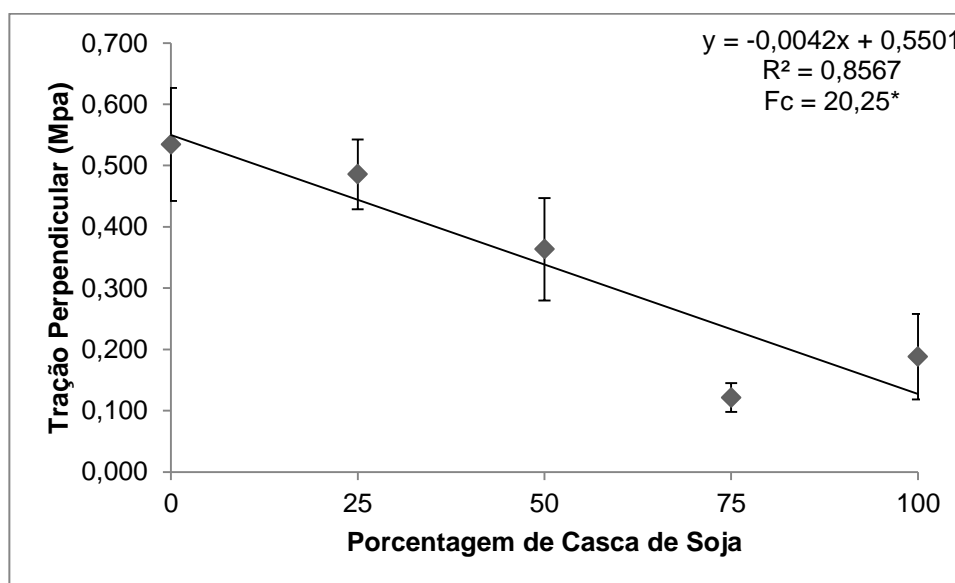


Figura 9. Ligação interna dos compósitos minerais.

Os valores obtidos demonstram que a inclusão da casca de soja resultou em uma diminuição da tração perpendicular dos compósitos, sendo verificado um decréscimo desta propriedade de 0,0042 MPa para cada 1% de casca de soja adicionado.

Latorraca (2000), ao avaliar as propriedades mecânicas de 4 espécies de eucalipto encontrou valores médios para tração perpendicular de 0,59MPa para *Eucalyptus pellita*, 0,70MPa para *Eucalyptus robusta*, 0,67MPa para *Eucalyptus urophylla* e 0,48MPa para *Eucalyptus citriodora*, sendo estes valores aproximados

aos valores obtidos para os compósitos produzidos com eucalipto puro e com a inserção de 25% de soja neste estudo.

Mendes et al. (2010) encontraram valores de tração perpendicular variando entre 0,38 e 0,51MPa para 6 clones de *Eucalyptus urophylla*, valores estes inferiores encontrados neste trabalho com as menores proporções de inserção de vagem de soja, o que pode ser explicado pela possível inibição da cura do cimento causada pelo alto teor de extrativos encontrados nos clones avaliados, resultando em uma menor ligação entre as partículas e a matriz.

O processo Bison Wood-Cement Board estabelece 3,92 MPa como o mínimo aceitável para tração perpendicular de compósitos minerais. Pela substituição do valor da norma na equação ajustada para tração perpendicular, pode-se verificar que compósitos produzidos com até 37,64% de casca de soja apresentam resultados satisfatórios para atender a referida norma.

Na figura 10 encontram-se os valores obtidos para compressão paralela.

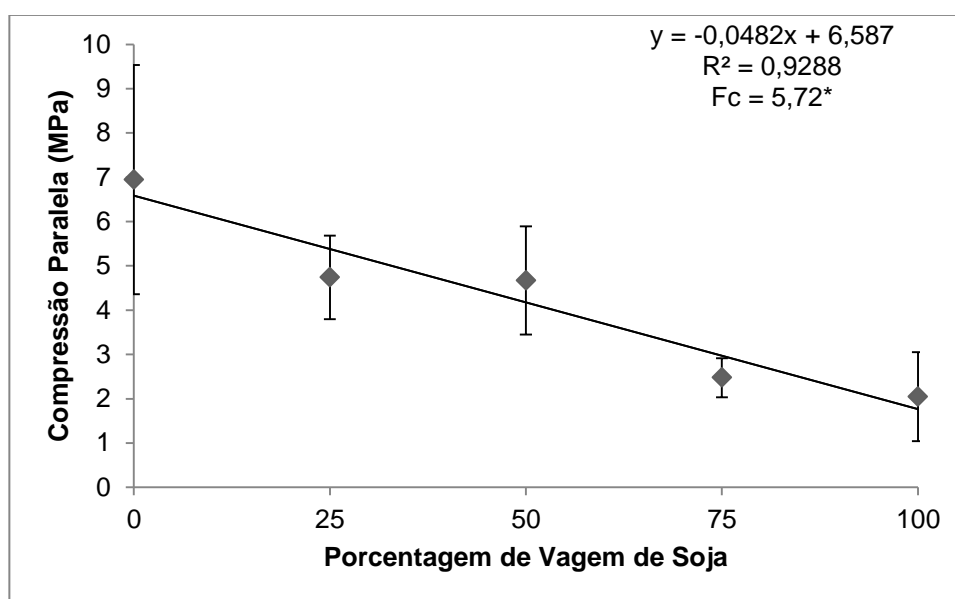


Figura 10. Compressão paralela dos compósitos minerais.

Os resultados demonstram que houve um efeito negativo do aumento da porcentagem de vagem de soja nos valores de compressão paralela, sendo que para cada 1% de vagem de soja inserida no compósito houve uma diminuição de 0,0482 MPa nesta propriedade.

De acordo com Savastano Junior et al. (1994) a diminuição da compressão paralela pode ocorrer devido aos extrativos e açúcares liberados pelas partículas lignocelulósicas após o contato destas com a água, uma vez que estes

componentes podem prejudicar o endurecimento da matriz. Além disso, essa mesma água, ao retornar para a matriz, é envolvida por uma película de água (efeito parede) que aumenta a porosidade na zona de transição permitindo o acúmulo de cálcio nessa zona, tornando-a mais frágil e suscetível a fissuras.

Os valores obtidos foram inferiores aos encontrados por Pomarico (2013) ao avaliar as propriedades de 6 clones de *Eucalyptus*, que encontrou valores variando entre 9,3 e 12,0 MPa. Sá et al. (2012) também encontraram valores superiores aos encontrados neste trabalho para compósitos produzidos com madeira de *Toona ciliata*, onde a média obtida foi de 9,32 MPa.

A figura 11 apresenta os resultados obtidos para a dureza Janka dos compósitos minerais avaliados.

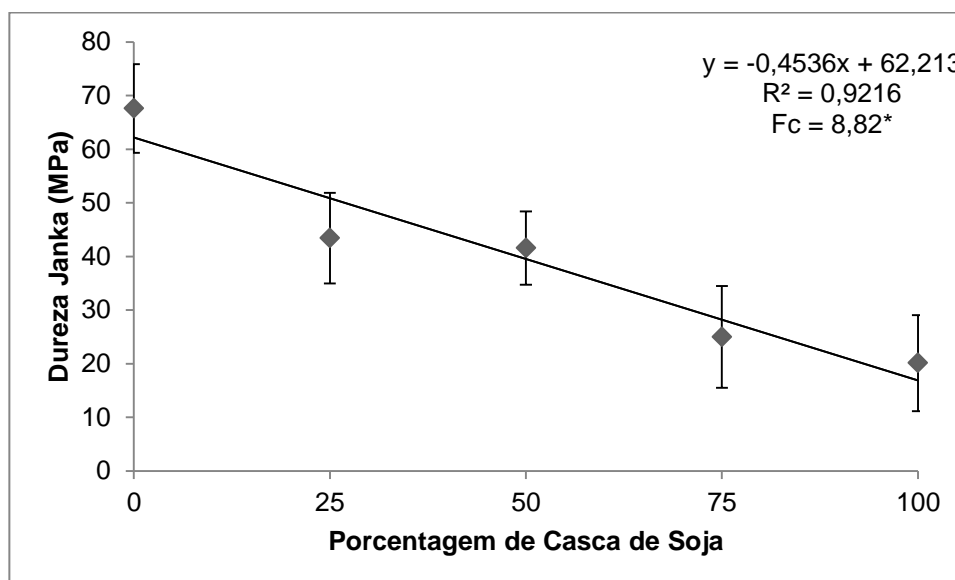


Figura 11. Dureza Janka dos compósitos minerais.

Assim como para as demais propriedades avaliadas, também verificou-se um efeito negativo da inserção da casca de soja nos compósitos avaliados, sendo que para a dureza Janka houve uma redução de 0,4546 MPa para cada 1% de casca de soja adicionado.

Bianche et al. (2012), encontraram valores superiores aos encontrados neste trabalho ao avaliarem as propriedades mecânicas de painéis aglomerados de eucalipto com diferentes proporções de vassoura, sendo os valores médios obtidos por eles variando entre 34,07 e 43,76 MPa.

Macedo (2008) também encontrou valores superiores ao avaliar compósitos minerais com diferentes proporções de resíduos de recauchutagem de pneus, com médias variando entre 26,93 e 61,73 MPa.

As propriedades mecânicas apresentaram uma tendência de decréscimo nos seus valores com o aumento da proporção de vagem de soja utilizada, o que pode ter ocorrido devido à elevada razão de compactação dos compósitos produzidos, principalmente com proporções acima de 50% de vagem de soja. Isso porque, segundo Trianoski (2010) embora elevadas razões de compactação possam melhorar as propriedades mecânicas dos compósitos, deve-se levar em consideração a disponibilidade de adesivos, no caso deste trabalho o cimento, para que se estabeleça ligações resistentes entre os componentes. Sendo assim, a alta razão de compactação pode ter influenciado de forma a diminuir a resistência das ligações formadas diminuindo as propriedades mecânicas dos compósitos produzidos.

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos pode-se concluir:

✓ A inserção de diferentes proporções de vagem de soja não afetou de forma significativa as propriedades físicas, porém resultou em uma diminuição das propriedades mecânicas dos compósitos minerais produzidos;

✓ A porcentagem máxima de inserção de vagem de soja em compósitos minerais, visando atender as especificações do processo Bison Wood-Cement Board é de 38%.

7. AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ pelo financiado do projeto processo número 446605/2014-0

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). **Embrapa Soja: Soja em números (safra 2014/2015)**. Acesso em 20/10/2015. Disponível em <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>.

MARRA, F. S. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: V. N. Reinhold, 1992. 453 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de CIMENTO PORTLAND - ABCP. **Guia básico de utilização do Cimento Portland**. Boletim técnico 106, São Paulo, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14810-3. Chapas de madeira aglomerada: métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2006. 32 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas técnicas. ABNT. **NBR-9533**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas técnicas. ABNT. **NBR-5732**. Rio de Janeiro, 1991.

BERALDO, A. L.; ARRUDA, A.C. de; STANCATO, A.C. et al. Compósito à base de resíduos vegetais e cimento Portland. In: Encontro brasileiro em madeira e em estruturas de madeira, 8., 2002, Uberlândia. **Anais**. Uberlândia: FECIV-UFU, 2002. 1 CD-ROM.

BIANCHE, J. J., CARNEIRO, A. C. O., VITAL, B. R., PEREIRA, F. A., SANTOS, R. V., SORATTO, D. N. Propriedades de painéis aglomerados fabricados com partículas de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*) e vassoura (*Sida* spp.). **Cerne**. Lavras, v. 18, n. 4, p. 623-630, 2012.

BLEDZKI, A. K., GASSAN, J. "Composites reinforced with cellulose based fibres", **Progress in Polymer Science**, v. 24, pp. 221-274, 1999.

BOSE, Max L. V. & MARTINS FILHO, João G. O papel dos resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, 10(119): 3-7, nov. 1984.

CABRAL, M. R. **Painéis de partículas homogêneas cimento-bagaço de cana-de-açúcar curados por carbonatação acelerada**. 2016. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

CARASCHI, JOSÉ CLÁUDIO; LEO, ALCIDES LOPES; CHAMMA, PAULA V. C. Avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura. **Associação Brasileira de Polímeros**, v. 19, n. 1, p. 47-53, 2009

CASTRO, V. ARAÚJO, R. D., PARCHEN, C. IWAKIRI, S. Avaliação do efeito de pré-tratamentos da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage no grau de compatibilidade com cimento Portland. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 38, n. 5, p. 935-942. 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB.
Acompanhamento da safra brasileira: Grãos - Safra 2014/15 - Décimo Segundo Levantamento, Brasília, 20165.

DIX, R. J. H. The principles of cement-bonded particleboard manufacturing. **Inorganic bonded wood and fiber composite materials**. Session III: Industrial manufacturing processes. v. 1, p.61-62, Washington, 1989.

FERRAZ, J. M. **Produção e propriedades de painéis de fibra de coco verde (*Cocos nucifera* L.) em mistura com cimento Portland**. Brasília, 2011. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

HACHMI, M. MOSLEMI, A. A. Efect of wood pH and buffering capacity on wood-cement compatibility. **Holzforschung**. v. 44, n. 6, p. 425-430, 1990.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Madeira: o que é e como pode ser processada e utilizada**. São Paulo: 1985. 189p. (Boletim ABPM, 36).

INVENTÁRIO ENERGÉTICO DE RESÍDUOS RURAIS. **Nota técnica DEA 15/14**. Rio de Janeiro, 2014.

Iwakiri S. **Painéis de madeira reconstituída**. 1. ed. Curitiba: FUPEF, 2005.

IWAKIRI, S. PRATA, J. G. Utilização da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* na produção de painéis de cimento-madeira. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p.68-74, jan./mar. 2008.

IWAKIRI, S., SILVA, L. S., TRIANOSK, R., BONDUELLE, G. M., ROCHA, V. Y. Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* (Paricá) e *Cecropia hololeuca* (Embaúba) para a produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**. Lavras, v. 18, n. 2, p. 303-308, 2010.

IWAKIRI, S. TRIANOSKI, R., CUNHA, A. B., PRATA, J. G., HARA, M., BILA, N. F., LUIS, R. C. G., ARAÚJO, R. D. Propriedades tecnológicas de painéis cimento-madeira produzidos com partículas de eucalipto. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v. 14, n. 3, p. 217-223, 2015.

KUMAR, A. CAMERON, J. B., FLYNN, P. C. Biomass power cost and optimum plant size in western Canada. **Biomass and Bioenergy**. V. 24, n. 6, p. 445-464, 2003.

LATORRACA, J.V.F. **Eucalyptus spp. na produção de painéis de cimento-madeira**. Curitiba, 2000. 191p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LATORRACA, J.V.F.; IWAKIRI, S. Efeito da cura a vapor sobre as propriedades mecânicas de painéis de cimento-madeira. **Floresta e ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p. 84-93, 2001.

LATORRACA, J.V.F.; IWAKIRI, S. Efeito da cura a vapor sobre as propriedades mecânicas de painéis de cimento-madeira. **Floresta e ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p. 84-93, 2001.

LOPES, Y. L. V. **Utilização da madeira e cascas de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden na produção de painéis cimento madeira**. 2004. 60 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

LOPES, Y. L. V., MORI, F. A., MENDES, L. M. LATORRACA, J. V. F., TRUGILHO, P. F. SILVA, G. C. Avaliação do potencial técnico da madeira e cascas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden na produção de painéis cimento-madeira. **Scientia Forestalis**, n. 67, p.111-122, abr. 2005.

MACEDO, A. N., SOUZA, A. A. C., NETO, B. B. P. Chapas de cimento-madeira com resíduos da indústria madeireira da região amazônica. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 131-150, 2012.

MATOSKI, A. **Utilização de pó de madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira**. 2005. 202 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MENDES, L. M., LOSCHI, F. A. P., PAULA, L. E. R., MENDES, R. F., GUIMARÃES JUNIOR, J. B., MORI, F. A. Potencial de utilização da madeira de clones de *Eucalyptus urophylla* na produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**. Lavras, v. 17, n. 1, p. 69-75, 2011.

MILLER, D.P.; MOSLEMI, A.A. Wood-cement composites: effect of model compounds on hydration characteristics and tensile-strength. **Wood and fiber science**, v.23, n.4, p.472-482, 1991.

MIRANDA, C. S., FIUZA, R. P., CARVALHO, R. F., JOSÉ, N. M. Efeito dos tratamentos superficiais nas propriedades do bagaço da fibra de piaçava *attalea funifera Martius*. **Química Nova**, Vol. 38, n. 2, 161-165, 2015.

MORI, F. A., LOPES, Y. L. V., MENDES, L. M., LATORRACA, J. V. F. Estudo da compatibilidade entre a madeira e as cascas de *Eucalyptus grandis* e cimento Portland. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n.3, p. 257-264, jul/set., 2007.

MOSLEMI, A. A. **Emerging technologies in mineral-bonded wood and fiber composites**. IN: I Seminário Internacional Sobre Produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia. I Encontro Sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e Utilização de Madeira de Eucalipto. Belo Horizonte. v. 6, n. 21998. p. 161-17944-156, 1999..

MOSLEMI, A. A., GARCIA, F. J., HOFSTRAND, A. D. Effect of various treatments and additives on wood-Portland cementwater systems. **Wood and Fiber Science**, v.15, n.2, p. 164-176, 1983.

OKINO, E. Y.A., SOUZA, M. R., SANTANA, M. A. E., SOUZA, M.E., TEIXEIRA, D. T. Chapa aglomerada de cimento-madeira de *Hevea brasiliensis* Mull. Arg. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n.3, p. 541-457, 2004.

PAULA, L. E. R., TRUGILHO, P. F., NAPOLI, A., BIANCHI, M. L. Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. **Cerne**, Lavras, v.17, n.2, p.237-246, abr/jun. 2011.

POMARICO, F. A. **Potencial de utilização da madeira de clones de eucalipto na produção de painéis cimento-madeira**. Lavras, 2013. 70p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

RAY, D., SARKAR, B. K., BOSE, N. R. Impact fatigue behaviour of vinylester resin matrix composites reinforced with alkali treated jute fibres, **Composites Part A**, 33, 233, 2002.

SÁ, V. A., BUFALINO, L. ALBINO, V. C. S., CORRÊA, A. A., MENDES, L. M., ALMEIDA, N. A. Mistura de três espécies de reflorestamento na produção de painéis cimento-madeira. **Revista Árvore**. Viçosa v. 36, n. 3, p. 549-557, 2012.

SADIKU, N. A., SANUSI, A. Wood pre-treatment influence on the hydration of Portland cement in combination with some tropical wood species. **Pro Ligno**.v. 10, n. 2, p. 3-10, 2014.

SANTOS, R. C., MENDES, L. M., MORI, F. A., MENDES, R. F., Aproveitamento de resíduos da madeira de candeia (*Eremanthus erythropappus*)

para produção de painéis cimento-madeira. **Cerne**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 241-250, jul/set. 2008.

SAVASTANO JÚNIOR, H. **Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetalç: reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo**. São Paulo, 2000. 185p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

SILVA, A. M.; BENTES, M. A.; MEDRADO, S. B.; CARVALHO JÚNIOR, J. A. Estudo da utilização da biomassa em substituição parcial ao carvão mineral na fabricação do coque na coqueira da CSN. **Revista Tecnologia em Metalurgia e Materiais**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 40-45, jul./set. 2008.

SILVA, E., MARQUES, M., FORNARI JÚNIOR, C. Aplicação De Fibra De Coco Em Matrizes Cimentícias. **Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. V.8, nº 8, p. 1555-1561, set/de. 2012.

SIMATUPANG, M. H., GEIMER, R. L. Inorganic binder for wood composites: feasibility and limitations. **Wood Adhesives**. Winconsin. 1990.

SOUZA, S. N. M; SORDI, A.; OLIVA, C. A. Potencial de energia primária de resíduos vegetais no paraná. **4º Encontro de Energia no Meio Rural**. 2002.

TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY (TAPPI). **Testing and methods** Atlanta, 1994.

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada**. Curitiba, 2010. 262 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

VAICKELIONIS, R., VAICKELIONIENE, R. Cement hydration in the presence of wood extractives and pozzolan mineral additives. **Ceramics**. Salikáty, v. 50, n. 2, p. 115-122, 2006.

VIEIRA, A. C. **Caracterização da biomassa proveniente de resíduos agrícolas**. Cascável, 2012. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel. 2012.