

VITOR HERINGER DE AGUIAR

**POTENCIAL DO USO DE MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*  
TRATADA COM CCB NA PRODUÇÃO DE CHAPAS CIMENTO-  
MADEIRA**

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
JUNHO – 2014

VITOR HERINGER DE AGUIAR

**POTENCIAL DO USO DE MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*  
TRATADA COM CCB NA PRODUÇÃO DE CHAPAS CIMENTO-  
MADEIRA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
JUNHO – 2014

VITOR HERINGER DE AGUIAR

**POTENCIAL DO USO DE MADEIRA DE *Eucalyptus grandis*  
TRATADA COM CCB NA PRODUÇÃO DE CHAPAS CIMENTO-  
MADEIRA**

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do curso de graduação em Engenharia Florestal.

APROVADA: 27 de Junho de 2014

---

Prof. Benedito Rocha Vital  
(Orientador)

---

Carla Priscilla Távora Cabral  
(Coorientadora)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus. A ele tudo entrego.

Aos meus pais, Elias Damasceno Flores de Aguiar e Sirlei Raquel Heringer de Aguiar e meus irmão, Marcus Heringer de Aguiar e Laura Heringer de Aguiar, pelo amor e apoio em todos os momentos.

Aos Professores Benedito Rocha Vital e Angélica de Cássia Carneiro, pela orientação e ensinamentos.

A Carla Priscila Távora Cabral, pela imensurável ajuda.

A todos do Laboratório de Energia e Painéis de Madeira (LAPEM), pela disponibilidade e pela oportunidade de realização deste trabalho.

Aos amigos de Viçosa e de outros cantos do mundo pelo companheirismo e amizade.

## **BIOGRAFIA**

Vitor Heringer de Aguiar nasceu em 18 de agosto de 1987, em Ipatinga, Minas Gerais.

Em 2005, concluiu o 2º grau na Escola Batista de Acesita, em Timóteo, Minas Gerais.

Em 2010, iniciou o curso de Engenharia Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, sendo o mesmo concluído em julho de 2014.

# CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS .....	viii
EXTRATO.....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. Objetivos .....	3
2.1    Objetivo geral.....	3
2.2    Objetivos específicos .....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1    Paineis de Ciment-Madeira.....	4
3.2    Água .....	6
3.3    Madeira .....	7
3.4    CCB .....	8
3.5    Cimento.....	10
3.6    Aditivos Químicos .....	11
3.7    Compatibilidade entre Cimento e Madeira .....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	21
5.1    Densidade .....	21
5.2    Dureza Janka .....	22
5.4    Compressão Longitudinal.....	22
5.2    Módulo de Ruptura e Módulo de Elasticidade .....	23
6. CONCLUSÕES.....	25
7. REFERÊNCIAS.....	26

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Moinho de facas.....	17
Figura 2: Moinho martelo .....	17
Figura 3: particulas de Eucalipto não tratadas, Particulas de Eucalipto tratadas com CCB e Particulas de Pinus .....	17
Figura 4: Cimento Portland Pozolânico resistente a sulfatos CP IV-32 RS.....	18
Figura 5: Forma desmontável de madeira .....	19
Figura 6: Prensa hidráulica.....	19
Figura 7: Gabarito para retirada de corpos de prova .....	19
Figura 8: Máquina universal de ensaios .....	20

## EXTRATO

Aguiar, Vitor Heringer de, Universidade Federal de Viçosa, março de 2014. **Potencial do uso de madeira de *Eucalyptus grandis* tratada com CCB na produção de chapas cimento-madeira.** Professor orientador: Benedito Rocha Vital. Coorientadora: Carla Priscilla Távola Cabral.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da madeira de *Eucalyptus grandis* tratada com CCB na produção de chapas minerais utilizando cimento Portland CP IV, do tipo pozolânico. O experimento foi realizado no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira, da Universidade Federal de Viçosa, MG. Utilizou-se madeira de *Pinus* sp na produção das chapas do tratamento testemunha. A madeira, o cimento e a água foram misturados em um tambor misturador até conseguir uma massa homogênea. A massa foi colocada em uma forma de madeira desmontável sobre a qual foi feita uma pré-prensagem, sendo logo em seguida prensada em uma prensa hidráulica à temperatura ambiente e 40 kgf/cm<sup>2</sup> de pressão, durante 48 horas. Depois retirou-se a chapa da prensa, a qual foi deixada em maturação por mais 28 dias, a 60±5% de umidade relativa e 20±3°C de temperatura. As chapas foram esquadrejadas e recortadas para retirada dos corpos de prova, os quais foram ensaiados em máquina universal de ensaio segundo a norma NBR 14810. Os ensaios mecânicos realizados foram de dureza Janka, compressão longitudinal, módulo de ruptura e elasticidade na flexão estática. Determinou-se também a densidade das chapas para efeito de comparação entre os tratamentos. As médias das chapas dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey à 5% de significância. Em todos os ensaios mecânicos observou-se que, as médias das chapas fabricadas com

partículas tratadas de *Eucalyptus grandis* foram inferiores as das chapas fabricadas com madeira de *Pinus* sp. Porém, entre os tratamentos contendo apenas madeira de eucalipto, observou-se que as chapas fabricadas com o aditivo (silicato de sódio) tiveram valores médios superiores aos das chapas de eucalipto sem aditivo. Os resultados encontrados neste trabalho mostram que a madeira de eucalipto tratada é viável para a produção de chapas cimentícias.

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Introdução

Os painéis são produtos derivados de madeira que se dividem em duas categorias: os painéis de madeira sólida e os painéis de madeira reconstituída (SILVA, 2012). Esses painéis são empregados principalmente na construção civil e na indústria moveleira (MATTOS et al., 2008). Eles mantêm boa parte das qualidades da madeira, eliminando algumas das características indesejáveis. Entre os painéis de madeira destacam-se os compensados, vigas laminadas, LVL, chapas de fibras, chapas de partículas, chapas de flocos e chapas de cimento-madeira (POMARICO, 2007).

As chapas de cimento-madeira são uma mistura de partículas de madeira, aglutinante mineral (cimento Portland), água e aditivos químicos, consolidados por meio de prensagem a frio. Segundo Latorraca (2000) as chapas de cimento-madeira são usadas no setor da construção civil na Áustria desde 1920 e na Alemanha desde 1940, e tiveram sua expansão após a II Guerra Mundial para Austrália, Estados Unidos e países da Ásia. A produção em larga escala surgiu em 1976 na Alemanha, e expandiu-se para os Estados Unidos (*Wood fiber cement*) e México (*cement bonded particle board*). Mas, apesar de sua ampla aceitação e utilização no mercado mundial, ele ainda não foi inserido comercialmente de forma significativa no mercado brasileiro.

A aceitação desses painéis deve-se ao uso de aglomerante inorgânico, o que lhe confere propriedades superiores às chapas que utilizam resinas sintéticas, garantindo resistência ao fogo, ataque de fungos e cupins, além de isolamento térmico e acústico (LATORRACA, 2000). Além disso, segundo SILVA et al (2006), dados sobre propriedades mecânicas (resistência à compressão, dureza e resistência à flexão),

resistência à umidade, resistência à abrasão, trabalhabilidade, estabilidade dimensional etc. foram comparados entre esses produtos, e os resultados indicaram que os painéis de cimento-madeira apresentam grandes potencialidades técnicas.

Considerando-se que resíduos de madeira podem ser usados para a produção dos painéis cimento-madeira, eles surgem como uma alternativa para diminuir a pressão sobre o meio ambiente, diminuindo a necessidade de desmatamento, e para dar um fim mais nobre ao resíduo, agregando valor ao mesmo. Outro aspecto importante a ser considerado é que resíduos de madeira tratada representam um grande risco de poluição ambiental, pois sua incineração deve ser feita em incineradores apropriados para resíduos químicos, o que onera o seu correto descarte.

A utilização dos resíduos visa também reduzir os custos com materiais de construção para fabricação de casas pré-fabricadas, além de outras utilizações. A substituição, por exemplo, do OSB em construções, por chapas minerais permitiria uma considerável economia devido ao reduzido custo de fabricação das mesmas. Isso porque, além de não necessitarem de calor durante a prensagem, também não utilizam resina sintética na aderência das partículas de madeira.

No entanto, muitas espécies tem se mostrado inadequadas para a produção de chapas de cimento-madeira. Isso ocorre devido a presença de algumas substâncias químicas na madeira, denominadas extrativos, que, segundo LATORRACA (2000) podem incluir resinas, gorduras ácidas, terpenos e terpenóides, fenóis, taninos, açúcares simples e sais.

Dessa forma, fica evidente a importância de se buscar novas espécies que possam ser usadas e de se pesquisar tratamentos que sejam eficientes em minimizar efeitos indesejáveis na produção desses painéis.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a viabilidade técnica do uso de resíduos de madeira de *Eucalyptus grandis* tratada com CCB na produção de chapas cimento madeira.

### 2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as propriedades mecânicas de chapas de cimento-madeira utilizando madeira de *Eucalyptus grandis* tratada com CCB.
- Avaliar o efeito da adição do silicato de sódio na cura do cimento e resistência das chapas de cimento-madeira constituídas de partículas de *Eucalyptus grandis*.
- Comparar as propriedades mecânicas das chapas de cimento-madeira fabricadas com madeira de *Eucalyptus grandis* com as chapas produzidas com madeira de *Pinus* sp.

## 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Painéis de Cimento-Madeira

Os painéis cimento-madeira são uma mistura de partículas de madeira e aglutinante mineral, no caso o cimento Portland, água e aditivos químicos, formando um compósito, consolidado por meio de prensagem a frio.

O termo *compósito* pode ser definido de modo geral como um material composto por dois ou mais constituintes. No caso dos painéis de cimento-madeira tem-se partículas de madeira envolvidas por uma fase ligante, o cimento. Eles apresentam como vantagem a resistência e a dureza relativamente maiores que a dos materiais separados, além de sua baixa densidade. No compósito, na fase ligante, o cimento transmite o esforço entre as partículas de madeira, permitindo sua orientação apropriada e mantendo-as protegidas do meio. A madeira, por sua vez, aumenta a resistência à tração e diminui a densidade e o custo.

Atualmente, os painéis de cimento-madeira são aceitos em muitos países por causa de suas características vantajosas sobre outros painéis (MOSLEMI e PFISTER, 1987). Entre essas vantagens destacam-se a alta durabilidade, bom desempenho no emprego de parafusos, trabalhabilidade similar à dos produtos de madeira, resistência a mudanças drásticas de temperatura, além de alta resistência ao fogo, à umidade e a fungos e insetos. Matoski e Iwakiri (2007) afirmam que as características mais significativas dos compósitos de cimento-madeira são sua baixa densidade, quando comparada ao concreto, e sua elevada resistência às intempéries, fogo e ataque de fungos e insetos, como já citado, neste caso em relação a madeira.

Podem ser usados em ambientes internos e externos, além de aceitarem bem a aplicação superficial de produtos como verniz e pintura. Sua aplicação vai além dos usos indicados para o aglomerado convencional, especialmente em ambientes úmidos e com riscos de incêndios, em que o emprego de aglomerados convencionais se torna inadequado (POMARICO, 2007).

Os painéis de cimento-madeira apresentam características que se adequam perfeitamente ao uso estrutural. Por essa razão são muito utilizados na construção civil, principalmente em países da Europa e no Japão. Para Iwakiri e Prata (2008) painéis de cimento-madeira não são empregados no Brasil por vários motivos; mas o principal deles seria a questão cultural, já que no Brasil prioriza-se as construções em alvenaria. Wei e Bunichiro (2000) sugere que eles podem substituir o tijolo e o concreto em determinadas situações.

Iwakiri e Prata (2008) acreditam também que esse quadro poderá ser gradativamente mudado a partir de políticas governamentais e iniciativas do setor privado. Isso porque o Brasil dispõe de grande quantidade de resíduos de madeira e é autossuficiente em cimento, que são as principais fontes de matéria-prima para a fabricação dos painéis de cimento-madeira.

Outro aspecto importante a ser considerado é a proporção cimento:madeira do compósito. Quantidades maiores de cimento elevam o custo final e uma maior proporção de madeira na mistura tem a vantagem de reduzir a densidade do painel (MOSLEMI et al. 1983).

Segundo Latorraca (2001) a proporção mais comumente utilizada de partículas de madeira, cimento e água é de 1:3:1,5. O peso do painel é largamente influenciado pela adição de cimento que representa uma desvantagem econômica, visto que o mesmo tem custo maior que o resíduo de madeira. Dessa forma a adição de grande quantidade de cimento poderá aumentar o custo da chapa (Souza, 2006).

Segundo Moslemi (1998), os painéis de cimento-madeira são produzidos em menor quantidade quando comparados à produção de aglomerados

convencionais, devido à lenta velocidade de cura dos painéis. Por outro lado, pesquisas no Japão indicam que, com a inclusão de uma autoclave na linha de produção e com modificações na formulação dos materiais dos painéis, pode ser eliminada a necessidade de curar as chapas em pátio.

Entre as limitações encontradas na produção de painéis de cimento-madeira temos principalmente o peso consideravelmente elevado, o tempo de cura e a escolha de espécies adequadas. A madeira de algumas dessas espécies possuem teor considerável de extrativos e essas substâncias tendem a elevar o tempo de pega do cimento (HOFSTRAND et al., 1984). Entre essas substâncias destacam-se resinas, gorduras, gomas, hidrocarbonetos, terpenos, esteróides, alcalóides, álcoois, proteínas, pigmentos, taninos, glicosídeos e carboidratos, entre outros (BROWNING, 1975). Gnanaharan e Dhamodaran (1985), por exemplo, em estudo envolvendo 13 espécies tropicais, concluíram que as espécies mais e menos promissoras para produção de chapas de cimento-madeira foram aquelas que apresentam o menor e maior percentual de extrativos, respectivamente.

### **3.2 Água**

Segundo Wolfe e Gjinolli (1999), a água adicionada na mistura do compósito cimento-madeira deve ser suficiente para manter as fibras de madeira saturadas, propiciar a hidratação do cimento e proporcionar consistência à mistura. Porém, o excesso de água no compósito cimento-madeira acarreta alta porosidade na mistura, permitindo que os espaços deixados sejam ocupados pelo hidróxido de cálcio, contribuindo para formação de uma zona de transição de pouca resistência (SOUZA, 2006).

Simatupang et al. (1978) relatam que, para obtenção de painéis de alta densidade, é necessária a utilização de uma proporção de água em relação ao cimento de 0,4. Solórzano (1994) mostra em seu artigo que painéis de cimento-madeira

apresentaram redução da resistência à flexão estática de 9,2 MPa para 3,7 MPa, com a redução do fator água:cimento de 0,635 para 0,235.

A água presente no material lignocelulósico se misturará à água adicionada quando na mistura dos componentes dos painéis. Portanto, essa água deve ser computada no cálculo da quantidade de água adicionada com relação à relação água-cimento (NEVILLE, 1982). Porém, essa água das partículas de madeira só estará disponível como um líquido se o teor de umidade destas estiver acima do ponto de saturação das fibras. Assim, equações desenvolvidas para determinar a quantidade de água geralmente levam em consideração a umidade no ponto de saturação das fibras (LATORRACA, 2000).

### **3.3 Madeira**

A maioria dos materiais lignocelulósicos pode ser utilizada na composição de painéis cimento-madeira. As essências florestais são, atualmente, as mais utilizadas pelas indústrias na fabricação desses painéis. Isso porque a madeira tem um forte apelo ecológico e baixo consumo de energia no processo de industrialização.

A utilização de resíduos industriais de madeira na fabricação de painéis de cimento-madeira se mostra uma alternativa de material de construção não convencional, agregando valor ao resíduo e diminuindo a pressão sobre o desmatamento. Nos últimos anos, o estoque de florestas nativas vem diminuindo consideravelmente, o que tem despertado o interesse de empresas florestais por espécies alternativas que apresentem rápido crescimento, sendo uma das opções o gênero *Eucalyptus* (VALE, 2000).

A maior exigência com relação a madeira se refere a sua composição química, uma vez que isso interfere diretamente no processo de solidificação do cimento. A madeira de Pinus é a que apresenta características mais adequadas para tal uso. Porém, várias alternativas estão sendo estudadas para suprir a demanda pela madeira de Pinus por outras espécies alternativas de rápido crescimento. Nesse

quadro, as espécies de eucalipto, que ocupam uma grande área de florestas plantadas, principalmente nos Estados de Minas Gerais e São Paulo, são apontadas como uma das alternativas para suprimento das indústrias de base florestal (Mendes et al. 2011).

Iwakiri *et al.* (2001) dizem que é importante que a madeira apresente densidade de média a baixa, assegurando assim a razão de compactação da chapa dentro de níveis adequados para a densificação e consolidação do material.

Outro fator importante a ser considerado é a dimensão das partículas. Elas exercem influência muito significativa sobre as propriedades das chapas, sobretudo no que se refere à flexão. As dimensões adequadas das partículas no processo industrial devem estar entre 2 e 20 mm de comprimento, 0,2 e 2,5 mm de largura e 0,3 e 0,9 mm de espessura (IWAKIRI *et al.*, 2001). As partículas não precisam ser secadas, uma vez que serão misturadas ao cimento e a água no processo de produção.

Segundo Simantupang et al. (1978), os extrativos presentes na madeira são os principais responsáveis pela inibição da solidificação do cimento. Seus princípios ativos são os compostos fenólicos e os carboidratos livres. Para viabilizar o uso de determinadas espécies, Moslemi et al. (1998) apontam três métodos de tratamentos de partículas: imersão em água fria por 24 horas; imersão em água quente por 6 horas; e imersão em solução de NaOH (1%).

De acordo com Alberto et al. (2000) nem todas as espécies reagem favoravelmente com o cimento Portland, por isso as características físicas e químicas da madeira são aspectos fundamentais que têm grande influência no produto final.

### **3.4 CCB**

O Borato de cobre cromatado, também conhecido como CCB surgiu na Alemanha por volta de 1960. Seu desenvolvimento foi estimulado principalmente pela preocupação com a toxicidade envolvida no uso do arseniato de cobre cromatado (CCA) que, pela presença do arsênio inorgânico, pode oferecer grandes riscos ao

usuário da madeira tratada, quando em contato direto, principalmente em ambientes fechados.

Segundo Calil Jr. (2002) é primordial que substâncias preservantes possuam boa toxidez, alta permanência, de forma a não se decompor e não alterar suas características sob intempéries, não possuir ação corrosiva (devido à utilização de dispositivos de ligações), não modificar as propriedades físicas e mecânicas da madeira e ser inofensivo aos homens e ao meio-ambiente. Segundo VALCÁRCEL et al. (2004) o boro é caracterizado como um elemento com boa capacidade de proteção contra fungos apodrecedores e insetos xilófagos, além de possuir uma boa relação custo-benefício.

Além de menor toxicidade, o ácido bórico migra mais profundamente na madeira após o tratamento (Bertolini, 2011). Adicionando-se a isso, madeiras tratadas com CCB apresentaram, como constatado por Pinheiro (2001), aumento da resistência à compressão paralela e, como constatado por Lahr et al. (2010), aumento da massa específica de algumas espécies.

Segundo Barillari (2002), em condições típicas de clima e de solo existentes no Brasil, o CCB pode apresentar uma vida média superior a 30 anos. Além disso, sua formulação na base óxido não interfere na condutividade elétrica na madeira e não provoca corrosão em contato com conectores metálicos.

O CCB apresenta a seguinte composição:

Sulfato de cobre (CuO - 26,0%)

Ácido bórico (B - 10,5%)

Dicromato de sódio (CrO<sub>3</sub> - 63,5%)

Fonte: (ABNT NBR 9480, 2009)

Segundo Kumminger e Richter (1995) o papel de fixador é desempenhado pelo elemento cromo, que sofre uma transformação via oxi-redução, passando de cromo hexavalente para cromo trivalente.

Para Lepage (1986) a resistência do CCB à lixiviação ainda é questionável. Porém, segundo o próprio Lepage (2010), novas maneiras de se formular o CCB, com a existência do oxigênio como ânion comum aos três componentes (o elemento boro entra na composição do produto como  $B_2O_3$ ), diminui o efeito de lixiviação em água, até que as reações de fixação nos constituintes da madeira sejam completadas.

### 3.5 Cimento

O cimento, por definição, é um material aglomerante que se apresenta na forma de um pó muito fino. Em contato com a água provoca reações químicas que liberam calor (reação exotérmica) e forma uma pasta capaz de endurecer por secagem natural (LATORRACA, 2000).

O cimento Portland é composto de clínquer e adições. O clínquer é o principal componente e tem como matérias-primas o calcário e a argila. O clínquer, em pó, tem a peculiaridade de desenvolver uma reação química na presença da água e, inicialmente, torna-se pastoso e, em seguida, endurece, adquirindo resistência e durabilidade. As adições são as outras matérias-primas que, misturadas ao clínquer, permitem a fabricação dos diversos tipos de cimento (POMARICO, 2007). Segundo Kattar e Almeida (1997), essas outras matérias-primas são o gesso, as escórias de alto-forno, os materiais pozolânicos e os materiais carbonáticos.

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP (2009), os tipos de cimentos oferecidos no mercado brasileiro são:

- Cimento Portland comum (CP I);
- Cimento Portland composto (CP II);
- Cimento Portland pozolânico (CP IV);
- Cimento Portland de alto-forno (CP III);
- Cimento Portland de alta resistência inicial (CP V-ARI);
- Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS);
- Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC);

- Cimento Portland Branco (CPB).

O cimento, quando utilizado como aglutinante na produção de painéis cimento-madeira, tem custo bastante reduzido em relação aos adesivos sintéticos. As reações que tornam o cimento um elemento ligante ocorrem na pasta formada após a adição de água, na qual os aluminatos e silicatos formam produtos hidratados, que com o passar do tempo dão origem a uma massa firme e resistente (ALBERTO *et al.*, 2000). De acordo com Giammusso (1992) o período de endurecimento pode durar muitos dias, sendo que, a partir do 28º dia considera-se a massa de cimento com uma resistência relativa de 100%. É por esse motivo que os ensaios de resistência são realizados geralmente 28 dias após a fabricação dos painéis. Porém, a utilização de cimentos de cura rápida permite que esse tempo seja reduzido pela metade.

Os principais produtos hidratados no cimento são os silicatos de cálcio hidratados (C3S e C2S) e aluminatos tricálcicos hidratados (C3A) (Neville, 1982). Segundo Latorraca (2000), cimentos com maior teor de C3S e C3A liberam maior quantidade de calor e por isso possuem pega mais rápida. São esses mesmos cimentos os mais recomendados para produção dos painéis, uma vez que a rápida solidificação da pasta de cimento é desejável para a produção de compósitos de cimento-madeira.

Sendo a hidratação dos compostos do cimento uma reação exotérmica, o calor total liberado pode ser usado como índice de sua reatividade e também para caracterizar o comportamento de pega e endurecimento da pasta de cimento (NEVILLE, 1997).

### **3.6 Aditivos Químicos**

De acordo com Metha e Monteiro (1994), os aditivos são substâncias químicas que reforçam ou melhoram o desempenho de concretos e argamassas sem, contudo, a necessidade de se corrigir deficiências de lançamento ou de dosagem.

Os aditivos variam de tensoativos, sais solúveis e polímeros a minerais insolúveis, que tem por finalidade a melhoria da trabalhabilidade, aceleração ou aumento do tempo de pega, controle do desenvolvimento da resistência entre outras propriedades (SOUZA, 2006).

Segundo a Norma Americana ASTM C 494-92, apresentada por Neville (1997), os aditivos químicos são classificados da seguinte forma:

- Tipo A – plastificantes (reductor de água);
- Tipo B – retardadores (retardadores de pega e endurecimento);
- Tipo C – aceleradores (aceleradores da resistência inicial);
- Tipo D – plastificantes retardadores (reductor de água e retardador de pega e endurecimento);
- Tipo E – plastificantes aceleradores (reductor de água e aceleradores de pega e endurecimento);
- Tipo F – superplastificantes (reductor de água de alta eficiência);
- Tipo G – superplastificantes retardadores (reductor de água de alta eficiência e retardador).

De acordo com Zucco (1999), o uso de aceleradores provoca o rápido endurecimento da mistura, através do aumento na formação da estrutura cristalina do cimento, impedindo a liberação imediata de substâncias inibidoras solúveis em água, contidas na madeira, em quantidades que impeçam a reação exotérmica do cimento. A presença desses materiais lignocelulósicos pode prolongar ou até impedir a cura do cimento. Os aditivos ajudam a contrabalancear esse efeito.

Atualmente o aditivo químico mais empregado como acelerador da cura do cimento é o cloreto de cálcio. Moslemi et al. (1983) e Rashwan et al. (1992) afirmam que as quantidades ideais de cloreto de cálcio variam entre 3 e 5% da massa de cimento utilizada. Em pesquisa com painéis de cimento-madeira de *Eucalyptus spp* e uso de diversos tipos de aditivos químicos, Latorraca (2000), obteve melhores resultados para cloreto de cálcio em proporção de 3 e 4% sobre o peso do cimento.

Os aditivos minerais, como a sílica ativa ou microssílica, são muito promissores para uso em chapas minerais (LANGE et al., 1989). Segundo esses autores, a substituição do cimento Portland por várias porções de sílica na produção de chapas cimento-madeira tem efeito surpreendente sobre a compatibilidade de algumas espécies com o aglomerante.

Segundo Latorraca (2000) a adição de SILMIX (produto à base de sílica fume) deixa o compósito impermeável, pois em contato com hidróxido de cálcio, liberado pela hidratação do cimento, resulta na formação do silicato de cálcio hidratado (C-S-H). Essa ação provoca a redução considerável do tamanho dos poros. Ao mesmo tempo, eles ficam praticamente incomunicáveis entre si, impedindo a passagem de fluidos, melhorando significativamente a qualidade de cristalização do cimento, tornando-o muito mais resistente à compressão e à tração.

A microssílica e o metacaulim são dois aditivos caracterizados como materiais extremamente finos, de 10 a 100 vezes menores que grãos de cimento, e agem, segundo Silva et al. (2006), preenchendo espaços entre grãos maiores e reagindo com a cal livre, formando uma estrutura mais compacta e melhor em termos de resistência e durabilidade.

Sorfa e Bongers (1983) afirmam que o silicato de sódio, aditivo utilizado nesse trabalho, está disponível em diferentes graus, de acordo com a taxa de óxido de sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e do óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ). Segundo eles, o silicato de sódio com alto teor de sílica é menos solúvel que aquele altamente alcalino. Em teoria, um alto conteúdo de sílica proporcionará aumento significativo na resistência das chapas, mas acelerará a cura do cimento, o que implicaria em riscos devido a uma cura prematura. Um conteúdo altamente alcalino, por outro lado, causará um pequeno efeito sobre a aceleração da cura, mas não proporcionará riscos.

É importante salientar que a quantidade de aditivo utilizada varia com a espécie da madeira sendo empregada no processo de fabricação dos painéis. Isso porque a composição química da madeira varia com as espécies.

### 3.7 Compatibilidade entre Cimento e Madeira

Entre os fatores que influenciam no processo de fabricação de painéis cimento-madeira, a composição química da madeira é de grande importância na cura e no endurecimento do cimento, a qual varia principalmente em função da espécie utilizada (Mendes et al. 2011).

Estudos conduzidos por Iwakiri e Prata (2008), utilizando *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* para a produção de painéis de cimento-madeira, forneceram resultados satisfatórios apenas para painéis produzidos a partir de *Eucalyptus grandis*; o que representa um bom indicativo da dependência da espécie envolvida no processo produtivo.

Beraldo et al. (2002) afirmam que a presença de açúcares e extrativos solúveis em água ou álcali retarda o tempo de pega do cimento. As reações inibidoras podem se desenvolver na interface cimento-material lignocelulósico e enfraquecer as ligações mecânicas ou químicas entre o material e o cimento. Terpenos, resinas e substâncias graxas podem migrar para a superfície do material, durante a secagem. A formação de uma camada superficial hidrofóbica reduz as ligações de hidrogênio entre o material e o cimento, implicando em redução da resistência na interface (MILLER e MOSLEMI, 1991).

Para Beraldo et al. (2002) o problema pode ser minimizado através do tratamento das partículas e uso de aditivos químicos e minerais aceleradores de pega do cimento. O banho térmico, a mineralização das partículas e a substituição da matriz cimentante por cimentos de baixa alcalinidade são alguns exemplos de tratamentos que podem ser utilizados na produção do compósito (LIMA, 2005).

A escolha do tratamento empregado vai depender principalmente do uso que vai ser dado a peça e da tecnologia disponível. Segundo Fonseca et al. (2002), esses tratamentos podem ser classificados como:

- Tratamentos químicos: impregnação da madeira por material quimicamente idêntico ou similar aos extrativos, dificultando o acesso da água de amassamento ao interior da madeira. Também é possível impregnar a madeira com epóxi;
- Tratamentos físicos: lavagem do resíduo com água ou outros solventes eliminando a maior parcela possível de extrativos, ou compressão do mesmo para se obter maior estabilidade dimensional, maior compactidade e maior massa específica;
- Mineralização: submersão da madeira em uma solução salina para que libere extrativos e absorva os íons da solução que, posteriormente, serão cristalizados no interior da fibra. Esse método produz excelentes resultados, porém, torna as fibras mais frágeis pois diminui sua maleabilidade;
- Aceleração de pega: não é propriamente um tratamento, mas consiste na adição de aditivos modificadores de pega para minimizar os efeitos dos extrativos da madeira.

Lopes et al. (2005) produziram painéis cimento-madeira com diferentes proporções de casca de *Eucalyptus grandis* tratadas com solução diluída de hidróxido de sódio 1% por um período de 48 horas, visando avaliar seus efeitos sobre as propriedades dos painéis. Os painéis produzidos com a incorporação de 25% de cascas tratadas quimicamente apresentaram bons resultados para a maioria das propriedades avaliadas, indicando que a remoção de extrativos presentes nas cascas ocasiona efeito positivo na qualidade final dos painéis produzidos.

Com relação ao uso de aditivos minerais, Silva et al. (2006), encontraram para painéis cimento-madeira de *Eucalyptus urophylla*, produzidos com adição de 20 e 30% de microssílica, valores inferiores de inchamento em espessura após 24 horas em imersão em água, indicando um aumento na resistência à umidade dos painéis produzidos. Para as propriedades mecânicas a adição de microssílica não causou melhorias significativas.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

A madeira utilizada no experimento foi a de *Eucalyptus grandis* com densidade de 0,49 g/cm<sup>3</sup>, doada pela empresa COPENER FLORESTAL, atual Bahia Specialty Cellulose, localizada em Alagoinhas, BA. A madeira foi desdobrada em tábuas e essas foram serradas e transformadas em baguetas com 2 cm de espessura.

Também foi utilizada madeira de *Pinus* sp adquirida já desdobrada em tábuas que também foram transformadas em baguetas. A utilização da madeira de pinus se deve ao fato de que as madeiras de coníferas são significativamente mais utilizadas mundialmente na produção de painéis cimento-madeira.

As baguetas foram colocadas em tambores com água até atingirem a unidade de saturação das fibras. Após a saturação as baguetas foram processadas em moinho de facas (**figura 1**), produzindo flocos com as seguintes dimensões: 9,00 x 2,00 x 0,04 cm. Os flocos foram secos ao ar livre e processados no moinho de martelos (**figura 2**) para produção das partículas.



Figura 1 -Moinho de facas.



Figura 2 -Moinho de martelos.

As partículas de *Eucalyptus grandis* foram tratadas com solução de CCB com 3% de concentração, ficando imersas na solução por um período de 15 dias. Na **figura 3** pode-se notar a diferença na tonalidade entre a madeira de pinus e de eucalipto tratado com CCB e não tratado. Apesar de o CCA ainda ser amplamente mais utilizado que o CCB no tratamento da madeira, o CCB foi escolhido devido a sua menos toxidez.

Em seguida, as partículas foram retiradas dos tambores e secas em lona ao ar livre até atingirem teor de umidade de 15%, para que houvesse a fixação do CCB na madeira e este não reagisse com o cimento durante o processo.



Figura 3 - Eucalipto não tratado, eucalipto tratado com CCB e pinus, respectivamente.

O cimento utilizado (**figura 4**) foi do tipo Portland CP IV-32 RS, Pozolânico, resistente a sulfatos. Foi escolhido este tipo de cimento devido as suas propriedades de pega rápida e alta resistência inicial, permitindo uma redução do tempo de prensagem e manipulação do pré-moldado.



**Figura 4 -Cimento Portland CP IV-32 RS**

A água usada foi a da rede pública de distribuição, sendo considerada de boa qualidade e com poucos interferentes na cura do cimento.

Utilizou-se o silicato de sódio como aditivo nas chapas constituídas de madeira de eucalipto tratado, sendo adicionado na proporção de 9% em relação a massa de cimento.

O traço usado para a produção da massa para fabricação das chapas foi de 1:2:1, considerando madeira, cimento e água respectivamente.

As partículas foram colocadas dentro de um tambor misturador manual junto com o cimento e a água foi adicionada gradualmente durante o processo de mistura. Após homogeneizada, a massa foi transferida para uma forma de madeira desmontável (**figura 5**), com dimensões de 40 x 40 cm, sendo pré-prensada e logo em seguida levada numa prensa hidráulica (**figura 6**) e prensada a uma temperatura de 23°C durante 48 horas, numa pressão de 40 kgf/cm<sup>2</sup>. A pressão de 40 kg/cm<sup>2</sup> é a

mesma utilizada para fabricação de chapas adotada por Latorraca (2000), Mendes *et al.* (2004) e Okino *et al.* (2004).



Figura 5 –Forma de madeira.



Figura 6 –Prensa hidráulica.

Após a prensagem, as chapas foram condicionadas em sala climatizada por 4 semanas. Depois foram esquadrejadas e recortadas em serra de mesa com disco de diamante. A retirada dos corpos de prova foi realizada de acordo com o gabarito da Figura 7.

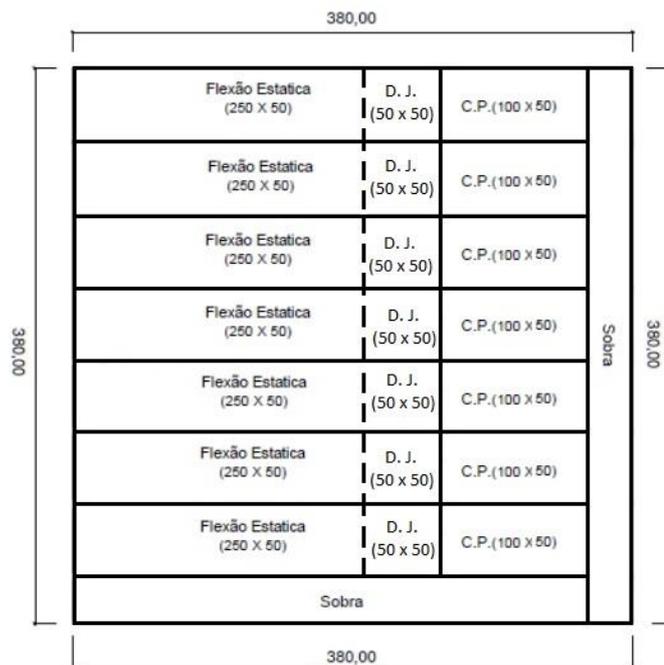


Figura 7 – Gabarito de retirada dos corpos de prova das chapas de cimento-madeira com as dimensões em mm.

Determinou-se a densidade, flexão estática, compressão paralela e dureza Janka, de acordo com a norma NBR 14810-3. Após o ensaio de flexão estática foram retirados, da extremidade dos corpos de prova, outros quatro corpos de prova, com dimensão de 5,0 x 5,0cm, para a realização dos ensaios de densidade e dureza Janka. Os ensaios mecânicos foram realizados em máquina universal de ensaio da marca CONTENCO (figura 8).



Figura 8 - Máquina universal de ensaio.

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso (DIC), com três tratamentos, sendo eles: 1) chapas de partículas de *Pinus* sp; 2) chapas de partículas de *Eucalyptus grandis* tratadas com CCB; 3) chapas de *Eucalyptus grandis* tratadas com CCB e aditivo de silicato de sódio. Cada tratamento consistia de três repetições totalizando nove chapas.

Os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA), para verificação das diferenças entre os tratamentos. Quando estabelecidas as diferenças significativas entre eles, aplicou-se o teste de Tukey em nível de 95% de significância. A análise estatística dos resultados foi realizada com o auxílio do programa Statistica 8.0 (2007).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **tabela 1** estão apresentados os valores médios de densidade, dureza Janka, compressão longitudinal, módulo de ruptura e módulo de elasticidade na flexão estática para as chapas em função dos tratamentos.

Tabela 1 – Valores médios das propriedades mecânicas e de densidade das chapas cimento-madeira de *Pinus sp* e *Eucalyptus grandis* tratado.

TRATAMENTOS	DENSIDADE (g/cm <sup>3</sup> )	DUREZA JANKA (kgf)	COMPRESSÃO LONGITUDINAL (kgf/cm <sup>2</sup> )	FLEXÃO ESTÁTICA	
				MOR (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOE (kgf/cm <sup>2</sup> )
Pinus	1.180 (b)	795.24 (a)	120.14 (a)	130.53 (a)	75407.7 (a)
Eucalipto com Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1.273 (a)	660.79 (b)	79.86 (b)	61.68 (b)	54564.9 (b)
Eucalipto sem Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	1.176 (b)	468.81 (c)	54.13 (c)	37.45 (c)	35083.4 (c)

\*Medias seguidas por mesma letra numa mesma coluna não diferem entre si em nível de 5% de significância pelo teste Tukey.

### 5.1 Densidade

Observa-se que houve diferença significativa entre as médias das chapas dos tratamentos, sendo que as chapas fabricadas com partículas de *Eucalyptus grandis* tratadas com CCB e com adição de silicato de sódio apresentaram maiores valores de densidade em comparação com as chapas de partículas de *Pinus sp* e *Eucalyptus grandis* sem aditivo.

Apesar da diferença estatística, os valores de densidade das chapas de cimento-madeira observados neste experimento encontram-se em conformidade com os valores encontrados pelos autores Iwakiri e Prata (2007), que trabalhando com

cimento-madeira utilizando madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, encontraram valores aproximados.

Souza (2006), trabalhando com chapas de cimento-madeira com resíduos de indústria madeireira, encontrou valores de densidade variando de 1,33 a 1,56. No processo Bison (BISON WOOD-CEMENT BOARD, 1978) foram encontrados valores de densidade de 1,20 g/cm<sup>3</sup>.

## **5.2 Dureza Janka**

O ensaio de dureza Janka consiste na resistência à penetração da metade de uma esfera com 11,3 cm de diâmetro num corpo de prova.

Os valores encontrados para dureza Janka nas chapas diferiram significativamente entre si pelo teste de Tukey, sendo as chapas fabricadas com partículas de *Pinus* sp as mais resistentes, provavelmente devido a maior compatibilidade desta madeira com o adesivo mineral. As chapas de *Eucalyptus grandis* tratado com CCB, com adição de silicato de sódio obtiveram maiores valores médios de dureza em relação as chapas constituídas pelo mesmo material sem aditivo, o que demonstra eficácia do silicato de sódio na melhoria da resistência da chapa.

Os valores médios de dureza Janka variaram de 468 a 795,24 Kgf, sendo superiores aos obtidos no trabalho de Macedo (2008), que trabalhou com chapas cimento-madeira utilizando resíduos de madeira, onde o mesmo encontrou valores de resistência para dureza Janka de 341,1 Kgf.

## **5.3 Compressão Longitudinal**

O ensaio de compressão longitudinal foi realizado em corpos de prova com 10 cm de comprimento e 5 cm de largura, com velocidade de 0,48 mm/min. As rupturas de cisalhamento nos corpos de prova ocorreram formando ângulos de 45°C

em relação ao plano axial, fato semelhante ao que ocorreu no trabalho de Souza (2006). Os valores médios observados variaram de 54,13 a 120,14 kgf/cm<sup>2</sup>, sendo que os maiores valores ocorreram para as chapas produzidas com partículas de *Pinus* sp. As chapas produzidas com madeira de *Eucalyptus grandis* tratadas com CCB e com adição de silicato de sódio foram significativamente superiores as chapas constituídas com partículas de *Eucalyptus grandis* sem aditivo. Fato que corrobora com as propriedades positivas de resistência proporcionada pelo silicato de sódio.

Os resultados encontrados no presente trabalho foram superiores aos encontrados por Latorraca (2000), que trabalhou com madeira de *Eucalyptus urophylla*, obtendo valor medio de 66,86 kgf/cm<sup>2</sup>. No trabalho de Grandi (1995) os valores de resistência a compressão longitudinal se encontram na faixa de 30 a 90 kgf/cm<sup>2</sup>, enquanto Mendes et al. (2011), obtiveram valores de 101,7 kgf/cm<sup>2</sup> para a mesma propriedade, compreendendo diferentes clones de eucalipto.

#### **5.4 Módulo de Ruptura e Módulo de Elasticidade na flexão estática**

Os valores de resistência para o módulo de ruptura na flexão estática variaram de 37,45 a 130,53 (kgf/cm<sup>2</sup>), sendo que o maior valor médio das chapas de cimento-madeira foi obtido para as chapas constituídas por madeira de *Pinus* sp. Esse fato pode estar relacionado ao melhor adensamento das partículas durante a prensagem e a maior compatibilidade da madeira de *Pinus* sp com o cimento.

Apesar das chapas constituídas de madeira de eucalipto e aditivo apresentarem menor valor de resistência para o módulo de ruptura em relação às chapas constituídas por madeira de pinus, elas apresentaram melhor desempenho em relação aquelas produzidas sem adição de silicato de sódio.

Latorraca (2000), trabalhando com madeira de eucalipto, obteve valor médio de módulo de ruptura na flexão estática de 6,96 MPa, valor próximo ao encontrado no presente trabalho para as chapas fabricadas com madeira de eucalipto

tratado com CCB e com adição de silicato de sódio, sendo no entanto, inferior ao encontrado para as chapas com madeira de pinus, cujo valor foi de 13,053 MPa.

No trabalho de Iwakiri e Prata (2007), estudando *Eucalyptus dunnii*, foram encontrados valores médios de MOR para chapas cimento-madeira de 3,53 a 4,02 MPa, considerando partículas sem tratamento, partículas tratadas com água fria e partículas tratadas com água quente. Esses valores são inferiores aos encontrados no presente trabalho para chapas com partículas tratadas com CCB e adição de silicato de sódio.

Para o módulo de elasticidade na flexão estática os resultados encontrados no presente trabalho apresentaram valores entre 7541 MPa e 3508 MPa. Apesar de inferior ao valor encontrado para chapas produzidas com pinus, as chapas produzidas com madeira de eucalipto e aditivo apresentaram valor médio de MOE, de 5456 MPa, significativamente superior ao das chapas produzidas com eucalipto sem aditivo.

Iwakiri et al. (2005) obtiveram em estudo chapas de *Pinus* sp, com densidade superior a 0,8 g/cm<sup>3</sup>, com valores de MOE de 2250 MPa. Souza (2006) encontrou valores para MOE de 7200 MPa trabalhando com chapas de cimento-madeira produzidas com resíduos de indústria madeireira. Os valores encontrados também são superiores ao valor estipulado no processo Bison Wood-Cement Board (1978), que estabelece valores mínimos em torno de 3000 MPa.

Okino et al. (2004) obtiveram para chapas produzidas com madeira de *Hevea brasiliensis* um valor médio de 6280 MPa. Já Latorraca (2000) encontrou valores médios que variam de 1840 a 3390 MPa para chapas de cimento-madeira produzidas com madeiras de *E. pellita*, *E. robusta*, *E. urophylla* e *E. citriodora*.

## 6 CONCLUSÕES

O tipo de madeira exerceu influência significativa sobre as propriedades das chapas sendo que aquelas fabricadas com partículas de *Pinus* sp apresentaram maior resistência mecânica.

O aditivo silicato de sódio exerceu influência significativa sobre as propriedades de resistência mecânica e densidade das chapas fabricadas com partículas de *Eucalyptus grandis* tratadas com CCB, apresentando estas, resultados superiores aos das chapas com o mesmo tipo de madeira sem aditivo.

As chapas de cimento-madeira fabricadas com partículas de *Eucalyptus grandis* tratadas com CCB, com adição ou não de aditivo, apresentaram valores satisfatórios de resistência mecânica.

## 7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **A Versatilidade do Cimento Brasileiro**. 2009. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/tipos/a-versatilidade-do-cimento-brasileiro>>. Acesso em: 27 mar. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Chapas de Madeira Aglomerada – Métodos de Ensaio**. ABNT NBR 14810-3. Março, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9480: Peças Roliças Preservadas de Eucalipto para Construções Rurais: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2009. 12 p.

BARILLARI, C. T. **Durabilidade da Madeira do Gênero Pinus Tratada com Preservantes: Avaliação em Campo de Apodrecimento**. 2002. 68p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002

BERALDO, A. L.; ARRUDA, A. C.; STANCATO, A. C.; SAMPAIO, C. A. P.; FERNANDES FILHO, O. P.; LEONEL, V. M. **Compósito à Base de Resíduos Vegetais e Cimento Portland**. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESSTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: FECIV-UFU, 2002. CD-ROM.

BERTOLINI, M. S. **Emprego de Resíduos de *Pinus* sp Tratado com Preservante CCB na Produção de Chapas de Partículas Homogêneas Utilizando Resina Poliuretana à Base de Mamona.** 2011. 126p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BISON WOOD-CEMENT BOARD. **Bison – Report.** 1978. 10p.

BROWNING, B. L. **The Chemistry of Wood.** New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1975. 689p.

CALIL JÚNIOR, C. (2002). O potencial do Uso de Madeira de *Pinus* na Construção Civil. **Revista Técnica**, São Paulo. n. 60, p. 44 48, 2002.

GIAMMUSSO, S. E. **Manual do Concreto.** São Paulo: Pini, 1992. 161p.

GNANAHARAN, R.; DHAMODARAN, T.K. Suitability of Some Tropical Hardwoods for Cement-Bonded Wood-Wool Board Manufacture. **Holzforschung**, Berlin, v. 39, n. 6, p. 337-340, 1985.

GRANDI, L. A. C. **Placas pré-Moldadas de Argamassa de Cimento e Pó de Serra.** 128 p. Tese (Doutorado em Construções Rurais) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.

HOFSTRAND, A. D.; MOSLEMI, A. A.; GARCIA, J.F. Curing characteristics of wood particles from nine northern Rocky Mountain species mixed with Portland cement. **Forest Products Journal**. Madison, v. 34, n. 2, p. 57-61, 1984.

IWAKIRI, S.; CUNHA, A. B.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; GORNIK, E.; MENDES, L. M. Resíduos de serraria na produção de painéis de madeira aglomerada de Eucalipto. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 1, n. 1-2, p. 23-28, 2000.

IWAKIRI, S.; SILVA, J. R. M.; MATOSKI, S. L. S.; LEONHARDT, G.; CARON, J. Produção de Chapas de Madeira Aglomerada de Cinco Espécies. **Floresta e Ambiente**. V. 8, n. 1, p. 137-142, jan/dez 2001.

IWAKIRI, S.; PRATA, J. G. Utilização da madeira de *Eucalyptusgrandise* *Eucalyptusdunniina* produção de painéis cimento-madeira. **Revista Cerne**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 68-74, jan./mar. 2008.

KATTAR, J. E.; ALMEIDA, N. A. **Cimento Portland**. São Paulo: Holdercrim Brasil, 1997. 43 p.

KUMMINGER, T.; RICHTER, K. **Life Cycle Analysis of Utility Poles**. A Swiss case study. The Internacional Research Group on Wood Protection. Document IRG/WP 95-50040. 10 p. 1995.

LAHR, F. A. R.; FERNANDES, R.; BERTOLINI, M. S. (2010). **Influência da Preservação CCB na Dureza da Madeira de *Pinus* sp.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E

ENGENHARIA DE MATERIAIS, 19., 2010, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: [s.n.]. CD-ROM.

LANGE, H.; SIMATUPANG, M. H.; NEUNAUER, A. **Influence of latent hydraulic binders on the properties of woodcement composite.** In: INORGANIC BONDED WOOD AND FIBER COMPOSITE MATERIALS. SESSION II: RAW MATERIAL CONSIDERATIONS, 1., 1989, Washington. **Proceedings...** Washington: 1989. p. 48-52.

LATORRACA, J. V. F. ***Eucalyptus spp.* na Produção de Painéis de Cimento-Madeira.** 2000. 191p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

LEPAGE, E.S. **Manual de Preservação de Madeiras.** São Paulo: IPT; SICCT, 1986. v.1, cap. 6, p 279-330.

LIMA, A. M. **Avaliação de Tratamentos Físicos na Resistência à Compressão de Compósitos Cimento Madeira à Base de Resíduos de Serrarias da Zona Metropolitana de Belém.** 2005. 150p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

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**, Piracicaba, n. 67, p. 111-122, abr. 2005.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B.C. (2008). **Painéis de Madeira no Brasil: panorama e perspectivas**. Rio de Janeiro: BNDES setorial. n. 27, p. 121-156.

MATOSKI, A. IWAKIRI, S. Avaliação das Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis de Cimento-Madeira Utilizando Farinha de Madeira com Granulometria Controlada. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 37, n. 2, mai./ago. 2007.

MENDES, L. M. et al. Potencial de Utilização da Madeira de Clones de *Eucalyptusurophyllana* Produção de Painéis Cimento-Madeira. **Revista Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 69-75, jan./mar. 2011.

METHA, P.K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1ª edição, São Paulo: editora PINI, 1994.

MILLER, D. P.; MOSLEMI, A. A. Wood-cement Composites: Effect of Model Compounds on Hidratation Characteristics and Tensile Strength. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 23, n. 4, p. 472 – 482, Oct. 1991.

MOSLEMI A. A.; GARCIA, J. F.; HOFSTRAND, A. D. Effect of Various Treatments and Additives on Wood-Portland Cement Water Systems. **Wood and Fiber science**, Madison, v. 15, n. 2, p. 164-176, 1983.

MOSLEMI, A. A. **Emerging Technologies in Mineral Bonded Wood and Fiber Composites**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA

DE ALTA TECHNOLOGIA, 1., 1998, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 1998. p. 144-156.

MOSLEMI, A. A.; PFISTER, S. C. The influence of cement / wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood-cement composite panels. **Wood and Fiber Science**, Madison, v. 19, n. 2, p. 165 – 175, Apr. 1987.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: editora Pini, 1982.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 2ª Edição, São Paulo: editora Pini, 1997.

PINHEIRO, R. V. (2001). **Influência da Preservação Contra a Demanda Biológica em Propriedades de Resistência e de Elasticidade da Madeira**. 162f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

POMARICO, F. A. **Potencial de Utilização Da Madeira de Clones de Eucalipto na Produção de Painéis Cimento-Madeira**. 2007. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SILVA, D. A. L. Painéis de madeira no Brasil. **Avaliação do Ciclo de Vida da Produção do Pannel de Madeira MDP no Brasil**. São Carlos, 2012. p. 45 – 47.

SILVA, G. C.; LATORRACA, J. V. F.; CARMO, J. F.; FERREIRA, E. S. Efeito de aditivos minerais sobre as propriedades de chapas cimento-madeira. **RevistaÁrvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 451-456, 2006.

SIMATUPANG, M. H.; SCHWARZ, G. H.; BROKER, F. W. **Small Scale Plants for the Manufacture of Mineral-Bonded Wood Composites**. In: WORLD FORESTRY CONGRESS, 8, 1978, Indonesia. **Proceedings...** Indonesia, 1978.

SOLÓRZANO, A. G. R. **Experience of Manufacturing Woodcement Particleboard in México**. In: INTERNATIONAL INORGANIC-BONDED WOOD AND FIBER COMPOSITE CONFERENCE, 4., 1994, Washington. **Anais** Washington, DC: [s.n.], 1994. p. 84-87.

SOUZA, A. A. C. **Utilização de Resíduos da Indústria Madeireira para Fabricação de Chapas Cimento-Madeira**. 2006. 147p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Universidade Federal do Pará. Belém, 2006.

VALCÁRCEL, A. I. G. et al. (2004). Influence of leaching medium and drying time between successive leaching periods on the emission of chromium, copper, and boron from treated wood. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Brussels, v. 23, n. 11, p. 2682-2688.

VALENZUELA, W. **Contribution a la determination de l'aptitud'essencesforestieres pour la fabrication de panneaux de fibro-ciment**. Gembloux: Faculté dês Sciences Agronomiques, 1989. 134p.

WEI, Y. M.; BUNICHIRO, T. **Effects of Five Additive Materials on Mechanical and Dimensional Properties of Wood Cement-Bonded Boards**. Tokyo: The Japan Wood Research Society, 2000. p. 437-444.

ZOULALIAN, A. M. E.; BERALDO, A. L. **Dimensionally Stable Cement Bonded Particleboard**. In: INTERNATIONAL INORGANIC-BONDED WOOD AND FIBER COMPOSITE CONFERENCE, 4., 1994, Washington. **Anais** Washington, DC: [s.n.], 1994. p. 19-24.