

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

CAROLINE RODRIGUES PEREIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Pinus chiapensis* PARA A
PRODUÇÃO DE PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA**

CURITIBA

2015

CAROLINE RODRIGUES PEREIRA

**VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE *Pinus chiapensis* PARA A
PRODUÇÃO DE PAINÉIS CIMENTO-MADEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a conclusão da disciplina ENGF006 e requisito para a obtenção do título de Engenheira Florestal.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Rosilani Trianoski

CURITIBA

2015

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar a sabedoria para conduzir toda a graduação.

Aos meus pais Rose Rodrigues e Sidnei Pereira, por acreditarem em mim e me darem forças para continuar.

À minha irmã Eduarda, por simplesmente existir e me fazer de exemplo em sua vida.

Ao meu noivo Caio pelo companheirismo, incentivos e paciência em todos os momentos.

À minha professora, orientadora e amiga Rosilani Trianoski por entender minhas dificuldades e contribuir para o bom andamento deste trabalho.

Aos meus colegas de laboratório Vinícius Rosa Schweitzer, Lucas Machado, Thiago Souza da Rosa, Sr Ademir e Sr Gilberto por toda ajuda dada para que este trabalho pudesse ser concretizado e pelas risadas em momentos de descontração.

RESUMO

Painéis cimento-madeira são painéis aglomerados com aglutinante de origem mineral, no qual o adesivo é substituído por cimento, cujo processo de endurecimento é decorrente de reações exotérmicas resultante da hidratação do cimento na presença de água. Possui alta resistência a umidade e à ataques de agentes xilófagos, bom isolamento térmico e acústico, além de aceitar usinagem e acabamentos. As coníferas são indicadas para a produção destes painéis por possuírem maior compatibilidade química com o cimento, visto que não apresentam alguns extrativos que causam inibição ao processo de pega e endurecimento. Entre as espécies de coníferas, destacam-se as espécies de *Pinus*, onde algumas são tradicionalmente utilizadas pelas indústrias de base florestal, como por exemplo o *Pinus taeda* e o *Pinus elliottii*, no entanto, existem muitas outras espécies que merecem ser alvo de estudos tecnológicos, ampliando conhecimentos sobre as mesmas e indicando potenciais utilizações. Considerando as poucas informações disponíveis sobre algumas espécies de *Pinus*, especialmente de *Pinus* tropicais, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade de utilização da espécie *Pinus chiapensis* para a produção de painéis cimento-madeira. A madeira utilizada é proveniente de um plantio experimental localizado na região de Ventania – PR, com 18 anos de idade, a qual foi processada em picador de disco e moinho martelo para a obtenção de partículas *sliver*, e posteriormente classificadas entre as peneiras de 8 e 30 *mesh*. O delineamento experimental consistiu em quatro tratamentos sendo: testemunha (t1), pré-tratamento das partículas em água fria (t2), pré-tratamento das partículas em água quente (t3), e pré-tratamento das partículas em NaOH (1%) (t4). Os painéis foram produzidos com dimensões de 38x50x1,5 cm, relação madeira:cimento de 1:2,75, densidade nominal de 1,2 g/cm³, e grampeados e prensados por 24 horas à temperatura ambiente sob pressão de 4 MPa, para a cura do cimento. Após este período os painéis foram desgrampeados e acondicionados em câmara climática à temperatura de 20 °C ± 2 °C e umidade relativa de 65 % ± 5%, durante 28 dias para maturação final. A avaliação das propriedades foi realizada segundo as normas europeias, por meio dos ensaios de massa específica, absorção de água e inchamento em espessura após 2 e 24 horas de imersão em água, tração perpendicular (ligação interna) e flexão estática (MOE e MOR). Os dados obtidos nos ensaios foram submetidos ao teste de Bartlett, Análise de variância e comparação de médias de Tukey. O *Pinus chiapensis* se mostrou viável para utilização em painéis cimento madeira especialmente com pré tratamento em água quente, uma vez que este apresentou maior resistência a flexão estática e menores índices de inchamento em espessura.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Etapas de produção de painéis cimento madeira.....	12
FIGURA 2 - Relação superfície específica e menada de água.....	18
FIGURA 3 - Relação entre a resistência e o fator água cimento.....	18
FIGURA 4 – Picador de disco.....	20
FIGURA 5 – Secagem natural das partículas.....	21
FIGURA 6 - Moagem e classificação das partículas.....	21
FIGURA 7- Imersão das partículas em água fria.....	22
FIGURA 8- Imersão das partículas em água quente.....	23
FIGURA 9- Imersão das partículas em NaOH.....	23
FIGURA 10- Pesagem dos componentes.....	24
FIGURA 11 – Mistura dos componentes.....	24
FIGURA 12 - Sequência de formação do colchão.....	25
FIGURA 13 - Prensa carregada e colchões grampeados.....	26
FIGURA 14- Painéis cimento madeira após a prensagem.....	26
FIGURA 15 - Layout da amostragem retirada dos corpos de prova.....	27
FIGURA 16 - Medição dos corpos de prova para determinação da massa específica.....	28
FIGURA 17 - Corpos de prova em imersão em água.....	29
FIGURA 18 - Ensaio de flexão estática.....	30
FIGURA 19 - Ensaio de tração perpendicular à superfície.....	30

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tipos de cimento Portland de acordo com sua composição.....	13
TABELA 2 - Efeitos dos aditivos na pega do cimento em compósitos.....	16
TABELA 3 - Requisitos de aceitação de painéis cimento madeira pelo processo Bison.....	19
TABELA 4 – Propriedades químicas e físicas de <i>Pinus chiapensis</i>	31
TABELA 5 – Propriedades químicas e físicas de <i>Pinus taeda</i>	31
TABELA 6 – Análise dos resultados com base nos requisitos do processo Bison.....	37

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 Painéis cimento madeira	11
3.2 Processo de produção de painel cimento madeira	12
3.3 Componentes dos painéis	12
3.3.1 Cimento Portland	12
3.3.2 Madeira.....	14
3.3.2.1 Pinus chiapensis (Martínez) Andresen.....	14
3.3.3 Água	15
3.3.4 Aditivos	15
3.4 Fatores influentes na produção	16
3.4.1 Fatores inerentes a madeira	16
3.4.1.1 Propriedades físicas.....	16
3.4.1.2 Propriedades químicas.....	17
3.4.2 Fatores inerentes ao processo.....	17
3.4.2.1 Relação madeira:cimento.....	17
3.4.2.2 Relação água:cimento.....	18
3.5 Pré tratamentos	19
3.6 Processo Bison	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Fabricação dos painéis	20
4.1.1 Geração e classificação das partículas.....	20
4.1.2 Aplicação dos pré tratamentos.....	21
4.1.3 Confecção dos painéis.....	23

4.1.4	Formação e prensagem dos painéis cimento madeira	25
4.1.5	Confecção dos corpos de prova	26
4.2	Realização dos ensaios físicos e mecânicos	27
4.2.1	Propriedades físicas	27
4.2.1.1	Massa específica.....	29
4.2.1.2	Absorção de água e inchamento em espessura.....	29
4.2.2	Propriedades mecânicas	29
4.2.2.1	Flexão estática.....	30
4.2.2.2	Tração perpendicular à superfície.....	31
4.3	Análise estatística.....	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1	Propriedades da madeira	31
5.2	Propriedades dos painéis	32
5.2.1	Massa específica	32
5.2.2	Absorção de água.....	33
5.2.3	Inchamento em espessura.....	34
5.3	Propriedades mecânicas.....	35
5.3.1	Flexão estática.....	35
5.3.2	Tração perpendicular a superfície	36
5.4	Processo Bison.....	36
6	CONCLUSÃO.....	38
7	RECOMENDAÇÕES	39
8	ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC.....	40
9	AVALIAÇÃO DO ORIENTADOR	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

O setor de construção civil vem crescendo em todo o mundo, esse fato leva à adaptação do setor em questões materiais e técnicas que visem cada vez mais sustentar o tripé requerido por toda empresa: ser economicamente viável, socialmente justa e ambientalmente correta.

Ao considerar que para se produzir 1 tonelada de cimento é liberado 1 tonelada de CO₂, e que em contrapartida 1m³ de madeira retém 1 tonelada de CO₂ e libera 700 kg de O₂, tem-se a possibilidade de unir esses dois componentes em painéis do tipo cimento madeira de modo a balancear a quantidade de carbono liberado à atmosfera para suprir a demanda de imóveis do mercado.

Painéis cimento-madeira são painéis aglomerados com aglutinante de origem mineral, no qual o adesivo é substituído por cimento, cujo processo de endurecimento é decorrente de reações exotérmicas resultante da hidratação do cimento na presença de água. Esses painéis possuem alta resistência a umidade e à ataques de agentes xilófagos, bom isolamento térmico e acústico, além de aceitar usinagem e acabamentos.

Normalmente espécies coníferas são utilizadas para a produção destes painéis por possuírem maior compatibilidade química com o cimento, uma vez que não apresentam alguns extrativos que causam inibição ao processo de pega e endurecimento. A análise química da madeira é fundamental para a quantificação desses extrativos, bem como de outras características específicas de cada madeira, uma vez que podem afetar negativamente a qualidade dos painéis.

Entre as espécies de coníferas normalmente usadas, destacam-se as espécies de *Pinus*, onde algumas são tradicionalmente utilizadas pelas indústrias de base florestal, como por exemplo o *Pinus taeda* e o *Pinus elliottii*, no entanto, existem muitas outras espécies que merecem ser alvo de estudos tecnológicos, ampliando conhecimentos sobre as mesmas e indicando potenciais utilizações.

O *Pinus chiapensis* é uma espécie atualmente não utilizada em escala industrial para a fabricação de painéis cimento madeira, no entanto a possibilidade de substituição de *P. taeda* e *P. elliottii* pelo *P. chiapensis* pode gerar um produto de boa qualidade. É uma madeira de origem subtropical, possui densidade considerada média e diversas finalidades que podem ser favorecidas ao se unir a

um produto como o cimento, permitindo assim sua aplicação para fins estruturais, por exemplo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Estudar a viabilidade de uso da espécie *Pinus chiapensis* para a produção de painéis cimento madeira.

2.2 Objetivos específicos

- a) Analisar a massa específica e as propriedades químicas da madeira de *Pinus chiapensis*;
- b) Avaliar o efeito dos diferentes pré-tratamentos sobre a cura do cimento e sobre as propriedades físicas e mecânicas dos painéis.
- c) Comparar as propriedades dos painéis de *Pinus chiapensis* com as propriedades sugeridas pelo processo Bison.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Painéis cimento madeira

Painéis cimento madeira são painéis formados a partir de uma mistura de partículas ou fibras de madeira, cimento Portland (aglomerante), água, e um aditivo para promover a redução do tempo de endurecimento do cimento, acelerando o desenvolvimento da resistência (REMADE, 2003).

Segundo Matoski (2005) o cimento tem a função básica de atuar como aglomerante propiciando características físico-mecânicas de resistência e durabilidade, e a madeira tem a função de aumentar a resistência à flexão, diminuir a densidade e melhorar outras propriedades como o isolamento térmico e acústico, por exemplo.

A grande resistência ao ataque de fungos e cupins, trabalhabilidade similar à dos produtos de madeira, bom comportamento no emprego de pregos e parafusos, alta resistência ao fogo, resistência a mudanças drásticas de temperatura, alta resistência à umidade e o bom isolamento térmico e acústico fazem com que seu uso seja principalmente na construção civil, desde nas mais simples às mais sofisticadas. Como resultado, têm-se maiores rendimentos na construção, o que pode viabilizar a implementação de projetos de interesse social utilizando esses tipos de painéis (POMARICO, 2007).

A diferenciação da densidade, geometria das partículas e aplicação final são consideradas no processo de fabricação, dividindo os painéis em dois tipos: o *Excelsior* e o *Flake*. O primeiro refere-se a painéis cuja finalidade é isolamento térmico e acústico, sendo usados em forros e paredes, sua massa específica varia de 0,24 a 0,42 g/cm³ e as partículas usadas tem formato longo e estreito (50 mm de comprimento, 0,5 a 5 mm de largura e 1 mm de espessura), tendo estes painéis maior leveza. Já os painéis do tipo *Flake* possuem maior massa específica (entre 0,95 e 1,5 g/cm³), possuem maior resistência mecânica, e são utilizados para fins estruturais. Nesses, são utilizadas partículas com comprimento variando de 2 a 30 mm, largura de 0,2 a 2,5 mm e espessura de 0,1 a 0,9 mm (MACHADO, 2014).

3.2 Processo de produção de painel cimento madeira

O processo de fabricação de painéis cimento madeira se dá, resumidamente, como no esquema abaixo:

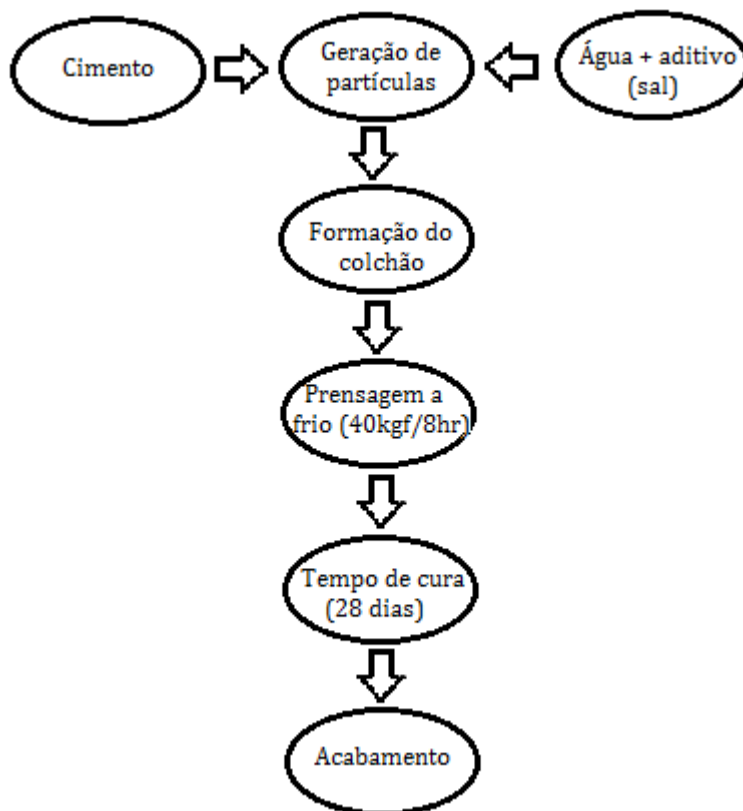


FIGURA 1 - ETAPAS DE PRODUÇÃO DE PAINÉIS CIMENTO MADEIRA.
FONTE: POMARICO, 2007. ADAPTADO.

Tratamentos prévios nas partículas para a produção dos painéis podem ser requeridos para que ocorra a menor influência possível no processo de hidratação do cimento, uma vez que substâncias presentes na madeira como fenóis, ácidos e açúcares podem retardar e em alguns casos impedir a “pega” do cimento (SAVASTANO et al., 2000, citados por FONSECA et al., 2002).

3.3 Componentes dos painéis

3.3.1 Cimento Portland

O cimento Portland é um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinan-

tes ou ligantes, que endurece sob ação da-água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido a ação da-água, o cimento Portland não se decompõe mais. O cimento Portland é composto de clínquer e de adições. O clínquer é o principal componente e está presente em todos os tipos de cimento Portland, ele tem como matérias-primas o calcário e a argila, ambos obtidos de jazidas. As adições podem variar de um tipo de cimento para outro e são principalmente elas que definem os diferentes tipos de cimento. Contudo, de todas as adições, o gesso não pode, em hipótese alguma, deixar de ser misturado ao cimento, e que as demais matérias-primas adicionadas (escória de alto-forno, materiais pozolânicos e materiais carbonáticos) são totalmente compatíveis com o principal componente do cimento Portland - o clínquer - acabando por conferir ao cimento pelo menos uma qualidade a mais (ABCP, 2002).

A possível variação nas adições fazem com que se obtenha diferentes tipos de composição do cimento Portland, sendo elas mostradas na tabela 1.

TABELA 1 - TIPOS DE CIMENTO PORTLAND DE ACORDO COM SUA COMPOSIÇÃO.

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de alto-forno (sigla E)	Material pozolânico (sigla Z)	Material carbonático (sigla F)	
Comum	CP I	100	-	-	-	NBR 5732
	CP I-S	99-95	-	1-5	-	
Composto	CP II-E	94-56	6-34	-	0-10	NBR 11578
	CP II-Z	94-76	-	6-14	0-10	
	CP II-F	94-90	-	-	6-10	

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)				Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático	
Alto-Forno	CP III	65-25	35-70	-	0-5	NBR 5735
Pozolânico	CP IV	85-45	-	15-50	0-5	NBR 5736

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)		Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Material carbonático	
Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	100-95	0-5	NBR 5733

Tipo de cimento portland	Código de identificação (sigla + classe)	Composição (% em massa)		Norma Brasileira
		Clínquer branco + gesso	Material carbonático	
Branco estrutural	CPB-25 CPB-32 CPB-40	100-75	0-25	NBR 12989
Branco não estrutural	CPB	74-50	26-50	

FONTE: ABCP, 2002.

3.3.2 Madeira

A madeira, por ser de fácil utilização e possuir diversos modos de usos que atendem as necessidades humanas sempre foram amplamente utilizadas desde o início das civilizações. De acordo com Matoski (2005), a madeira é um material higroscópico, heterogêneo, anisotrópico, fibroso, com poros, biodegradável e renovável que foi importante, sobretudo numa época de crise energética e preocupação ambiental, pois é um material que consome menor energia durante seu beneficiamento.

Segundo Alberto et al. (2000), a madeira possui características físicas e químicas que influenciam as propriedades dos painéis, uma vez que nem todas as espécies são compatíveis as propriedades do cimento, podendo afetar negativamente na pega (termo utilizado para se referir ao endurecimento do cimento) do cimento.

3.3.2.1 *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen

O *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen é uma espécie conífera nativa da América Central. Está presente de forma natural no México, nos estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Veracruz; e na Guatemala em El Quiché e em Huehuetenango. O limite norte da faixa está perto de Tlapacoyan em Veracruz, onde cresce a 600 m de altitude com *Pinus maximinoi* e culturas como café e bananas, já mais ao sul, cresce principalmente em altitudes mais elevadas (500-2250 m), contudo o seu melhor crescimento é em regiões de clima subtropical à tropical, com solos argilosos e bem drenados (THE GYMNOSPERM DATABASE, 2015).

Esta árvore cresce em florestas úmidas com uma média anual de precipitação e temperatura entre 1500 a 2000 mm e 20 – 22° C, com mínimos de 4 a 6° C e máximo de 40 a 42° C, em altitudes variando de 250 a 2300 m, e ocorre geralmente em encostas íngremes e solos ácidos (DEL CASTILLO, 2002).

É uma espécie que aparenta tolerar parcialmente a sombra no estado juvenil de desenvolvimento, sendo assim, passível de ocorrência e desenvolvimento em áreas desbastadas de florestas de folhosas (NIEDERHEITMANN, 2001).

Segundo Donahue (1985), citado por Del Castillo (2002), o *Pinus chiapensis* é considerado raro e ameaçado, havendo apenas pequenas populações remanescentes de 5 a 20 hectares ao longo de quase toda a região de ocorrência.

De acordo com Niederheitmann (2001), a massa específica do *Pinus chiapensis* é considerada baixa (0,34 a 0,38 g/cm³) em florestas nativas, sendo que a espécie produz 25% menos polpa, quando submetido aos processos químicos convencionais, quando comparados com os Pinus de maior densidade. Segundo Dezgeniski (2001) essa espécie pode ser usada com excelência na modelagem de interiores de prédios de escritórios e casas.

3.3.3 Água

Necessária para o processo de hidratação do cimento, a água é essencial para a produção desses painéis. De acordo com Matoski (2005) o processo de hidratação do cimento Portland é complexo, pois envolve um sistema de componentes múltiplos e uma série de reações químicas com a água que ocorrem simultaneamente. Além disso, este processo depende de vários fatores como a composição do cimento, a finura do cimento, a temperatura de cura, a presença de aditivos, a presença de adições e o fator ou a relação água/cimento.

3.3.4 Aditivos

De acordo com Mastoski (2005), aditivos são produtos que são adicionados à mistura com a finalidade de acelerar ou retardar a hidratação e cura do cimento. Entre os aceleradores mais utilizados estão o cloreto de cálcio, cloreto férrico, cloreto de magnésio, sulfato de alumínio, silicato de sódio. O efeito dos aditivos em relação a pega do cimento está descrito na tabela 2, elaborada por Wei et al. (2000) e citada por Matoski (2005), cujos valores foram encontrados em análise de painéis produzidos com adição de 4% em relação a massa do cimento.

TABELA 2 - EFEITOS DOS ADITIVOS NA PEGA DO CIMENTO EM COMPÓSITOS.

ADITIVO QUÍMICO	TEMP. (°C)	TEMPO PEGA (H)	MOR (MPA)	LIGAÇÃO INTERNA(MPA)
CaCl ₂	54,3	8,7	13,26	0,69
FeCl ₃	54,0	15,7	12,09	0,62
SnCl ₂	50,0	17,8	7,63	0,52
AlCl ₃	47,2	8,3	6,78	0,56
Al ₂ (SO ₄) ₃	44,3	14,0	7,65	0,58
MgCl ₂	41,5	13,0	6,59	0,43
Cimento+ madeira	40,8	10,2	3,53	0,26

FONTE: Wei et al., 2000.

3.4 Fatores influentes na produção

Na produção dos painéis cimento madeira há diversos fatores que influenciam na qualidade dos mesmos. Entre esses fatores destacam-se os inerentes a madeira e os inerentes ao processo em si.

3.4.1 Fatores inerentes a madeira

Matoski (2005) ressalta que as características físicas e químicas da madeira são aspectos de grande influência no resultado final do painel, sobretudo porque nem todas as espécies reagem favoravelmente com o cimento Portland, dependendo muito da quantidade e tipo de extrativos que podem fazer parte da composição da madeira.

3.4.1.1 Propriedades físicas

Para se assegurar adequada razão de compactação da chapa em relação a densificação e consolidação do material, Iwakiri et al. (2000) afirmam que a densidade da madeira deve ser média, e as dimensões ótimas das partículas devem estar entre 2 a 20 mm de comprimento e 0,2 a 2,5 mm de largura por 0,3 a 0,9 mm de espessura.

Além disso, Matoski (2005) ressalta que o tamanho da partícula exerce influência no consumo de cimento, pois quanto maior a superfície específica das partículas, maior a quantidade de pasta de cimento para envolvê-las, e, conseqüentemente, maior a quantidade de água para essa pasta. Essa característica que leva a um maior consumo de cimento, leva também a uma maior homogeneidade do compósito, uma vez que haverá maior quantidade de pasta de cimento, sendo que o tamanho pequeno das partículas leva a uma possível redução da densidade e conseqüente redução da resistência, pois é possível que haja um aumento na quantidade de ar aprisionado.

3.4.1.2 Propriedades químicas

De acordo com Fenger e Wegener. (1989), a madeira de coníferas é composta por aproximadamente 42% de celulose, 27% de hemicelulose, 28% de lignina e 5% de extrativos, sendo estes os que mais influem na produção dos painéis cimento madeira, uma vez que, apesar de terem pouco ou nenhum efeito direto sobre as propriedades mecânicas da madeira, podem afetar negativamente na pega do cimento. De acordo com Matoski (2005), amidos, taninos, açúcares simples e carboidratos solúveis em água são os extrativos que, em coníferas, podem afetar negativamente a pega do cimento, sendo que eles estão presentes na quantidade máxima de 1% para os açúcares, 2% para os taninos e 3% de óleos.

3.4.2 Fatores inerentes ao processo

Quanto ao processo de produção, pode-se considerar como fatores a relação entre o cimento e a madeira, e entre a água e o cimento, uma vez que estes fatores influenciam diretamente nas propriedades mecânicas dos painéis.

3.4.2.1 Relação madeira:cimento

Usualmente, a relação entre madeira e cimento é de 1:2,75. No entanto, Latorraca e Iwakiri (2000), citados por Machado (2014), afirmam que, em pesquisa, painéis feitos com relação madeira:cimento variando de 1:2,5 para 1:3 implicou em

uma redução nos valores médios de módulo de elasticidade, módulo de ruptura e compressão paralela, contudo os resultados para ligação interna aumentaram, além disso, essa variação implicou na redução dos valores médios resultantes de todas as propriedades físicas estudadas.

3.4.2.2 Relação água:cimento

De acordo com Lawrence (2001) a relação demandada de água por superfície específica do cimento é diretamente proporcional:

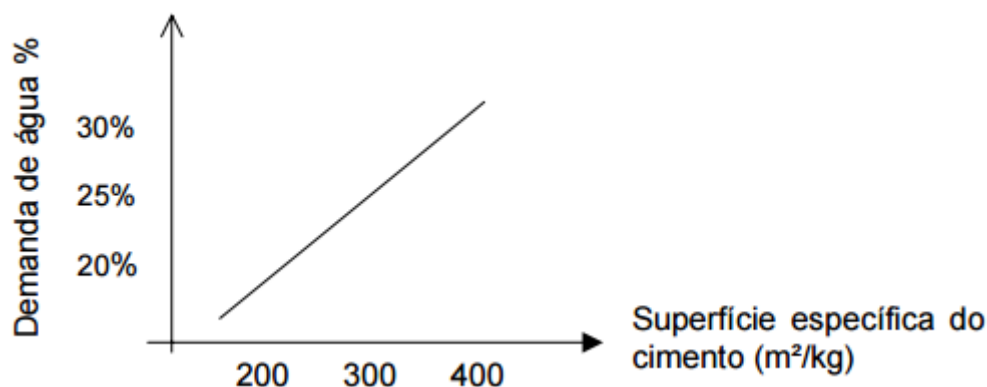


FIGURA 2 - RELAÇÃO SUPERFÍCIE ESPECÍFICA E MENANDA DE ÁGUA.
FONTE: Lawrence, 2001.

Contudo, segundo Neville (1997), conforme há o aumento da água adicionada, a resistência a compressão diminui. Essa relação pode ser visualizada graficamente na figura abaixo.

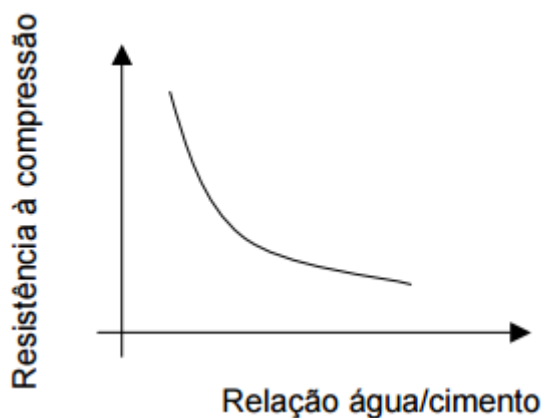


FIGURA 3 - RELAÇÃO ENTRE A RESISTÊNCIA E O FATOR ÁGUA CIMENTO
FONTE: Neville, 1997.

Sendo assim, a relação água:cimento influencia diretamente na resistência do painel.

3.5 Pré tratamentos

Tendo em vista que determinados extrativos podem afetar negativamente a pega do cimento, pré-tratamentos das partículas são aconselháveis para que haja a retirada desses extrativos e assim possibilite a utilização da espécie para a produção dos painéis (MOSLEMI et al., 1983).

Alguns dos pré-tratamentos são: imersão das partículas em água fria durante 24 horas, imersão em água quente por 6 horas, ou imersão em hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 1% (MOSLEMI et al., 1983), sendo que Latorraca (2000) afirma que a imersão das partículas em água quente é o método mais prático para a redução desses extrativos, uma vez que eles são diluentes em água.

3.6 Processo Bison

De acordo com Iwakiri (2012), o processo Bison teve início em escala industrial em 1928 na Alemanha e por sua eficiência passou a estabelecer os valores mínimos de referência para painéis cimento madeira em relação aos resultados obtidos nos ensaios, sendo eles:

TABELA 3 - REQUISITOS DE ACEITAÇÃO DE PAINÉIS CIMENTO MADEIRA PELO PROCESSO BISON.

Requisitos do processo Bison		
Inchamento em espessura (IE)	Máximo	1,2% (2hr) - 1,80% (24 hr)
Módulo de ruptura (MOR)	Mínimo	9 MPa
Módulo de elasticidade (MOE)		3000 MPa
Tração perpendicular à superfície		0,4 MPa

FONTE: IWAKIRI (2012), adaptado pelo autor.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Provenientes de um plantio florestal experimental na região de Ventania-PR, as árvores foram coletadas aos 18 anos de idade, seccionadas e transportadas à Universidade Federal do Paraná para o desenvolvimentos da pesquisa.

4.1 Fabricação dos painéis

4.1.1 Geração e classificação das partículas

O material foi descascado e cortado em pequenos blocos para geração de partículas de forma semi-mecanizada em picador de disco (FIGURA 4).



FIGURA 4 – PICADOR DE DISCO.
FONTE: O autor.

Após a geração das partículas, os mesmos foram secos de forma natural, sendo expostas ao sol sobre lonas (FIGURA 5), e depois levadas à estufa com temperatura de 103 °C para atingir teor de umidade de aproximadamente 10%, uma vez que há dificuldade em se moer o material quando este está com teor de umidade elevado.



FIGURA 5 – SECAGEM NATURAL DAS PARTÍCULAS
 FONTE: O autor.

Depois de secar, as partículas foram moídas em moinho martelo para obtenção de partículas *sliver*, sendo posteriormente classificadas entre peneiras de 8 e 30 *mesh* para que as partículas menores geradas na moagem fossem retiradas, promovendo uma padronização das dimensões das partículas (FIGURA 6).



FIGURA 6 - MOAGEM E CLASSIFICAÇÃO DAS PARTÍCULAS.
 a) Moinho martelo; b) Classificador; c) Partículas *sliver* classificadas.

FONTE: O autor.

4.1.2 Aplicação dos pré tratamentos

Com o intuito de se avaliar a influência dos extrativos na qualidade dos painéis produzidos, as partículas foram submetidas à pré-tratamentos com a

finalidade de se remover os extrativos presentes na madeira do *Pinus chiapensis*, promovendo um possível aumento das propriedades mecânicas dos painéis devido a aceleração da cura. O delineamento experimental consistiu nos seguintes tratamentos: Testemunha, pré-tratamento em água fria, pré-tratamento em água quente e pré-tratamento em hidróxido de sódio (NaOH).

a) Testemunha (t1)

O testemunha consiste na utilização in-natura das partículas obtidas, uma vez que os resultados obtidos pelos pré-tratamentos foram comparados com o testemunha.

b) Pré-tratamento em água fria (t2)

Foi feita imersão em água fria durante 24 horas (FIGURA 7).



FIGURA 7- IMERSÃO DAS PARTÍCULAS EM ÁGUA FRIA.
FONTE: O autor.

c) Pré-tratamento em água quente (t3)

A imersão das partículas em água quente a 60 °C foi feita durante 6 horas, em estufa com temperatura controlada (FIGURA 8).



FIGURA 8- IMERSÃO DAS PARTÍCULAS EM ÁGUA QUENTE.
FONTE: O autor.

d) Pré-tratamento em NaOH (t4)

O hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 1% foi utilizado para imersão das partículas durante 2 horas, sendo as partículas mexidas frequentemente, como mostra a figura 9. Após a imersão, as partículas foram lavadas com água corrente para a retirada do NaOH, uma vez que a presença do mesmo poderia afetar negativamente a pega do cimento.



FIGURA 9- IMERSÃO DAS PARTÍCULAS EM NaOH.
FONTE: O autor.

Após a submissão das partículas aos pré tratamentos, elas foram secas de forma natural sendo expostas ao sol sobre lonas.

4.1.3 Confeção dos painéis

Primeiramente, para a confecção dos painéis foi admitido que a densidade nominal seria de $1,2 \text{ g/cm}^3$. A partir disso, as proporções de cimento, água e madeira foram realizadas com a pesagem dos materiais em balança de precisão (FIGURA 10), fazendo-se as relações a partir das massas. As dimensões dos painéis foram de $38 \times 50 \times 1,5 \text{ cm}$, a relação madeira:cimento de 1:2,75 e a relação água:cimento de 1:2,5.



FIGURA 10- PESAGEM DOS COMPONENTES.
FONTE: O autor.

Após a pesagem de todos os componentes foram misturados da seguinte forma:

Primeiramente foram colocadas na betoneira as partículas e o cimento seco para uma melhor homogeneização, e conforme ela funcionava foi realizada a espersão da solução de água com cloreto de cálcio (CaCl) uma vez que a adição desse sal objetivou a aceleração da cura do cimento, conforme pode ser observado na figura 11.

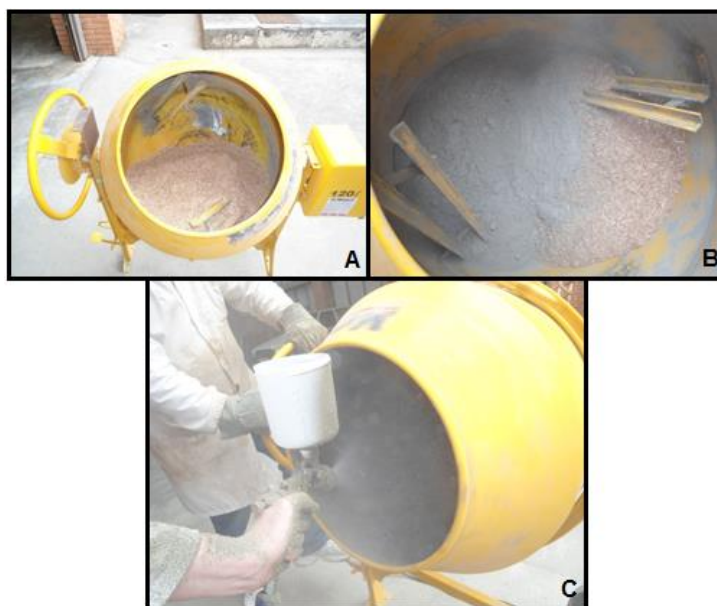


FIGURA 11 – MISTURA DOS COMPONENTES.
a) Partículas colocadas na betoneira; b) Cimento e partículas sendo misturados; c) Solução de água + CaCl sendo aspergida.
FONTE: O autor.

4.1.4 Formação e prensagem dos painéis cimento madeira

Seguido a este processo, a mistura foi retirada da betoneira, e pesada em balança de precisão para garantir a massa ideal para a formação do colchão de uma chapa de acordo com as dimensões pré-estabelecidas (50x38x1,5 cm e 1,2 g/cm³), para isso, a mistura foi colocada de forma distribuída em uma forma com essas dimensões, pressionada manualmente e posicionado lateralmente aos painéis barras de aço com a largura de 1,5 cm para garantir a espessura desejada do painel após sua prensagem. Este processo pode ser visualizado nas figura abaixo.



FIGURA 12 - SEQUÊNCIA DE FORMAÇÃO DO COLCHÃO.

a) Mistura do painel sendo pesada; b) Mistura sendo colocada em forma; c) Colchão sendo formado manualmente; d) Colchão formado; e) Colchão com nivelador de espessura pronto para ser prensado.

FONTE: O autor.

Após a formação dos colchões de cada tratamento, os mesmos foram grampeados e colocados em prensa hidráulica fria com pressão de 4 MPa, sendo mantidos assim durante 24 horas (FIGURA 13). Não foi necessário uso de aquecimento porque o cimento ao ser misturado com a água promove uma reação exotérmica, ou seja, libera calor.



FIGURA 13 - PRENSA CARREGADA E COLCHÕES GRAMPEADOS
FONTE: O autor.

Decorridas as 24 horas, a prensa foi aberta e os painéis desgrampeados (FIGURA 14). Foram produzidos três painéis por tratamento.



FIGURA 14- PAINÉIS CIMENTO MADEIRA APÓS A PRENSAGEM.
FONTE: O autor.

Após a prensagem os painéis foram mantidos acondicionados em câmara climatizada com umidade relativa de $65\% \pm 5\%$ e temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 28 dias para a maturação do cimento.

4.1.5 Confecção dos corpos de prova

Ao término dos 28 dias de cura os painéis foram seccionados para obtenção dos corpos de prova necessários para a realização dos ensaios de flexão estática (FE), tração perpendicular (TP) e absorção e inchamento (AI), como mostra a figura a seguir.

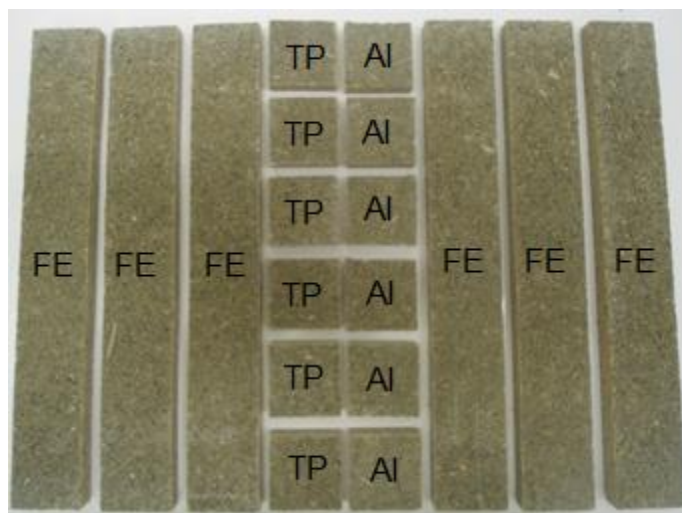


FIGURA 15 - LAYOUT DA AMOSTRAGEM RETIRADA DOS CORPOS DE PROVA
FONTE: O autor.

Foram retirados seis corpos por painel para cada tipo de ensaio. Os corpos de prova de flexão estática foram cortados com tamanho aproximado de 5x35 cm, já os de tração perpendicular e de absorção e inchamento foram seccionados com tamanho de 5x5 cm, mantendo-se a espessura do painel.

4.2 Realização dos ensaios físicos e mecânicos

Os ensaios foram realizados de acordo com as normas específicas para painéis de cimento madeira, sendo ela EN 323:2002 - Massa Específica, EN 317:2002 - Absorção e inchamento, EN 310:2002 – Flexão Estática e EN 319:2002 - Tração Perpendicular.

4.2.1 Propriedades físicas

Propriedades físicas são aquelas intrínsecas ao material, podendo ser percebidas pela análise do comportamento dos materiais quando estes expostos a

determinadas substâncias ou situações, se forma que a constituição do material permanece inalterada.

4.2.1.1 Massa específica

A massa específica refere-se à relação existente entre a massa de determinado material e o volume do mesmo, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Massa específica} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Sendo massa em grama (g) e volume em centímetro cúbico (cm³).

A realização deste ensaio consistiu na medição com paquímetro da largura e comprimento, da espessura com um micrômetro e da massa com o uso de balança de precisão de seis corpos de prova por painel, o que totalizou 18 corpos de prova por tratamento. As medições podem ser visualizadas na figura 16.



FIGURA 16 - MEDIÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA.
FONTE: O autor.

4.2.1.2 Absorção de água e inchamento em espessura

Para a análise de absorção de água e inchamento em espessura foi realizada a medição da espessura no centro dos corpos de prova com o uso do micrômetro, fazendo-se uma marca no ponto em que a medição foi realizada. Posteriormente os corpos de prova foram imersos em água durante 2 hr e 24 hr,

sendo realizada nova medição da espessura no ponto marcado e do peso. A imersão pode ser visualizada na figura 17.



FIGURA 17 - CORPOS DE PROVA EM IMERSÃO EM ÁGUA.
FONTE: O autor

4.2.2 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas dos painéis são analisadas com o intuito de se verificar a resistência dos painéis com base nos requisitos exigidos pelas normas EN310:2002 e EN319:2002.

4.2.2.1 Flexão estática

O ensaio de flexão estática consiste na aplicação de uma força central em um corpo de prova biapoiado até que o mesmo tenha suas fibras rompidas. De acordo com a norma, estes corpos de prova devem ter 35 x 5 cm x espessura. Este ensaio foi realizado através da máquina universal de ensaios EMIC, como mostra a figura 18.



FIGURA 18 - ENSAIO DE FLEXÃO ESTÁTICA.
FONTE: O autor

4.2.2.2 Tração perpendicular à superfície

O ensaio de tração perpendicular consiste na aplicação de uma força perpendicular a superfície do painel, de modo a forçar o rompimento do corpo de prova em sua linha neutra. Para isso, o corpo de prova foi colado entre dois taquinhos para que esses fossem encaixados no suporte da máquina, como mostra a figura abaixo:

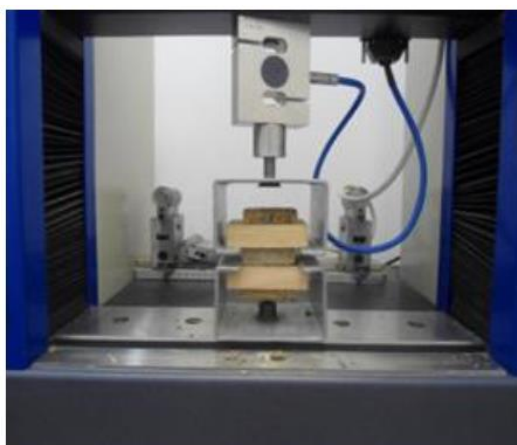


FIGURA 19 - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR À SUPERFÍCIE.
FONTE: O autor.

4.3 Análise estatística

A análise dos resultados foi realizada por meio do teste de Bartlett, Análise de variância e teste de Tukey à 95% de confiança, no qual os resultados foram comparados entre si, verificando-se as diferenças estatísticas dos tratamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Propriedades da madeira

Na tabela 4 são apresentadas as propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus chiapensis* obtidos por Trianoski (2012), as quais foram determinadas a partir da mesma coleta/material utilizado nesta pesquisa.

TABELA 4 – PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE *PINUS CHIAPENSIS*

Propriedades químicas	%	Propriedade física	g/cm ³
Água fria ¹	3,00	ME	0,389
Água quente ¹	4,19		
NaOH ¹	16,15		
Extrativos totais	8,82		
Lignina	32,43		
Materiais inorgânicos	0,14		
Holocelulose ²	58,61		

¹Solubilidade; ²Teor de holocelulose determinado por diferença

FONTE: Trianoski, 2012 adaptado.

Em pesquisa, a mesma autora encontrou os seguintes valores para *Pinus taeda* (TABELA 5).

TABELA 5 – PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DE *PINUS TAEDA*

Propriedades químicas	%	Propriedade física	g/cm ³
Água fria ¹	2,02	ME	0,485
Água quente ¹	2,90		
NaOH ¹	9,31		
Extrativos totais	3,34		
Lignina	30,51		
Materiais inorgânicos	0,28		
Holocelulose ²	65,87		

¹Solubilidade; ²Teor de holocelulose determinado por diferença

FONTE: Trianoski, 2012.

As propriedades do *Pinus taeda* podem ser comparadas com as propriedades do *Pinus chiapensis* com o intuito de se analisar a viabilidade da utilização desta espécie em relação as propriedades conhecidas do *P. taeda*.

Com base nesses resultados é possível notar que a madeira de *Pinus chiapensis* é menos densa, possui mais lignina, materiais inorgânicos e extrativos que o *Pinus taeda*, no entanto, a quantidade de holocelulose e a solubilidade em principalmente em água quente e NaOH é maior.

Considerando que para a produção de painéis cimento madeira a retirada de extrativos é requerida devido a sua influência negativa na maturação do cimento, a madeira de *Pinus chiapensis* pode ser utilizada na produção de painéis deste tipo, uma vez que, apesar de apresentar maior quantidade de extrativos quando comparado ao *P. taeda*, a solubilidade da madeira em produtos utilizados na remoção de extrativos é alta, o que favorece a remoção dos mesmos em pré-tratamentos.

5.2 Propriedades dos painéis

5.2.1 Massa específica

Os valores médios de massa específica encontrados nos tratamentos testemunha, água fria, água quente e hidróxido foram respectivamente 1,23 g/cm³, 1,13 g/cm³, 1,24 g/cm³ e 1,22 g/cm³, sendo que os valores médios da testemunha e do pré-tratamento com hidróxido são considerados estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95%. Pode-se perceber que os valores encontrados se distanciam da massa específica nominal que foi de 1,2 g/cm³, essa diferença possivelmente é inerente ao processo, uma vez que este é feito manualmente e pode conter pequenas falhas que acarretam essas variações. Os valores referentes a coeficientes de variação dos tratamentos testemunha, água fria, água quente e hidróxido foram 2,93, 2,50, 4,31 e 3,47%, respectivamente, e podem ser considerados relativamente baixos.

Os resultados médios da massa específica aparente dos painéis produzidos a partir dos diferentes pré-tratamentos das partículas são apresentados no Gráfico 1.

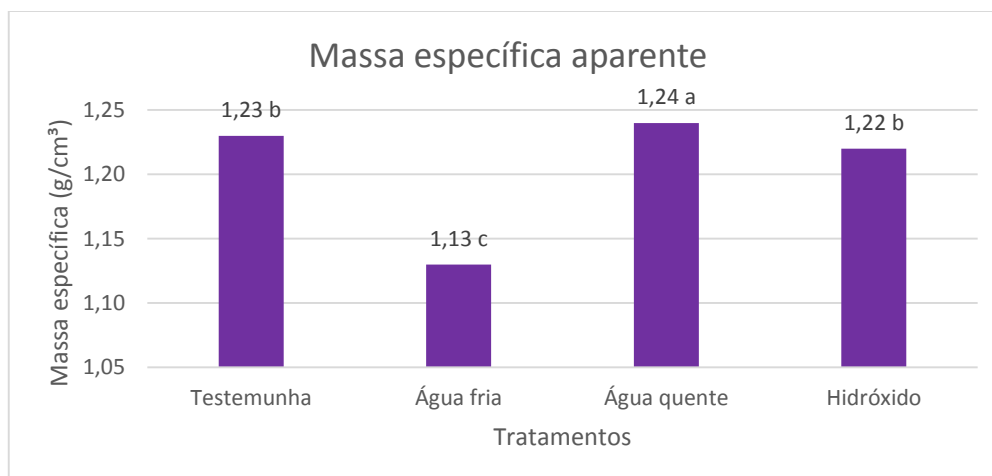


GRÁFICO 1 - VALORES MÉDIOS DE MASSA ESPECÍFICA APARENTE
Fonte: O autor.

5.2.2 Absorção de água

Com base nos resultados pôde-se perceber que após 2 horas em imersão o pré-tratamento que apresentou menor absorção média em termos numéricos foi o em água-fria, no entanto, a análise demonstrou que os valores médios de T2 são estatisticamente iguais ao T1 e ao T3, assim como estes últimos são estatisticamente iguais ao T4. Às 24 horas manteve-se a relação estatística encontrada às 2 horas de imersão, ou seja, o T2 é estatisticamente igual as T1 e ao T3 que por sua vez são estatisticamente iguais as T4. Os resultados médios encontrados no ensaio de absorção de água após 2 e 24 horas de imersão foram:

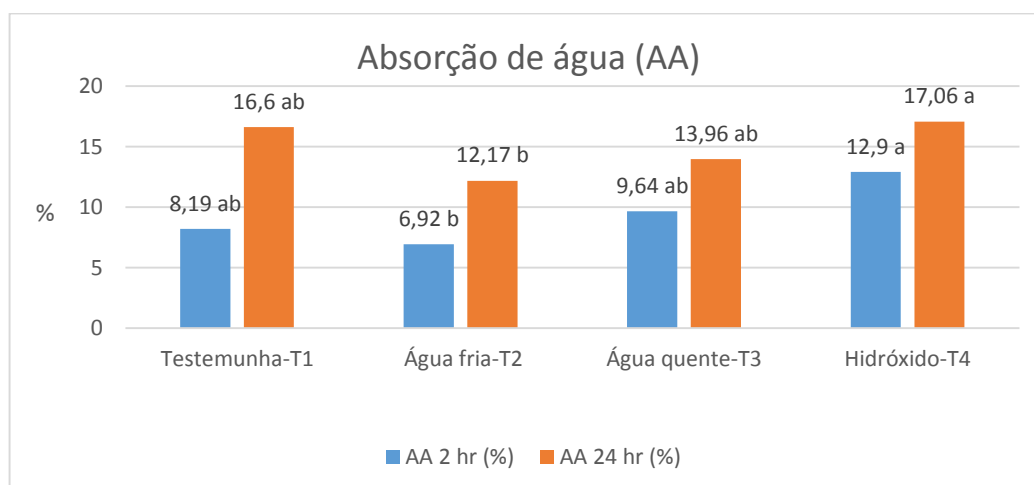


GRÁFICO 2 - ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA (AA)
FONTE: O autor.

Em trabalho realizado por Iwakiri e Prata (2008) foi encontrado 14,05% de absorção de água em painéis de cimento madeira feitos com madeira in natura de *Pinus taeda* após 24 horas de imersão, sendo este valor semelhante ao encontrado no ensaio em questão. *Pinus taeda* é a espécie conífera mais utilizada na fabricação de painéis cimento madeira, por este motivo a comparação dos resultados encontrados para *Pinus chiapensis* com os de *Pinus taeda* é aconselhável, uma vez que busca-se obter painéis de qualidade semelhante ou superior ao que já existe no mercado.

5.2.3 Inchamento em espessura

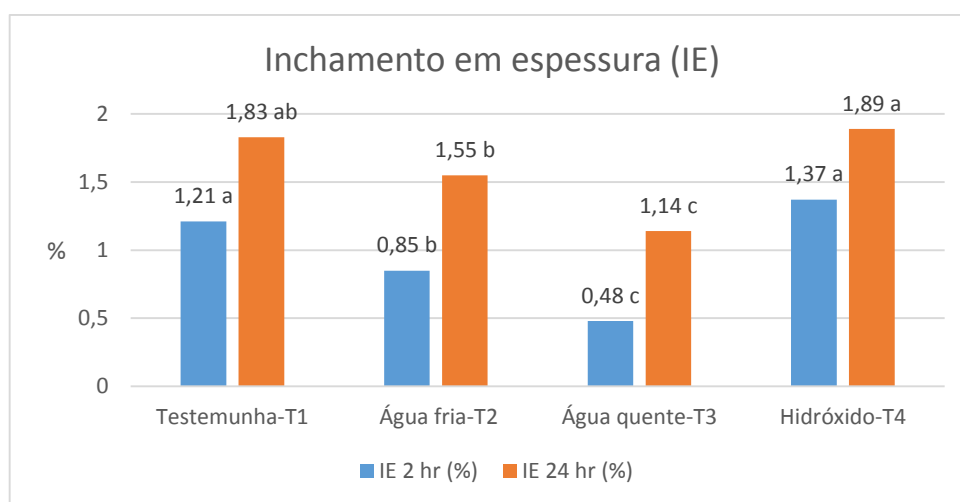


GRÁFICO 3 - ENSAIO DE INCHAMENTO EM ESPESSURA
FONTE: O autor.

Com base nos valores acima foi possível perceber que o inchamento em espessura (IE) às 2 horas foi estatisticamente igual somente entre T1 e T4, sendo que o T3 apresentou menor inchamento em porcentagem nesse período.

Às 24 horas os valores médios de T4 e T1 foram considerados estatisticamente iguais de acordo com o teste de Tukey (95%), contudo o T1 também foi considerado estatisticamente igual ao T2, sendo somente considerado diferente o T3, que por sua vez foi o tratamento que apresentou menor inchamento também neste período.

5.3 Propriedades mecânicas

5.3.1 Flexão estática

Os resultados dos ensaios de flexão estática são obtidos através do Módulo de ruptura (MOR) e Módulo de elasticidade (MOE), ambos em mega pascal (MPa). Enquanto o MOR refere-se a tensão máxima das fibras no colapso, ou seja, a resistência máxima que as fibras do painel suportam até seu rompimento, o MOE expressa a rigidez do material. Com a realização dos ensaios, os valores médios de MOR obtidos foram os seguintes:

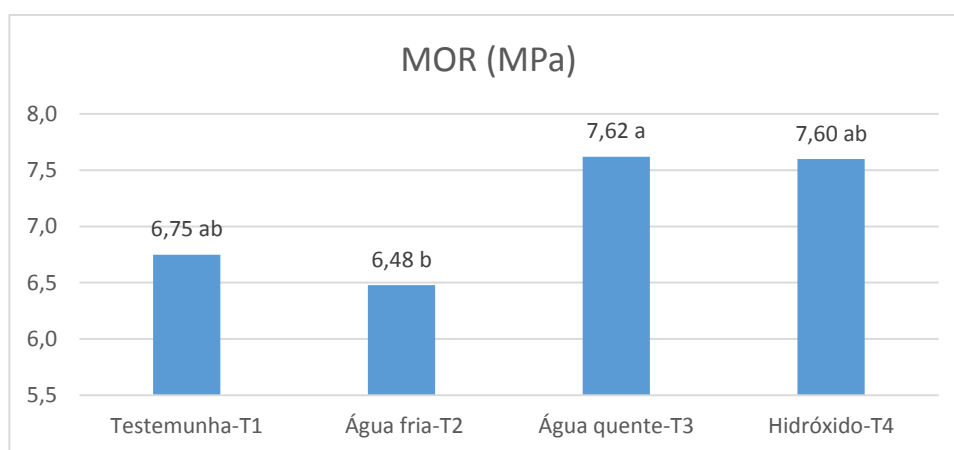


GRÁFICO 4 - RESULTADOS DE MÓDULO DE RUPTURA EM ENSAIO DE FLEXÃO
FONTE: O autor.

Pôde-se notar que em termos estatísticos os valores médios de T1 e o T4 são iguais aos outros tratamentos, no entanto, T2 é igual à T1 e T4, e T3 igual a T1 e T4. Em termos numéricos pode-se dizer que os tratamentos em água quente e hidróxido apresentaram maiores valores médios.

Os resultados médios obtidos em módulo de elasticidade foram:

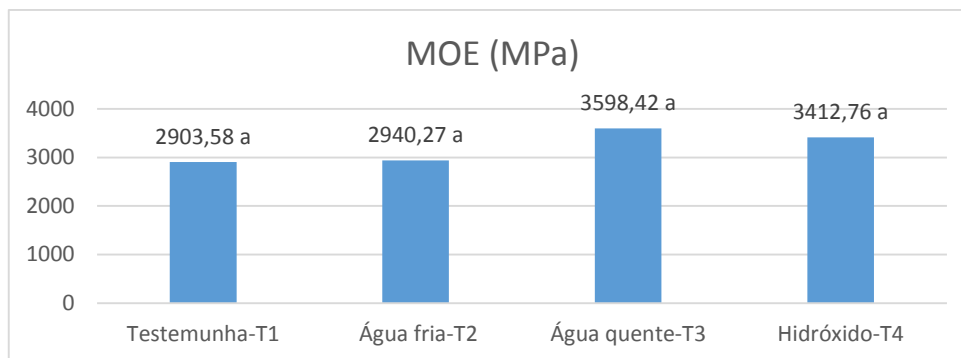


GRÁFICO 5- RESULTADOS DE MÓDULO DE ELASTICIDADE EM ENSAIO DE FLEXÃO.
 FONTE: O autor.

Foi possível notar após a análise estatística que todos os valores médios dos tratamentos são considerados estatisticamente iguais.

5.3.2 Tração perpendicular a superfície

Os resultados médios encontrados na avaliação de tração perpendicular a superfície ficaram entre 0,57 e 0,62 MPa, como mostra o gráfico 6.

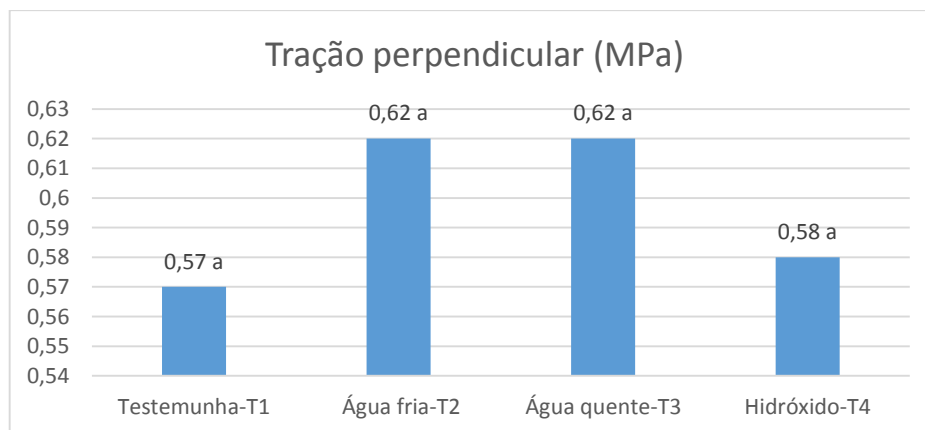


GRÁFICO 6 - RESULTADOS DO ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR
 FONTE: O autor.

5.4 Processo Bison

Na tabela 6 são apresentados os requisitos mínimos do processo Bison, juntamente com os obtidos neste trabalho, na qual valores em negrito atendem a estes requisitos.

TABELA 6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS COM BASE NOS REQUISITOS DO PROCESSO BISON.

PROPRIEDADE	PROCESSO BISON	T1	T2	T3	T4
IE	1,2% (2hr); 1,8% (24hr)	1,21%; 1,83%	0,85%; 1,55%	0,48%; 1,14%	1,37%; 1,89%
MOR (MPa)	9	6,75	6,48	7,62	7,6
MOE (MPa)	3000	2903,58	2940,27	3598,42	3412,76
TP (MPa)	0,4	0,57	0,62	0,62	0,58

FONTE: O autor.

Com base nestes valores pôde-se concluir que apenas os resultados encontrados na avaliação de inchamento em espessura (IE) do pré-tratamento em hidróxido de sódio e do testemunha foram insatisfatórios, no entanto o testemunha apresentou valores muito próximos dos requisitos do processo Bison. Com relação aos resultados obtidos de MOR nenhum pré tratamento atingiu os 9 MPa desejados, no entanto painéis produzidos com outras espécies de pinus com baixa substituição por outra madeira também não atingiram este requisito. Quanto ao MOE apenas os pré tratamentos em água quente e hidróxido de sódio atingiram o mínimo exigido, em relação à tração perpendicular os resultados foram satisfatórios em todos os pré tratamentos.

6 CONCLUSÃO

Em relação as propriedades observadas nas avaliações feitas, é possível concluir que a madeira de *Pinus chiapensis* é viável para a produção de painéis cimento madeira, sendo que o pré tratamento em água quente é o mais indicado, uma vez que, apesar de não ter atingido o mínimo indicado pelo processo Bison em módulo de ruptura, o valor médio obtido foi próximo ao desejado, e resultou em maior resistência a flexão estática e menores índices de inchamento em espessura.

7 RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista que o trabalho foi realizado no Laboratório de Painéis de Madeira da UFPR, minhas recomendações são em relação a diversidade de possibilidades de estudos de painéis cimento madeira, como a influência da granulometria das partículas, de aditivos e do teor de cimento nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis para seus diferentes usos.

8 ANÁLISE CRÍTICA DO DESENVOLVIMENTO DO TCC

A Universidade precisa apoiar de forma mais intensa os laboratórios, atualizando equipamentos e favorecendo a entrada de alunos com a oferta de mais bolsas, pois o desenvolvimento de pesquisa é benéfico tanto para o aluno que assim pode passar a ter interesse pelo desenvolvimento científico, quanto para a própria universidade que assim adquire maior reconhecimento.

A área de ciência e tecnologia florestal ainda tem muito o que pesquisar para melhoria de processos e metodologias, e com o incentivo à pesquisa universitária o próprio aluno pode adquirir o conhecimento necessário para trabalhar em diversas áreas industriais.

9 AVALIAÇÃO DO ORIENTADOR

A aluna desempenhou as atividades relativas ao desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso de forma comprometida e responsável. Em todos os momentos buscou melhorar o trabalho, assim como contribuiu com os demais alunos de iniciação científica. Apresentou interesse e sempre acatou as sugestões que lhe foram repassadas.

Assinatura

Caroline Rodrigues Pereira

Assinatura

Rosilani Trianoski

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **ABCP**. Boletim técnico. BT-1-6. São Paulo, 2002.

ALBERTO, M. M. et. al. – **Compatibility of some tropical hardwoods species with Portland cement using isothermal calorimetry** – Forest products journal – vol. 50, num. 9 pg. 83-88 – 2000 – USA;

BISON wood-cement board. New York: Springer, 1978. 10 p.

DEL CASTILLO, R. F. Ethnobotanical notes on *Pinus strobus* var. *chiapensis*. **Anales del Instituto de Biología**, v. 73, n. 2, p. 319-327, 2002.

DEZGENISKI, E. V. **Caracterização tecnológica de madeiras de pinus tropicais para fins de processamento e uso**. Curitiba: 2001. Relatório Técnico – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

EUROPEAN STANDARD. **EN 317**. Determination of swelling in thickness after immersion in water. English version. 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 319** Determinação da resistência à tração perpendicular às faces da placa. Versão Portuguesa. 2002.

EUROPEAN STANDARD. **EN 323** Determinação da massa específica. Versão. 2002.

EUROPEAN STANDARD **EN 310** Determinação da resistência à flexão estática. Versão Portuguesa 2002.

FENGEL, D. WEGENER, G. **Wood Chemistry, ultrastructure reactions**. Berlin, 1989, 612 p.

FONSECA, F. de O.; LIMA, A. M. de; MACEDO, A. N.; TEIXEIRA, M. M. Compósito cimento-madeira com resíduos provenientes da indústria madeireira da região amazônica. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002.

IWAKIRI, R., CUNHA, A. B.da, ALBUQUERQUE, C. E. C., GORNIAC, E., MENDES, L. M. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto, **Revista Cerne**, Lavras v.1 n. 1 2000.

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

IWAKIRI, S., SILVA, L. S. da, TRIANOSKI, R., BONDUELLE, G. M., ROCHA, V. Y da, Avaliação do potencial de utilização da madeira de *Schizolobium amazonicum* Paricá" e *Cecropia hololeuca* Embaúba" para produção de painéis cimento-madeira. **Revista Cerne**, Lavras v.18 n. 2 2012.

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

LATORRACA, J. V. F.; IWAKIRI, S. Efeito do tratamento das partículas de *Eucalyptus dunnii* (Maid), da variação da relação madeira-cimento e do uso de aditivos sobre as propriedades físicas e mecânicas de chapas de madeiramento. **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 68-76, 2000.

LAWRENCE, C. D. Physicochemical and mechanical properties of Portland cements, **Lea's Chemistry of Cement Concrete**, p. 355 – 381, 4ª edition, 2001, Ed. Peter C. Hewlett – USA.

MACHADO, L. **Viabilidade da utilização da madeira de *Melia azedarach* para a produção de painéis cimento madeira**. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Madeireira) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MATOSKI, A. **Utilização de pó de madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2005.

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**, v. 15, n.2, p. 164-176, 1983, USA;

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. 2ª ed. 738 p., Ed. PINI, São Paulo, 1997.

NIEDERHEITMANN, H. H. **Uso de métodos não destrutivos para a classificação de madeiras de 5 espécies de pinus tropicais**. Curitiba: 2001. Relatório Técnico – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

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

REMADE. **Revista da madeira**. Painéis cimento-madeira: características e aplicações. Edição n 71. Maio de 2003. Disponível em: <<http://www.remade.com.br>>

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.

THE GYMNOSPERM DATABASE. *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. Disponível em <http://www.conifers.org/pi/Pinus_chiapensis.php>

WEI, Y. M, BUNICHIRO, T. Effects of five additive materials on mechanical and dimensional properties of wood cement-bonded boards. **The Japan Wood Research Society**, p. 437-444, 2000, Japan.