

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JÚLIO CÉSAR PAIVA PINTO

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO COMPÓSITO CIMENTO-
MADEIRA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SERRAGEM DE *Araucaria*
angustifolia (Bertol.) Kuntze**

DOIS VIZINHOS

2022

JÚLIO CÉSAR PAIVA PINTO

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO COMPÓSITO CIMENTO-
MADEIRA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SERRAGEM DE *Araucaria
angustifolia* (Bertol.) Kuntze**

**EVALUATION OF COMPRESSION STRENGTH OF CEMENT-WOOD COMPOSITE
IN DIFFERENT SAWARD CONCENTRATIONS OF *Araucaria angustifolia*
(Bertol.) Kuntze**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso Bacharelado em Engenharia Florestal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Aurelio Mathias de Souza.

DOIS VIZINHOS

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JÚLIO CÉSAR PAIVA PINTO

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO COMPÓSITO CIMENTO-
MADEIRA EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SERRAGEM DE *Araucaria
angustifolia* (Bertol.) Kuntze**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, do Curso Bacharelado em Engenharia Florestal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Data de aprovação: 07/ junho /2022

Marcos Aurelio Mathias de Souza
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

Makerli Galvan Zanella
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

André Luiz de Lima Ponzoni
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

DOIS VIZINHOS

2022

Dedico este trabalho à minha família, meus amigos e
minha namorada, pelo apoio.

RESUMO

A crescente preocupação com o meio ambiente faz com que se busquem formas de diminuir a emissão de resíduos ou uma maneira de reaproveitá-los. No setor de serraria de *Pinus spp.* o aproveitamento das toras chega a aproximadamente 54%, ou seja, há uma grande produção de resíduos que podem ser utilizados para a fabricação do compósito cimento-madeira. Este compósito é utilizado desde 1920 na Áustria, tendo sua difusão por volta de 1976, quando se iniciou uma alta produção na Alemanha e se espalhou para alguns países da Ásia, México e Estados Unidos. Sua aceitação é devida as suas diversas aplicações como painel em razão de suas características de isolamento térmico e acústico. Visando expandir sua aplicabilidade e conseqüentemente tornar um material mais conhecido, este trabalho demonstrou que a aplicação deste material em forma de estrutura é inviável na composição seguida neste trabalho. Porém foram identificados outros possíveis usos para a aplicação desta mistura

Palavras-chave: Cimento-Madeira; Compósito; Resistência. Compressão.

ABSTRACT

The growing concern about the environment leads to the search for ways to reduce the waste emission or a way to reuse full stop the sawmill sector of Pinus spp. the efficiency of logs reaches approximately 54%, with a large production of residues that can be used for the manufacture of the cement-wood composite. This composite has been used since 1920 in Austria, having its diffusion around 1976, when large production started in Germany and spreaded to some countries in Asia, Mexico and the United States. Its acceptance relies its diverse applications such as a woden panel due to its thermal and acoustic insulation characteristics. Aiming to expand its applicability and consequently to make a material more popular, this work demonstrated that the application of this material in the form of a structure is unlikely in the composition used in this work. However, other possible uses for the application of this mixture were identified.

Key words: Wood Fiber Cement; Composite; Resistance; Compression.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO GERAL	14
2.1	Objetivo Específico.....	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Madeira	15
3.2	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	16
3.3	Madeira Na Serraria	16
3.4	Concreto.....	17
3.5	Química Do Cimento	19
3.6	Compósito madeira-cimento.....	21
3.7	Compatibilidade Madeira-Cimento	22
4.	METODOLOGIA	25
4.1	Localização	25
4.2	Aglomerante mineral	25
4.3	Madeira	26
4.4	Quantificação dos componentes	26
4.5	Confecção dos corpos de prova.....	28
4.6	Ensaio.....	29
4.7	Análises de dados	30
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1	Custo	34
5.2	Estatística.....	34
6.	CONCLUSÃO	37
7.	CRONOGRAMA	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	39

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos a sociedade se preocupa cada vez mais com o meio ambiente e vem se conscientizando sobre o impacto que suas ações geram sobre este. O descarte de resíduos, ou lixo, é uma das ações que passaram a ser discutidas e repensadas, com isto gerou-se um aumento na preocupação com a sustentabilidade e produtos considerados sustentáveis passaram a se destacar no mercado.

No setor florestal, na parte de serraria, um dos grandes problemas são as elevadas perdas durante os desdobros das toras, estas perdas se tornam resíduos, que muitas vezes não possuem fins de utilização e acabam se tornando poluentes. Estes resíduos devem ser observados de forma especial pois tem potencial para agregar valor em produtos, além de serem uma matéria prima de baixo custo. Uma forma factível para dar um destino aos resíduos oriundos das serrarias é a utilização na confecção de painéis aglomerados de madeira e painéis de madeira reconstituída (exemplo, o cimento-madeira) (IWAKIRI, 2000).

Painéis de cimento-madeira tem sua origem por volta de 1920 na Áustria para construção civil, porém apenas após 1976 iniciou-se uma alta produção na Alemanha e difundiu-se para os EUA como “wood fiber cement” e para o México como “cement bonded particleboard” (AMORIM, 2014).

Este tipo de painel possui uma grande versatilidade, não se limitando apenas as utilizações de um aglomerado convencional, seu uso é destacado para paredes em casas pré-fabricadas, pisos, portas corta-fogo, forros, paredes isolantes, dentre outras (LATORRACA, 2003).

No presente trabalho serão produzidos corpos de prova cilíndricos compostos por cimento e madeira a fim de se verificar se é possível o uso desta mistura além da utilização em forma de painel.

2 Objetivo Geral

Este trabalho busca quantificar a resistência a compressão do compósito cimento-madeira, produzido com diferentes concentrações residuais de madeira de *Araucária angustifolia* e cimento Portland.

2.1 Objetivo Específico

- Produzir corpos de prova para avaliar a resistência à compressão;
- Realizar ensaios de compressão nos corpos de prova do compósito cimento-madeira;
- Avaliar os resultados dos ensaios de compressão;
- Analisar a relação entre os tamanhos de corpos de prova;
- Definir as possibilidades de uso.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Madeira

A utilização da madeira vem acompanhando a existência do homem ao longo de sua história, como fonte de calor e ferramentas até meios de transporte e moradia. Por se tratar de um material de origem natural, suas características apresentam uma alta complexidade. Especificamente quanto ao material madeira, este pode ser descrito como higroscópico, anisotrópico, heterogêneo, descontínuo, inelástico, fibroso, poroso, biodegradável e renovável (MATOSKI, 2005). A madeira assim como outros materiais possui propriedades Físicas e Químicas

As propriedades Físicas são específicas de cada material, e podem ser observadas quando o material é submetido a ação mecânica. Levando em conta o objetivo deste trabalho, o entendimento das características físicas como, umidade, massa específica, contração e inchamento é de extrema importância. Segundo BAUER (1994), no interior da madeira, a água se encontra de três maneiras:

- Água livre, se encontra nos espaços intracelulares e no lúmen das células;
- Água de impregnação, responsável pela contração e inchamento da madeira, ou seja, altera o volume da madeira e se encontra nas fibrilas da celulose;
- Água de constituição, esta compreendida em forma molecular, na constituição da estrutura vegetal, deste modo, sua retirada é impossibilitada através da secagem.

Entendendo as formas da água dentro da madeira, pode-se concluir que o teor de umidade da madeira e a densidade, de forma geral, são grandezas inversamente proporcionais, pois quanto mais densa a madeira, menor a quantidade de espaços livres/vazios (BUSNARDO et al., 1983) porém podendo haver exceções.

Massa específica aparente ou densidade, segundo Kollmann e Côte (1968), devido a diferentes genótipos, clima, idade, localização geográfica, práticas silviculturais, entre outros aspectos, todas estas diferenças ocasionam uma diferença de densidade entre indivíduos da mesma espécie, e também a diferença de umidade das peças ocasiona a variação das densidades. Esta propriedade possui influência direta nas demais propriedades físicas citadas, de acordo com Prata (2010), quanto

maior a densidade da madeira, há uma menor quantidade de espaços vazios e consequentemente a permeabilidade da madeira é baixa.

Relembrando que a madeira é um material anisotrópico, a contração e inchamento, ou retratilidade, varia de acordo com a direção sendo axial, radial e tangencial (GONZAGA, 2005). Este fenômeno só ocorre com a variação de umidade abaixo do Ponto de Saturação das Fibras (PSF), que varia entre espécies, mas se adota 28% de umidade.

De acordo com Klock et al. (2005), a composição química da madeira varia entre indivíduos e dentro do mesmo indivíduo, ou seja, condições de crescimento, espécie, maturidade e localidade são fatores que influenciam na composição da madeira. A madeira é constituída por macromoléculas presentes na parede celular, sendo elas a celulose a hemicelulose e a lignina, além das macromoléculas tem-se os extrativos (SOARES et al., 2017). Sendo os extrativos englobados em substâncias de baixa representatividade na madeira, chegando em torno de 8% da massa da madeira, estas substâncias interferem substancialmente nas propriedades e qualidades da madeira (KLOCK et al., 2005).

3.2 *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze

Esta espécie se encontra dentro da ordem das Coníferas, no grupo das Gimnospermas. É característica da Floresta Ombrófila Mista, nos últimos séculos a espécie sofreu com o desmatamento, sofrendo uma redução de entorno de 80% de sua população (CNCFlora, 2012). Nos dias atuais, seu cultivo é voltado para a produção de sementes que são comestíveis e muito apreciado na culinária, conhecidas como Pinhão, e para a produção de madeira, pelas boas características de sua madeira (CNCFlora, 2012). Está espécie foi escolhida para este trabalho por ter sido obtida através de doação de uma serraria local da cidade de Dois Vizinhos – PR, e por ser uma Conífera e ter características semelhantes ao Pinus.

3.3 Madeira Na Serraria

Em estudo com madeira de *Pinus taeda* de Murara Junior, Rocha e Timofeiczky Junior (2005), observou-se uma perda média de 55,79% do volume de toras. Quando comparado com outro estudo de Murara Junior, Rocha e Trugilho (2013), também de *Pinus taeda*, foram encontrados valores de perda de 55,79% para desdobro convencional e 46,40% para desdobro programado. Com isso entende-se que a produção de resíduos é elevada, esta produção excessiva de resíduos é um prejuízo pois passa a ter um valor agregado mais baixo. Segundo Teixeira (2011), os resíduos de manufatura da produção florestal devem ser estudados para serem aproveitados como matéria prima complementar, sendo de baixo custo e tendo potencial para agregar mais valor ao produto, como exemplo se tem os painéis de madeira reconstituídos. A utilização destes resíduos se faz necessária, de acordo com Cassilha et al. (2002), devido à grande produção sem resíduos sem fins de utilização que acabam se tornando poluentes quando queimados, devido a liberação de CO_2 , ou quando descartados em corpos hídricos.

3.4 Concreto

O primeiro indício da utilização do concreto ocorreu no Império Romano, como pavimento e na construção do Panteão de Roma, porém esta modelagem de concreto possuía características mais simples do que as utilizadas hoje, por isso é considerado um produto primitivo (HELENE e ANDRADE, 2010). Em 1824 John Aspdin patenteou o cimento Portland, dando origem ao modelo de concreto da era atual que teve um início discreto em usos simplórios, porém passou a chamar atenção para seus potenciais usos devido a sua qualidade comprovada nas pesquisas de renomados pesquisadores como Henry Le Châtelier, René Féret e François Hennebi. Nas pesquisas publicadas o material era o mais confiável do mercado e consequentemente o tornaram o mais conhecido, aumentando o interesse do mundo sobre o concreto Portland. Com o passar dos anos foram sendo criados diversas variações de Cimento e acompanhadas de diferentes aplicações, sendo elas:

- Cimento Portland Comum (CP I): Quase fora de mercado, possui um alto custo e baixa resistência;

- Cimento Portland Comum com Adição (CP I – S): Possui gesso em sua composição aumentando o tempo de aplicação, caindo em desuso assim como o CP I devido o alto custo e a baixa resistência;
- Cimento Portland com Adição de Escória de Alto-Forno (CP II – E): Utilizado em obras com a necessidade de liberação de calor lenta;
- Cimento Portland com Adição de Material Pozolânico (CP II – Z): Utilizado em obras de locais altamente úmidos, devido sua impermeabilidade;
- Cimento Portland com Adição de Material Carbonático – Fíler (CP II – F): Utilizado em armações de concreto em obras simples que exijam resistência;
- Cimento Portland de Alto-Forno (CP – III): Utilizado em obras com alto fator degradador, sendo aplicado para construções de Barragens, Fundações de Máquinas, Pontes dentre outras;
- Cimento Portland Pozolânico (CP – IV): Utilizado em obras de água corrente, devido sua baixa porosidade e possui resistência a ambientes ácidos e com contato com sulfato;
- Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V ARI): Recomendado apenas para fabricação de concreto, possui um tempo de desforma menor;
- Cimento Portland Resistente A Sulfatos (RS): Indicado para ambientes como rede de esgoto e água do mar, devido sua resistência a sulfatos;
- Cimento Portland De Baixo Calor De Hidratação (BC): Evita a ocorrência de rachaduras devido ao calor de hidratação;
- Cimento Portland Branco (CPB): Utilizado para rejuntas de cerâmica.

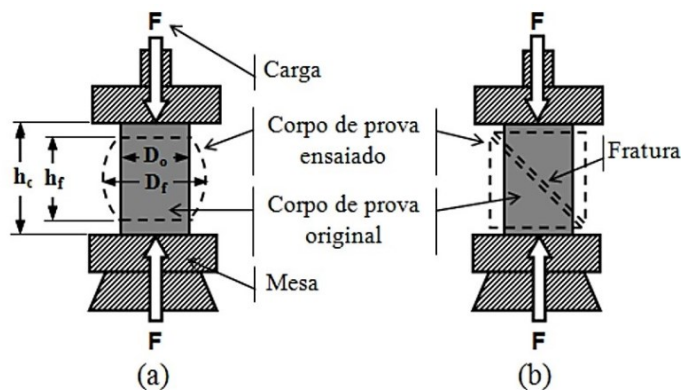
Dentro da história das construções existem revoluções que marcam novos processos e/ou novos materiais, e o concreto está ligado à duas, das quatro revoluções na arte de projetar e construir estruturas mostrando a importância deste material na história da humanidade (HELENE e ANDRADE, 2010). Esta importância se originou devido as suas propriedades mecânicas, químicas e físicas.

Dentre as propriedades mecânicas estão, resistência à compressão e resistência à tração. Para aferir estas propriedades existem testes, com

regulamentações para sua execução ocorrendo a padronização e com isso um maior controle colaborando para uma maior segurança (PAULA, 2018).

A resistência à compressão é utilizada para averiguar o quanto de força pode ser aplicada em determinado material até o colapso de sua estrutura, esta força é aplicada em um sentido que tenda o material reduzir seu volume (Figura 1). Para determiná-la é feita execução de testes que seguem a NBR 5738 – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto; e a NBR 5739 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.

Figura 1: Diagrama de forças em ensaio de compressão: a) material dúctil b) material frágil



Fonte: Biopdi

Segundo Pinheiro, Muzardo e Santos (2004), através dos resultados dos ensaios de compressão encontra-se uma Curva de Distribuição Normal onde encontra-se, o f_{cm} (resistência média do concreto à compressão), o f_{ck} (resistência característica do concreto à compressão) e s (desvio padrão). O valor de f_{ck} é encontrado com a fórmula:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65s$$

O valor de f_{ck} é importante pois ele representa a resistência com 95% de chance de ser alcançada e a partir da NBR – 8953 e os valores obtidos para f_{ck} , se obtém as classes de resistências do concreto, sendo a classe C20 considerada o mínimo para fins estruturais do concreto.

3.5 Química Do Cimento

De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (2018), ABCP, sendo um material de granulometria fina, um pó, possui características aglomerantes

e aglutinantes que se enrijecem após a reação com a água, e após esta reação não é decomposto ao entrar em contato com a água novamente. O composto principal do cimento é o clínquer, em sua base é composto por calcário e argila e ocorre a diferenciação a partir dos aditivos utilizados, como exemplo, o gesso aumenta o tempo de cura.

Para a fabricação do clínquer comum, Battagin (2011) diz que deve ser utilizado um material com CaO , SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 , porém estes óxidos raramente se encontram em proporções adequadas em uma única rocha, com isso é feita uma mistura de rochas. O calcário (varia de 75 a 80%) e a argila (varia de 20 a 25%) são as matérias-primas comuns para a produção do clínquer.

Durante a formação do clínquer, é apontado por Battagin (2011), as fases minerais são transformadas em minerais metaestáveis como a Alita, Belita, Fase Intersticial, Cal Livre, Periclásio e Sulfatos Alcalinos, e os descreve como:

- Alita: Tem como função, o endurecimento e na resistência mecânica do cimento nos 28 primeiros dias. Com forma prismática hexagonal;
- Belita: Importante para a resistência mecânica após os 28 dias, devido a sua hidratação ser mais lenta. Com formas arredondadas;
- Fase Interscial: Sua importância é relacionada a resistência química do cimento, preenche os espaços entre os cristais de Belita e Alita;
- Cal Livre: Importante para avaliar a qualidade do processo de fabricação do clínquer, sendo um composto indesejável acima de 2%. Indica que os óxidos não tiveram uma combinação completa;
- Periclásio: Em teores abaixo de 2%, é considerado benéfico pois ele otimiza a queimabilidade do cimento. Porém em teores acima de 5%, em resfriamento lento, afeta a estabilidade volumétrica da pasta de cimento
- Sulfatos Alcalinos: É formado a partir do ciclo de gases dentro do forno, é resultado de relações molares. São facilmente solubilizados em água, no momento de amassamento. Sua importância é ligada a cinética de hidratação e no fenômeno de reação álcali-agregado (RAA).

3.6 Compósito madeira-cimento

As primeiras indústrias produtoras de painéis de madeira – cimento surgiram por volta de 1930, mas o aprimoramento do produto passou a ocorrer nos últimos 40 anos (FRYBORT et al., 2008 apud CASTRO et al., 2014). Segundo a Latorraca (2003), a expansão da produção de painéis de cimento – madeira vem desde o final do século XX na Alemanha, hoje se estende a países como Japão, Rússia, México, dentre outros países da Ásia.

A aceitação deste material se deve principalmente a suas características isolantes (térmico e acústico) e ao menor custo de produção já que para sua fabricação podem ser utilizados resíduos da exploração florestal e resíduos dos processos industriais (LATORRACA 2003). Matoski e Iwakiri (2007) explicam que com a mistura do cimento e da madeira, o cimento engloba as partículas de madeira, protegendo-as do meio e por outro lado a madeira gera um aumento da resistência a tração para o cimento. Mori et al (2007) também acrescenta como vantagem o fato de ser dispensada a utilização de adesivo sintético (fenol formaldeído, por exemplo) como aglutinante, utilizando o cimento Portland que possui um custo menor. Com isso entendemos que o material possui propriedades isolantes, e é resistente a ataque de agentes biodegradadores. De acordo com Moslemi, Pfister (1987 apud CASTRO et al., 2014), o maior problema para produção deste compósito está relacionado a escolha da espécie para a mistura.

É considerado por Matoski (2005), um compósito quando um material é constituído por no mínimo dois constituintes, sendo uma das fases reforçada, sendo neste trabalho considerado o madeira-cimento, temos, o cimento como fase ligante e as fibras. Com esta mistura, temos um compósito leve e com resistência e dureza elevadas (MATOSKI, 2005).

Segundo Manzini e Vezzoli (2002), quando comparamos a utilização de fibras naturais com fibras sintéticas, se tem vantagens em relação ao custo e a tecnologia necessária para obtenção, sendo assim, este compósito oferece uma viabilidade econômica e uso racional da matéria. Como explicado por Matoski e Iwakiri (2007), este material possui uma empregabilidade muito ampla, suas vantagens se apresentam quando se observa as características físico-mecânicas. É chamada a atenção para um cuidado na produção, em que Matoski (2005) alega que o compósito

apresenta as propriedades no mínimo aceitáveis se a mistura do painel for a mais homogênea possível, as fibras de madeira devem ser totalmente envolvidas pelo cimento. Wolfe e Gjinolli (1997) apontam a capacidade de aplicação em áreas propensas a atividade sísmica, pelo fato de dissipar energia mecânica.

Matoski (2005) diferencia os painéis quanto o dimensionamento das partículas utilizadas para sua produção, dividindo-os em dois tipos “Excelsior” e Flake. Painéis “Excelsior” utilizam partículas com maiores dimensões, proporcionando uma baixa densidade e conseqüentemente uma baixa resistência, utilizado principalmente para isolamento térmico e acústico (MATOSKI, 2005).

- Densidade (g/cm^3): 0,24 – 0,42;
- Dimensionamento de partículas (mm): largura de 0,5 - 5 e comprimento de até 500.

Painéis Flake possuem uma utilização mais robusta como em paredes, pisos e forros, sua resistência é maior, devido a utilização de partículas menores que culminam em uma maior densidade (MATOSKI, 2005)

- Densidade (g/cm^3): 0,95 – 1,3;
- Dimensionamento de partículas (mm): largura de 0,2 – 2,5 e comprimento de 2 – 20.

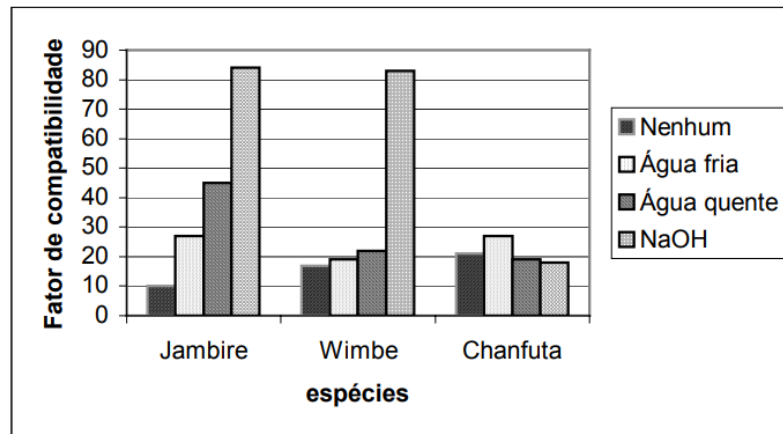
3.7 Compatibilidade Madeira-Cimento

De acordo com Matoski (2005), a concentração de carboidratos, glicosídeos e componentes fenólicos, variam de espécie para espécie e estes componentes dificultam ou até inibem a pega do cimento e conseqüentemente não se forma o compósito. A madeira por ser pouco resistente a meios alcalinos pode perder resistência durante a fase de hidratação do cimento, por ser produzido um meio altamente alcalino. Existem três formas de adesão entre o cimento e a madeira, sendo elas a física, por meio de entrelaçamento entre as faces, a química, resultado das pontes de hidrogênio, e a físico-química (COUTS; KIGHTLY, 1984, apud LATORRACA, 2000).

Hachmi e Campbell (1989) expõe que devido a adição de outros materiais à mistura do cimento, como a madeira ou outros aditivos, conseqüentemente a intensidade da reação, o tempo e a resistência final do material são modificados. Para

se ter um aumento da compatibilidade entre estes materiais, alguns tratamentos são aplicados, podendo ser físicos, químicos e biológicos. Na remoção de extrativos os mais utilizados são, água fria e quente ou solventes orgânicos (CASTRO, 2015). Matoski (2005), apresenta em seu trabalho a imagem abaixo (Figura 2) que mostra a efetividade dos tratamentos para uma maior compatibilidade com o cimento.

Figura 2: Demonstração da resposta de compatibilidade a diferentes tratamentos

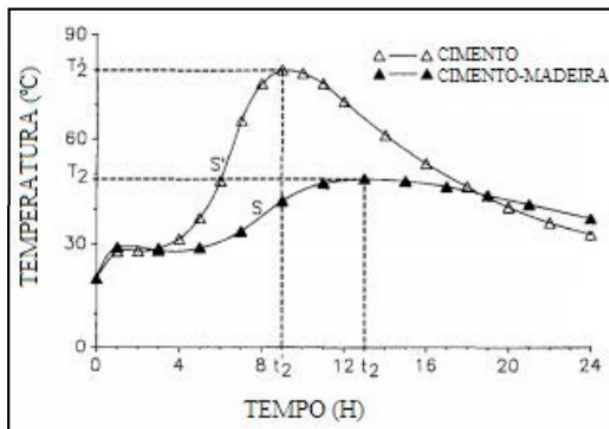


Fonte: MATOSKI, 2005

Segundo Sutigno (2000 apud FERRAZ, 2011, p.24), através do processo de extração aquosa (três dias em água fria e três horas em água quente) melhorou a compatibilidade da *Tectona grandis* com o cimento. Conforme Lima (2009), a hidratação do cimento resulta de uma gama de reações que liberam calor e a quantidade de calor liberado tende a variar com a composição química presente, com isso monitora-se a variação de temperatura ao longo do tempo, dessa forma analisa-se a compatibilidade entre o cimento e a madeira através da temperatura da reação de hidratação.

Lima (2009) ainda afirma que, “espécies altamente compatíveis, quando misturadas com o cimento, apresentem uma temperatura superior a 60°C, enquanto espécies incompatíveis não excedem a temperatura de 50°C.”. Para exemplificar na Figura 3 um gráfico que demonstra o achatamento da curva de hidratação ocasionado pela mistura do componente madeira, e pode ser observada a temperatura máxima da hidratação do cimento-madeira que não alcançou 60°C, com este dado entende-se que o gênero utilizado na mistura não possui uma alta compatibilidade.

Figura 3: Comparação de curvas de hidratação de cimento e cimento-madeira (partículas de *Quercus suber* L)



Fonte: WEBER, et al., 2017

Por apresentarem características que as tornam harmonizáveis para serem misturadas ao cimento, as coníferas se destacam por não impossibilitar a cura e o endurecimento do cimento (LATORRACA e IWAKIRI, 2001).

4. Metodologia

O delineamento experimental foi planejado levando em consideração a NBR – 12655. O controle será feito de forma parcial e serão utilizados 10 corpos de prova para cada concentração. Sendo utilizado para mistura apenas 3 materiais (cimento, serragem e água), na Tabela 1 estão demonstrados os tratamentos, as concentrações a serem utilizadas.

Tabela 1: Indicação da relação madeira: cimento e número de corpos-de-prova necessários.

Sigla	Madeira : Cimento (%)	Água : Cimento (%)	Números de corpos-de-prova
T1	25	50	10
T1P	25	50	10
T2	75	50	10
T2P	75	50	10
			40

Fonte: Autor, 2021.

4.1 Localização

Este trabalho será desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Dois Vizinhos, no Laboratório de Tecnologia da Madeira.

4.2 Aglomerante mineral

Foi utilizado como aglomerante mineral o Cimento Portland composto com material pozolânico (CP II – Z), o cimento adquirido apresenta-se em conformidade com a NBR – 16697. A escolha do matéria ocorreu devido a oferta do mercado local de Dois Vizinhos, onde só foi encontrado desta classe para compra a pronta entrega.

4.3 Madeira

Foi utilizada serragem de Araucária, adquirida na serraria Valmeri, da região de Dois Vizinhos. A serragem foi utilizada sem ser peneirada, sendo removido partículas discrepantes com seleção manual, e não foi feito controle de umidade.

4.4 Quantificação dos componentes

A proporção dos componentes foi decidida em relação a massa de cimento, com isso temos 50% de água e a proporção de madeira irá variar de 25% e 75%. De acordo com as proporções definidas, utilizando o método de Latorraca (2000), usa-se as dimensões do corpo de prova, a densidade desejada, as relações madeira: cimento e água: cimento e o teor de umidade das partículas de madeira. Com isso, a partir dos parâmetros demonstrados na Tabela 2, seguimos as equações de 1 a 7 para a determinação dos componentes a serem utilizados na confecção do compósito.

Tabela 2: Parâmetros utilizados para quantificação dos componentes

Densidade* (g/cm³)	1,125
Diâmetro (cm)	10
Altura (cm)	20
Relação Madeira: Cimento 1	0,25
Relação Madeira: Cimento 2	0,75
Relação Água: Cimento	0,5
Teor de Umidade Madeira (%)	12
Teor de Aditivos no Cimento (%)	0

*: A densidade definida foi baseada na média da densidade de painéis do tipo Flake, de acordo com Matoski (2005)

Fonte: Autor, 2021.

$$Pc = \left(\pi * \frac{D^2}{4}\right) * A * PE \quad (1)$$

Onde:

Pc: Massa do compósito (g);

D: Diâmetro (cm);

A: Altura (cm);

PE: Massa Específica (g/cm³).

$$cs = \frac{Pc}{(1 + \text{relação madeira: cimento} + \text{relação água: cimento})} \quad (2)$$

$$ms = \frac{(Pc * \text{relação madeira: cimento})}{(1 + \text{relação madeira: cimento} + \text{relação água: cimento})} \quad (3)$$

Onde:

cs: Massa do cimento seco (g);

ms: Massa da madeira seca (g);

Pc: Massa do compósito (g).

$$C = cs * \left(1 - \frac{a}{100}\right) \quad (4)$$

$$M = ms * \left(1 + \frac{TU}{100}\right) \quad (5)$$

$$W = \text{relação água: cimento} * cs + \left(ms * \left(0,03 - \frac{TU}{100}\right)\right) \quad (6)$$

$$PT = C + M + W \quad (7)$$

Onde:

C: Quantidade de cimento necessária (g);

a: Teor de aditivos no cimento (%);

M: Quantidade de partículas de madeira necessária (g);

TU: Teor de umidade das partículas de madeira (%);

W: Quantidade de água necessária (g).

4.5 Confeção dos corpos de prova

Após a mistura homogênea dos compostos em uma betoneira (Figura 4), o material será despejado nos moldes (Figura 5) untados com óleo vegetal de Soja, visando formar uma camada fina camada que facilitara o processo de desenformar os corpos de prova. Durante o processo de formação dos corpos de prova, serão submetidos a uma compressão manual a fim de remover os espaços vazios da mistura. Após 7 dias de cura, os corpos-de-prova serão retirados dos moldes e deixados maturando até o 28º dia ao ar livre, como indicado na NBR – 5738.

Figura 4: Mistura sendo feita com auxílio da betoneira



Fonte: Autor, 2021

Figura 5: Fabricação do corpo de prova, molde de PVC, pilão e mistura



Fonte: Autor, 2021

4.6 Ensaio

Após o 28º dia de maturação os corpos-de-prova foram transportados ao laboratório onde os testes de compressão respeitando a NBR – 5739 foram

executados (Figura 6). Os ensaios foram feitos na máquina de testes universal, onde uma força foi aplicada de forma contínua até a ruptura do corpo de prova e com isso gerou-se os dados de Força Máxima e Pressão.

Figura 6: Corpo de prova submetido ao ensaio de Compressão.



Fonte: Autor, 2021

4.7 Análises de dados

Os dados adquiridos foram tabelados e processados em software para análise estatística onde foram efetuados a ANOVA e o teste de comparação de médias, com

o objetivo de observar a diferença ou não entre os tratamentos e tamanhos dos corpos de prova.

5. Resultados e Discussão

Através dos ensaios foi possível verificar a força aplicada aos corpos de prova, até seu ponto de ruptura. De acordo com a NBR 8953, que classifica o cimento de acordo com a pressão resistida (Figura 7), o cimento para ser caracterizado para uso estrutural deve se enquadrar, no mínimo, na classe C20. Como pode ser observado nas tabelas 3 e 4, os corpos de prova não demonstraram uma resistência compatível ao concreto estrutural.

Figura 7: Classes descritas na NBR - 8953

Tabela 1 – Classes de resistência de concretos estruturais

Classe de resistência Grupo I	Resistência característica à compressão MPa	Classe de resistência Grupo II	Resistência característica à compressão MPa
C20	20	C55	55
C25	25	C60	60
C30	30	C70	70
C35	35	C80	80
C40	40	C90	90
C45	45	C100	100
C50	50		

Fonte: ABNT, 2015.

Tabela 3: Resultados tabelados de cada corpo de prova na concentração de 25% e tamanhos de 200mm e 80mm.

Teor de 25%

Tamanho 200mm				Tamanho 80mm			
CP	Densidade (g/cm ³)	F _{máx} (N)	Pressão (MPa)	CP	Densidade (g/cm ³)	F _{máx} (N)	Pressão (MPa)
1	1.55	27596	3.78	1	1.34	2964	2.64
2	1.44	20650	2.80	2	1.23	2193	1.93
3	1.63	21741	3.24	3	1.37	3268	2.88
4	1.80	23251	3.85	4	1.35	3050	2.71
5	1.61	16922	2.83	5	1.12	1813	1.63
6	1.55	14501	2.42	6	1.19	2629	2.34
7	1.82	23675	4.16	7	1.22	2453	2.17
8	0.97	17043	1.75	8	1.24	2781	2.47
9	0.90	9606	0.95	9	1.25	3074	2.73
10	1.24	13378	1.78	10	1.12	2066	1.83

Fonte: O Autor, 2022

Tabela 4: Resultados tabelados de cada corpo de prova na concentração de 75% e tamanhos de 200mm e 80mm.

Teor de 75%							
Tamanho 200mm				Tamanho 80mm			
CP	Densidade (g/cm ³)	F _{máx} (N)	Pressão (MPa)	CP	Densidade (g/cm ³)	F _{máx} (N)	Pressão (MPa)
1	0.69	2663	0.40	1	0.84	1478	1.34
2	0.75	2193	0.33	2	0.82	1758	1.58
3	0.74	4225	0.63	3	0.88	3029	2.69
4	0.65	3965	0.54	4	0.83	2218	2.02
5	0.69	4759	0.68	5	0.83	1976	1.79
6	0.68	6183	0.84	6	0.89	2974	2.69
7	0.68	4964	0.67	7	0.85	1907	1.72
8	0.71	4404	0.63	8	0.82	2473	2.23
9	0.67	5758	0.77	9	0.80	1364	1.24
10	0.69	5064	0.69	10	0.83	1216	1.11

Fonte: O Autor, 2022

O material testado, nessas condições, não se mostrou compatível como um concreto para uso em estrutura, porém observando as NBR – 8491 e 8492 o cimento-madeira se demonstrou enquadrado no quesito de Resistência a Compressão média, onde de acordo com a tabela 5 ficou acima de 2 MPa.

Tabela 5: Média dos resultados dos corpos de prova de cada concentração de 75% e tamanho.

Teor (%)	Tamanho (mm)	Densidade (g/cm ³)	F _{máx} (N)	Pressão (MPa)
25	200	1.434	18063.18	2.632
	80	1.242	2629.10	2.334
75	200	0.694	4502.91	0.627
	80	0.839	2039.30	1.840

Fonte: O Autor, 2022

Para comparação corpos de Pasta Base (mistura simples de cimento e água) foram testados alcançando médias abaixo, demonstrando a diferença de resistência para os corpos do composto de cimento-madeira. Os corpos de pasta base tiveram uma densidade similar aos corpos de 25%, porém seu desempenho em ensaio foi superior.

Tabela 6: Média dos resultados dos corpos de prova de concentração de 0% e tamanho.

Tamanho (mm)	Densidade (g/cm ³)	F _{máx} (N)	Pressão (Mpa)
200	1,55	52150	7.08
80	1,58	13315.5	12.25

Fonte: O Autor, 2022

5.1 Custo

Na tabela abaixo está demonstrado os valores utilizados para a fabricação do material e ao fim foram extrapolados para a quantidade de 1 m³, assim pode-se ter uma base para comparação com o valor do metro cúbico do concreto usinado que está em média de R\$ 530,00.

Tabela 7: Demonstrativo dos valores de cada material para a fabricação de 10 corpos de prova de 100 x 200 mm.

Teores (%)	Cimento (R\$)	Serragem (R\$)	Água (R\$)	Total (R\$)	Total (R\$/m ³)
25	7,66	0	0,04	7,71	490.66
75	5,48	0	0,03	5,51	350.94

Fonte: O Autor, 2022

5.2 Estatística

Utilizando o programa GraphPad foi feita a Análise de Variância para identificar a existência ou não de diferença entre os tratamentos e os tamanhos das amostras. Nas figuras abaixo, estão os representados os grupos analisados pela ANOVA (Grupo A de teor de 25% e Grupo B de teor de 75%), e seus resultados, que demonstraram não haver diferença estatística dentre os tamanhos das amostras. Porém os tratamentos diferem entre si, sendo o teor de 25% (Grupo A) que apresentou melhores resultados na comparação de médias.

Tabela 8: Grupo A da Análise de Variância.

Grupo A - 25%										
Tamanho (mm)	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
200	3,78	2,8	3,24	3,85	2,83	2,42	4,16	1,75	0,95	1,78
80	2,64	1,93	2,88	2,71	1,63	2,34	2,17	2,47	2,73	1,83

Fonte: Autor, 2022

Tabela 9: Grupo B da Análise de Variância.

Grupo B - 75%										
Tamanho (mm)	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7	CP8	CP9	CP10
200	0,4	0,33	0,63	0,54	0,68	0,84	0,67	0,63	0,77	0,69
80	1,34	1,58	2,69	2,02	1,79	2,69	1,72	2,23	1,24	1,11

Fonte: Autor, 2022

Após o processamento dos dados pelo GraphPad, pode ser observado que não houve diferença estatísticas nos resultados entre Linhas do mesmo grupo (Figura 8 e Figura 10), ou seja, a variação de tamanho de corpo de prova não indicou uma diferença estatística dentro do ensaio de compressão. Porém entre os tratamentos, foi observado a diferença significativa e confirmada no teste de comparação de média (Figura 9 e Figura 11).

Figura 8: Tela de Resultados da ANOVA no GraphPad.

7	Source of Variation	% of total variation	P value	P value summary	Significant?
8	Row Factor	3.986	0.0517	ns	No
9	Column Factor	43.03	<0.0001	****	Yes
10	Row Factor x Column Factor	16.86	0.0032	**	Yes

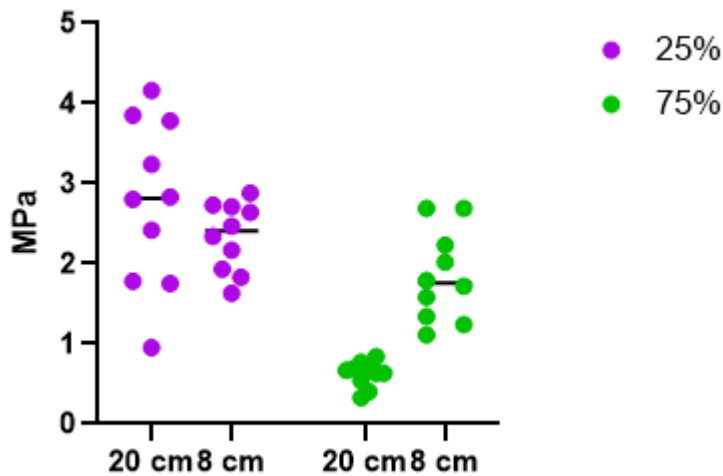
Fonte: Autor, 2022

Figura 9: Tela de Resultados do Teste de Comparação de Médias no GraphPad.

Paired t test		
1	Table Analyzed	Data 4
2		
3	Column B	75%
4	vs.	vs.
5	Column A	25%
6		
7	Paired t test	
8	P value	<0.0001
9	P value summary	****
10	Significantly different (P < 0.05)?	Yes
11	One- or two-tailed P value?	Two-tailed
12	t, df	t=6.829, df=9
13	Number of pairs	10
14		
15	How big is the difference?	
16	Mean of differences (B - A)	-1.316
17	SD of differences	0.6093
18	SEM of differences	0.1927
19	95% confidence interval	-1.752 to -0.8800
20	R squared (partial eta squared)	0.8382

Fonte: Autor, 2022

Figura 10: Análise de Variância dos dados de pressão resistida.

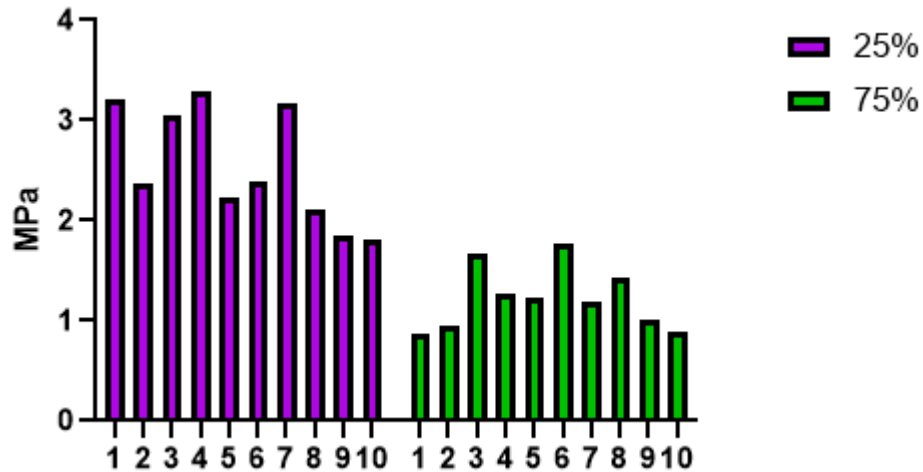


Fonte: O Autor, 2022

Pode ser observado na figura acima que os corpos de prova do Grupo A com 20 cm tiveram a maior variação, enquanto os corpos de prova de 20 cm do Grupo B

tiveram a menor variação. Isso pode ser explicado pelo método de compactação utilizado, que pelo esforço utilizado na compactação manual os corpos de prova não recebem uma força controlada para a compactação e acabaram variando na quantidade de espaços vazios e material recebido.

Figura 11: Comparação de médias dos dados de pressão resistida.



Fonte: O Autor, 2022

6. Conclusão

Neste trabalho foi constatado que o composto de cimento-madeira nas especificações seguidas, não se mostrou eficaz para sua utilização de forma estrutural, porém, ao longo dos processos deste trabalho o composto mostrou-se um material interessante e que possivelmente pode ser aplicado de outras maneiras como, paredes de divisória, piso, artesanato e talvez em forma de mourões.

Também foi constatado que o tamanho do corpo de prova reduzido para 4x8 cm, não demonstrou diferença estatística do comportamento do material quanto ao ensaio de resistência a compressão. Com isso se mostrou uma opção mais fácil e com um menor consumo de material para este tipo de ensaio.

Desta maneira, é recomendado que a pesquisa deste composto seja continuada, com uma compactação controlada, com outras concentrações, cimentos mais resistentes e até mesmo com a armação. Mesmo que o composto não tenha se demonstrado eficaz para uso estrutural, seus resultados demonstraram-se promissores para outras formas de aplicação.

7. Cronograma

Atividade	JUL 2021	AGO 2021	SET 2021	OUT 2021	NOV 2021	DEZ 2021	JUN 2022
Confecção dos Corpos de Prova	X						
Ensaio de Resistência		X					
Processamento de Dados			X				
Apresentação							X
Entrega do Trabalho Final							X

Referências Bibliográficas

AMORIM, Patricia Gomes Ribeiro. **PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS TERMOACÚSTICOS A BASE DE RESÍDUOS RECICLADOS PROVENIENTES DA CONSTRUÇÃO CIVIL**. 2014. 107 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Florestais, Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/17465/1/2014_PatriciaGomesRibeiroAmorim.pdf. Acesso em: 07 abr. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 12 p. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%205738%20-%202015_aula.pdf. Acesso em: 11 mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2018. 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491: Tijolo de solo-cimento – Requisitos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2012. 09 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491: Tijolo de solo- Análise dimensional, Determinação da resistência à compressão e da absorção de água — Método de Ensaio**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2012. 04 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8953: concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de Resistência e Consistência**. 3 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 07 p.

ABCP- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **CIMENTO: diferentes tipos e aplicações**. Disponível em: <https://abcp.org.br/imprensa/artigos/cimento-diferentes-tipos-e-aplicacoes/>. Acesso em: 08 abr. 2020.

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

ANGELIN, Aline. **Tectona grandis**. IPEF, 2003. Disponível em: <https://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>. Acesso em: 09 abr. 2020.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. Cimento Portland. *In*: ISAIAS, Geraldo Cechella. et al. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1. Ed. 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4842270/mod_resource/content/0/capitulo%206%20Cimento%20A%20Battagin.pdf. Acessado em: 08 abr. 2020.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção 2**. 5ª Edição. Editora LTC, Rio de Janeiro, 1994.

BIANCHE, Juliana Jerásio. **INTERFACE MADEIRA-ADESIVO E RESISTÊNCIA DE JUNTAS COLADAS COM DIFERENTES ADESIVOS E GRAMATURA**. 2014. 98 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/603/1/texto%20completo.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2021.

BUSNARDO, C.A. Umidade ao abate da madeira e da casca de *Eucalyptus grandis*. **Silvicultura**, v.8, n.28, p. 749-753, 1983.

CASSILHA, Antonio Carlos. et al. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **EDUCAÇÃO & TECNOLOGIA**, Curitiba, p. 1-21. 2002.

CASTRO, Vinicius; et al. Avaliação dos efeitos de pré-tratamentos da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cambage no grau de compatibilidade com cimento Portland. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 5, p. 935-942, 2014. Disponível em : <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v38n5/v38n5a18.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

CASTRO, Vinicius Gomes de. **Espécies da Amazônia na produção de compósitos madeira-cimento por vibro-compactação**. 2015. p. 221. Pós-graduação – UFPR, Curitiba.

CIFLORESTAS – CENTRO DE INTELIGÊNCIA EM FLORESTAS. **Pinus**. Disponível em: <<http://www.ciflorestas.com.br/texto.php?p=pinus>>. Acessado em: 14 abr. 2020.

CNCFlora. Araucaria angustifolia in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Araucaria angustifolia](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Araucaria%20angustifolia)>. Acesso em 3 novembro 2021.

DELGADO, Luiz Gustavo Martinelli; GOMES, Josébio Esteves; ARAUJO, Handrey Borges. Análise do sistema de produção de teca (*Tectona grandis* L.F.) no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ISSN 1678-3867, n. 11, p. 01-06, fev. 2008.

FERRAZ, Joana Mendes. **Produção e Propriedades de painéis de fibra de coco verde (Cocos nucifera L.) em mistura com cimento Portland**. 2011. p.78. Mestrado – UnB, Brasília. Disponível em <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7809/3/2011_JoanaMendesFerraz.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e conservação**. Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006. KANG, C. W.; PARK, H.J.; JEONG, I.S.; KIM, G. C. Measurement of the sound absorption coefficient of fiberboard by the microphone method. **Mokchae Konghak** **33(5)**: p.45-49. 2005.

HACHMI, M.; CAMPBELL, A. G. Wood-cement chemical relationships. In: Inorganic Bonded Wood and Fiber Composite Materials. Session II: Raw Material Considerations. USA. VOL. I, 1989. p. 43-47

HELENE, P; ANDRADE, T. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. IBRACON, cap. 29, p. 905, 2010. Disponível em: <<https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc48.pdf>>. Acessado em: 15 mar. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – PEVS**. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?edicao=25472&t=resultados>>. Acesso em: 23 abr. 2020.

IWAKIRI, S et al. Resíduos de serraria na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. **Scientia Agrária**, Curitiba, v.1, n. 1-2, p.23-28, 2000.

KLOCK, Umberto et al. **Química na Madeira**. 3. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005. 81 p. Disponível em: <http://www.marioloureiro.net/ciencia/biomass/quimicadamadeira.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2021.

KOLLMANN, F.F.P; CÔTÈ, W.A. **Principles of wood Science and Technology**. New York: Springer-Verlag, 1968. V.1

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.

LIMA, A. J. M. de. **Utilização de resíduo de *Pinus spp* e materiais cimentícios alternativos na produção de blocos para alvenaria estrutural.** 282 f. Curitiba, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MACÊDO, Acebíades Negrão.; COSTA E SOUZA, Alberto Alexandre.; NETO, Bernardo Borges Pompeu. Chapas de cimento-madeira com resíduos da indústria madeireira da Região Amazônica. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 131-150, abr./jun. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v12n2/09.pdf>>. Acesso em: 14/04/2020.

Manual do Cultivo da Teca. Mato Grosso: Cáceres Florestal S/A, 3ª ed, versão atualizada em jan., 2006

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis. [S. L.]: Edusp, 2008. 366 p. Tradução por: Astrid de Carvalho.

MATOSKI, A. Utilização de pó de madeira com granulometria controlada na produção de painéis de cimento-madeira. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 187 p., 2005.

MATOSKI, A.; IWAKIRI, S. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de painéis de cimento-madeira utilizando farinha de madeira com granulometria controlada. **Floresta**, Curitiba, v.37, n. 2, p. 149-158, 2007.

MATRICARDI, W.A.T. **Efeitos dos fatores do solo sobre o desenvolvimento da teca (*Tectona grandis* L.f.) cultivada na Grande Cáceres-Mato Grosso.** Dissertação (Mestrado) ESALQ. Piracicaba, 1989.

MURARA JUNIOR, Mauro Itamar; ROCHA, Márcio Pereira da; TIMOFEICZYK JUNIOR, Romano. RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA DE *Pinus taeda* PARA DUAS METODOLOGIAS DE DESDOBRO. **Floresta**, Curitiba, v. 35, n. 3, p. 473-483, dez. 2005. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/5186/3900>. Acesso em: 11 mar. 2021.

MORI, Fábio Akira, et al., Estudo da compatibilidade entre a madeira e as cascas de *Eucalyptus grandis* e cimento Portland. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 3, p. 257-264, jul-set. 2007. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1957/1211>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

MURARA JUNIOR, Mauro Itamar; ROCHA, Márcio Pereira da; TRUGILHO, Paulo Fernando. Estimativa do Rendimento em Madeira Serrada de *Pinus* para Duas Metodologias de Desdobro. **Floresta e Ambiente**, [S. L.], v. 20, n. 4, p. 556-563, 31 dez. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/floram/v20n4/aop_005412.pdf. Acesso em: 11 mar. 2021.

PAULA, L.V.Q. Resistência Característica à Compressão do Concreto. **Revista Argamassa – Campo Grande**. v.1, n.3, p.06-23, setembro/dezembro, 2018. Disponível em: <<https://desafioonline.ufms.br/index.php/argamassa/article/view/9059>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

PINHEIRO, L. M. MUZARDO, C. D. SANTOS, S. P. **Estruturas de Concreto.** USP – EESC – Departamento de Engenharia de Estruturas, cap. 2 p 2.1 – 2.10, 2004. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/Concreto.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

PRATA, G.P. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de pinus tropicais para a produção de painéis colados lateralmente (edge glued panels – EGP)**. 177f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LATORRACA, João Vicente de Figueiredo. Painéis de cimento-madeira: características e aplicações. *Revista da Madeira*, [S. L.], v. 1, n. 71, p. 1-1, maio 2003. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=323&subject=Cimento%20-%20Madeira&title=Pain%20de%20cimento-madeira:%20caracter%20sticas%20e%20aplica%20es. Acesso em: 15 mar. 2021.

LATORRACA, J. V. F.; IWAKIRI, S. Efeito da cura a vapor sobre as propriedades mecânicas de painéis de cimento-madeira. *Floresta e Ambiente*, v.8, n.1, p.84-93, 2001. Disponível em: <https://www.floram.org/article/588e21f6e710ab87018b45c1/pdf/floram-8-C3%BAnico-84.pdf>. Acesso em: 15/03/2021.

SOARES, Aline Krolow *et al.* Composição química e estabilidade dimensional da madeira de três eucaliptos. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 1-7, 6 dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620180004.0560>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rmat/v23n4/1517-7076-rmat-23-4-e12226.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2021.

SHIMIZU, Jarbas Yukio (Ed.). **Pínus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/315381/pinus-na-silvicultura-brasileira>. Acesso em: 14/04/2020.

TEIXEIRA, M. F. **Substituição de matéria-prima a virgem por matéria-prima alternativa na indústria de madeira reconstituída**. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) Centro Universitário UNIVATES, 2011.

WEBER, Alessandra Monique, et al., Análise da influência do traço nas propriedades do compósito cimento-madeira. **Principia**, João Pessoa-PB, n. 36, p. 50-59, 2017.

WOLFE, R. W.; GJINOLLI, A. Cement-bonded wood composites as an engineering material. **The use of recycled wood and paper in building applications**. Madison: [s.n], p.84-91, 1997.