



Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”



FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA DE PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

SILVIA MARANA NASSER

**PAINÉIS COM PARTÍCULAS DE MADEIRA DA ESPÉCIE TECA E
CASCA DE AMENDOIM COM ADESIVO À BASE DE MAMONA**

**BAURU - SP
Setembro - 2019**

SILVIA MARANA NASSER

**PAINÉIS COM PARTÍCULAS DE MADEIRA DA ESPÉCIE TECA E
CASCA DE AMENDOIM COM ADESIVO À BASE DE MAMONA**

**Tese apresentada à Faculdade de Engenharia da
UNESP – Câmpus de Bauru, programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica, na Área de
Processos de Fabricação, como parte dos requisitos
necessários à obtenção do título de Doutora em
Engenharia Mecânica.**

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo De Domênico Valarelli

**BAURU - SP
Setembro – 2019**

Nasser, Sílvia Marana.

Painéis de partículas de madeira da espécie
Teca e casca de amendoim com adesivo à base de
mamona / Sílvia Marana Nasser, 2019

262 f. : il.

Orientador: Dr. Ivaldo de Domênico Valarelli

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2019

1. Resistência física. 2. Resistência
Mecânica. 3. Resina poliuretana bicomponente.
4. Resíduos agroindustriais. I. Universidade
Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II.
Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE SÍLVIA MARANA NASSER, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 11 dias do mês de setembro do ano de 2019, às 09:00 horas, no(a) Anfiteatro da Seção Técnica de Pós-graduação da FEB, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Dr. MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO do(a) - / -, Prof. Dr. EDUARDO CARLOS BIANCHI do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. LUIZ DARE NETO do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru, Prof. Dr. FRANSBER SANTADE do(a) Engenharia / Escola Técnica Estadual de São Paulo - ETEC Jacinto Ferreira de Sá, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de SÍLVIA MARANA NASSER, intitulada **PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE MADEIRA DA ESPÉCIE TECA E CASCA DE AMENDOIM COM ADESIVO À BASE DE MAMONA**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. IVALDO DE DOMENICO VALARELLI

Dr. MARCUS ANTONIO PEREIRA BUENO

Prof. Dr. EDUARDO CARLOS BIANCHI

Prof. Dr. LUIZ DARE NETO

Prof. Dr. FRANSBER SANTADE

"Se vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes"

(Isaac Newton)

Dedico este trabalho à minha família pelo apoio e incentivo, ao Prof. Ivaldo pela sua sabedoria experiência e amizade, e aos verdadeiros amigos, que sempre acreditam e motivaram a busca pelo conhecimento e aprimoramento do aprendizado. Que os estudos aqui descritos, sejam úteis ao desenvolvimento de novas pesquisas.

AGRADECIMENTOS

Á todos que direta ou indiretamente apoiaram e incentivaram o desenvolvimento deste trabalho, meus sinceros agradecimentos:

- *Agradeço a Deus, pela dádiva da vida e por este momento;*
- *Agradeço meus aos pais a quem dou mérito, avós e tios (in memoriam) que deixam seu legado permitindo-me assim prosseguir, mesmo com suas ausências.*
- *Agradeço a Prof.^a Thereza Nobrega Ramalho, por conduzir-me pelo caminho das letras e palavras, com sua infinita generosidade, dedicação e carinho, transmitindo-me o valor do conhecimento, aqui representando à todos os acadêmicos que estiveram presentes até a conclusão desta jornada.*
- *Agradeço em especial à meu irmão Msc. Hanilton por seu exemplo, cumplicidade e apoio; minha cunhada Thais por valorizar o estudo e compreender os momentos de ausência; meus tios Laila, Múcio (in momoriam), que com sabedoria souberam orientar-me através de suas experiências; Yara, prima que motivou este projeto; e finalmente a pequena Laila minha sobrinha à quem dedico todos os meus esforços; família onde encontro forças e motivos para continuar.*
- *Agradecimento especial ao prof. Dr. Ivaldo de Domenico Valarelli, do Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP de Bauru, por orientar, confiar e acreditar em meus propósitos e pela oportunidade em compartilhar de vosso conhecimento e experiência;*
- *Agradeço a prof.^a Dr^a Rosane Aparecida Gomes Battistelle, do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UNESP de Bauru, pela confiança e oportunidade de trabalharmos juntas, compartilhar de vossos conhecimentos, experiências e grande amizade;*
- *Agradeço aos profs. Dr. Manoel Cléber de Sampaio, Alves do Departamento de Materiais e Tecnologia UNESP de Guaratinguetá, Dr. Carlos Alberto Soufen, Dr. Gilberto de Magalhães Bento Gonçalves, Dr. Eduardo Carlos Bianchi, Dr. César Renato Foschini, Dr. Luiz Daré Neto, Dr. Luiz Eduardo de Ângelo Sanchez, do Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP de Bauru e Dr^a. Gladys Cacsire Barriga, do Departamento de Engenharia de Produção UNESP de Bauru, pelos conhecimento à mim transferidos, os quais permitiram-me nortear esta pesquisa;*

- *Agradeço com carinho ao amigo e parceiro Dr. Fransber Santade, grande incentivador, a quem dou os créditos deste projeto por conduzir, orientar, apoiar e participar diretamente, em todas as etapas, desde sua concepção.*
- *Agradeço também ao Técnico de laboratório Israel Luiz Pereira dos Santos do Laboratório de Construção, Civil da Unesp-Bauru que realizou os ensaios para a análise mecânica do material desenvolvido em pesquisa.*
- *Agradeço ao amigo Evaldo Noel Garcia, pelo auxílio em todas as etapas de produção dos painéis e corpos de prova.*
- *Agradeço aos colegas doutorandos, em especial a amiga e companheira de estudo Msc. Andréia Archangelo, em primeiro lugar pela experiência e equilíbrio, tão importante quanto, pelos conhecimentos discutidos e compartilhados durante os estudos, apoio e paciência;*
- *Finalmente, agradeço a FEB pelo importante apoio a esta pesquisa.*

À todos, muito obrigada!

RESUMO

Painéis com partículas de madeira da espécie teca e casca de amendoim com adesivo à base de mamona

A sociedade atual está sendo obrigada a repensar seus conceitos e investir em novas alternativas de manejo dos recursos naturais e destino correto para os resíduos sólidos, a fim de minimizar os impactos negativos já em curso, evitando assim novos danos ao meio ambiente. Frente a essa realidade, a produção de painéis de partículas, a base de casca de amendoim (*Arachis hypogaea* L), resíduo da agroindústria, com madeira Teca da espécie (*Tectona grandis* L. f.), utilizando-se como adesivo a resina poliuretana bicomponente a base de óleo de mamona (*Ricinus communis* L) na proporção de 12% da massa de partícula, divididos em cinco traços, conforme variação da porcentagem de casca de amendoim presente no painel, sendo: 0%, 10%, 20%, 30% e 100%, apresenta um caráter inovador, sustentável e econômico, uma vez que sua produção visa à redução do descarte, e agrega valor ao material desperdiçado nos processos de fabricação de bens de consumo. Desta forma, este trabalho teve como objetivo, determinar a resistência mecânica através dos ensaios de resistência a flexão (MOR – módulo de ruptura e MOE- módulo de elasticidade), tração perpendicular, tração superficial, arrancamento de parafusos para topo e face, e dureza Janka; e ensaios físicos, densidade, umidade, inchamento em espessura (24h) e absorção de água (24h), dos painéis de partículas homogênea com 870,79 kg/m³, considerados painéis de alta densidade, em camada única, constituídos com Teca, partículas de casca de amendoim, ligados por resina PU, tendo como parâmetros as normas NBR ABNT 14810-2 (2013) e ANSI A208/1 (1999), ressaltando como resultados, que a aplicabilidade do material é viável à indústria moveleira e construção civil, considerando-se requisitos com limites estruturais e teor de umidade, recomendando-se desta forma o uso em ambientes internos e secos como painéis Tipo P2, (painéis não estruturais para uso interno em condições secas), como forros, divisórias painéis decorativos, pisos e outros.

PALAVRAS-CHAVE: Resistência física, Resistência mecânica, Resina poliuretana bicomponente, Resíduos agroindustriais.

ABSTRACT

Panels with teak wood particles and peanut shell with castor-based adhesive

The current society is being forced to rethink its concepts and invest in new natural resource management alternatives and a correct destination for solid waste, in order to minimize the negative impacts already in progress, thus avoiding further damage to the environment. In the face of this reality, the production of particle boards, the base of peanut bark (*Arachis hypogaea* L), agroindustry residue, with teak wood of the species (*Tectona grandis* L. f.), using as adhesive the polyurethane resin bicomponent based on castor oil (*Ricinus communis* L) in the proportion of 12% of the particle mass, divided into five traits, according to the percentage of peanut hull present in the panel, being: 0%, 10%, 20%, 30% and 100%, presents an innovative, sustainable and economic character, since its production aims at the reduction of the waste, and adds value to the material wasted in the processes of manufacture of consumer goods. Thus, this work had as objective to determine the mechanical strength through the flexural strength tests (MOR - modulus of rupture and MOE - modulus of elasticity), perpendicular traction, surface traction, pulling of screws for top and face, and janka hardness; and physical tests, density, humidity, thickness swelling (24h) and water absorption (24h) of homogeneous particle board with 870.79 kg / m³, considered as high density panels, single layer, consisting of Teak, peanut shell particles, bound by PU resin, having as parameters the standards NBR ABNT 14810- 2 (2013) and ANSI A208 / 1 (1999), showing that the applicability of the material is viable to the furniture and civil construction industry, considering requirements with structural limits and moisture content, thus recommending the use in indoor and dry environments such as Type P2 panels (non-structural panels for indoor use in dry conditions) such as ceilings, partitions, decorative panels, floors and others.

Keywords: Physical strength, mechanical strength, bicomponent polyurethane resin, agro-industrial residues.

Lista de Figuras

Figura 3.1 -	(A) Resíduo Agroindustrial (casca de amendoim) (B) Madeira de reflorestamento (Teca), triturada.	007
Figura 3.2 -	Painel aglomerado de madeira de florestamento (Teca), e casca de amendoim.	008
Figura 3.3 -	Gráfico da relação entre a taxa de crescimento populacional, segundo o continente, em comparação com o Brasil e o Mundo.	014
Figura 3.4 -	Tipos de resíduos Agroindustriais (A) casca de arroz (B) casca de amendoim.	017
Figura 3.5 -	Cultura de reflorestamento - Plantios de teca no estado de Mato Grosso, Brasil.	019
Figura 3.6 -	Representação das estruturas morfológicas da teca: tronco e galhos (A), inflorescência (B), folha (C) e casca (D).	019
Figura 3.7 -	Inflorescência da teca (A), composta por cachos (B), na forma de panículas, com 700 a 3.500 flores brancas e pequenas (C).	020
Figura 3.8 -	Teca jovem para comercialização (A), alburno de cerne de teca com 30 anos (B)	021
Figura 3.9 -	Mobiliário e painéis confeccionados dom madeira de reflorestamento - Teca	021
Figura 3.10 -	Distribuição natural da teca no continente asiático	023
Figura 3.11 -	Mapa dos países com plantios comerciais de Teca (<i>Tectona grandis</i> L.f.)	024
Figura 3.12 -	Cultura do amendoim(A), amendoim em vagem (B), ramificação do amendoim (C)	026
Figura 3.13 -	Amostra de amendoim com casca	026
Figura 3.14 -	Detalhe do amendoim em grão Caiapó	027
Figura 3.15 -	Detalhe do amendoim em grão da variedade Runner	027
Figura 3.16 -	Detalhe do amendoim em grão da Variedade Valencia	028
Figura 3.17 -	Detalhe da casca do amendoim	029
Figura 3.18 -	Representação química da formação de uma poliuretana	032
Figura 3.19 -	Produção brasileira de painéis de madeira reconstituída (A), Principais produtores mundiais (B), Destino dos painéis brasileiros (C)	034
Figura 3.20 -	Mapa da localização das indústrias de painéis de madeira no Brasil: Relatório 2017	035
Figura 3.21 -	Esquema de montagem de uma MLC	036
Figura 3.22 -	Painéis de madeira compensada	037
Figura 3.23 -	Painéis de fibra de madeira	037
Figura 3.24 -	Painéis de MDF - Painéis de Medium Density Fiberboard	038
Figura 3.25 -	A Dados comparativos de produção, exportação, importação painéis de madeira.	039
Figura 3.26 -	Painéis de OSB – Oriented Strand Board	040
Figura 3.27 -	Painéis de MDP - Medium Density Particleboard	040
Figura 3.28 -	Aplicações de sistemas na cobertura de madeira laminada colada.	041

Figura 3.29 -	Dados comparativos de produção, exportação, importação painéis de madeira	043
Figura 3.30 -	Sistema de distribuição de partículas no painel aglomerado.	044
Figura 3.31 -	Etapas do processo produtivo de painéis aglomerados.	044
Figura 4.32 -	Sistema de painel – (a) telha e estrutura, (B) vigas de reforço	048
Figura 4.33 -	Exemplar de Teca – Laboratório de processamento da madeira UNESP (Bauru) (A), Florescência da Teca – Laboratório de processamento da madeira UNESP (B), Tora cortadas retiradas da Teca – Laboratório de processamento da madeira UNESP (C)	059
Figura 4.34 -	Casca de amendoim beneficiada	059
Figura 4.35 -	Prensa manual em madeira	060
Figura 4.36 -	Peneira vibratórias montados em agitador mecânico (A), conjunto de peneiras vibratórias (B).	061
Figura 4.37 -	Tabela Mesh – Fabricante Bertel	061
Figura 4.38 -	Caixa em madeira para formação dos colchões	061
Figura 4.39 -	Estufa Solab – secagem das partículas para formação dos colchões	062
Figura 4.40 -	Retirada das toras em vigas para triturador	063
Figura 4.41 -	Lavagem da casca de amendoim (A e B), Retirada da umidade ao sol sobre lona (C) e secagem em estufa (D)	064
Figura 4.42 -	Vigas de madeira Teca (A), material triturado (B)	064
Figura 4.43 -	Material retido em peneira (A), material classificado (B)	064
Figura 4.44 -	Material selecionado proporcionalmente em balança (A)	065
Figura 4.45 -	Material acondicionado em sacos para posterior formação do colchão (B)	066
Figura 4.46 -	Conjunto de painéis produzidos de traços (T1, T2, T3, T4 e T5).	067
Figura 4.47 -	Mistura dos componentes manualmente (A) e Mistura mecânica dos componentes (B)	068
Figura 4.48 -	Caixa formadora 380 x 320 x 12,7 mm (A) e quadro metálico (B), Colchão pré prensado (C)	069
Figura 4.49 -	Prensa Manual de Alavanca	070
Figura 4.50 -	Colchão entre chapas metálica em prensa hidráulica	070
Figura 4.51 -	Modelo do plano do desenvolvimento de corte conforme norma NBR 14810-2	071
Figura 4.52 -	Painéis cortados em posição de retirada dos corpos de prova (A), modelo do plano do desenvolvimento de corte conforme norma NBR 14810-2 (B)	073
Figura 4.53 -	Retirada dos corpos de prova conforme mapeamento do painel	074
Figura 4.54 -	Medida das posições (b1) e (b2), (A) e Tomada das dimensões do centro dos corpo de prova para determinação da densidade com (B)	075
Figura 4.55 -	Pontos de medida do corpo de prova.	076
Figura 4.56 -	Corpos de prova medidos e pesados para ensaio de umidade	077
Figura 4.57 -	Corpos de prova submersos em água para determinar a absorção de água (A), retirada do excesso de agua em papel absorvente (B)	078

Figura 4.58 -	Corpos de prova submersos em água para determinação do inchamento em espessura	078
Figura 4.59 -	Pontos de medidas dos corpos de prova	080
Figura 4.60 -	Forma de colocação do corpo de prova sobre os apoios da máquina universal de ensaios	081
Figura 4.61 -	Montagem do corpo de prova no dispositivo de ensaio.	081
Figura 4.62 -	Blocos de fixação e área de colagem	082
Figura 4.63 -	Corpos de prova colados ao suportes (a) Componentes A e B do adesivo (B) Ensaio de tração perpendicular (C)	083
Figura 4.64 -	Corpos de prova 50mm x 50mm (A), Centro geométrico dos corpos de prova (B) serra copo e limitador com limitador de profundidade 1,0mm (C) e (D)	084
Figura 4.65 -	Corpos de prova 50mm x 50mm para ensaios de arranchamento de parafuso (topo e superfície)	085
Figura 4.66 -	Suportes para garantir centralização e profundidade de furação dos corpos de prova (A), furação e rosca do parafuso(B), esquema para ensaio de arranque de superfície (C)	086
Figura 4.67 -	Ponto de carga e penetração da esfera para determinação de dureza Janka	087
Figura 5.68 -	Resultados para os cálculos de densidade	088
Figura 5.69 -	Resultados dos ensaios para determinação do teor de umidade	091
Figura 5.70 -	Resultados dos ensaios para determinação da absorção de água 24h	093
Figura 5.71 -	Resultados dos ensaios para determinação ao inchamento em espessura 24h	095
Figura 5.72 -	Resultados dos ensaios para determinação do modulo de ruptura na flexão estática MOE	098
Figura 5.73 -	Resultados dos ensaios para determinação do modulo de ruptura na flexão estática MOR	100
Figura 5.74 -	Resultados dos ensaios para determinação da tração perpendicular as faces	102
Figura 5.75 -	Resultados dos ensaios para determinação da tração superficial	103
Figura 5.76 -	Resultados dos ensaios para arrancamento de parafuso - topo	105
Figura 5.77 -	Resultados dos ensaios para arrancamento de parafuso – superfície	106
Figura 5.78 -	Resultados dos ensaios para dureza Janka	108

Lista de Tabelas

Tabela 4.1 -	<i>Composição dos painéis de partículas aglomeradas com resina</i>	066
Tabela 4.2 -	<i>Caracterização dos traços dos painéis</i>	067
	<i>Dimensões e quantidades de corpos de prova para ensaios de</i>	
Tabela 4.3 -	<i>Avaliação dos painéis de partículas aglomeradas conforme NBR 14.810-2 de 2013</i>	072
	<i>Tabela 1 e 5 da NBR 14.810-2/2013 – Painéis estruturais para uso</i>	
Tabela 5.4 -	<i>em Condições secas (Tipo P4): Requisitos para propriedades mecânicas e inchamento</i>	088
	<i>Tabela “A” ANSI A208.1 – 1999 - Requisitos para painéis de aglomerados: Requisitos para propriedades mecânicas e inchamento</i>	088
Tabela 5.5 -		
Tabela 5.6 -	<i>Resultados dos cálculos para densidade</i>	089
Tabela 5.7 -	<i>Resultados dos ensaios para teor de umidade</i>	091
Tabela 5.8 -	<i>Resultados dos ensaios para absorção de água 24h</i>	092
Tabela 5.9 -	<i>Resultados dos ensaios para inchamento em espessura 24h</i>	094
	<i>Resultados dos ensaios para determinação do modulo de elasticidade na flexão estática - MOE</i>	098
Tabela 5.10 -		
Tabela 5.11 -	<i>Resultados dos ensaios para determinação do modulo de ruptura na flexão estática - MOR</i>	099
	<i>Resultados dos ensaios para determinação da tração perpendicular as faces</i>	101
Tabela 5.12 -		
Tabela 5.13 -	<i>Resultados dos ensaios para determinação da tração superficial.</i>	103
Tabela 5.14 -	<i>Resultados dos ensaios para arrancamento de parafuso - topo</i>	104
Tabela 5.15 -	<i>Resultados dos ensaios para arrancamento de parafuso - face</i>	105
Tabela 5.16 -	<i>Resultados dos ensaios de dureza Janka</i>	107
	<i>Resultados dos valores médios das amostras, e parâmetros das normas NBR 14.810 -2 (2013) e ANSI A208/1 (1999)</i>	109
Tabela 6.17 -		

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
CITES	Comércio Internacional das Espécies da Fauna e Flora Selvagens em Perigo de Extinção.
CMMAD	Centro Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COP15	15º Conferência das Partes da Conversão sobre Mudanças do Clima.
CP	Corpo de prova
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FF	Fenol-Formaldeído
IAC	Instituto Agrônômico de Campinas
IQSC	Instituto de Química de São Carlos - USP
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDF	Medium Density Fiberboard
MLC	Madeira Laminada Colada
MF	Melamina-formaldeído
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
MUF	Melamina-Ureia-Formaldeído
OSB	Oriented Strand Board.
PMDI	Isocianato
PU	Resinas Poliuretanas
RIO/92	Conferência das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento.
RIO+10	Conferência das Nações Unidas para Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
RNC	Registro Nacional de Cultivares
UF	Uréia-Formaldeído
UFTPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UNESP	Universidade Estadual Paulista
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

bar	Unidade de Pressão
cm	Centímetro
°C	Grau Célsius
dB	Decibéis
g/cm ³	Gramas por centímetros cúbicos
ha	Hectare
h	Hora
kN	Quilo Newton
kg	Quilograma
kgf	Quilograma força
kgf/cm ²	Quilograma força por centímetro quadrado
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
l	Litros
m	Metro
mim	Minuto
MPa	Mega Pascal
mm	Milímetro
mm ³	Milímetro Cúbico
N	Newton
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
%	Porcentagem

LISTA DE EQUAÇÕES

<i>Equação 4.1 -</i>	<i>Equação do teor de densidade</i>	<i>076</i>
<i>Equação 4.2 -</i>	<i>Equação da determinação do volume</i>	<i>076</i>
<i>Equação 4.3 -</i>	<i>Equação de determinação do teor de umidade</i>	<i>076</i>
<i>Equação 4.4 -</i>	<i>Equação de determinação do percentual de absorção de água</i>	<i>077</i>
<i>Equação 4.5 -</i>	<i>Equação de determinação de inchamento em espessura</i>	<i>079</i>
<i>Equação 4.6 -</i>	<i>Equação para cálculo do módulo de elasticidade (MOE)</i>	<i>081</i>
<i>Equação 4.7 -</i>	<i>Equação para cálculo do módulo de ruptura (MOR)</i>	<i>081</i>
<i>Equação 4.8 -</i>	<i>Equação para determinação da resistência a tração perpendicular as faces</i>	<i>083</i>
<i>Equação 4.9 -</i>	<i>Equação para determinação da resistência a tração superficial</i>	<i>084</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	001
1.1. Conteúdo organizacional.....	003
2. OBJETIVOS.....	006
2.1. Objetivos Gerais.....	006
2.2. Objetivos Específicos.....	006
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	007
3.1. Desenvolvimento Sustentável.....	008
3.1.1. Sustentabilidade.....	012
3.2. Resíduos.....	013
3.2.1. Resíduos agroindustriais.....	016
3.3. Madeira de Reflorestamento.....	018
3.3.1. Teca (<i>Tectona Grandis</i> L.f):Generalidades e características botânicas da espécie	019
3.3.2. Distribuição geográfica da Teca.....	022
3.4. A cultura do amendoim.....	024
3.4.1. Classificação botânica.....	025
3.4.2. Descrição da cultivar.....	028
3.4.3. Casca de amendoim.....	029
3.5. Adesivos: Tipos de resina aplicáveis à produção de painéis.....	030
3.5.1. Adesivo poliuretano PU.....	031
3.5.2. Adesivo poliuretano a base de mamona.....	032
3.6. Painéis à base de madeira.....	033
3.6.1. Painéis de partículas aglomeradas: generalidades e produção.....	042
3.6.2. Etapa do processo produtivo dos painéis de partículas aglomeradas homogêneas.....	043
3.6.3. Propriedades e características dos painéis de partículas aglomeradas homogêneas.....	046
3.7. Aplicabilidade e estudos dos painéis à base de materiais lignocelulósicos na atualidade.....	047
3.7.1. Aproveitamento de resíduos de madeira e bagaço de cana-de-açúcar na produção e avaliação de painéis aglomerados.....	049

3.7.2. Viabilidade técnica de produção e propriedade de painéis de partículas de casca de amendoim.....	049
3.7.3. Produtos ecoeficientes na agricultura: a produção de painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz.....	050
3.7.4. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona: produção e propriedades.....	051
3.7.5. Painel aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira Itaúba.....	051
3.7.6. Painéis de bambu com casca de arroz e adesivo de mamona.....	052
3.7.7. Análise de intemperismo natural em chapas de partículas compostas de resíduos agroindustriais.....	052
3.7.8. Avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura.....	053
3.7.9. Painéis de madeira aglomerada produzidos com resíduos de serragem e poliestireno expandido para avaliação na construção civil.....	054
3.7.10. Painéis de partículas de madeira leucina e resina poliuretana derivada de óleo de mamona.....	055
3.7.11. Painéis de partículas de materiais alternativos: produção e avaliação de desempenho.....	056
3.7.12. Aspectos gerais quanto as análises de aplicabilidade dos materiais.....	057
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	058
4.1. Seleção e caracterização dos materiais utilizados na pesquisa.....	058
4.1.1. Equipamentos utilizados na pesquisa.....	060
4.2. Metodologia.....	063
4.2.1. Obtenção das partículas de bambu e casca de amendoim.....	063
4.2.2. Preparo da resina e produção dos painéis.....	067
4.2.3. Homogeneização dos componentes.....	068
4.2.4. Formação do colchão.....	068
4.2.5. Prensagem colchão.....	069
4.2.6. Composição dos painéis.....	071

4.3. Métodos de ensaio.....	072
4.4. Ensaio físico.....	073
4.4.1. Determinação da densidade.....	074
4.4.2. Determinação do teor de umidade.....	076
4.4.3. Determinação da absorção de água 24h.....	077
4.4.4. Determinação do inchamento em espessura 24 h.....	078
4.5. Ensaio mecânico.....	079
4.5.1. Determinação da resistência a flexão e módulo de elasticidade.....	080
4.5.2. Determinação da resistência a tração perpendicular as faces.....	082
4.5.3. Determinação da resistência a tração as superfícies.....	083
4.5.4. Determinação da resistência ao arrancamento de parafuso.....	085
4.5.5. Determinação a dureza Janka.....	086
4.6. Análise Estatística.....	087
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	088
5.1. Resultados das avaliações dos ensaios físicos.....	089
5.1.1. Ensaio de determinação da densidade.....	089
5.1.2. Ensaio de determinação do teor de umidade.....	090
5.1.3. Ensaio de determinação da absorção de água 24h.....	092
5.1.4. Ensaio de determinação do inchamento em espessura 24 h.....	094
5.2. Resultados das avaliações dos ensaios mecânicos.....	096
5.2.1. Ensaio de determinação da resistência a flexão e módulo de elasticidade.....	096
5.2.2. Ensaio de determinação da resistência a tração perpendicular as faces.....	100
5.2.3. Ensaio de determinação da resistência a tração as superfícies.....	102
5.2.4. Ensaio de determinação da resistência ao arrancamento de parafuso.....	103
5.2.5. Ensaio de determinação a dureza Janka.....	107
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	112
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
APENDICE A – Ensaio físico: dados de densidade.....	123
APENDICE B – Ensaio físico: dados do teor de umidade.....	131

<i>APENDICE C – Ensaios físicos: dados de absorção de água 24h.....</i>	<i>139</i>
<i>APENDICE D – Ensaios físicos: dados de inchamento em espessura 24h.....</i>	<i>147</i>
<i>APENDICE E – Ensaios mecânicos: dados de resistência a flexão e módulo de elasticidade (MOR/MOE).....</i>	<i>155</i>
<i>APENDICE F – Ensaios mecânicos: dados de resistência a tração perpendicular a superfícies.....</i>	<i>171</i>
<i>APENDICE G – Ensaios mecânicos: dados de resistência a tração superficial.....</i>	<i>184</i>
<i>APENDICE H – Ensaios mecânicos: dados de resistência ao arranchamento de parafusos (TOPO).....</i>	<i>197</i>
<i>APENDICE I – Ensaios mecânicos: dados de resistência ao arranchamento de parafusos (SUPERFÍCIE).....</i>	<i>210</i>
<i>APENDICE J – Ensaios mecânicos: dados de resistência a dureza Janka.....</i>	<i>223</i>
<i>ANEXO A – Declaração de Estocolmo sobre o ambiente humano 1972.....</i>	<i>233</i>
<i>ANEXO B – Dados de safra no Brasil 2017/2018.....</i>	<i>240</i>

1. INTRODUÇÃO

A busca por modernidades e riquezas, estimularam a sociedade a explorar indiscriminadamente os recursos naturais do planeta além do seu limite de renovação, e lançar no meio ambiente mais dejetos do que a natureza pode absorver, trazendo assim, consequências como mudanças climáticas, extinção de espécies vegetais e animais, escassez de recursos naturais e poluição.

Segundo Donaire (1995), o meio ambiente sempre foi considerado rico e com recursos naturais em abundância, no entanto, a utilização dos materiais de forma disseminada e sem controle, configura uma das principais causas da poluição ambiental, afetando a sociedade, através de uma apropriação indevida do ar, da água e do solo.

A sociedade experimenta hoje o saldo dos avanços científicos e tecnológicos com o advento da revolução industrial, que intensificou-se através dos últimos séculos. Associado a esse desenvolvimento, estão relacionados os prejuízos causados ao meio ambiente, e as diversas formas de poluição, atribuindo à questão ambiental um destaque internacional, priorizando a conscientização da poluição mundial e as necessidades de preservação do meio ambiente, bem como a busca por mecanismos que impeçam novos danos a ele causados.

Sendo assim, repensar os conceitos, e investir em novas alternativas de manejo dos recursos e destinação correta dos poluentes, a fim de minimizar os impactos já em curso, evitando novos danos ao meio ambiente e, por consequência, para a vida terrestre, é necessário para o futuro das próximas gerações.

A madeira é um dos materiais mais antigos que o homem teve contato desde sua existência, utilizando-a em edificações anterior à descoberta do fogo, como vigas e pilares para abrigos em suas moradias, estando presente até hoje na construção civil em estruturas, revestimentos e ornamentos. Com este pensamento, a utilização de madeira de reflorestamento como material base, com a adição de resíduos lignocelulósicos aos painéis aglomerados, propõem múltiplas aplicações, dentre as quais o uso em mobiliário e na construção civil, como divisórias, forros, entre outras.

O emprego dos sistemas construtivos em madeira, torna-se ainda mais favorável em regiões com disponibilidade e abundancia de matéria prima. Segundo Caraschi, (2009), esse cenário é favorável, para o Brasil, pois o país apresenta grande diversidade de resíduos com potencial de aproveitamento para a fabricação de novos materiais, desta forma, os resíduos agroindustriais gerados pelo seu processamento podem deixar de ser um risco ao meio

ambiente, e passar a gerar lucros além de apresentar alternativas, como matéria-prima para diversos outros produtos diminuindo a exploração da madeira virgem.

[...] Inclusive a indústria de chapas aglomeradas surgiu para o melhor aproveitamento de madeiras menos nobres e resíduos. De acordo com Brito (1995), os EUA utilizam os resíduos de madeira como fonte principal de matéria-prima na indústria de aglomerados, no entanto, o Brasil utiliza no máximo 15%. (LIMA; SILVA 2015)

A Teca, madeira de reflorestamento, nome popular da árvore *Tectona grandis L.f.*, é uma espécie nativa na Ásia utilizada há anos na Índia e Indonésia, destacando-se, respectivamente, com 44% e 31% da área plantada com a espécie no continente, seguidos por Tailândia e outros países asiáticos. Atualmente é cultivada também no Brasil, principalmente no Mato Grosso e estados da região Norte. A multiplicidade de usos e a beleza tornam esta madeira uma excelente opção para bens de consumo. Segundo Angeli, (2013), no Brasil, a teca tem manejo em ciclos de corte a cada 25 anos, enquanto nos demais países, o cultivo varia em ciclos de 60 a 80 anos.

O IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) testou a qualidade da madeira proveniente de Cáceres/MS, e garante que as propriedades físicas e mecânicas são semelhantes às madeiras de Teca oriundas do sudeste asiático.

Ainda de acordo com Angeli (2013), pesquisadores da EMBRAPA, os sistemas agroflorestais, de Teca, entre outras espécies, pode ser uma alternativa de recuperação de áreas de pastagens abandonadas e degradadas, bem como uma maneira de conter a pressão de desmatamento sobre florestas primárias e promover o desenvolvimento social, econômico e ecológico sustentáveis nessa região.

Juntamente ao uso da Teca em painéis, a adição de resíduos gerados pela agroindústria, é uma metodologia que vem demonstrando bons resultados quanto a aplicabilidade e relevância cada vez maior nos setores da economia e na preservação ambiental. Desta forma, alguns desses resíduos, estão sendo utilizados com sucesso na confecção dos painéis de partículas, assim como a casca de amendoim.

O percentual de casca do amendoim após beneficiamento, representa 30% da produção do grão, tendo como destino alimentação bovina e combustível para caldeiras. Uma opção para agregar valor e melhor destino à este resíduo, está na adição da casca do amendoim particulada para fabricação de painéis, com custos inferiores em relação aos painéis de madeira aglomerada. Os testes das propriedades físicas e mecânicas desses painéis, permitem sua aplicação em algumas áreas da construção civil, arquitetura e indústria moveleira.

Frente a essa realidade, a produção de painéis a base de casca amendoim, Teca utilizando-se como adesivo a resina poliuretana bicomponente a base de óleo de mamona

Ricinus communis L) na proporção de 12% da massa de partícula, divididos em cinco traços, conforme variação da porcentagem de casca de amendoim presente no painel, sendo: 0%, 10%, 20%, 30% e 100%, apresenta caráter inovador, sustentável e econômico, uma vez que sua produção, visa à redução no descarte de resíduos, além de agregar valor a um material que seria, descartado ou desperdiçado nos processos de fabricação de bens de consumo não duráveis.

Desta forma, este trabalho justifica-se pela possibilidade de união de materiais que podem ser combinados, considerando base científica aprovada, na obtenção de um novo produto, acreditando no potencial e aceitação deste, por usuários da construção civil e indústria moveleira como forma de novos investimentos.

Com o ineditismo, este trabalho incentiva o uso de madeira de reflorestamento, além da utilização de resíduo para a fabricação de painéis de partículas, acrescentando valores na esfera da sustentabilidade, pelo seu uso racional.

1.1. Conteúdo organizacional

O presente trabalho, propôs-se a elaborar um produto alternativo preparado por meio de aproveitamento de resíduo agroindustrial e madeira de reflorestamento, para produção de novo material de construção. Desta forma, este estudo pretende colaborar por meio científico, de forma que, com melhores resultados de caracterização física e mecânica, os painéis possam ser produzidos, comparados aos já existentes e empregados comercialmente nas construções e movelarias.

A produção do novo painel, possibilita a inclusão de materiais inovadores no mercado, como mais uma opção para linha de fechamentos, revestimentos de pisos e forros em edificações, com sistemas construtivos leves em madeira. Para tanto, esta pesquisa está dividida em 7 capítulos, baseado no tema do trabalho com o propósito de melhor compreensão cronológica dos conteúdos abordados, conforme os seguintes tópicos:

- **Capítulo 1 – Introdução**

Aborda e explica os motivos da realização do estudo, destacando sua importância, fornecendo os antecedentes que o justifiquem. Contém uma revisão da literatura em que se apresenta a evolução da temática, problematização e relevância dos impactos ambientais relacionados a devastação das áreas nativas, e como alternativa, propõe o uso de painéis homogêneos a base de resíduos (casca de amendoim) e madeira de reflorestamento (Teca).

- **Capítulo 2 – Objetivos**

Nos objetivos estão definidos a finalidade deste trabalho científico, bem como meta atingida com a elaboração da pesquisa com clareza, no intuito da tomada de decisões quanto aos aspectos metodológicos da pesquisa.

- **Capítulo 3 – Fundamentação teórica**

O terceiro capítulo, em que consta a fundamentação teórica, aborda as questões de sustentabilidade e resíduos, madeira e da casca de amendoim como resíduo. A seguir, são tratados a resina poliuretana, os painéis com especial destaque aos aglomerados. Com isso, são apontadas suas utilizações também e quais os preconceitos enfrentados para sua efetiva especificação. Ao final, é apresentada uma compilação de recentes pesquisas que tratam sobre o reaproveitamento e/ou emprego de novos materiais para a produção de painéis aglomerados.

- **Capítulo 4 – Materiais e métodos**

Neste item são apresentados os materiais e métodos utilizados nesta pesquisa, bem como a metodologia desenvolvida para confecção dos painéis de partículas e elaboração dos testes físicos e mecânicos afim de determinar as propriedades do material em estudo.

- **Capítulo 5 – Resultados e discussões**

No capítulo 5, estão expostos e discutidos os resultados analíticos, e estatísticos obtidos através dos ensaios experimentais para cada traço dos painéis compostos por partículas de teca e casca de amendoim, explicitando discussões sobre os aspectos comparativos entre os diferentes traços e tipos de materiais lignocelulósicos abordados nesta literatura, tendo como parâmetros as normas NBR ABNT 14810-2 (2013) e ANSI A208/1 (1999).

- **Capítulo 6 – Considerações finais**

O capítulo 6 versa sobre as conclusões até o momento referentes aos objetivos propostos inicialmente nesta tese, e as expectativas para futuros trabalhos e continuação de novas pesquisas.

- **Capítulo 7 – Sugestões para trabalhos futuros**

Por fim, neste capítulo são apresentadas sugestões de alteração de parâmetros para base de novos trabalhos a fim de elucidar outros aspectos relacionados ao estudo e emprego de materiais lignocelulósicos.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi a produção de um novo produto, na forma de painel de madeira, com adição de casca de amendoim, motivado pela possibilidade de melhor aproveitamento deste resíduo, com ineditismos a fabricação de painéis utilizando-se uso destes materiais, tendo como adesivo a resina poliuretana bicomponente a base de óleo de mamona na proporção de 12% da massa de partícula, divididos em cinco traços, conforme variação da porcentagem de casca de amendoim presente no painel, sendo: 0%, 10%, 20%, 30% e 100%, como uma nova opção para construção civil e indústria moveleira, e a comprovação de sua eficácia.

2.1 Objetivos gerais

O presente trabalho teve como objetivo verificar a possibilidade de adição de partículas de casca de amendoim e madeira Teca na confecção de painéis particulados e homogêneos de densidade alta, como alternativa para aproveitamento deste resíduo.

2.2 Objetivos específicos

- Produzir painéis aglomerados com partículas de madeira Teca da espécie *Tectna Grandis L.f.*, com diferentes porcentagem de resíduo agrícola oriundo de amendoim, com resina à base de mamona.
- Avaliar a resistência física dos painéis, através dos ensaios de inchamento em espessura e absorção de água em 24 horas, teor de umidade e densidade, conforme norma ABNT 14.810-2 e ANSI – A208-1.
- Avaliar a resistência mecânica através dos ensaios de flexão estática e tração perpendicular as faces, tração perpendicular às superfícies, dureza janka e arrancamento de parafuso (topo e superfície); conforme norma ABNT 14.810-2 e ANSI – A208-1.
- Indicar possíveis utilizações e/ou restrições dos painéis propostos.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

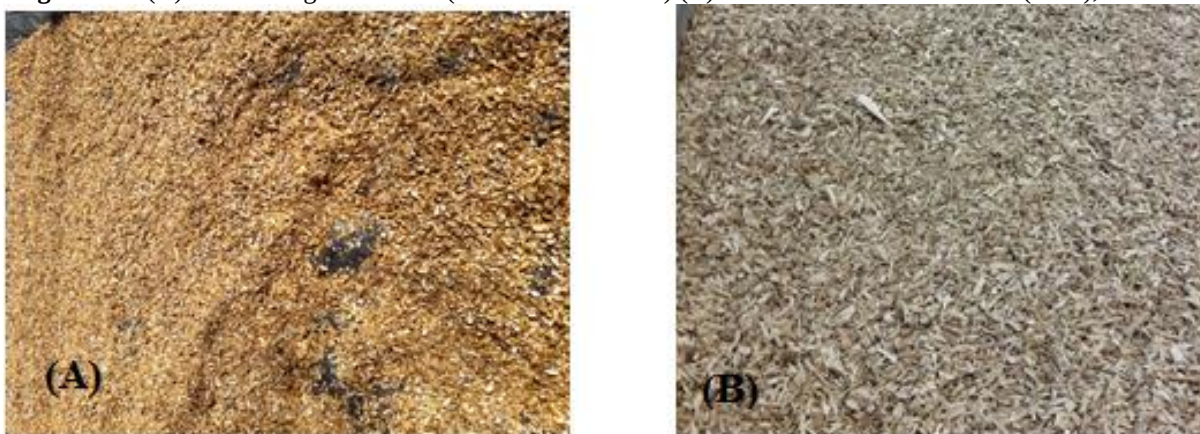
O conceito de globalização econômica entre as nações do mundo, tem sido uma tendência da sociedade contemporânea, com associação de países buscando interesses comuns no sentido de garantir a permanência, bem como a conquista de novos mercados, e consequentemente sua expansão, em um cenário de forte competitividade e necessidade de soluções inovadoras para os problemas ambientais em curso.

O descarte de resíduos, uma vez qualificados, quantificados, controlados e tratados, torna-se de fácil sublimação pelo ambiente, respeitando cada qual o seu ciclo, caso contrário, esse processo pode deixar de ocorrer ou levar anos, pela ausência de mecanismos específicos na natureza.

Ao mesmo tempo em que os olhares debruçam-se sobre a questão dos resíduos, tem-se ainda, principalmente na Amazônia, o problema do desmatamento para retirada e comercialização de madeira.

Seguindo esta linha de pensamento, o Brasil vem buscado opções para aumentar o aproveitamento de resíduos da agroindústria (Figura 3.1A), agregando valor à produção primária, e evitando o descarte dos mesmos no meio ambiente. Desta forma, a busca por alternativas tecnológicas para o aproveitamento destes resíduos, promove uma mudança no conceito de utilização dos materiais de descarte provenientes da produção agroindustrial brasileira, que depende direta ou indiretamente do meio ambiente como fonte de produtos naturais e matérias-primas para o seu desenvolvimento, bem como “área para descarte” dos subprodutos e resíduos gerados durante os ciclos produtivos.

Figura 3.1: (A) Resíduo Agroindustrial (casca de amendoim) (B) Madeira de reflorestamento (Teca), triturada.



Fonte: Autora

Os painéis de materiais lignocelulósicos surgiram da viabilidade de utilização desses subprodutos, da intenção de redução da atividade exploratória da madeira nativa e da necessidade de amenizar as variações dimensionais da madeira maciça, diminuindo seu peso e custo, e mantendo as propriedades isolantes, térmicas e acústicas. Desta forma, podem ser amplamente utilizados no setor moveleiro, construção civil, embalagens, entre outros, apresentando índices de crescimento de produção. Na América Latina, os painéis de madeira reconstituída (partículas e fibras) (Figura 3.2), utilizam preferencialmente, madeira de reflorestamento, provenientes de Pinus, Eucaliptos, Teca (Figura 3.1B), e outras espécies, agregados aos resíduos agroindustriais, o que determina, inclusive, a qualidade do produto, tendo em vista o melhor controle de homogeneidade da matéria-prima.

Figura 3.2: Painel aglomerado de madeira de florestamento (Teca), e casca de amendoim.



Fonte: Autora

3.1 Desenvolvimento sustentável

O conceito de “desenvolvimento sustentável” tem início a partir de estudos da Organização das Nações Unidas considerando as condições de mudanças climáticas, como um alerta à humanidade diante da crise socioambiental que assolava o mundo após a segunda metade do século XX.

A preocupação com as questões de preservação e manutenção com meio ambiente, em alguns países é maior do que em outros. Na conferência das Nações sobre Meio Ambiente e Direito Humano em 1972, governos foram convidados à desenvolverem esforços comuns para a preservação do ambiente humano e sua prosperidade, acerca das questões ambientais, dentro do conceito de desenvolvimento sustentável. Segundo Nasser (2016), a Declaração da

Conferência das Nações Unidas em Estocolmo na Suécia, também conhecida como Declaração de Estocolmo, contou com a participação de cento e quatorze países, e resultou em vinte e seis princípios instituídos pelas nações participantes, afim de minimizar os problemas ambientais e reconhecer o meio ambiente como um direito humano, uma vez que em seu Princípio nº 1, traz a obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras.

Princípio 1. O homem tem o direito fundamental à liberdade, à igualdade e ao desfrute de condições de vida adequadas em um meio ambiente de qualidade tal que lhe permita levar uma vida digna e gozar de bem-estar, tendo a solene obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras. A este respeito, as políticas que promovem ou perpetuam o apartheid, a segregação racial, a discriminação, a opressão colonial e outras formas de opressão e de dominação estrangeira são condenadas e devem ser eliminadas. (DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO SOBRE O AMBIENTE HUMANO DE 1972)

Ainda, segundo Nasser (2016), o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, traz em seu texto, como Lei Federal, o direito do povo ao meio ambiente equilibrado e à qualidade de vida, atribuindo tal responsabilidade ao poder público.

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (CONSTITUIÇÃO FEDERAL, 1988).

E ainda, o Princípio 8, da Declaração de Estocolmo associa o desenvolvimento econômico e social à melhor qualidade de vida do ser humano.

Princípio 8. O desenvolvimento econômico e social é indispensável para assegurar ao homem um ambiente de vida e trabalho favorável e para criar na terra as condições necessárias de melhoria da qualidade de vida (DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO SOBRE O AMBIENTE HUMANO, 1972).

Em Washington nos Estados Unidos, no ano de 1973, foi exaltada a Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies da Fauna e Flora Selvagens em Perigo de Extinção (CITES), com o objetivo de regulamentar e controlar negociações do comércio internacional de espécies catalogadas considerando-se o grau de extinção, com a anuência de cento e setenta e cinco países.

Em 1983 após a Declaração de Estocolmo na Suécia, em 1983, houve outra conferência de mesma importância, com a adesão de especialistas em desenvolvimento sustentável e meio ambiente, presidida pela Primeira-Ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, com o firme propósito em dar continuidade e avaliar os resultados percebidos em Estocolmo. A Comissão conhecida por “comissão de Brundland, também Comissão Mundial para o Meio Ambiente e

Desenvolvimento (CMMAD), trabalhou no processo preparatório para a Conferência das Nações Unidas, “Rio 92”, desenvolvendo um relatório sob título “*Nosso Futuro Comum*”, resultado de estudos realizados pela comissão ao longo de três anos com pesquisa e análise, e com destaque as questões sociais, principalmente no que se refere ao uso da terra, sua ocupação, suprimento de água, abrigo e serviços sociais, educativos e sanitários, além de administração do crescimento urbano. A este relatório foi evidenciada uma das definições mais difundidas do conceito: “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”.

Segundo Barbosa (2008), o relatório de Brundland julga que a pobreza generalizada não é mais inevitável, e que o desenvolvimento de uma cidade deve privilegiar o atendimento das necessidades básicas de todos e oferecer oportunidades de melhoria de qualidade de vida para a população. Os conceitos debatidos pela comissão que constam no relatório foram:

- a equidade como condição para que haja a participação efetiva da sociedade na tomada de decisões, através de processos democráticos, para o desenvolvimento urbano.
- a necessidade de descentralização das aplicações de recursos financeiros e humanos, e
- a necessidade do poder político favorecer as cidades em sua escala local.

Quanto aos recursos naturais, avaliou-se a capacidade da biosfera de absorver os efeitos causados pela atividade humana, considerando-se que a pobreza já pode ser considerada um problema ambiental e como um argumento fundamental para a busca da sustentabilidade.

Vinte anos após a Conferência de Estocolmo, em 1992, com a participação de cento e setenta países, ocorreu no Rio de Janeiro, a Rio 92 ou Cúpula da Terra, onde o conceito de desenvolvimento sustentável foi firmado no documento denominado como “*Agenda 21*”, e incorporado em outras agendas mundiais de desenvolvimento e de direitos humanos. No entanto, segundo Barbosa (2008), para autores que escrevem sobre o tema como Carla Canepa (2007), José Eli da Veiga (2005) e Henri Ascelard (1999), o conceito ainda está em construção.

A Agenda 21 destaca o meio ambiente, e o equilíbrio do desenvolvimento econômico, bem como as necessidades humanas com a conservação e preservação do meio ambiente reforçando o conceito de Desenvolvimento Sustentável, e atribui as nações o compromisso de elaborarem suas agendas conforme as seções:

- Dimensões sociais e econômicas;
- Conservação e gerenciamento dos recursos para desenvolvimento;
- Fortalecimento do papel dos grupos principais e,

- Meios de implementação (MEDEIROS *et al.* 2010).

Em 1997, o Protocolo de Kyoto no Japão, estabeleceu metas de contenção e redução de gases poluentes, buscando ratificar os acordos sustentados pelas nações na RIO/92, recebendo aprovação de outras nações, até entrar em vigor em 2005.

Passados 10 anos da RIO/92, portanto em 2002, em Johannesburgo na África do Sul, cento e noventa e um países reuniram-se para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente. Conhecida como RIO + 10, a cúpula discutiu fundamentos e diretrizes no sentido de reafirmar os compromissos estabelecidos nos encontros anteriores, além de objetivos para mudanças nos padrões insustentáveis de produção e consumo, e a proteção dos recursos naturais. No ano de 2009 em Copenhague na Dinamarca, a COP15, 15ª Conferência das Partes sobre Mudanças do Clima, as nações participantes discutiram questões envolvendo o aquecimento global.

Em junho de 2012, novamente o Rio de Janeiro serviu como palco para Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Rio+20, realizada pela ONU, mobilizando líderes do mundo todo, tendo como proposta inicial, renovar as ações discutidas anteriormente, além de fazer um balanço dos avanços e retrocessos ocorridos no período de 20 anos, após a consciência de “desenvolvimento sustentável” (UMPIÉRRE *et al.* 2015).

Segundo Nasser (2016), por quatro décadas de discussão, as conferências serviram de meio para que uma consciência ambiental surgisse diante de ofertas apresentadas pela globalização, que por muitas vezes não visa o bem estar do planeta, mas sim busca os avanços econômicos, esquecendo-se de que o planeta é fundamental à permanência da vida.

Surge então, o conceito de economia circular, em contraposição ao modelo econômico de ‘extrair, transformar, descartar’ da atualidade, que está atingindo seus limites físicos. Sendo assim, a economia circular apresenta-se como uma estratégia que assenta na redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais e energia, materializando-se na minimização da extração de recursos, maximização da reutilização, aumento da eficiência e desenvolvimento de novos modelos de negócios, amparando-se nos conceitos:

“[...] a economia circular é considerado um sistema industrial restaurador focado em um ciclo de produção fechado, contribuindo para o desenvolvimento da sustentabilidade a longo prazo (GENG *et al.* 2013).

“A economia circular tem trazido para si maior atenção mundial nos últimos anos, como forma de superar o modelo de produção e consumo atual (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016).

Segundo Shen *et.al.* (2012), a economia circular é capaz de refletir algumas características básicas, como novos benefícios econômicos, redução no consumo de energia e diminuição da poluição. Uma economia circular é restaurativa e regenerativa por princípio. Seu objetivo é manter produtos, componentes e materiais em seu mais alto nível de utilidade e valor o tempo todo, distintos entre ciclos técnicos e biológicos. Esse novo modelo econômico busca, em última instância, dissociar o desenvolvimento econômico global do consumo de recursos finitos (EMF, 2015, s.p).

Essas, questões de sustentabilidade, além da possibilidade cada vez maior e mais usual da aplicabilidade de resíduos em bens de consumo, vem sendo discutidas devido à necessidade de reequilíbrio do planeta, utilizando a evolução tecnológica para tanto, com o objetivo de manter o meio ambiente em total equilíbrio, e assim dar ao homem a garantia de permanência de sua espécie.

3.1.1 Sustentabilidade

O termo sustentabilidade, sempre esteve presente no contexto histórico ao longo dos tempos, no entanto, é provável que nos anos recentes, nenhum conceito tenha sido citado tantas vezes, discutido e empregado com maior ênfase em virtude dos impactos ambientais, gerados pelo uso indiscriminado dos recursos naturais.

Diversas interpretações a luz da sustentabilidade, foram elaboradas de acordo com as áreas e objetivos de pesquisas desenvolvidas, o que levou à ampliação excessiva de seu significado. Desta forma, é fato que este conceito, deve ser tratado com uma abordagem interdisciplinar, visto que as ciências disciplinares não conseguiram dominar de forma integral os temas ambientais, inclusive o de sustentabilidade.

“[...] todo processo de transição para uma economia verde encontra-se num ritmo de constantes e profundas transformações, resultando em novas tecnologias e possibilidades até então desconhecidas. Ainda mais vital é considerar-se que toda esta discussão ambiental não está mais circunscrita a pequenos nichos de biólogos, ambientalistas, ou acadêmicos em geral, alcançam, hoje, governos e entidades das mais diversas, de base econômica, política, social, que passam a considerar a simbiose entre desenvolvimento, ambiente e geração de emprego, como norte da sustentabilidade” (KON, SUGAHARA, 2010).

Portanto, considerando-se que os vários conceitos atribuídos e relacionados à sustentabilidade tiveram sua evolução seguindo o curso natural da história. Pode-se dizer que atualmente não se tem somente uma compreensão para sustentabilidade, que integra os inúmeros aspectos do desenvolvimento contemporâneo, com o propósito de definir um

conjunto de regras e questões que envolvem o destino de um produto e sua relação com o meio ambiente, e leve em conta os interesses de diversos setores da sociedade.

Segundo Nasser (2016), para o Centro Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), sustentabilidade é “um processo de transformação, no qual a exploração de recursos, a direção de investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizem e reforcem o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades humanas”. Desta forma, a medida que um novo produto é desenvolvido e em seguida lançado no mercado consumidor, deve-se igualmente considerar os custos econômicos, sociais e ambientais, desde sua inserção no mercado, até seu descarte final.

Na verdade, o homem já acreditava na necessidade de equilíbrio no uso dos recursos naturais, mesmo antes deste tornar-se um dos assuntos mais discutidos e defendidos pela humanidade.

Segundo Umpiérre *et al.* (2015), por volta do ano 1560, na Província da Saxônia Alemanha, deu-se pela primeira vez os cuidados com uso racional das florestas, favorecendo a regeneração e manutenção permanente da madeira. No entanto, apesar da população nesta época, ter conscientizando-se de que o meio ambiente era limitado, foi apenas em 1713 que o conceito de sustentabilidade tornou-se um modelo estratégico, tendo em vista o receio da população quanto a escassez da madeira utilizada como combustível dos fornos de mineração, importante fonte de recursos para época.

Portanto, o conceito de sustentabilidade tinha como fundamento assegurar que a matéria-prima, elemento de renda e prosperidade aos negócios, não fosse finita. Para tanto, as localidades atingidas pelo desmatamento, eram incentivadas pelo Poder Público, a realizar plantios e reflorestamento nas áreas devastadas. Atualmente, através de prerrogativas do Ministério Público, esta prática inda se faz presente, garantindo o equilíbrio a um dos fatores que degradam o meio ambiente.

Mesmo com a preocupação e consciência formada pelo medo de uma possível crise do setor madeireiro, foi no início da Revolução Industrial no século XVIII em virtude da necessidade de expansão territorial e crescimento populacional, que o homem foi devastando lugares antes intocados, que a miséria ambiental nasceu.

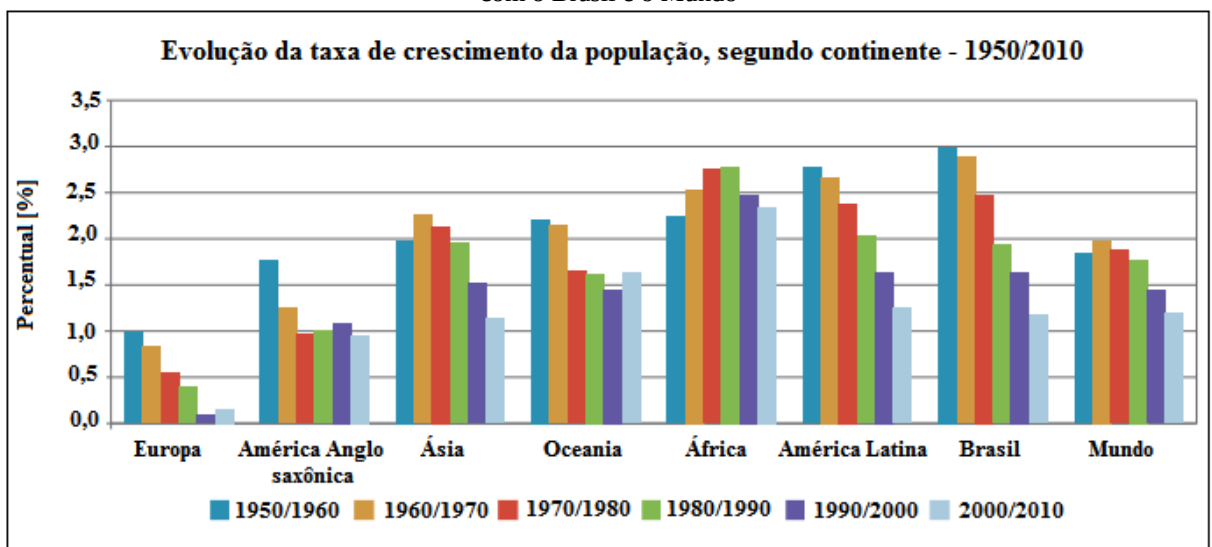
Esse período, assim como hoje, foi marcado com as preocupações do crescimento econômico, onde o homem em toda a história, coloca-se, segundo Umpiérre *et al.* (2015), de forma superior ao meio ambiente, não percebendo que faz parte deste sistema, e que não se trata apenas da falência do planeta, mas sim a falência de si.

No entanto, deve-se ter o cuidado para manter outros valores em equilíbrio e possíveis de serem integrados, como aspectos culturais, científicos e tecnológicos. Não se deve encarar a condição de sustentabilidade, apenas como uma tendência; é importante que ocorra um dinamismo a fim de favorecer adaptações às novas circunstâncias, imprevistos e fatos impostos pela realidade, apresentando uma abordagem progressiva, em consonância com políticas de inclusão e multidisciplinaridade.

3.2 Resíduos

Apesar do crescimento populacional atualmente apresentar taxas decrescentes na maioria dos continentes quando analisados desde a década de 1950, estima-se alto padrão de consumo, diante das facilidades contemporâneas (Figura 3.3).

Figura 3.3: Gráfico da relação entre a taxa de crescimento populacional, segundo o continente, em comparação com o Brasil e o Mundo



Fonte: Adaptado de IBGE (2013)

Segundo o IBGE (2013), a quantidade de resíduos urbanos gerada pela humanidade deu grande salto nas últimas décadas, fato que muito preocupa a preservação e sobrevivência do meio ambiente para gerações futuras.

Embora o termo “resíduo”, geralmente esteja associado à ideia de “lixo”, o conceito está associado a dejetos não aproveitados pelo homem. Os resíduos sólidos, necessitam de tratamento antes do descarte, para que não causem acúmulos inadequados, levando riscos à saúde pública e ao meio ambiente, devido a sua toxicidade.

Quirino (2003), define resíduo, como sendo tudo aquilo que sobra de um processo de produção ou exploração, de transformação ou de utilização. A NBR 10004, da ABNT (2004a), classifica resíduos em “perigosos” ou “não perigosos” conforme características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Os resíduos, são analisados quanto a constituintes que são solubilizados em concentrações especiais conforme norma e podem ser subdivididos em “inertes” e “não inertes”.

Resíduos urbanos ou também chamados de domésticos;
 Resíduos industriais;
 Resíduo industrial banal: não possui aditivos tóxicos, como a madeira sem tratamento e materiais de origem vegetal em geral;
 Resíduo industrial especial: Podem ser considerados;
 ✓ Inerte: não libera nem reage com outro tipo de substância;
 ✓ Último: sem possibilidades de transformação como as cinzas;
 ✓ Tóxico ou perigoso: libera substâncias tóxicas durante o tratamento ou estocagem, como o resíduo nuclear. (QUIRINO, 2003).

Por sua vez, a Legislação Federal nº 12.305 de 02 de Agosto de 2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos no inciso X, regulamenta as ações diretas ou indiretas quanto as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final ambientalmente adequado aos resíduos sólidos e rejeitos, conforme legislação municipal.

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei. (CONSTITUIÇÃO FEDERAL – 2010).

Ainda segundo a NBR 1004/2004, resíduos nos estados sólido e semi-sólido, resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam também inclusos nesta definição, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, resultante dos equipamentos para controle de poluição, e dos líquidos quando suas particularidades, tornam inviáveis seu lançamento em rede pública.

Os resíduos vegetais, caracterizam-se por apresentar alta umidade, baixa densidade, grandes volumes, e dimensões variadas. Desta forma, demandam grandes áreas de estocagem ficando dispersos geograficamente, o que dificulta a coleta e transporte dos mesmos, sendo estes, alguns dos motivos que levam a uma subutilização dessa matéria-prima.

Quanto a utilização dos resíduos, é ponto de grande relevância para sociedade atual. A preocupação com o meio ambiente, principalmente no tocante ao seu acúmulo, torna-se premissa para cuidados com as questões de sustentabilidade.

Para Rocha e Cheriaf (2013), o aproveitamento de resíduos pode ser feito por meio de recuperação, valorização energética, reciclagem química, repleto ou reutilização, dependendo do modo de aproveitamento deste.

Ainda para Rocha e Cheriaf (2013), para tanto é necessário o conhecimento da unidade de geração, em sua caracterização, potencial de aproveitamento, características limitantes do uso e da aplicabilidade, não atribuindo ao uso errôneo, riscos ao meio ambiente e população.

Segundo Jonh e Ângulo (2013), apontam metodologia que torna viável e eficaz a reciclagem, elencando 5 etapas:

1. Processo de geração: onde são estimulados a origem, custos, qual o processo que gera o resíduo e sua gestão;
2. Caracterização: ensaios de personalidade e análise de fases e separabilidade;
3. Seleção de usos potenciais: identificação de alternativas com potencial técnico para pesquisa e desenvolvimento;
4. Desenvolvimento do produto;
5. Avaliação do produto: avaliação do desempenho técnico, sustentabilidade, viabilidade econômica e transferência de tecnologia.

3.2.1 Resíduos agroindustriais

O setor agroindustrial caracteriza-se pelo conjunto de atividades alusivas ao processo de transformação de matérias-primas provenientes das ações relacionadas aos derivados da agricultura, pecuária, aquicultura ou silvicultura em produtos finais. Segundo Araújo (2005):

A agroindústria, ainda pode ser entendida como todo segmento industrial de produtos alimentícios, e as indústrias que transformam matéria-prima agropecuária em produtos intermediários para fins alimentares e não alimentares como as indústrias de óleos vegetais não comestíveis (ARAÚJO, 2005).

O aumento da geração dos resíduos e subprodutos, estabeleceu uma expansão da conscientização ecológica, que teve início no final do século XX com as questões e conferências mundiais sobre o aquecimento global, deixando claro que o grande desafio da humanidade para as próximas décadas está em equilibrar produção de bens e serviços, crescimento econômico, igualdade social e sustentabilidade ambiental.

No Brasil, as diferentes formas de produção agroindustrial atuam paralelamente a atividade agrícola, e majoritariamente o beneficiamento desses insumos está condicionado diretamente à geração de produtos, isto posto, a geração de resíduos é proveniente dos trabalhos

agroindustriais, originalmente derivados do processamento de couro, fibras, alimentos, madeira, produção da indústria sucroalcooleira, e outros. Por tratar-se de setor agrícola, a produção desses resíduos é geralmente sazonal, vinculada a maturidade da cultura ou demanda de matéria-prima. Segundo Matos (2014), a característica e quantidade de resíduos agroindustriais produzidos são versáteis com o tempo (Figura 3.4).

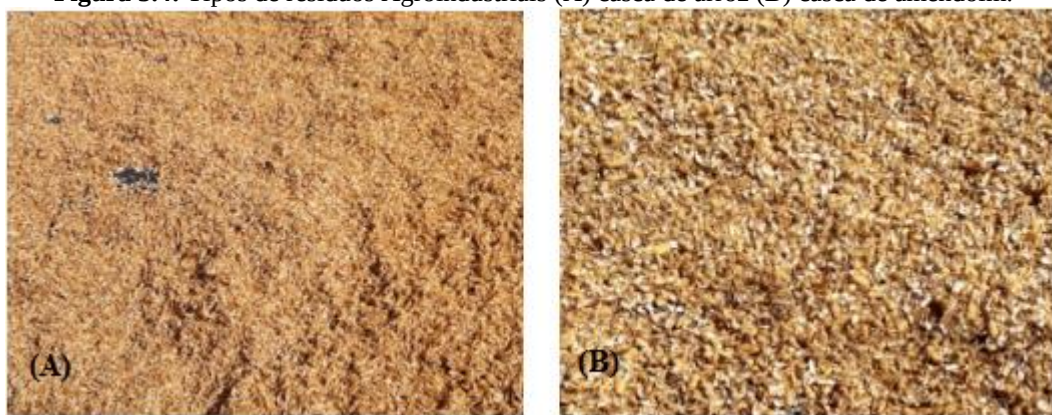
Iwakiri (2005) descreve que, do ponto de vista técnico, quase todas as espécies de madeira ou qualquer outro material lignocelulósico podem se constituir em fonte de matéria-prima para produção de painéis, porém, quando se impõem padrões de qualidade ou características especiais, há uma restrição considerável no número de matérias-primas disponíveis.

Para Melo *et. al.* (2009), a aplicação de materiais lignocelulósicos, agregam valor ao material, aliados a viabilidade da mescla de madeiras com resíduos com o intuito da obtenção de painéis com melhores características físico-mecânicas, o que vem proporcionando um destino mais nobre e menos poluente para esses materiais.

Segundo Mendes *et.al* (2009):

“O aproveitamento dos resíduos gerados pela agroindústria brasileira mostra se como alternativa para atender a demanda do setor de painéis aglomerados, apresentando-se com vários tipos de resíduos lignocelulósicos com potencialidades para aproveitamento, dentre os quais: sabugo de milho, casca de arroz, casca de café, casca de amendoim, pseudocaule de bananeira, casca de coco, caule de mandioca, casca de mamona, bagaço de cana, entre outros” (Mendes et al., 2009).

Figura 3.4: Tipos de resíduos Agroindustriais (A) casca de arroz (B) casca de amendoim.



Fonte: Autora

Ainda para Mendes *et.al.* (2013), uma pequena parte dos resíduos é aproveitada, e na maioria das vezes direcionado para produção de energia para a própria indústria, o que promove baixa agregação de valor. Enquanto que no caso de painéis, além de possibilitar uma maior relevância de benefícios, permitiria ajudar no suprimento de matéria prima (Mendes *et. al.*, 2013).

Este desafio fica sob a responsabilidade do poder público, recaindo em municípios, principalmente nos grandes centros urbanos, que através de pesquisas desenvolvidas por instituições de ensino e iniciativa privada, constatou a viabilidade de aproveitamento desses resíduos, agregando à estes valor de mercado, transformando-os em uma alternativa comercial viável, aplicável aos diversos setores da economia, com grande potencial de expansão.

3.3 Madeira de reflorestamento

O crescimento do setor madeireiro no Brasil, tem sinalizado um processo crescente de utilização de madeiras provenientes de reflorestamento, com maior evidência nos últimos anos, especialmente em razão dos questionamentos relacionados à exploração das florestas nativas, por razões ecológicas ou econômicas, em virtude da difícil exploração das florestas tropicais consequente das grandes distâncias entre as zonas de produção e de consumo.

Segundo Silva (2005), ao mesmo tempo, a indústria de bens de consumo e derivados de madeira contrapõem-se a desafios como a crescente expansão do mercado para madeiras ambientalmente corretas, exemplificado pela crescente força mercadológica dos “selos verdes”, em todo o mundo; e a globalização do mercado consumidor, com a necessidade de aumento da produtividade e do atendimento a padrões de qualidade cada vez mais exigentes.

Esse cenário estimulou a exploração da madeira de reflorestamento, e a produção de florestas jovens, de ciclos curtos e de rápido crescimento, em virtude da versatilidade no tratamento adequado, dispensado na fase de formação da árvore e no processamento da matéria-prima.

No Brasil, as vantagens na produção de madeira em larga escala, está diretamente associada as características definidas através dos fatores climáticos, relevo e radiação solar, que possibilitam uma acentuada atividade biológica, resultando em altas taxas de produtividade.

De acordo com Silva (2005), diante do potencial favorável à produção de matéria-prima florestal, as perspectivas são favoráveis com base o conhecimento já acumulado sobre a silvicultura e o manejo de várias espécies do gênero, referentes à maleabilidade, respostas ao manejo, melhoramento genético, variabilidade e diferenças inter e intra-específicas, que as tornam aplicáveis em um grandes espectro de usos.

O reflorestamento possibilita também a homogeneização da matéria-prima e a continuidade do abastecimento, viabilizando a utilização da madeira, especialmente nas florestas conduzidas em ciclos longos e manejadas adequadamente, com desbastes e desramas (Figura 3.5).

Figura 3.5: Cultura de reflorestamento - Plantios de teca no estado de Mato Grosso, Brasil.



Fonte: Adaptado de PELISSARI (2015)

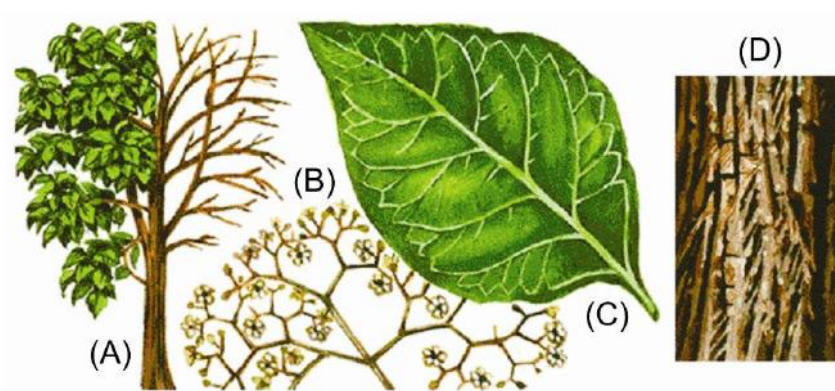
3.3.1 Teca (*Tectona grandis* L. f.): Generalidade e características botânicas da espécie

A madeira da espécie *Tectona grandis* L.f., do gênero *Tectona*, pertencente à família Lamiaceae, anteriormente Verbenaceae, comercialmente conhecida como Teca, com grande expansão na região Centro Oeste e Norte do Brasil, aponta como alternativa para o mercado madeireiro como matéria prima de rápido crescimento e potencial nas qualidades físicas e mecânicas.

Segundo Chaves e Fonseca. (1991), a Teca apresenta tronco retilíneo com casca fina e áspera, com aproximadamente 1,2 cm, que se desprende em placas, sendo uma espécie com alto grau de decíduidade foliar, folhas opostas ou verticular em grupos de três, em formato elíptico, coriáceas, pecíolos curtos ou ausentes, e ápices e bases (Figura 3.6).

Nos indivíduos adultos, as folhas possuem, em média, de 30 a 40 cm de comprimento por 25 cm de largura, porém, nos indivíduos mais jovens, com até três anos de idade, as folhas podem atingir o dobro dessas dimensões (CALDEIRA *et al.* 2000).

Figura 3.6: Representação das estruturas morfológicas da teca: tronco e galhos (A), inflorescência (B), folha (C) e casca (D).



Fonte: Adaptado de PELISSARI (2015)

A inflorescência da teca é composta por cachos, na forma de panículas, com 700 a 3.500 flores brancas e pequenas (Figura 3.7). Desse total, apenas 1% a 2% se desenvolvem em frutos, os quais são constituídos por uma membrana fina que reveste uma estrutura esférica de 5 a 20 mm de diâmetro. O fruto da teca é do tipo drupa subglobosa e tetralocular, contendo de uma até, mais raramente, quatro sementes por lóculo. Essas sementes são pequenas, delicadas e oleaginosas, com 5 a 6 mm de comprimento (CALDEIRA *et al.* 2000).

Figura 3.7: Inflorescência da teca (A), composta por cachos (B), na forma de panículas, com 700 a 3.500 flores brancas e pequenas (C).



Fonte: Autora

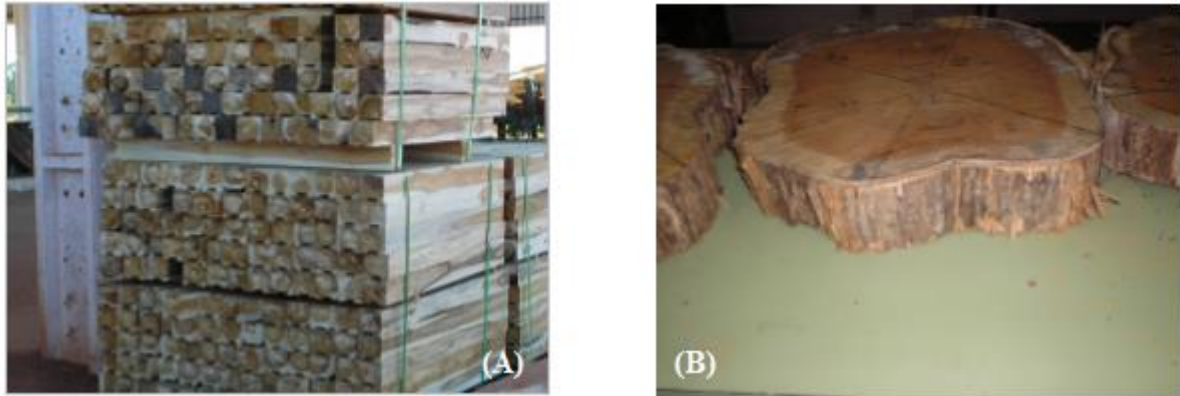
Segundo Angeli (2013), o clima mais propício para o desenvolvimento da planta, é o tropical úmido, caracterizado por verão chuvoso e inverno seco, atentando-se para os seguintes fatores: precipitação anual entre 1200 e 2500 mm; período seco de 3 a 5 meses, coincidente com o período de temperaturas mais amenas. A qualidade da madeira depende desse período seco; A temperatura média anual deve estar acima de 22°C, e melhor crescimento das mudas de Teca ocorrem quando as temperaturas diurnas variam entre 27°e 36°C e noturnas entre 22°e 31°C, e fertilidade de solo, que deve ser profundo (mais de 1.5 metros), permeável, bem drenado, mas com capacidade média a alta de retenção de água. Os solos de textura média são os mais indicados.

Um estudo de avaliação do estado nutricional, crescimento de teca e suas relações com os fatores de solo, mostrou que o melhor desenvolvimento está relacionado à riqueza dos nutrientes, matéria orgânica e pH próximo da neutralidade.

O alburno é estreito e claro, bem distinto do cerne, cuja cor é marrom viva e brilhante, esta característica peculiar da espécie, faz da teca uma madeira muito procurada para decoração de interiores luxuosos e mobiliário fino.

Além do efeito decorativo, a madeira de teca é utilizada para as mais diversas finalidades: construção naval, laminação e compensados, lenha e carvão vegetal; as duas últimas são específicas para as áreas de ocorrência natural.

Figura 3.8: Teca jovem para comercialização (A), alburno de cerne de teca com 30 anos (B).



Fonte: Adaptado de PINTO (2007)

Ainda para Angeli (2013), a densidade média da teca é $0,65\text{g/cm}^3$ e, apesar de ser leve, apresenta boa resistência a peso, tração e flexão, semelhante ao mogno brasileiro; a madeira é estável, praticamente não empena e se contrai muito pouco durante a secagem. A estabilidade permite que a teca resista à variação de umidade no ambiente.

Esta estabilidade, é o fator que garante à espécie uma característica marcante, sendo considerada segundo Pinto (2007), como uma das melhores espécies madeireiras, como já mencionado, na construção naval, e extremamente adequada à mobiliários, acabamento de interiores de alto padrão e em construções com aplicabilidade dentro e fora de água, devido a presença de "caucho", uma espécie de látex, que reduz a variação da umidade da madeira e que lubrifica sua superfície, e também confere resistência a ácidos, protege pregos e parafusos da corrosão (Figura 3.9).

Figura 3.9: Mobiliário e painéis confeccionados dom madeira de reflorestamento - Teca.



Fonte: Adaptado de PINTO (2007)

Outro fator que garante a teca o cultivo em grande áreas de reflorestamento, com alto índice de durabilidade do cerne que pode ficar exposto ao tempo sem sofrer maior deterioração, é a presença da tectoquinona, um pesticida ou preservativo natural que protege a madeira contra cupins e outros insetos, e ainda impede a proliferação de tipos de fungos que podem resultar na deterioração como ocorre em outras espécies de madeiras. Até o momento são poucos os registros, em países onde a teca é cultivada, de ataques de pragas que possam comprometer os plantios.

3.3.2 Distribuição geográfica da Teca

A Teca é cultivada desde o século XVIII, quando os britânicos demandavam grandes quantidades de madeira para construção naval. Originária do sul e sudeste do continente asiático, com distribuição natural descontínua na Índia, Mianmar, Tailândia e Laos, entre os paralelos 9° e 25° de latitude norte (Figura 3.10), e introduzida, há centenas de anos, na Indonésia e Sri Lanka. Atualmente, apresenta uma distribuição relativamente ampla, sendo cultivada em diversas regiões da África e das Américas do Sul e Central, ocupando espaço de destaque no mercado entre as principais espécies produtoras de madeira tropical (PELISSARI, 2015).

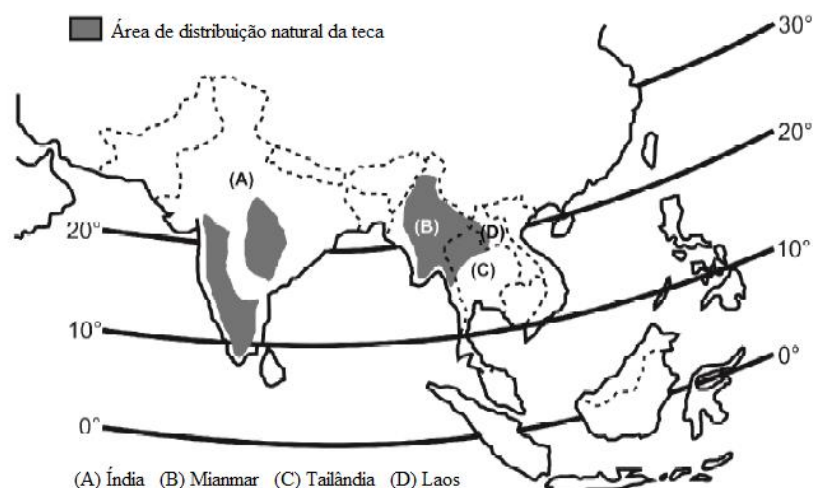
Para Pelissari (2015), as florestas naturais de teca representavam uma área relativamente limitada e de participação baixa na produção da espécie até a década de 1980. Entretanto, somente a partir da proibição da exploração das florestas nativas dos principais fornecedores, como a Índia em 1986, e Laos e Tailândia em 1989, os povoamentos de teca alcançaram destaque como importante fonte de matéria prima para indústria madeireira, e com potencial para suprir a demanda mundial, principalmente nos trópicos, devido ao maior potencial de crescimento e produção. Atualmente, segundo Angeli (2013):

“ [...] a produção mundial é de, aproximadamente, 3 milhões de m³ por ano, sendo que a maior parcela é consumida pelo mercado interno dos países produtores. O mercado internacional consome cerca de 500 mil metros cúbicos, mas a oferta ainda é muito menor que a demanda. De acordo com análises de mercado, haverá aumento de demanda devido à melhoria no padrão de vida nos países em desenvolvimento. O decréscimo da oferta de outras madeiras tropicais que ocorrem em áreas naturais (como o mogno) e a conscientização ambiental dos consumidores, principalmente europeus, também são fatores decisivos para o aumento da demanda” (ANGELI, 2013).

Ainda de acordo com Pelissari (2015), estima-se que, aproximadamente, há 4,3 milhões de hectares cultivados com teca, sendo 83% concentrados na Ásia, 11% na África e 6% na América tropical. A Índia e a Indonésia destacam-se, respectivamente, com 44% e 31% da área

plantada com a espécie no continente asiático, enquanto Myanmar ainda depende de florestas naturais para a produção de madeira de Teca.

Figura 3.10: Distribuição natural da teca no continente asiático



Fonte: Adaptado de PELISSARI (2015)

No Brasil o interesse pela espécie, como alternativa aos plantios florestais tradicionais, cresceu atualmente nas regiões Centro-Oeste e Norte do país principalmente no estado de Mato Grosso, no município de Cáceres, onde o manejo ocorre em ciclos de corte de 25 anos, enquanto nos demais países de cultivo, esse ciclo varia de 60 a 80 anos, com resultados semelhantes às madeiras oriundas do sudeste asiático quanto aos teste físicos, realizados pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) em São Paulo.

Segundo Figueiredo (2015), até 1986, a área total plantada com teca no Brasil, era de cerca de 10 mil hectares; sendo que atualmente, só o Estado do Mato Grosso já possui mais de 50 mil hectares de plantios.

Também no estado do Amazonas, região de Manaus, houve a partir da década de 1990, aumento significativo no cultivo da madeira Teca, principalmente devido a estudos de viabilidade em investimento na produção, realizado na Estação Experimental da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), de Manaus. Para Figueiredo (2015), de acordo com pesquisadores da EMBRAPA, sistemas agroflorestais com Teca, entre outras espécies, pode ser uma alternativa de recuperação de áreas de pastagens abandonadas e degradadas, bem como uma maneira de conter a pressão de desmatamento sobre florestas primárias e promover o desenvolvimento social, econômico e ecológico sustentáveis nessa região.

relevância no mercado mundial de grãos, sendo um importante produto da economia de países asiáticos e africanos lideradas pela China, Índia, EUA; onde juntos detêm aproximadamente 80% da produção mundial de amendoim, ficando atrás somente da produção da soja com 41,8%, do algodão com 14,1% e da colza com 13,1%, participando com aproximadamente 10% da produção mundial de oleaginosas.

Com sementes de sabor acentuado, alto valor nutritivo e calórico, o amendoim é mundialmente apreciado, podendo ser consumido na forma *in natura* ou industrializadas como pastas, doces e salgados, e ainda para extração de óleo. Produto de alta qualidade que gera co-produtos (resíduo) com valores altamente nutritivo, muito utilizados como ração.

O Brasil, segundo dados do IBGE (2017/2018) - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, possui uma área cultivada de amendoim (1ª e 2ª safras) correspondente a pouco mais de 129 mil hectares, com produção estimada em pouco mais de 467 mil toneladas, com destaque para o estado de São Paulo como maior estado produtor brasileiro, principalmente nos municípios de Jaboticabal, Presidente Prudente, Marília, Tupã, Assis, Barretos, Ribeirão Preto, Catanduva e Lins, responsável por cerca de 80% do total produzido no país.

Ainda segundo o IBGE, o estado foi responsável por 89% da área nacional cultivada, produzindo 423 mil toneladas de amendoim em casca, o restante da produtividade ficou dividido entre os estados do Rio Grande do Sul com 3%, Minas Gerais com 2,5%, Paraná com 2,1%, Sergipe com 1,2%, Bahia com 1,2%, seguidos pelos estados de Tocantins, Ceará, Pernambuco e Mato Grosso, onde juntos somaram 2,4% da produção. Economicamente falando, em torno de 80% da produção desta oleaginosa, é exportada para o mercado europeu, sendo o restante comercializado internamente para empresas do ramo alimentício.

Segundo Nasser (2016), a cultura do amendoim pode ser utilizada em áreas de reformas de canaviais, a exemplo das lavouras de soja, geralmente nos meses de setembro ou outubro, como preparo para o próximo ciclo canavieiro que habitualmente inicia-se entre os meses de fevereiro e março do ano seguinte, passando por tratamentos químicos e tratamentos culturais através do cultivo do amendoim, devolvendo à terra os nutrientes indispensáveis para que a lavoura da cana-de-açúcar tenha produtividade desejada.

3.4.1 Classificação botânica

O amendoim é uma dicotiledônia, herbácea, com safra anual, pertencente à família *Fabaceae*, e ao gênero *Arachis*. Apresenta a parte aérea com haste principal, onde se originam

as ramificações primárias, secundárias e terciárias, que podem medir de 0,20 a 0,70 m de comprimento, de acordo com o grupo botânico, as cultivares e as condições ambientais (Figura 3.12) (TASSO JUNIOR *et.al.* 2004).

Figura 3.12: Cultura do amendoim(A), amendoim em vagem (B), ramificação do amendoim (C)



Fonte: Autora

Segundo Nasser (2016), o Brasil possui aproximadamente 27 espécies de amendoim (Figura 3.13), catalogadas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), no entanto, algumas delas recebem maior destaque e são consideradas as principais do país, como Caiapó, Runner e Valência.

Figura 3.13: Amostra de amendoim com casca



Fonte: CAVALLI, 2015

Segundo Cavalli (2015), a espécie Caiapó (Figura 3.14), foi desenvolvida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em 1996. Planta de hábito rasteiro, com elevado rendimento e de ciclo longo, atingindo 135-140 dias, alta produtividade em geral de 25 a 30% a mais que a Valencia, com porte ereto, ciclo curto com 3 a 5 sementes de tamanho médio por vagens, com baixo custo de produtividade, resultando num produto final de boa qualidade, com interesse para o mercado interno e externo. A espécie, caracteriza-se por apresentar cascas de espessura

fina e possuir dois grãos bastante desenvolvidos em cada vagem, o que lhe propicia maior rendimento no momento de descascamento.

Por ter ciclo longo essa cultura que apresenta maior quantidade de vagens, granação sadia e resistência a doenças foliares, permite a colheita dos grãos em determinados períodos do ano, favorecendo o processo de secagem, portanto viabilizando seu beneficiamento.

Figura 3.14: Detalhe do amendoim em grão Caiapó



Fonte: CAVALLI, 2015

De acordo com Godoy *et. al.* (2005), as ramificações primárias do subgrupo Runner, crescem horizontalmente e se espalham pelo solo emitindo alternadamente gemas reprodutivas ou ramificações secundárias e terciárias, formando uma arquitetura mais espessa do que a de plantas de porte ereto.

Em seu artigo sobre a cultura do amendoim Cavalli (2015), afirma que oleaginosas da variedade Runner, (Figura 3.15) em uma saca de 25 kgs de vagem, 19 kgs são de grãos sendo o restante de casca, o que representa aproximadamente 6 kgs do peso da saca comercializada, principalmente às indústrias de confeitaria, e produção dos grãos sem pele, os blanchados.

Figura 3.15: Detalhe do amendoim em grão da variedade Runner



Fonte: CAVALLI, 2015

Para Cavalli (2015), a variedade Valencia (Figura 3.16), através de pesquisas para melhoramentos genéticos, caracteriza-se por apresentar vagens alongadas com média de 3 a 4 grãos em seu interior, com dimensões maiores as anteriores ao estudo, garantindo boa produtividade á espécies, sendo esta a variedade, mais consumida e tradicional do país.

Figura 3.16: Detalhe do amendoim em grão da Variedade Valencia



Fonte: CAVALLI, 2015

De acordo com Doorembos *et.al.* (1994), quanto ao desenvolvimento, a espécie está dividida em fases, distintas:

Fase 0: Período de estabelecimento da cultura (duração de até 10 dias);

Fase 1: Período de crescimento vegetativo;

Fase 2: Período de desenvolvimento reprodutivo;

Fase 3: Período de formação da colheita;

Fase 4: Período de maturação fisiológica;

3.4.2 Descrição da cultivar

As cultivares do tipo rasteira apresentam uma série de vantagens em relação aos amendoins eretos, podendo-se citar a adequação para arranquio e enleiramento mecanizados, alto potencial produtivo, grãos tipo exportação, dormência das sementes no momento da colheita, reduzindo o percentual de brotação indesejável (TASSO JUNIOR *et.al.* 2004).

A partir da década de 90, a cultura do amendoim apresentou considerável expansão e transformação tecnológica. As pesquisas para obtenção e difusão de cultivares mais produtivas e adaptáveis a modernização dos processos de colheita, pós colheita e controle de qualidade do produto, foram os principais fatores dessa transformação (GODOY, *et.al.* 2005).

Segundo Junior (2007), a partir dos arrancadores/mecanização na década de 90, no Brasil, gradativamente vem ocorrendo a substituição das tradicionais cultivares de porte ereto de amendoim, pelas cultivares de porte rasteiro, que se adaptam melhor ao processo de arranquio e inversão mecanizada. Ainda segundo Junior (2007), dentre as cultivares rasteiras, a mais difundida entre os agricultores de São Paulo é a Runner IAC 886, ocupando cerca de 50% da área cultivada com amendoim no estado.

A cultivar Runner IAC 886, resulta da seleção de uma população de plantas oriundas do antigo cultivar americano “Florunner”. Apresenta como características agronômicas ciclo de aproximadamente 130 dias, exigindo um rigoroso programa de controle. Apresentam vagens com duas sementes grandes, com dormência e tegumento de coloração rosada, com faixa de massa de 50 a 70 g por 100 sementes, com alto potencial produtivo, além de apresentar boa tipificação dos grãos para o mercado de exportação (GODOY *et.al* 2005).

3.4.3 Casca de amendoim

A casca do amendoim (Figura 3.17) é obtida no momento do beneficiamento do grão, com separação da semente da casca. Este processo é feito de forma mecanizada pela indústria, já que o amendoim é comercializado em vagens, uma vez que a casca oferece ao produto, uma maior proteção contra a deterioração.

Segundo Themem (1998) *apud* Chamma (2004), o amendoim com casca, quando está seco e limpo, pode ser armazenado por períodos mais prolongados, comparados com o amendoim descascado, já que sem a proteção da casca estará sujeito a danos mecânicos e exposto ao ataque de insetos e microrganismos.

Figura 3.17: Detalhe da casca do amendoim



Fonte: CHAMMA, 2004

A casca do amendoim considerada como um dos resíduos agroindustriais, representa 30% da produção do grão, sendo atualmente, utilizada como combustível para caldeira e fornos, e alimento para gado, no entanto, pesquisas e estudos sobre o aproveitamento deste subproduto em materiais alternativos, a casca do amendoim é atualmente, um recurso abundante e acessível para o desenvolvimento de produtos reciclados.

A opção de fabricação de painéis de partículas, viabilizam a utilização desses resíduos, com a proposta de minimizar os custos em relação aos painéis de madeira compensada, além de as propriedades mecânicas desse produto permitirem sua aplicação em diversas áreas da construção civil, arquitetura e indústria moveleira.

Caraschi (2009), pesquisou a viabilidade e as propriedades físico-mecânicas dos painéis à base de casca de amendoim, afim de serem utilizados como elemento de reforço em embalagens cartonadas e plásticas. Os resultados foram analisados e classificados conforme propriedades de desempenho requeridas para painéis de partículas, o que permitiu classificar os painéis como de baixa densidade, sendo indicados para uso em forros, divisórias, revestimento decorativo e demais aplicações que requerem as mesmas propriedades físicas e mecânicas, segundo norma ANSI A208.1:1993.

Conforme a tendência de desenvolvimento de produtos sustentáveis, e aplicação de resíduos da agroindústria em novos materiais, vem como proposta para agregar valor a este resíduo, com o propósito de evitar seu descarte ou queima.

3.5 Adesivos: Tipos de resinas aplicáveis à produção de painéis

Os principais adesivos aplicáveis na produção de painéis a base de materiais lignocelulósicos, são Fenol-Formaldeído (FF), Isocianatos (PMDI) e Melamina-Ureia-Formaldeído (MUF), podendo ser utilizado como substância ligante entre as partes ou partículas para dois tipos de uso:

Externo: A cura da resina ocorre quando esta é submetida aos processos de alta pressão e temperaturas, sendo insolúveis quando em contato com água ou umidade.

Interno: São resinas solúveis em água, com baixa ou nenhuma resistência à humidade, aplicadas principalmente na confecção de painéis para uso em interiores (divisórias, armários, forros) (SOUZA, 2012).

Segundo Souza (2012), no mercado externo, principalmente na Europa, a combinação de ligantes como PMDI no núcleo do painel, e MUF nas camadas externas, é comum para reduzir os ciclos de prensa e, ao mesmo tempo, proporcionar um aspecto “brilhante” à superfície.

Iwakiri (2005), em sua obra “Painéis de madeira reconstituída”, cita algumas características das resinas mais usuais na produção de painéis, pontuadas por Souza (2012):

Uréia-formaldeído (UF): desenvolvida na década de 30, apresenta baixo custo quando comparada a outras resinas. No entanto é susceptível à degradação hidrolítica quando na presença de umidade e/ou ácidos, especialmente em temperaturas moderadas e elevadas;

Melamina-formaldeído (MF): de uso intermediária entre uréia-formaldeído e fenol-formaldeído, apresenta maior resistência à umidade em relação a UF. Desta forma, a resina MF pode ser utilizada como “fortificante”, em mistura com a UF, na proporção de até 40:60 (M/U). Tais misturas estão disponíveis no mercado com a denominação de melamina-uréia-formaldeído (MUF);

Isocianatos: manipulada nos anos 40, não emite formaldeído livre, entretanto, pode aderir as superfícies metálicas durante a prensagem;

Fenol-formaldeído (FF): inserida no mercado na década de 30, apresenta como característica principal, alta resistência à umidade, portanto classificada como resina de uso externo.

Segundo Jesus (2000), o Departamento de Química e Física Molecular, em conjunto com a Faculdade de Engenharia da USP de São Carlos, atual Instituto de Química de São Carlos, desenvolveram uma resina à base de óleo de mamona, com propriedades satisfatórias quanto a manipulação em temperatura ambiente, resistência à absorção de água, a ação de raios ultravioleta, e resposta positiva aos ensaio mecânicos, demonstrando boa resistência, além de ser extraída de recurso naturalmente renovável.

Dias (2005), realizou estudos em painéis compensados e aglomerados, com a resina poliuretana à base de mamona do tipo bi-componente, com teor de sólidos de 100%, composto por poliál B1640 e pré-polímero A249, adesivo de cura fria, que pode ser acelerado com temperatura até 90°C. Os compensados foram produzidos com lâminas da espécie *Eucalyptus saligna* e os *Pinus elliotti*, obtendo resultados das propriedades físicos-mecânicas aceitáveis dentro dos padrões de mercado.

3.5.1 Resina poliuretana – PU

Segundo Nasser (2016), as resinas poliuretanas (PU) foram desenvolvidos por Otto Bayer, em 1937, e são produzidas pela reação de um isocianato (pré-polímero) com um poliál e com outros reagentes, tais como: agentes de cura, extensores de cadeia (contendo dois ou mais grupos reativos), catalisadores, agentes de expansão, surfactantes, e similares.

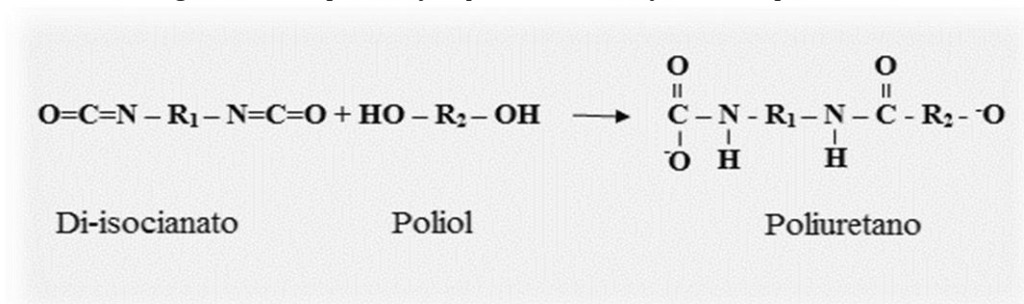
O emprego das PU direcionou-se para a produção de painéis com partículas de madeira aglomerada com as mesmas características daquelas produzidas com adesivos fenólicos, para uso externo. Os estudos desenvolvidos indicaram que chapas coladas com adesivos à base de poliuretana apresentavam propriedades superiores às daquelas das chapas coladas com adesivo fenólico, não emanam formaldeído, além de apresentarem maior resistência à umidade (PETERSON, 1964 *apud* LACOMBE, 2015).

Para Nasser (2016), existem dois caminhos básicos para se obter uma resina poliuretana. O primeiro, resulta na preparação das poliuretanas monocomponentes, onde se destacam em sua estrutura básica os três tipos de intermediários de síntese: poliól, di-isocianato e extensores de cadeia.

O segundo caminho corresponde à preparação de uma resina poliuretana bicomponente. A partir deste caminho, obtém-se um polímero no qual a polimerização está incompleta, portanto o mesmo pode ser considerado um pré-polímero. Segundo Araújo (1992), este pré-polímero quando misturado a um poliól resulta em um poliuretano (Figura 3.18).

Assim, propriedades do polímero, tais como a flexibilidade, a rigidez, a força intercadeia e o entrecruzamento molecular, são explicadas a partir do balanceamento e das características químicas do poliól empregado na reação final com o pré-polímero.

Figura 3.18: Representação química da formação de uma poliuretana



Fonte: Adaptado de JOSÉ, (2006).

3.5.2 Adesivo poliuretano à base de óleo de mamona

Há uma tendência mundial na procura de materiais biodegradáveis, não poluentes e derivados de biomassa. Segundo Araújo (1992), esta tendência alavancou as pesquisas com poliuretanos derivados de óleo de mamona, ampliando-se, assim, novas perspectivas para o seu desenvolvimento.

Para Nasser (2016), conhecida internacionalmente como "Castor Oil" e, no Brasil, por "Caturra", a mamona (*Ricinus communis*) é uma planta da família das Euforbiáceas, da qual é

extraído o óleo de mamona, também conhecido como óleo de rícino. Esta planta é encontrada em regiões tropicais e subtropicais, sendo muito abundante no Brasil.

A partir do óleo de mamona torna-se possível sintetizar polióis e pré-polímeros com diferentes características que, quando misturados, dão origem a um poliuretano. Esta mistura poliól (à base de mamona) e pré-polímero, a frio, leva à reação de polimerização, esta reação conduz à formação da poliuretana, podendo-se variar a porcentagem de poliól, que definirá maior ou menor dureza, bem como o emprego de catalisador adequado a fim de aumentar a velocidade da reação (NASSER, 2016).

Ainda segundo Nasser (2016), o custo econômico da utilização da resina poliuretana à base de óleo de mamona também varia de acordo com a porcentagem de poliól e de pré-polímero utilizada, sendo que o pré-polímero representa 80% do custo da resina, e também em relação à demanda de modo que quanto maior a demanda, menores são os custos de produção.

Neto (1997) caracterizou as propriedades físico-químicas do polímero poliuretano, bi-componente, derivado de óleo de mamona, desenvolvido para ser utilizado como material em implantes ósseos. Com o estudo, o autor apresentou que a decomposição térmica deste polímero se inicia em temperaturas acima de 150 °C.

Araújo (1992) conduziu uma série de ensaios a fim de determinar as características das várias composições de resinas poliuretanas baseadas no óleo de mamona. Com relação à estabilidade térmica das poliuretanas, o autor verificou, através dos termogramas dos ensaios, que até 220 °C ocorre apenas uma pequena perda de massa, o que evidencia a estabilidade térmica da resina até esta temperatura.

3.6 Painéis à base de madeira

Segundo Nasser (2016), os painéis à base de madeira apresentam uma alternativa para a substituição da madeira in natura em algumas aplicações por apresentarem uma estrutura mais homogênea e livre de defeitos, com propriedades físico-mecânicas, estabilidade dimensional e resistência à biodeterioração favoráveis.

De acordo com dados do relatório anual de 2017 da IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (2017):

“[...] a produção brasileira de painéis de madeira reconstituída em 2016, registrou redução de 2,4% em relação ao relatório anterior, e encerrou o ano com 7,3 milhões de m³ produzidos. As produções de MDF/HDF e de HB diminuíram 8,8% e 8,9%, respectivamente, enquanto a produção de MDP aumentou 8,9%.

Parte dessa retração deve-se à diminuição do consumo das famílias, que levou à redução da compra de diversos produtos, incluindo móveis, o principal segmento consumidor de painéis de madeira no Brasil.

Em 2016, as vendas do setor moveleiro caíram 12,1%, em volume e provocaram o recuo de 2,2% na comercialização de painéis de madeira reconstituída no mercado doméstico. Para compensar a redução no mercado interno, o setor alocou a produção no mercado externo e as exportações atingiram 1,1 milhão de m³, alta de 64,0% em relação a 2015 (Figura 3.19 C).

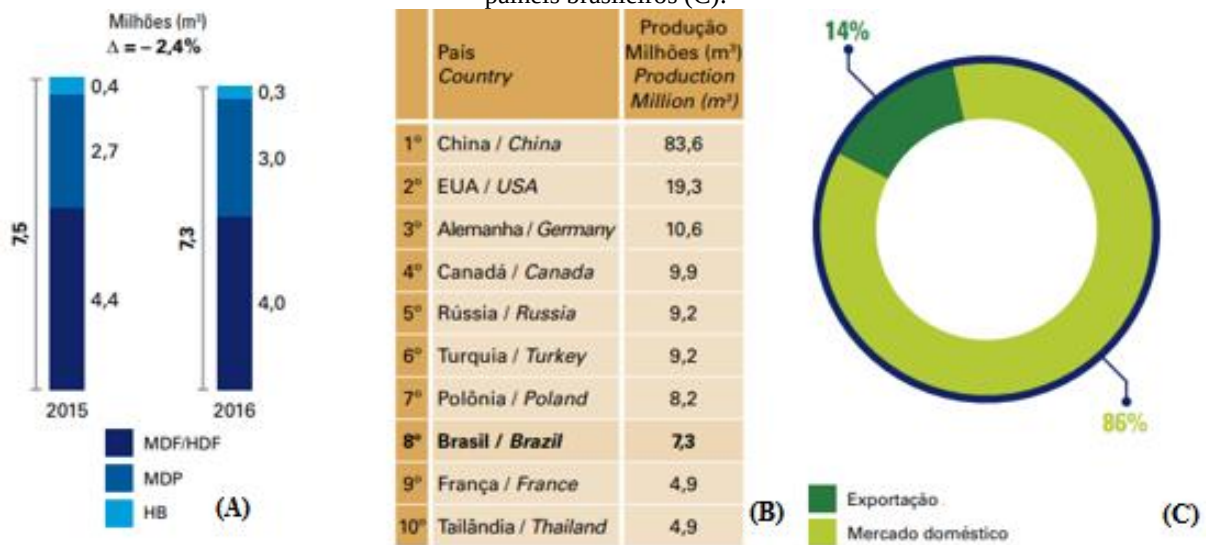
Já a produção de pisos laminados, produto associado à indústria de painéis, totalizou 11,8 milhões de m² em 2016, o que equivale a uma redução de 7,0% em relação à produção de 2015 (Figura 3.19 A).

O segmento brasileiro de painéis de madeira ocupou o 8º lugar no ranking mundial dos maiores produtores, mesma posição em relação ao ano passado (Figura 3.18 B) (IBÁ, 2017).

No Brasil, estes painéis são produzidos em empresas localizadas principalmente nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Pará, Rio Grande do Sul e Pará (Figura 3.19 e 3.20).

Em 2018, segundo a última estatística registrada pela IBÁ, as regiões sul e sudeste juntas somaram maior nível relativo de produção instalada em comparação as demais regiões, registrando somente no estado do Pará um polo com produção de MDF e HDF, com potencial moderado (IBÁ, 2018).

Figura 3.19: Produção brasileira de painéis de madeira (A), Principais produtores mundiais (B), Destino dos painéis brasileiros (C).

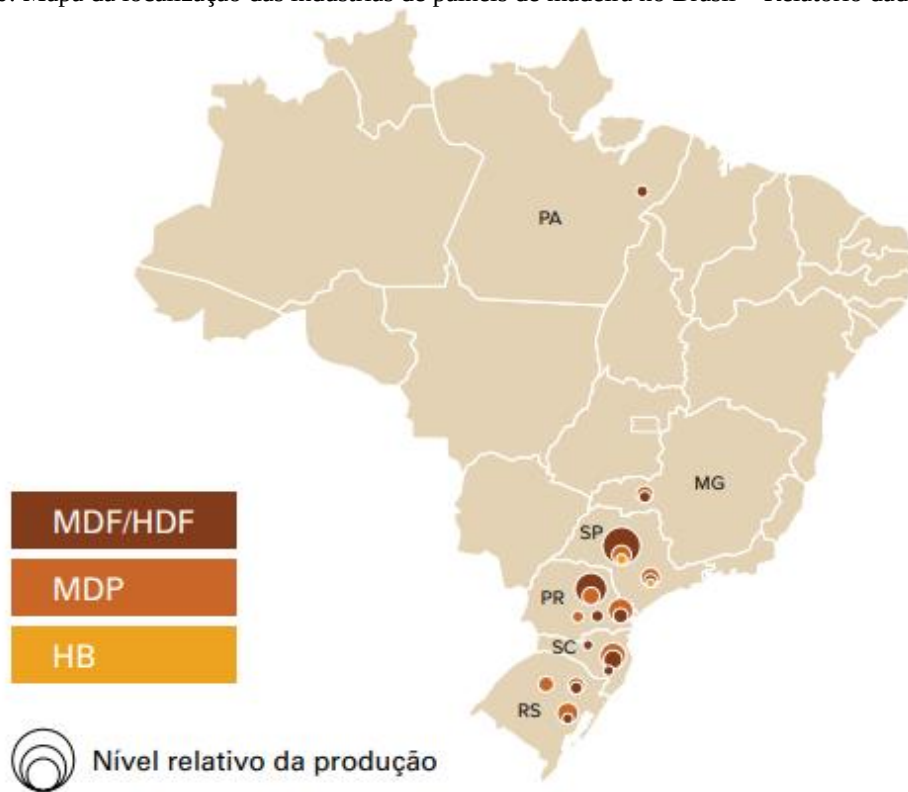


Fonte: IBÁ (2018)

Para Mattos (2008):

“[...] os painéis são estruturas fabricadas com madeiras ou outros materiais lignocelulósicos, em forma de lâminas, partículas ou fibras, que são aglutinadas pela ação de pressão e temperatura, com o uso de resinas. Esse tipo de produto substitui a madeira maciça em diferentes usos, como na fabricação de móveis e pisos, principalmente devido ao encarecimento da madeira maciça” (MATTOS, 2008).

Figura 3.20: Mapa da localização das indústrias de painéis de madeira no Brasil – Relatório dados 2017



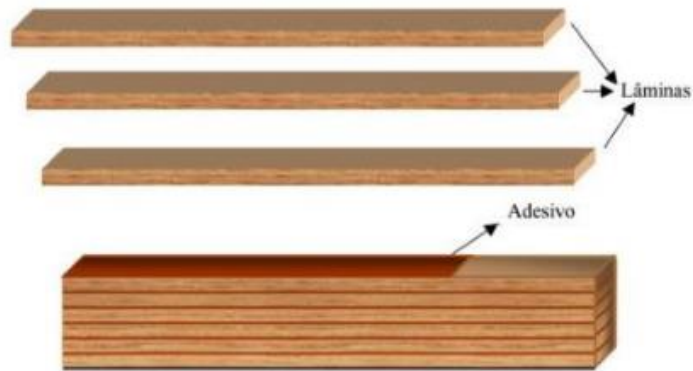
Fonte: IBÁ (2017)

Segundo Petrucci, (1975) *apud* Rocha (2016), entende-se por madeira transformada, uma alteração da estrutura fibrosa orientada do material, para corrigir suas características negativas, que consiste em alguns processos; um deles é a “reaglomeração” de fibras de madeira, o outro processo é a “reaglomeração” de pequenos fragmentos, maravalhas ou flocos e, finalmente, tem-se o processo de “reaglomeração” por colagem de finas lâminas de madeira.

Laminados de madeira: Os laminados de madeira (MLC) são produzidos com finas lâminas de madeira prensada, na maioria utilizados em construções, que “[...] possuem as vigas laminadas de piso, são formadas por várias lâminas de madeiras, que são unidas umas as outras para formar uma viga mais grossa [...]” (PATTON, 1978, *apud* ROCHA 2016).

A técnica de laminar peças de madeira, para aplicação como elemento construtivo e estrutural mais avançado conhecido como sistema Hetzer, surgiu na Alemanha no final do século XIX, para emprego em construções de estruturas de coberturas de escolas, fábricas e pontes. Segundo (Rocha 2016), propicia a redução dos defeitos observados em peças de madeira maciça com grandes dimensões como, nós e rachaduras. O adesivo utilizado deve ter resistência mecânica e ao intemperismo compatível com a estrutura a ser produzida. Os tipos de madeira usados para fabricação de laminados, são o mogno, pinho, cedro e a imbuia. Para uso externo, a madeira colada deve apresentar de 10 a 12% de umidade antes da colagem.

Figura 3.21: Esquema de montagem de uma MLC



Fonte: ROCHA (2016)

Madeira compensada: Segundo Rocha (2016), a madeira compensada foi patenteada por Witikowski em 1886, porém sua exploração industrial começou em 1900 nos Estados Unidos e Finlândia. Nos anos de 1905 a 1935, um relativo avanço de tecnologia básica, intensificou a produção de derivados de madeira, no entanto, o período entre 1936 a 1965, acontece a consolidação da produção de compensados, como importante segmento da indústria madeireira. Somente no ano de 1982, ocorreu o aperfeiçoamento de materiais como resinas, catalisadores e de novas máquinas como as prensas, proporcionando considerável melhora na qualidade dos produtos e na redução dos custos de produção.

Segundo Petrucci, (1975) *apud* Rocha (2016), os painéis compensados são formados de folhas de madeira muito finas com suas fibras colocadas perpendicularmente umas às outras. E de acordo com (DIAS, 2005) as lâminas de madeira são justapostas em números ímpares, coladas entre si de maneira que a direção da grã de camadas adjacentes forme um ângulo de 90°. O sistema de colagem das lâminas de madeira propicia resistência física e mecânica ao compensado.

Figura 3.22: Painéis de madeira compensada



Fonte: ROCHA (2016)

Para Dias (2005), o compensado foi o primeiro painel a ser produzido em escala industrial, sendo um dos mais utilizados no mundo. São materiais produzidos com resina à base de uréia-formaldeído, com cura a altas temperaturas, entre 130 a 160°C e apresentam as seguintes vantagens: maior resistência e menor variação de dimensões, possibilidade de obtenção de grandes chapas e melhor aproveitamento da madeira.

Madeira reconstituída: Segundo Iwakiri (2005), os painéis reconstituídos de madeira surgiram como alternativa ao uso de madeiras maciças, que entraram em regime de restrição na metade do século passado por esgotamento ou limitações dos recursos ambientais e pelas características tecnológicas de produtos colados de madeira, suas aplicações não se limitam apenas à fabricação de móveis, embalagens e como componentes estruturais de paredes, pisos e coberturas de edificações, mas também como elementos estruturais como a viga em perfil “I”.

Painéis de fibras de madeira: Ainda de acordo com Iwakiri (2005), o desenvolvimento da tecnologia de produção de painéis de fibras se deu a partir do século XIX e somente em 1932 foi instalada a primeira fábrica na Alemanha, passando por períodos de desenvolvimento até 1975, quando iniciou-se a produção de painéis de fibras de média densidade (MDF). No Brasil as indústrias foram instaladas a partir de 1950, quando o país tornou-se exportador com grande potencial industrial de painéis de fibras de madeira (Figura 3.23).

Segundo Rocha (2016),

Os painéis de fibra são produzidos com fibras individualizadas, entrelaçadas e aglomeradas com sua própria lignina e se classificam em função de suas características de uso: isolantes e painéis prensados. Os painéis isolantes possuem densidade baixa, entre 0,02 a 0,15g/cm³, sendo empregados para o uso de isolamento termo-acústico e os painéis prensados, possuem densidade média, entre 0,50 a 0,85g/cm³, sendo aplicados em fôrmas de concreto; painéis com pré-acabamento para móveis e divisórias (ROCHA, 2016)

Figura 3.23: Painéis de fibra de madeira



Fonte: ROCHA (2016)

Medium Density Fiberboard (MDF) – Painel de fibra de média densidade: Do idioma Inglês MDF - Medium Density Fiberboard, consiste em um painel com fibras de média

densidade derivadas da madeira, distribuídas de forma homogênea, produzido com madeira de reflorestamento, dando origem à um material uniforme, com boa trabalhabilidade, podendo a ele ser aplicado uma diversidade de revestimentos.

Figura 3.24: Painéis de Medium Density Fiberboard.



Fonte: ROCHA (2016)

O MDF é produzido a partir de fibras de madeira com adição de resinas sintéticas, que pela ação conjunta de temperatura e pressão, apresentando densidade entre 0,50 a 0,80g/cm³ (Figura 3.24)

A produção dos painéis com fibras, evidenciou-se devido à necessidade de suprir as deficiências dos painéis aglomerados, compensados, principalmente na aplicabilidade para indústria moveleira, pois como características, possuem boa estabilidade dimensional, otimizando o processo de usinagem, e resistem mais a umidade que os painéis aglomerados, e possuem alta tecnologia de produção.

Segundo dados do Panorama de mercado de painéis em madeira do BNDS – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO (2016),

“[...] os painéis de madeira industrializada, ou reconstituídos (PMR), são os painéis cuja demanda vem crescendo a taxas mais elevadas no país, sobretudo o MDF, e também o MDP. Adicionalmente, é uma indústria bastante concentrada, com cerca de dez produtores instalados no país e cuja oferta vem crescendo em ritmo ainda mais vigoroso do que a demanda. (BNDS, 2016).

E ainda,

“[...] em relação ao desempenho por produtos, os grandes destaques globais são o MDF e o MDP. O primeiro com maior variação, tanto em termos absolutos quanto relativos, entre todos os tipos de painéis, passou de 5% do consumo mundial em 1995 para 26% em 2012. O MDP, apesar de ter perdido participação no total (de 46% em 1995 para 32% em 2012), em parte por causa da concorrência do MDF, manteve a liderança como o principal painel de madeira consumido no mundo. Além da substituição por MDF em muitas aplicações, houve também uma forte queda na demanda global de MDP em função da crise, visto que o consumo nos países desenvolvidos é mais voltado ao painel de partículas do que ao de fibra: em 2012, a distribuição de consumo entre MDP e MDF, nos países desenvolvidos, foi de 80% e

20%, respectivamente, ao passo que nos países em desenvolvimento foi de 59% e 41% (impulsionado pelo enorme consumo de MDF na China) (BNDS, 2016) (Figura 3.22).

Figura 3.25: Dados comparativos de produção

Tipo de painel de madeira	Consumo (mil m ³)			Consumo % do total			CAGR (%)		Variação no volume (m ³) a.a.	
	1995	2003	2012	1995	2003	2012	1995-2003	2003-2012	1995-2003	2003-2012
PMR	85.493	166.134	222.463	61	70	73	8,7	3,3	10.080	6.259
Chapa de fibra	6.644	9.195	13.698	5	4	4	4,1	4,5	319	500
MDF	7.637	32.389	80.606	5	14	26	19,8	10,7	3.094	5.357
MDP	64.949	92.023	98.452	46	39	32	4,5	0,8	3.384	714
OSB	282	25.109	20.095	0	11	7	75,3	(2,4)	3.103	(557)
<i>Insulating board</i>	5.981	7.417	9.612	4	3	3	2,7	2,9	179	244
Compensados	54.630	72.508	84.017	39	30	27	3,6	1,7	2.235	1.279
Total	140.124	238.641	306.480	100	100	100	6,9	2,8	12.315	7.538

Fonte: BNDS (2016)

Oriented strand board (OSB) - Painéis de partículas orientadas: O nome Oriented Strand Board (OSB), são painéis fabricados com lascas de madeiras orientadas aleatoriamente ou perpendicularmente, coladas com resina à prova d'água, e prensadas sob temperatura e pressão controladas, utilizados como painel estrutural, desta forma, possuem capacidade de contraventar estruturas de madeira e aço.

Figura 3.26: Painéis de OSB – Oriented Strand Board



Fonte: ROCHA (2016)

Segundo Iwakiri (2003) *apud* Rocha (2016), a produção comercial do OSB teve início na região dos Grandes Lagos no Canadá, utilizando-se da madeira de bétula (*Populus sp*), logo

teve uma expansão pela América do Norte bem significativa, tendo uma importância no mercado internacional grande, devido seu emprego na construção de habitações. O OSB se inseriu no mercado mundial desde o início da década de 80. Os países que mais utilizavam esse painel eram os Estados Unidos e Canadá, com maior emprego na construção civil, tendo seu crescimento na América do Norte.

A partir do ano de 2000, a produção de OSB significou 50% do total de painéis estruturais produzidos no mercado da América do Norte. No Brasil, os painéis OSB tiveram origem no Grupo Masisa, com sedes no Chile e Argentina, sendo instalada no ano de 1995, no Paraná, na cidade de Ponta Grossa.

Atualmente diante do panorama mundial em relação a aplicabilidade dos painéis OSB, é notório seu potencial produtivo e de mercado que o Brasil representa. Considerando até o presente que, não se tem uma cultura à base de madeira na construção habitacional, incluindo as populares, os custos e o tempo de construção seriam inferiores, diante do potencial dos painéis OSB. A América do Norte, assim como países da Europa, apresentam inúmeros exemplos que comprovam a eficiência e o baixo custo da construção baseada no OSB e, considerando ainda que, esta opção poderia gerar empregos, pois implicaria num complexo desenvolvimento de atividades em cadeia, envolvendo desde a silvicultura, até o consumo final.

Medium density particleboard (MDP) – Painéis de partículas de média densidade: Medium density particleboard, são painéis de partículas de média densidade, produzidos a partir da adição das partículas de madeira com resinas especiais, através da aplicação simultânea de temperatura e pressão, resultando em um painel homogêneo e de grande estabilidade dimensional (Figura 3.27)

Figura 3.27: Painéis de MDP - Medium Density Particleboard



Fonte: ROCHA (2016)

Para o processo de fabricação de MDP, as partículas são classificadas e separadas de acordo com as camadas constituintes do painel, onde as mais finas compõem as superfícies,

enquanto que aquelas com maiores granulometria são depositadas nas camadas internas. As camadas superiores do MDP possuem densidade elevada entre 0,95 a 1,0 g/cm³, quando comparado ao MDF com 0,80 g/cm³, por ser mais denso, o acabamento para pinturas, impressão e revestimentos são favorecidos.

As partículas que compõem os MDP, proporcionam ao painel boa homogeneidade das camadas externas e internas, resistência à flexão, ao empenamento e ao arrancamento de parafusos, além de estabilidade dimensional e resistência a absorção de umidade.

Madeira laminada colada: Os Laminados de madeira coladas são vigas formadas por várias lâminas, unidas por colagem, dispostas de modo que suas fibras fiquem paralelas entre si. A técnica surgiu da necessidade de utilização da madeira de reflorestamento, principalmente o Pinus, encontrada em abundância nos países do hemisfério norte (CAVALHEIRO, 2014).

Segundo Azambuja (2006) a madeira laminada colada surgiu na Europa, sendo utilizada em sistemas estruturais internos, com a evolução da tecnologia e dos materiais, passou a ser empregada em sistemas estruturais expostos, introduzida nos Estados Unidos da América, foi utilizada em diversas construções de grande porte.

Figura 3.28: Aplicações de sistemas na cobertura de madeira laminada colada.



Fonte: ROCHA (2016)

O aplicação da MLC na indústria da construção civil, atualmente mostra-se em expansão no Brasil e no mundo, tendo como atrativos características específicas de uso, as quais lhe garante a sustentação de altas cargas, com baixo peso próprio, e grande flexibilidade em curvaturas, alta resistência ao fogo, excelente estabilidade dimensional em elementos estruturais, resiste a substâncias químicas além da vantagem de ser matéria-prima renovável, de florestadas plantadas. A Figura 3.28 mostra estruturas de teto em MLC, com destaque à plasticidade do material, e característica de vencer grandes vãos, além do efeito estético das figuras geométricas que compõem o conjunto das estruturas.

3.6.1 Painéis de partículas aglomeradas homogêneas: generalidades e produção

De acordo com Iwakiri (2005), os painéis de madeira aglomerada surgiram na Alemanha no início da década de 40 como forma de viabilizar a utilização de resíduos da madeira, em decorrência do isolamento e dificuldade de comércio em virtude da II Guerra Mundial. Com poucas condições para produzir lâminas de qualidade, a opção era confeccionar compensados apenas com resíduos de madeiras, mesmo porque naquele momento as florestas estavam consumidas, restando apenas árvores jovens impróprias para geração de madeira serrada.

Após o fim da guerra, a partir do ano 1946, embora os responsáveis pela criação dos aglomerados estar atribuída aos alemães, o desenvolvimento dos painéis continuou nos Estados Unidos, com o aprimoramento dos processos produtivos, que confeccionaram novos painéis com adição de materiais diversificados, difundindo-os pelo país, e na década de 60 pelo mundo (MENDES *et.al.*, 2003).

Atualmente, a madeira originária das florestas nativas vem sendo substituída por madeira de florestas cultivadas, visto que estas são potencialmente renováveis quanto ao fornecimento matéria prima e serviços, com demanda crescente pela sociedade atual em âmbito global, estimulando estudos e desenvolvimento de novos materiais que possam suprir e até mesmo superar com eficiência as propriedades dos materiais já existentes.

Segundo Patton, (1978) *apud* Rocha (2016),

“[...] embora o emprego da madeira em sua estrutura natural pareça estar diminuindo, há um aumento de utilização desse material em produtos nos quais a madeira esta química e mecanicamente modificada, como nas placas de fibras e partículas prensadas (PATTON 1978 *apud* ROCHA 2016).

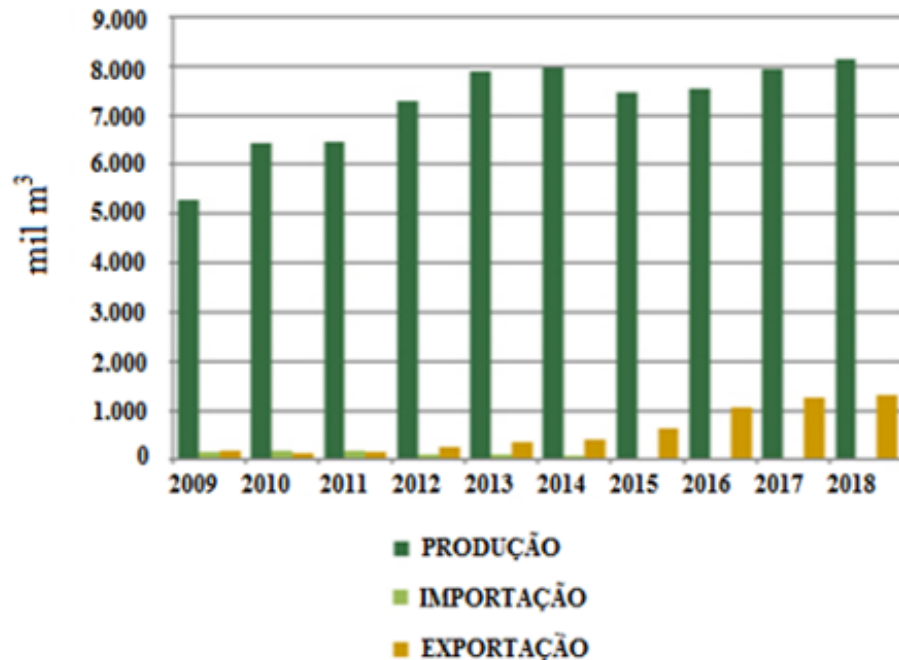
O Brasil, é um país com grande disponibilidade de materiais, e boas condições para industrialização, mas ainda encontra dificuldade de investimentos e utilização de recursos, deixando a desejar à nível de tecnologia nos processos de produção.

Em 1966, os painéis de madeira aglomerada começaram a ser produzidos pela iniciativa privada, através da indústria Louis Dreiffus, que criou a empresa Placas do Paraná, em Curitiba, devido à grande abundância de resíduos produzidos na região sul, pela indústria moveleira local (MATTOS *et. al.* 2008)

Segundo Roque *et. al.* (1998), o surgimento das chapas de madeira aglomeradas no país, deu-se em virtude da escassez de madeira e a necessidade bom como a oportunidade de aproveitamento econômico dos resíduos industriais. Atualmente a realidade torna-se diversa,

em virtude das grandes áreas de florestas cultivadas, com o propósito de fornecer matéria prima para a produção de painéis aglomerados.

Figura 3.29: Dados comparativos de produção, exportação, importação painéis de madeira.



Fonte: IBÁ (2018)

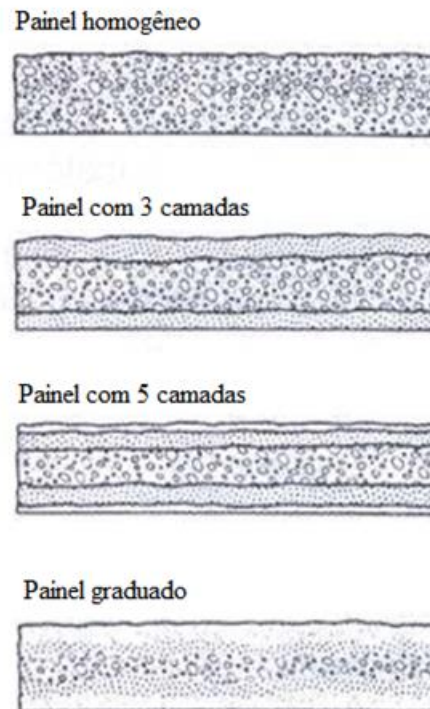
Estudos da IBÁ, apontam que no sumário executivo do relatório anual de 2018, dados comparativos de produção, exportação, importação painéis de madeira em relação ao anos anteriores, onde a produção superou o índice de 8000 m³, seguidos por exportação com aproximadamente 1200 m³ e praticamente sem registro de importação (Figura 3.29).

Os principais produtores de painéis aglomerados no país, estão nas regiões sul e sudeste, onde estão localizados os maiores pólos moveleiros, nos estados do Paraná (Berneck em Araucária, Arauco em Curitiba e Piên), São Paulo (Duratex em Itapetininga e Eucatex em Botucatu), Minas Gerais (Eucatex em Uberaba) e no Rio Grande do Sul (Duratex em Taquari, e Masisa em Montenegro) (IBÁ, 2017).

3.6.2 Etapas do processo produtivo dos painéis de partículas aglomeradas homogêneas

Segundo Iwakiri et al. (2005), o painel de partículas aglomerado, é produzido com partículas de madeira ou outros materiais lignocelulósicos (Figura 3.30), variando de 3 a 50 mm de espessura, com a incorporação de um adesivo, colados de forma aleatória consolidados através de calor e pressão.

Figura 3.30: Sistema de distribuição de partículas no painel aglomerado.

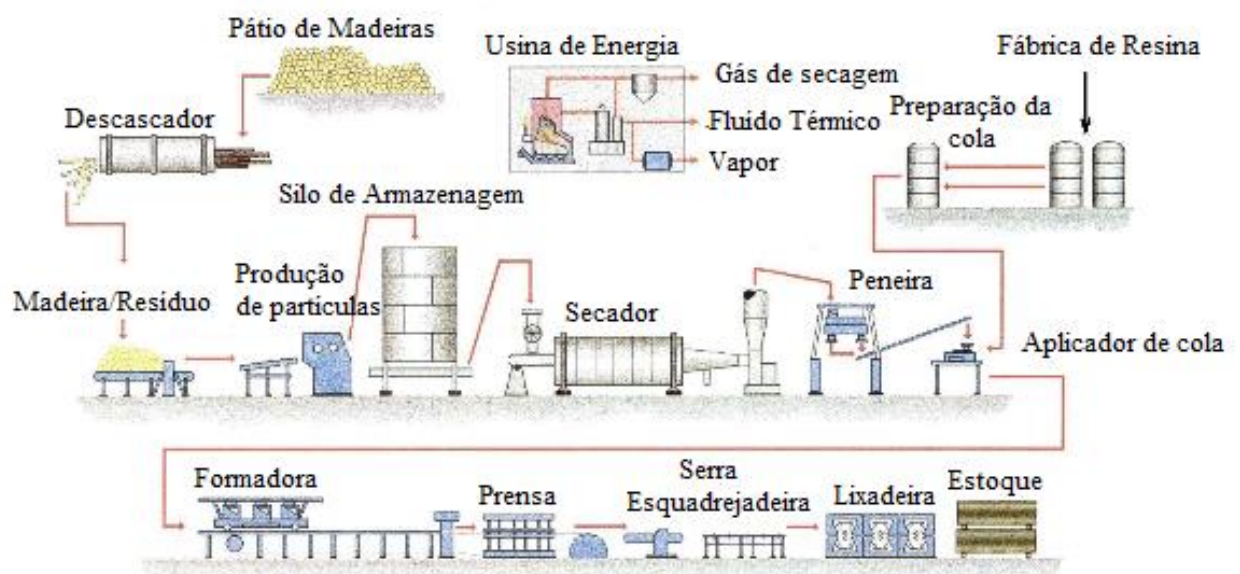


Fonte: Adaptado de BARROS FILHO (2009)

A Figura 3.31, ilustra o processo de produção de painel aglomerados, desde a etapa de aquisição da madeira, geração de resíduos, além de seleção de partículas, e adição de resina.

Na sequência, o colchão é prensado em alta temperatura, após a compactação das partículas, receber as etapas de serragem e lixamento, que proporcionará ao painel a condição de acabamento.

Figura3.31: Etapas do processo produtivo de painéis aglomerados.



Fonte: Adaptado de IWAKIRI *et al.* (2005)

O fluxo de produção dos painéis de madeira aglomerada apresenta particularidades, e, segundo Iwakiri (2005), pode ser descrito em treze etapas:

01 Geração de partículas: Etapa onde são definidos os elementos dimensionais que influenciam na qualidade dos painéis. As toras são a principal base de fornecimento de matéria-prima na produção, além da possibilidade de adição de outros resíduos de indústrias madeireiras, bem como outros materiais lignocelulósicos, oriundos da indústria alimentícia e setor agrícola. A umidade da madeira e a presença de casca são importantes nessa etapa do processo. Valores de umidade abaixo de 35% dificultam o controle da geometria das partículas, gerando uma quantidade maior de partículas finas, maior consumo de energia e desgaste nos picadores. Já em umidades muito elevadas pode ocorrer o esmagamento da madeira. É mencionada então uma faixa adequada de umidade entre 35 e 50%. Antes da geração das partículas, é feito o descascamento da tora. Só então é feita a redução primária da matéria-prima através de picadores que transformam as toras em cavacos, e a redução secundária é feita através de moinhos de martelo, transformando os cavacos em partículas menores (IWAKIRI et al., 2005).

02 Secagem das partículas: Na etapa de secagem, as partículas devem ser mantidas entre 3% e 12% de umidade, dependendo do tipo do adesivo a ser utilizado, afim de garantir-lhes boa penetração. Sendo assim, a determinação do teor de umidade das partículas é de grande importância na melhoria das propriedades do painel. O teor de umidade influencia diretamente na cura da resina, no tempo de prensagem e na pressão necessária para consolidação do painel até a espessura final desejada (BARROS FILHO, 2009).

03 Classificação das partículas: Após a secagem, as partículas serão classificadas através de conjunto de peneiras vibratórias ou em função de seu peso. Essa classificação é feita para que os finos e as partículas muito grandes sejam removidos. As partículas maiores são destinadas para a camada interna do painel, e as menores para as camadas externas, partículas muito finas serão descartadas (IWAKIRI et al., 2005);

04 Aplicação do adesivo: O adesivo representa um alto custo na produção do painel, podendo chegar até 35% do valor do mesmo. Por isso, o uso do adesivo é sempre feito de forma otimizada. Em um painel geralmente são utilizados de 6 a 12%, em relação ao peso seco das partículas (IWAKIRI et al., 2005). Quando os painéis são homogêneos, a aplicação do adesivo sobre as partículas é realizada no mesmo aplicador, porém se os painéis forem multicamadas, a aplicação do adesivo é realizada separadamente para partículas da camada interna e das camadas externas do painel, em dois aplicadores distintos (IWAKIRI et al., 2005);

05 Formação do colchão: É o processo de deposição das partículas combinadas com adesivo sobre uma esteira móvel, em quantidade pré-determinada em função da densidade e espessura do painel. No equipamento formador do colchão há um reservatório onde é dosado o material que vai para o sistema de distribuição sobre a esteira móvel (IWAKIRI et al., 2005).

06 Pré-prensagem do painel: Após a formação do colchão, o painel passa pela pré-prensagem, fase de estabilização, e encontro da altura desejada e melhoria de sua consistência afim de facilitar o carregamento até a prensa quente (IWAKIRI et al., 2005).

07 Prensagem à quente do painel: Essa etapa tem como objetivo a cura da resina, a classificação e consolidação do colchão até a espessura final do painel. Os parâmetros do ciclo de prensagem de acordo com Iwakiri et al. (2005) são pressão, temperatura de prensagem, tempo de fechamento da prensa e tempo de prensagem, elementos primordiais para qualidade do painel.

08 Resfriamento do painéis: Os painéis são resfriados em temperatura ambiente após a saída da prensa para permitir a continuação do processo de cura da resina iniciado durante a prensagem a quente.

09 Acondicionamento dos painéis: Após o resfriamento em temperatura ambiente, os painéis são retirados da forma e acondicionados, empilhados ou em caixas, de forma a garantir sua integridade.

10 Acabamento dos painéis: Na sequência, é feito o processo de esquadrejamento e lixamento dos painéis que tem como objetivo eliminar quaisquer irregularidades na superfície do painel.

11 Classificação dos painéis: Após o lixamento, as chapas são classificadas, pré-cortadas nas dimensões convencionais e armazenadas adequadamente (DIAS, 2005).

12 Embalagem dos pinéis: Uma vez lixados esquadrejados e cortados, as peças são embaladas segundos sua composição, e acondicionadas novamente em caixas ou pilhas.

13 Armazenamento dos painéis: O armazenamento deve ser em local limpo e livre de umidade.

3.6.3 Propriedades e características dos painéis de partículas aglomeradas homogêneas

As particularidades e características dos painéis aglomerados, dependem dos quesitos de sua constituição. No que diz respeito as partículas, não existem restrições quanto ao uso de qualquer tipo de espécies, o que proporciona o aproveitamento de resíduos industriais ou de exploração florestal, madeiras de baixa qualidade ou sem serventia industrial.

A única exigência relacionada a aplicabilidade das partículas, diz respeito a geometria que interfere diretamente na boa densidade do painel, havendo compatibilidade do adesivo com a permeabilidade da espécie selecionada. As mais utilizadas na indústria brasileira de painéis são provenientes de florestas plantadas (lideradas por pinus e eucalipto), na maioria das vezes cultivadas pelas próprias empresas fabricantes.

Com relação a utilização de resinas, a mais empregada é a ureia formaldeído, em virtude de seu baixo custo. Contudo a mesma fornece baixa resistência à umidade. No entanto, segundo Dias (2005), para sua utilização, há um inconveniente quanto a emissão de formaldeído, substância tóxica, que, quando avaliado segundo as questões de controle ambiental, inviabiliza sua utilização.

Ainda segundo Dias (2005), atualmente, diversos pesquisadores debruçam suas atenções para estudos que envolvem adesivos alternativos, principalmente os que tem como base o óleo de mamona, com pesquisas iniciadas no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (IQSC – USP) em São Carlos, considerados adesivos naturais, que tem tido resultados satisfatórios quanto ao teor toxidade aplicabilidade nos painéis.

Para Iwakiri (2005), as resinas ou adesivos, podem ser considerados os grandes responsáveis pelo maior custo da produção, variando de 35% a 60%. A quantidade deve ser otimizada em função das propriedades requeridas e de acordo com as exigências mínimas de normas técnicas.

Ainda podem ser acrescentados a produção de painéis substâncias que agregam melhores características ao produto final, como por exemplo catalizadores ou endurecedores, retardantes as chamas, repelentes à fungos e insetos, antimofos ou opções de aditivos.

No mercado brasileiro, até o ano de 2001, as chapas de madeira aglomerada, não tinham uma exigência mínima de qualidade, no entanto para comercialização internacional, havia a necessidade de testes, conforme exigência de cada país. A partir de 2002, com o vigor da NBR 14.810 chapas de madeira aglomerada (partes 1- Terminologia, 2- Requisitos e 3 - Métodos de Ensaio), referentes a normatização, as chapas produzidas passaram a ser qualificadas e ensaiadas para aprovação no mercado nacional.

3.7 Aplicabilidades e pesquisas em painéis de madeira aglomeradas na atualidade

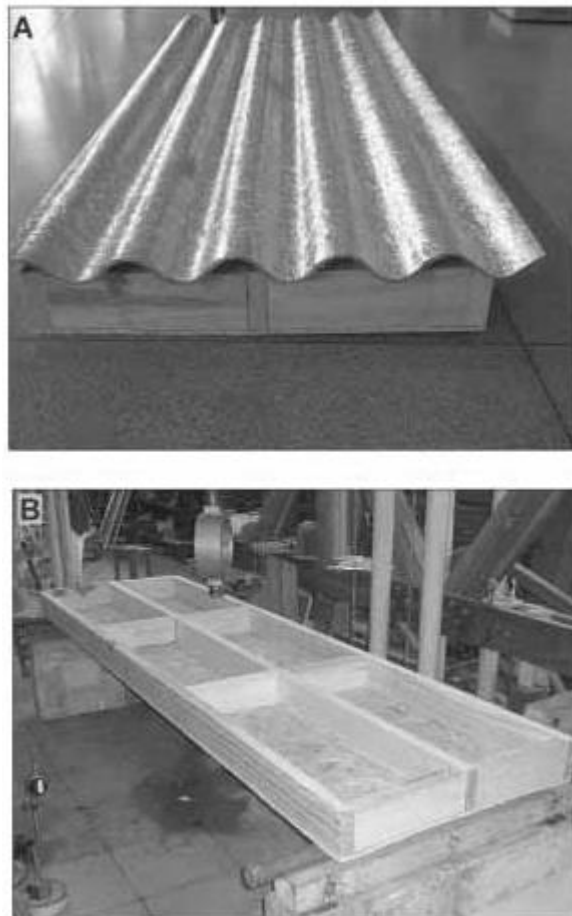
A utilização dos aglomerados está diretamente ligada a produção de móveis, e vários outros setores, como por exemplo a construção civil, embalagens e demais, desde que sejam respeitadas e observadas suas características e propriedades construtivas.

Segundo Macedo *et.al.* (2015), os aglomerados podem ser aplicados largamente na construção civil, como forros, divisórias, portas e pisos. Neste contexto, Sartori et al. (2012) desenvolveram painéis aglomerados de madeira de reflorestamento e chapas de partículas de resíduos lignocelulósicos do tipo bagaço de cana-de-açúcar com resina poliuretana à base de óleo de mamona com aplicação em edificações de manejo bovino.

Segundo Fiorelli *et al.* (2012), obtiveram bom desempenho estrutural para sistema de coberturas pré-fabricadas em madeira, painéis aglomerados e telha reciclada destinada à aplicação em construções rurais (Figura 3.29).

Gatani *et al.* (2013) desenvolveram um painel aglomerado produzido a partir de casca de amendoim com grande potencialidade para utilização em ambientes internos, como revestimento superficial de residências, construções agrícolas, setor moveleiro e decorativo; portanto, a produção de painéis aglomerados se constituiu numa alternativa para o melhor aproveitamento dos vários resíduos produzidos atualmente pelas diversas atividades econômicas mundiais sendo eles de origem lignocelulósica ou inorgânica.

Figura 3.32: Sistema de painel – (a) telha e estrutura, (B) vigas de reforço



Fonte: Adaptado de FIORELLI et al. (2012)

3.7.1 Aproveitamento de resíduos de madeira e bagaço de cana-de-açúcar na produção e avaliação de painéis aglomerados

Rocha (2016), utilizou partículas de bagaço de cana-de-açúcar adicionadas a misturas de partículas de madeira provenientes de resíduo de marcenarias com adição de 10% de resina poliuretana a base de mamona, com distribuições granulométricas na faixa de 4 mm a 6mm.

Com relação às análises realizadas nos resultados obtidos com os ensaios, verificou-se que o emprego de 10% resina foi eficiente para proporcionar a adesão adequada entre as partículas, e que a adição de bagaço de cana-de-açúcar, ajustando a composição granulométrica, propiciou propriedades físicas e mecânicas aos painéis com valores que de acordo com a ABNT NBR 2:2014, e são indicadas, segundo a referida norma, para produção de “Painéis de Partículas de Madeira de Média Densidade” do “Tipo P2”, ou seja, “Painéis não Estruturais para Uso Interno em Condições Secas” e para produção de painéis do “Tipo P4”, ou seja, “Painéis Estruturais para uso em condições secas”.

3.7.2 Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim

Para Gatani *et. al.* (2013), os resultados experimentais de inchamento em espessura (24h) dos painéis com partículas de amendoim, são semelhantes aos apresentados por GULER, que estudou a viabilidade da produção de painéis de partículas aglomeradas com partículas de casca de amendoim e casca de pinho negro europeu. O teste foi realizado em painéis com densidade $0,7 \text{ g/cm}^3$, com 0%, 25%, 50%, 75% e 100% de casca de amendoim com o adesivo de ureia-formaldeído. Os resultados obtidos indicam que ocorreu maior absorção de água nos painéis avaliados com 75% de casca de amendoim, apresentando os registros de 63,3% e 73,9% de absorção de água em 2 e 24h de imersão, e 13,78% e 19,84% de inchamento em espessura.

Para os ensaios de MOR e MOE, foram realizados agrupamentos entre os painéis, com proporções que resultaram em dezoito tratamentos, todos eles estudados com três repetições, obtendo valores médios de MOE variaram de 79 a 332 MPa e 0,5 a 3,3 MPa, para MOR.

Os painéis testados com revestimento externo de resina PU de mamona demonstraram bom acabamento estético, baixa absorção de água e, conseqüentemente, baixo inchamento em espessura (inferior a 5%), o que denota a eficiência desse produto como impermeabilizante.

Ainda segundo Gatani *et. al.* (2013), incorporar partículas de madeira aos painéis de casca de amendoim, aumentar a quantidade de resina, incorporar parafina na mistura e variar o

valor da pressão são parâmetros que, se trabalhados, poderão contribuir de modo significativo com o aumento das propriedades mecânicas do material e, conseqüentemente, proporcionar novos usos para o produto.

3.7.3 Produtos ecoeficientes na arquitetura: a produção de painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz

Alonge *et. al.* (2014), utilizou como matéria prima para confecção de painéis, casca de arroz, polipropileno (em grânulos) e epolene (material aglutinante das misturas entre o plástico polipropileno e o material orgânico), e notou pelos estudos que a densidade adquirida se manteve entre 0,83g/cm³ e 1,16g/cm³, com média 1,02g/cm³, de acima até do que foi almejado.

O inchamento demonstrou pouca variação entre os tratamentos, chegando a uma média de 3,53%, inferior a norma ANSI A208.1 (ANSI, 1993) que especifica 8% como o máximo permitido do inchamento para painéis de alta densidade. Em relação à absorção de água os painéis apresentaram uma média de 1,41%, representando assim a resistência das partículas que quando submersos em água.

Os resultados dos ensaios mecânicos mostraram que o material com 10% de casca de arroz, foi o mais satisfatório quando comparado as demais amostras, tendo como resultado menos favorável o traço com 50% de casca de arroz.

Considerando a possibilidade de reciclagem e de criação de produtos ecoeficientes torna-se claro que a utilização do plástico juntamente com um material orgânico pode ser rentável, além de garantir propriedades físicas, químicas e mecânicas de alto índice. Portanto, o uso da casca de arroz pode gerar um produto final de grande interesse ao mercado atual principalmente para a área da construção civil e arquitetura, áreas que sempre estão em busca de novos produtos, pela inovação, beleza, conforto, preços acessíveis além da durabilidade e de mitigar os impactos ambientais dos resíduos gerados pela sociedade, fatores que podem interferir na qualidade de uma obra.

Na construção civil, materiais como o que foi gerado nessa pesquisa têm grandes potencialidades para serem aproveitados como revestimentos, pisos, embalagens e na área de arquitetura de interiores na fabricação de móveis, objetos e demais produtos, já que resultou em um aspecto bastante homogêneo e que se manuseado com a incorporação de corantes pode se tornar um material com aparência e textura de madeira, podendo facilmente substituí-la em diferentes aplicações.

3.7.4 Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades

Segundo Fiorelli *et. al* (2011), o bagaço da cana-de-açúcar, subproduto produzido em maior volume na agroindústria brasileira, apresenta potencial para uso na fabricação de painéis de partículas, agregando valor em sua aplicabilidade. A resina poliuretana à base de óleo de mamona mostra-se como alternativa eficiente para produção de painéis de partículas à base de bagaço de cana-de-açúcar.

É possível produzir, em laboratório, painéis de partículas de bagaço de cana, com valores médios e variabilidade de propriedades mecânicas equivalentes aos das chapas fabricadas em escala industrial, à base de partículas de madeira, com densidade variando de 0,9 a 1,0 g/cm³.

A aplicação do impermeabilizante da mesma resina poliuretana à base de óleo de mamona representou importante elemento para diminuir a capacidade de absorção e consequentemente do inchamento dos painéis de partículas.

Nos ensaios realizados, os painéis com bagaço de cana-de-açúcar e resina PU à base de óleo de mamona, obtiveram valores de propriedades mecânicas que permitem sua utilização em uso estrutural comercial e industrial, além de ambientes internos de residências, construções agrícolas, setor moveleiro e decorativo, para aplicações não-estruturais.

3.7.5 Pannel aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira Itaúba

Para Barbirato *et. al.* (2014), a casca de amendoim é um resíduo agroindustrial com potencial para fabricação de painéis de partículas, no entanto, as propriedades físico-mecânicas mais satisfatórias foram observadas para painéis híbridos de casca de amendoim e partículas de madeira. Com densidade 0,8 g/cm³, produzidos na proporção de 50% casca de amendoim, 50% madeira Itaúba (*Mezilaurus itauba*) e aglomerados com resina poliuretana de óleo de mamona atenderam às recomendações mínimas dos documentos normativos nacionais e internacionais e representam a formulação que proporciona um uso significativo de partículas de casca de amendoim, sem prejuízo das propriedades físico-mecânicas.

Os painéis híbridos aglomerados com resina poliuretana de óleo de mamona apresentaram resultados superiores quando comparados com aqueles produzidos com a resina ureia-formaldeído, viabilizando o uso dessa resina para produção de painéis de partículas

aglomeradas. Quando submetidos ao ensaio de envelhecimento acelerado, apresentaram propriedades físico-mecânicas inferiores aos painéis não envelhecidos, que devem ser utilizados em condições de baixa exposição à umidade.

3.7.6 Painéis de bambu com casca de arroz e adesivo de mamona

Para Archangelo (2016), os painéis produzidos com partículas de bambu e casca de arroz na proporção 10%, 20% e 30% de resíduo, aglomerados com 12% resina poliuretana a base de óleo de mamona, apresentaram propriedades física e mecânicas superiores aos valores recomendados pela NBR 14810-2 (2013);

Na avaliação de teor de umidade, obteve-se como melhor resultado o valor médio de 14,06% de umidade, para o traço com 70% bambu e 30% casca de arroz, acima do que indica a norma NBR 14810-2 (2013) com máximo de 13% para painéis com espessura variando de 10 a 13mm para classificação P4 (painel estrutural para uso em condições secas). Sendo assim a propriedade teor de umidade para os compósitos com casca de arroz não podem ser recomendados para uso estrutural em condição seca.

No entanto, na avaliação de Inchamento em espessura 24h, os painéis apresentaram valor médio de 2,6% permanecendo abaixo de 5%, portanto se enquadra a NBR 14810-2 (2013) estabelece a porcentagem de inchamento em espessura não pode ultrapassar de 16%. Para os ensaios de absorção de água 24h, os painéis apresentaram valores máximo de 14%, no entanto todos os traços apresentaram valores próximos de 10%, sendo que a NBR 14810-2 (2013) não estabelece valor de referência.

Nos testes de resistência mecânica de tração perpendicular MOE E MOR, e arranchamento de parafuso todos os traços desenvolvidos em laboratório obtiveram valores aceitáveis pela NBR 14810-2 (2013), que indica possível aplicabilidade na construção civil e indústria moveleira.

3.7.7 Análise de intemperismo natural em chapas de partículas compostas de resíduos agroindustriais

Batistelle *et. al* (2005), avaliaram o comportamento de dois tipos de chapa de partículas, compostas a partir do resíduo de celulose e papel, um deles com a inserção de polietileno e alumínio das embalagens cartonadas e o outro, com o acréscimo de fibras das folhas caulinares do bambu, espécie *Dendrocalamus giganteus*, frente aos agentes climáticos, por meio da

realização do ensaio de intemperismo natural. Os corpos-de-prova foram expostos às intempéries e avaliados semanalmente por um período de seis meses.

Em relação aos resultados obtidos no ensaio, percebeu-se que os tratamentos utilizados pouco alteraram os resultados gerais dos diferentes traços. O aspecto que mais influenciou na resistência das chapas frente aos agentes climáticos foi a porcentagem de resíduo de celulose presente no traço.

Os corpos-de-prova sem tratamento, de um modo geral, apresentaram uma maior tendência à perda de partículas, já os corpos-de-prova com tratamento à base de Pentox, apresentaram maior tendência à descoloração. O revestimento com esmalte sintético apresentaram fissuras, pois com as variações de umidade, as chapas alteram o inchamento, e a camada superficial do esmalte não acompanha este movimento.

Os corpos-de-prova compostos por resíduo de Tetra Pak e Celulose sofreram poucas modificações durante o período de exposição (06 meses).

Desta forma Batistelle *et. al.* (2005), chegam ao resultado de que, a adição cada vez maior de polietileno e alumínio inserido nos compósitos, aumenta a resistência dos painéis a ação das intempéries.

Com relação a porcentagens de bambu no compósito, com o aumento da adição deste, aumentou também a incidência de aparecimento de fungos e manchas escuras. Os traços com maiores quantidades de resíduo de celulose tiveram inchamento demasiado e, posterior, esfarelamento e consequentemente os piores resultados, sendo seu emprego em painéis limitados a uma quantidade máxima de 50% da massa total, para que não ocorra o comprometido do material.

Desta forma o emprego do material de partículas compostas de resíduos e bambu e celulose são recomendados para ambientes internos (locais fechados). No entanto, os painéis com resíduos de Tetra Pak destacaram-se positivamente aos agentes climáticos, não sofrendo mudanças significativas, podendo assim, serem utilizadas tanto internamente como externamente.

3.7.8 Avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura

Caraschi *et. al* (2009), produziram painéis preparados a partir de resíduos provenientes de embalagens cartonadas e plásticas, utilizando-se como elemento de reforço, resíduos lignocelulósicos (casca de amendoim e de arroz). A concentração e a natureza dos resíduos

utilizados como matriz e como carga foram variadas gerando doze condições experimentais diferentes.

As propriedades avaliadas dos painéis foram o módulo de ruptura, módulo de elasticidade, tração perpendicular à superfície, inchamento em espessura, absorção de água e densidade. Todos os ensaios foram realizados segundo as normas ASTM D1037 e EN 317, referente à chapa de partículas, sendo os resultados analisados segundo a norma ANSI A208.1 que especifica as propriedades de desempenho requeridas para as chapas de partículas.

Dos painéis confeccionados, o que alcançou melhor resultado foi o compósito com 60% de embalagem plástica e 40% de casca de arroz. Esse painel apresenta resultado que atendem à norma ANSI A208.1, em relação à densidade, inchamento e tração perpendicular à superfície, mas não atendem ao requisito módulo de ruptura e de elasticidade, sendo então preciso acrescentar um aditivo para melhorar a adesão entre o reforço e a matriz polimérica ou um tratamento das partículas.

Os painéis a base de embalagem cartonada tiveram resultados insatisfatórios, principalmente com relação à absorção de água e ao inchamento em espessura.

Com relação à carga de reforço (elemento estrutural), verificou-se que a casca de arroz produziu painéis com propriedades superiores aos produzidos com casca de amendoim. Os resultados obtidos classificam os painéis como de baixa densidade, podendo ser utilizados como forros, divisórias, revestimento decorativos e demais aplicações que requerem as mesmas propriedades físicas e mecânicas.

As embalagens cartonadas e plásticas pós-consumo podem ser também fontes de matéria-prima para a produção de materiais alternativos na arquitetura.

O elemento arquitetônico desenvolvido nesse estudo atende ao conceito de produto ecoeficiente por ser produzido a partir de resíduos e por possibilitar seu uso no ambiente urbano ou rural.

3.7.9 Painéis de madeira aglomerada produzidos com resíduos de serragem e poliestireno expandido para aplicação na construção civil

Lacombe (2015), estudou painéis de madeira produzidos com serragem residual de serrarias, em forma de partículas, e EPS (isopor) dissolvido, como material ligante, afim de aplicabilidade na construção civil. Para tanto, foram produzidos painéis com quatro espécies de resíduos de madeira: pinus, eucalipto, teca e peroba, sendo confeccionados dez painéis de cada amostra, para avaliação das características físicas, mecânicas e demais ensaios.

Como resultado dos ensaios físicos, Lacombe (2015), concluiu que os painéis atenderam os padrões exigidos pela norma brasileira NBR 14.810-2 Chapas de madeira aglomerada (ABNT), e com os baixos valores de inchamento apresentados, os painéis são adequados à utilização em ambientes úmidos e/ou externos.

Dos resultados da caracterização mecânica, os painéis apresentaram resultados satisfatórios quanto à ligação interna e compressão, indicando ser promissor o uso de isopor como forma de adesivo, bem como sua aplicabilidade atrelada em painéis de fechamento.

Entretanto, como os resultados de flexão estática não foram satisfatórios, não recomenda-se o uso do material estudo em par condições estruturais.

Com relação aos demais ensaios avaliados, resistência a incêndios, variação térmica, degradação abrasão e ataques químicos, todos os resultados foram fatoráveis e, se utilizados conforme especificações técnicas, tornam-se coerentes para o emprego em edificações. Sendo assim, observa-se que os painéis podem ser produzidos e utilizados no mercado da construção civil, de forma segura, desde que sejam conhecidas suas funções, tempo de uso e manutenção necessárias.

3.7.10 Painéis de partículas de madeira leucena e resina poliuretana derivada de óleo de mamona

Silva *et. al.* (2013) avaliaram as características físico mecânicas de chapas aglomeradas com partículas de leucena (*Leucaena leucocephala*) e resina poliuretana derivada de óleo de mamona, sendo investigados o módulo de resistência à flexão (MOR), adesão interna, densidade aparente e teor de umidade. As chapas foram confeccionadas com pressão de compactação de 4MPa, temperatura de 90°C, partículas com 5% de teor de umidade e adição de 10% de resina poliuretana monocomponente e bicomponente derivadas de óleo de mamona.

Constatou-se que o emprego de 10% de resina poliuretana monocomponente e bicomponente, juntamente com os demais fatores investigados na elaboração dos painéis, não atendeu de forma satisfatória apenas a densidade aparente, sendo os maiores valores encontrados nos painéis fabricados com a resina poliuretana bicomponente.

Os valores do MOR e adesão interna, foram superiores aos estipulados pela norma brasileira, apresentando ser a adesão interna dos painéis fabricados com resina monocomponente 2,45 vezes superior ao valor limite estipulado.

Os coeficientes de determinação das regressões entre a adesão interna e densidade aparente para ambas as resinas comprovaram a linearidade entre as variáveis, possibilitando-se estimar a adesão interna dos painéis com o conhecimento das suas respectivas densidades.

3.7.11 Painéis de partículas de materiais alternativos: produção e avaliação do desempenho

Valarelli (2016), estudou painéis produzidos com partículas de pupunha de alta densidade, com espessura de 12,7mm, e 12% de teor de resina poliuretana à base de mamona, afim de avaliar as propriedades físico-mecânicas segundo a norma brasileira NBR 14810-2 (2013) e norma americana ANSI A208.1 (1999).

Segundo ensaios realizados, os valores atingidos pelos painéis, quanto as propriedades físico-mecânicas, foram superiores aos determinados pelas normas de referência, mostrando que é possível a utilização do material em componentes estruturais para indústria moveleira e/ou construção civil.

Nos ensaios de inchamento em espessura 24h, os painéis apresentam bons resultados, com percentual máximo de 5,01%, inferiores à outros pesquisadores que também trabalharam com materiais compostos. O mesmo aconteceu com os ensaios de absorção de água em 24h, obtendo valores de até 12% de absorção, também inferior a outros pesquisadores de mesma linha.

Nas Avaliações de resistência mecânica, os painéis de bambu e pupunha também apresentaram resultados com médias superiores quando comparados a outros pesquisadores, em todos os quesitos, tração perpendicular, MOR e MOE, tração superficial, resistência ao arrancamento de parafuso e dureza superficial (Janka). O desempenho mecânico também foi superior as normas NBR 14810-2 (2013) e ANSI A2018.1 (1999).

Pode-se verificar no decorrer das análises dos resultados que houve um declínio dos valores de resistência mecânica, quando se modificou a porcentagem fr pupunha de 20% para 30% em peso na mistura. Isso pode indicar que o limite aceitável de resíduos de pupunha na mistura seja próximo de 20%.

3.7.12 Aspectos gerais quanto as análises de aplicabilidade dos materiais

A utilização de novos materiais na fabricação de painéis aglomerados, apresenta avanços consideráveis, abrindo oportunidades para novos e variados estudos. No entanto a

análise de matérias e resinas compostos de formas diversificadas quanto as proporções e diversidades, mostra resultados satisfatórios, quando submetidos às propriedades físicas e mecânicas, demonstrando que podem atingir os níveis exigidos pelas normas, em determinados casos, ultrapassando os parâmetros, superando as expectativas dos pesquisadores, indicando, que estão aptos a serem lançados no mercado consumidor.

O presente trabalho vem de encontro com esta tendência de pesquisa, analisando um painel produzido com madeira de reflorestamento (Teca), e resíduos da agroindústria (casca de amendoim), juntamente com resina poliuretana de mamona atuando como adesivo para aglutinação das partículas, dando origem a um novo produto com proposta de utilização tanto para móveis quanto na indústria da construção civil.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento desta tese, tanto para fabricação dos painéis, como nos ensaios laboratoriais, referentes aos procedimentos para a determinação das características físicas, como, determinação da densidade, inchamento em espessura (24h), absorção de água (24h), teor de umidade, e características de resistência mecânica como, resistência a tração perpendicular e superficial, resistência à flexão estática e módulo de elasticidade (MOR/MOE), dureza Janka e arrancamento de parafuso para topo e face, foram seguidos os parâmetros e metodologias da NBR 14.810 (2013) - Painéis de partículas de média densidade, parte 1 - Terminologias, e parte 2 – Requisitos e métodos de ensaios, os quais estão descritos neste capítulo, que traz ainda a especificação dos materiais utilizados na produção dos painéis, bem como os processos de fabricação dos mesmos, e as etapas e equipamentos para realização dos ensaios acima mencionados, também utilizados pela autora desta tese nos estudos com Painéis de partículas de bambu e casca de amendoim com adesivo à base de mamona (NASSER 2016).

4.1 Seleção e caracterização dos materiais utilizados na pesquisa

Para o desenvolvimento da parte experimental da tese, foram construídos painéis homogêneos de alta densidade utilizando partículas de madeira Teca (da espécie *Tectona grandis* L.f.), muito utilizada na região norte e centro oeste do país, principalmente no estado do Mato Grosso por ser uma espécie atualmente empregada para reflorestamento, que tem apresentado bons resultados em pesquisas quanto ao comportamento estrutural, a casca de amendoim, resíduo da agroindústria, também constitui objeto desta pesquisa, ligados por resina poliuretana bi componente à base de óleo de mamona.

A madeira Teca foi proveniente da retirada de um exemplar das imediações do Laboratório de Processamento da Madeira do Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP – Universidade Estadual Paulista - Campus Bauru, por recomendação da companhia energética local (Figura 4.33).

A casca de amendoim de qualidades variadas utilizadas neste estudo, foi doada por um cerealista do município de Macatuba região de Bauru/SP, onde é realizada a atividade de beneficiamento do amendoim para distribuição e comércio com indústrias alimentícias do país e exportação (Figura 4.34).

O adesivo utilizado como aglutinante para a formação do colchão e posterior retirada dos corpos de prova, foi a PU, resina poliuretana a base de óleo de mamona, tendo como fabricante a Plural Indústria e Comércio de Produtos Químicos Ltda., localizada no município de São Carlos/SP, sendo que o poliol é identificado com Lecopol E 0921 e o isocianato (pré polímero) Lecopol F 0911. Para este experimento, a resina foi adquirida pela FEB da UNESP diretamente do fabricante em São Carlos.

Figura 4.33: Exemplar de Teca – Laboratório de processamento da madeira UNESP (Bauru) (A), Florescência da Teca – Laboratório de processamento da madeira UNESP (B), Tora cortadas retiradas da Teca – Laboratório de processamento da madeira UNESP (C)



Fonte: Autora

Figura 4.34: Casca de amendoim beneficiada



Fonte: Autora

4.1.1 Equipamentos utilizados na pesquisa

Os trabalhos de moagem dos resíduos, bem como a obtenção da massa e fabricação dos painéis de partículas, foram realizados no Laboratório de Processamento da Madeira, o qual pertence ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP, campus de Bauru, com a utilização dos equipamento:

- Prensa hidráulica, fabricada pela PHS Máquinas Hidráulicas Ltda, modelo PHH 80T, motor de 23 A, com capacidade de prensagem para 80 ton, força e velocidade de avanço controlada em até 19mm/s, velocidade de retorno de 105 mm/s, com pressão controlada até 200 bar ou 20 MPa e temperatura variando entre temperatura ambiente e 200°C;
- Prensa manual de madeira a frio, para o processo de pré-prensagem, com o objetivo de distribuir melhor as partículas e reduzir a altura do colchão para etapa de prensagem à quente; (Figura 4.35);

Figura 4.35: Prensa manual em madeira



Fonte: Autora

- Picador industrial marca Lippel Metal Mecânica, modelo TM 30;
- Serra circular esquadrejadeira fabricante Verry com mesa de 1,5 x 0,60 m equipada com serra circular fabricante Leitz especificação 250 x 2.8/e2.0x30 HW Z80/9.82;
- Conjunto de peneiras vibratórias, fabricante Bertel, de dimensões 50 x 50 x 10 cm (Figura 4.36 A), malhas ASTM 6 (mesh 6), com abertura de 3,35 mm, ASTM 10 (mesh 9) com abertura de 2,00 mm, e ASTM 30 (mesh 28), com abertura de 600 mm (Figura 4.37), montados em vibrador também marca Bertel motor trifásico 220 / 380 V com 1/3 HP capacidade de até 6 peneiras (Figura 4.36 A);

Figura 4.36: Peneira vibratórias montados em agitador mecânico (A), conjunto de peneiras vibratórias (B).



Fonte: Autora

Figura 4.37: Tabela Mesh – Fabricante Bertel

ASTM USS	MESH TYLER	Abert. mm./ y	TOL. (malha)	
			DE	ATÉ
6	6	3,35	3,24	3,46
7	7	2,80	2,71	2,89
8	8	2,36	2,28	2,44
10	9	2,00	1,93	2,07
30	28	600	579	621

Fonte: Adaptado do site <http://www.bertel.com.br/tabela%20de%20abertura.pdf>

- Caixas formadoras em madeira, com 380 x 320 mm, para moldagem e distribuição uniforme das partículas no colchão – etapa de pré prensagem (Figura 4.38);

Figura 4.38: Caixa em madeira para formação dos colchões



Fonte: Autora

- Tambor plástico com capacidade volumétrica de 85 L para homogeneização da mistura das partículas selecionadas;

- Furadeira industrial fabricante Makita modelo HP 2050 com 720 W de potência, acoplada com batedor de massa leve para homogeneização das partículas e resina.

O processamento da massa para formação dos colchões, a produção dos painéis e caracterização dos ensaios físicos, deram-se no Laboratório de Processamento da Madeira, do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP, campus de Bauru, equipado com os dispositivos necessários para o desenvolvimento dos ensaios:

- Estufa de secagem fabricante SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000 W, com temperatura máxima de 200°C (Figura 4.39);

Figura 4.39: Estufa Solab – secagem das partículas para formação dos colchões



Fonte: Autora

- Balança digital fabricante Marte, modelo BL 3200, carga máxima de 3,2 kg com divisão de 0,01g para seleção das partículas nas proporções que compõem os traços d pesquisa;
- Balança de marca Toledo, modelo 9094C/1 com capacidade para 15 kg, e resolução de 0,1 kg;
- Furadeira de bancada Modelo MR-726, marca Manrod;
- Serra copo Starret – 40 mm;
- Paquímetro em aço inox Digimess 300 mm (12”), com resolução de 0,01mm/.0005”, e precisão de 0,04mm;
- Micrometro digital Mitutoyo, capacidade 0-25mm e resolução 0,001mm;

- Recipientes plástico para imersão com tela para sustentação do corpos de prova na caracterização dos ensaios de inchamento em espessura (24h) e absorção de água (24h);

Os ensaios de caracterização mecânica, dureza Janka, arranchamento de parafusos, tração perpendicular e superficial, flexão estática e modulo de elasticidade, foram realizados no Laboratório de Construção Civil do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – DEC-FEB da UNESP campus de Bauru, equipado com a máquina universal de ensaios com as seguintes características:

- Máquina Universal de ensaios, fabricante EMIC, modelo DL 30000 com célula de carga fabricação EMIC tipo Z modelo CCE com capacidade de até 10KN (1000kg);
- Compound adesivo estrutural de base epóxi, com média viscosidade e altas resistências do fabricante Vedacit.

4.2 Metodologia

Este item traz a descrição do processo de fabricação dos painéis de partículas homogêneas de Teca com adição de casca de amendoim e resina poliuretana à base de óleo de mamona, bem como a metodologia para caracterização dos ensaio dos corpos de prova, submetidos a testes físicos e de resistência mecânica, para análise dos resultados obtidos.

4.2.1 Obtenção das partículas de Teca e casca de amendoim

A madeira Teca, inicialmente em toras, foram seccionadas com auxílio de serra circular, em vigas de aproximadamente 80mm x 80mm, deixando-as em condições propícias para o tamanho do triturador (Figura 4.40).

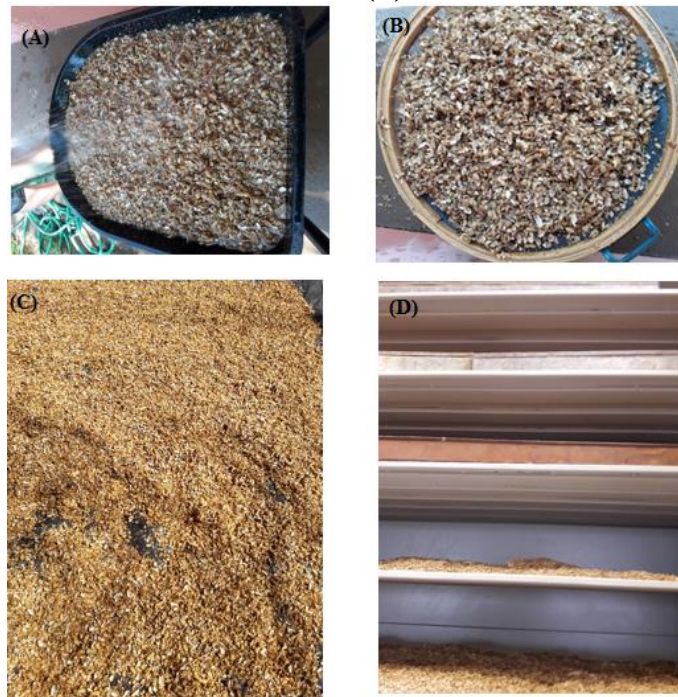
Figura 4.40: Retirada das toras em vigas para triturador



Fonte: Autora

O resíduo de casca de amendoim, composto por várias espécies do grão, foi previamente lavado em água corrente sobre peneira, para retirada da impureza, e posteriormente seco ao sol sobre lona, afim de retirar o excesso de água acumulado no processo de limpeza do resíduo. Na sequência, o material foi devidamente acondicionado em bandejas para secagem em estufas com temperatura de aproximadamente 60°C para total eliminação da umidade (Figura 4.41).

Figura 4.41: Lavagem da casca de amendoim (A e B), Retirada da umidade ao sol sobre lona (C) e secagem em estufa (D)



Fonte: Autora

As partículas de Teca e casca de amendoim, foram obtidas a partir do processamento das vigas e casca de amendoim, em picador industrial marca Lippel Metal Mecânica, modelo TM 30, sendo primeiramente processado a madeira, e na sequência o resíduos em pequenas dimensões (Figura 4.42).

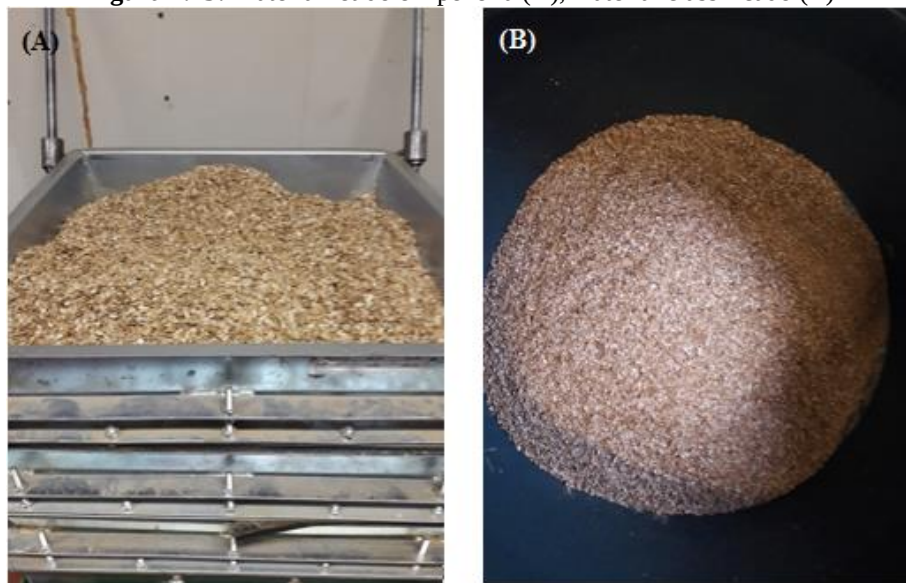
Figura 4.42: Vigas de madeira Teca (A), material triturado (B)



Fonte: Autora

O material proveniente do picador, foi classificado em agitador elétrico com conjunto de 3 peneiras em aço galvanizado, com dimensões de 50 x 50 x 10 cm, para segregação das partículas, tendo o referido conjunto a malhas ASTM 6 (mesh 6), com abertura de 3,35 mm, ASTM 10 (mesh 9) com abertura de 2,00 mm, e ASTM 30 (mesh 28), com abertura de 600 μ m. O conjunto conta com uma base em chapa galvanizada, totalmente fechada para retenção das partículas finas que passaram pelas três malhas acima descritas. Utilizou-se para o desenvolvimento deste trabalho, as partículas que passaram pela peneira de malha 6 mesh e ficaram retidos na peneira de malha 28 mesh, sendo a parcela de “finos,” resultante da classificação descartada (Figura 4.43).

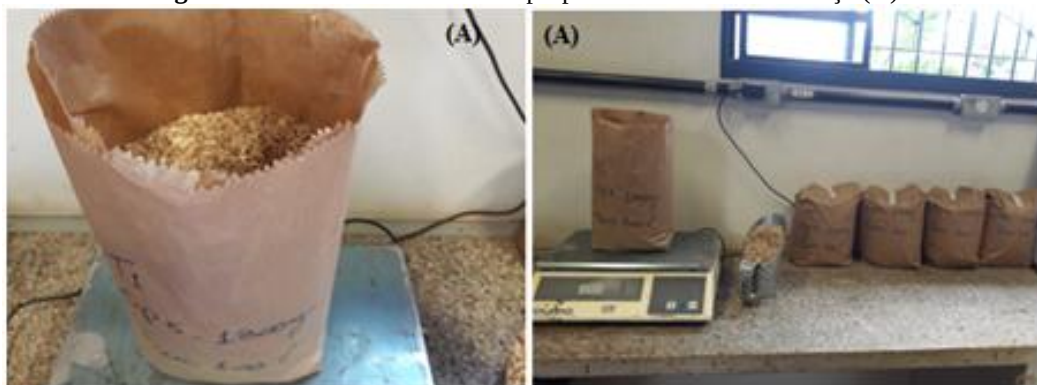
Figura 4.43: Material retido em peneira (A), material classificado (B)



Fonte: Autora

Para compor os traços dos painéis, elemento de estudo deste trabalho, foi necessário separar as partículas conforme a proporcionalidade de resíduo (casca de amendoim) que deveria compor cada painel (Figura 4.44).

Figura 4.44: Material selecionado proporcionalmente em balança (A)



Fonte: Autora

Figura 4.45: Material acondicionado em sacos para posterior formação do colchão (B)

Fonte: Autora

. Sendo assim, o material, Teca e casca de amendoim, foram devidamente pesados e acondicionados em sacos de papel, afim de evitar qualquer possibilidade de deterioração, onde o somatório da massa de ambos os componentes, obtive o valor de 1300 g de particulado, à serem prensados com densidade de 870,79 kg/m³ (painel de alta densidade) e 12% de adesivo, referente a massa total do painel, resultando em 157,52 g deste por unidade. (Figura 4.45).

Os valores acima mencionados para composição dos painéis experimentais deste trabalho, são os mesmo definidos por Valarelli (2016) com bambu e pupunha, Archangelo (2016) no trabalho com bambu e casca de arroz, e Nasser (2016), no trabalho de bambu e casca de amendoim, e estão apresentados na Tabela 4.1, onde:

Resina/Material (%) → refere-se ao tipo do material homogeneizado;

Composição dos traços dos painéis → diz respeito a proporção de material na mistura, sendo:

- (T) – Madeira Teca
- (A) – Casca de amendoim

Tabela 4.1: Composição dos painéis de partículas aglomeradas com resina

COMPOSIÇÃO DOS TRAÇOS DO PAINÉIS					
Resina/material (%)	100%(T)	90%(T) 10%(A)	80%(T) 20%(A)	70%(T) 30%(A)	100% (A)
Partículas de Teca (T) em (g)	1300,00	1170,00	1040,00	910,00	0,00
Partículas de Casca de amendoim (A) em (g)	0,00	130,00	260,00	390,00	1300,00
Adesivo Mamona (Poliol) E0921 em (g)	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00
Adesivo Mamona (Isocianato) F0911 em (g)	78,00	78,00	78,00	78,00	78,00

Obs: Porcentagem de adesivo sobre a massa de partículas igual a 12%

Fonte: Autora

4.2.2 Preparo das resina e produção dos painéis

Os painéis produzidos para os ensaios analisados neste estudo, foram confeccionados com dimensões de 320 x 380 x 12,7 mm, a partir de partículas classificadas conforme malhas mencionadas anteriormente, sendo 12% da massa total de partículas, em resina poliuretana bi componente à base de óleo de mamona, em quatro traços conforme Tabela 4.2, sendo confeccionados cinco painéis para cada traço.

Tabela 4.2: Caracterização dos traços dos painéis

Traços		Composição
Traço 1 (T1)	100% Teca	0% Casca de Amendoim
Traço 2 (T2)	90% Teca	10% Casca de Amendoim
Traço 3 (T3)	80% Teca	20% Casca de Amendoim
Traço 4 (T4)	70% Teca	30% Casca de Amendoim
Traço 5 (T5)	0% Teca	100% Casca de Amendoim

Fonte: Autora

Para a confecção dos painéis (Figura 4.46), com os resíduos previamente pesados e separados em suas referidas proporções, conforme Tabela 4.1, procedeu-se os cálculos para fracionar e pesar a porcentagem do pré-polímero e de poliól em balança eletrônica de marca Marte, modelo BL 3200H, tendo como resultado os valores apresentados na Tabela 4.1.

Figura 4.46: Conjunto de painéis produzidos de traços (T1, T2, T3, T4 e T5).



Fonte: Autora

4.2.3 Homogeneização dos componentes

Os componentes da resina, poliál e isocianato, foram adicionados e misturados manualmente, e no prazo máximo em 10 minutos, afim de evitar o início do processo de gel tume da resina, adicionados às partículas.

Considerando o gel time, e em posse dos materiais nas quantidades necessárias, para cada traço de painel, realizou-se a síntese da resina, adicionando-se o pré-polímero (isocianato) ao poliál (óleo de mamona), e também às partículas, misturando-os manualmente (Figura 4.47 A).

Figura 4.47: Mistura dos componentes manualmente (A) e Mistura mecânica dos componentes (B)



Fonte: Autora

Em seguida, a massa foi homogeneizada com agitador, adaptado à furadeira industrial de marca Makita, com uma haste metálica, e batedor de massa leve na extremidade, em recipiente com capacidade para 85 l, com o propósito de conseguir uma mistura homogênea (Figura 4.47 B). O tempo de mistura com agitador para cada traço foi de cinco minutos.

4.2.4 Formação do colchão

Definidos os parâmetros de fabricação como quantidade de resina, densidade e massa das fibras, dimensão do painel teste, tempo de mistura das fibras e temperatura de prensagem de 110°C, a mistura homogênea, foi depositada nas formas de madeira com dimensões de 380 x 320 mm, com quadro metálico para suporte (Figura 4.48 A), apoiada sobre chapa de aço inoxidável (Figura 4.48 B), revestida com filme de poliéster (Figura 4.48 C), para evitar adesão das partículas na chapa para apoio do colchão.

A distribuição da mistura foi feita de forma cuidadosa e manual, afim de obter um painel o mais homogêneo possível.

O colchão foi submetido a pré-prensagem à frio, utilizando-se um dispositivo de madeira com braço em forma de alavanca (Figura 4.49), com uma carga suficiente sobre o colchão de partículas, objetivando-se a acomodação das partículas e retirada prévia do ar residual, diminuindo desta forma a espessura, e proporcionando consistência e estabilidade, dando início ao ciclo de prensagem.

Figura 4.48: Caixa formadora 380 x 320 x 12,7 mm (A) e quadro metálico (B), Colchão pré prensado (C)



Fonte: Autora

Essa etapa do processo de confecção dos painéis é essencial para que não haja grandes mudanças em suas propriedades devido a variação da densidade entre as regiões do colchão, desta forma a distribuição das partículas sobre o papel filme, com o auxílio limitador estabelecido pela forma em madeira, é fundamental para garantir que todas as regiões do colchão recebam a mesma quantidade de material (Figura 4.48 C).

Figura 4.49: Prensa manual de alavanca



Fonte: Autora

4.2.5 Prensagem do colchão

A prensagem tem como objetivo propiciar condições favoráveis para compactação dos colchões, por meio da interação das variáveis inerentes ao processo como cura da resina,

pressão e temperatura de prensagem. Neste experimento, o colchão de partículas foi prensado com limitador de altura com 12,7 mm, com o objetivo de estabelecer a espessura final do painel, depositado entre placas metálicas aquecidas da prensa hidráulica de marca PHS Máquinas Hidráulicas Ltda. O tempo de prensagem foi de 10 minutos, sob pressão aproximada de 195 bar, e temperatura dos pratos de 110°C, conforme recomendação do fabricante, (Figura 4.50).

Figura 4.50: Colchão entre chapas metálica em prensa hidráulica

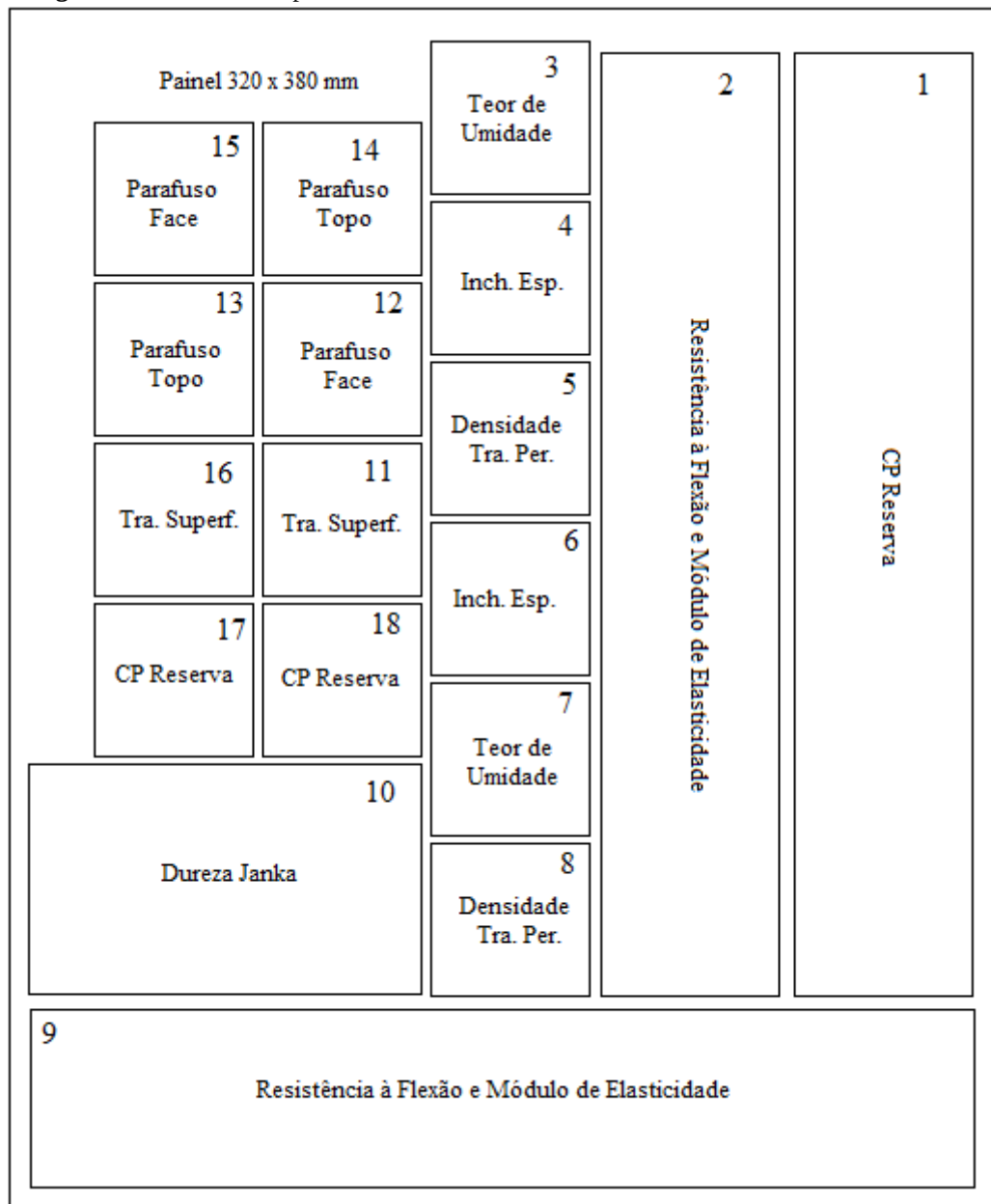


Fonte: Autora

Para realização dos ensaios e retirada dos corpos de prova, foram produzidos 25 painéis, sendo cinco unidade para os traços, conforme Tabela 4.2, assim distribuídos:

- Traço T1 → 100% Teca,
- Traço T2 → 90% Teca e 10% casca de amendoim,
- Traço T3 → 80% Teca e 20% casca de amendoim,
- Traço T4 → 70% Teca e 30% casca de amendoim, e finalmente
- Traço T5 → 100 % casca de amendoim.

Após a prensagem, os painéis permaneceram por 72 horas em ambiente controlado com o objetivo de completar a cura da resina, e subsequentemente recortados em serra circular para retirada dos corpos de prova com dimensões conforme orientações do documento normativo NBR 14810-2 (2013), que serviu como base para gerar o plano de corte conforme apresentado na Figura 4.50.

Figura 4.51: Modelo do plano do desenvolvimento de corte conforme norma NBR 14810-2

Fonte: Autora

4.2.6 Composição dos painéis

Os painéis de partículas aglomeradas foram produzidos com partículas de madeira Teca e resíduos na forma de casca de amendoim, não havendo variação na porcentagem de adesivo. Como elemento ligante foi utilizado o adesivo poliuretana bi-componente à base de óleo de mamona com traços e composições dispostos na Tabela 4.2.

O traço (T5), com composição de 100% casca de amendoim e resina, foi produzido para avaliação do comportamento do resíduo, sem adição de madeira, desta forma será considerado como referência.

Na Tabela 4.3, estão relacionados os ensaios realizados nesta pesquisa, bem como a quantidade dos corpos de prova e suas dimensões. Na Figura 4.51, pode-se verificar a posição de cada corpo de prova no painel.

Tabela 4.3: Dimensões e quantidades de corpos de prova para ensaios de avaliação dos painéis de partículas aglomeradas conforme NBR 14.810-2 de 2013

Avaliação Físico- Mecânica	Espessura [mm]	Comprimento [mm]	Largura [mm]	Número de CP's
Densidade	13	50	50	10
Teor de Umidade	13	50	50	10
Inchamento em Espessura (24 h)	13	50	50	10
Absorção de Água (24 h)	13	50	50	10
Tração Perpendicular às Faces	13	50	50	10
Tração perpendicular às Superfícies	13	50	50	10
Flexão Estática e Módulo de Elasticidade	13	300	50	10
Arranc. de Parafuso (Topo)	13	50	50	10
Arranc. de Parafuso (Face)	13	50	50	10
Dureza Janka	13	150	75	5

Obs.: - Em notas – referem-se ao anexo da norma NBR 14.810-2

Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2 (2013)

4.3 Métodos de ensaio

Os ensaios de caracterização dos painéis obedeceram às recomendações da NBR 14810-2/2013 – Painéis de partículas de média densidade - Requisitos e métodos de ensaio e ANSI A208-1 (1999).

Foram realizados os seguintes ensaios:

- de desempenho físicos: densidade, absorção de água 24h, inchamento em espessura 24h e teor de umidade;
- de resistência mecânica: arranque de parafuso (superfície e topo), flexão estática e módulo de elasticidade, tração perpendicular, tração superficial e dureza Janka.

Os corpos de prova foram confeccionados no Laboratório de Processamento da Madeira da Faculdade de Engenharia da UNESP campus de Bauru/SP, num total de cinco painéis para cada traço, somando-se 25 painéis ao todo, dentro das especificações das normas citadas, sendo que de cada um deles, foram retirados dois corpos de prova para realização dos ensaios conforme determinam as normas (Figura 4.51).

Desta maneira, buscou-se, avaliar a homogeneização do processo de confecção das chapas através dos valores médios para cada um dos quatro traços dos painéis de bambu e casca de amendoim.

Figura 4.52: Painéis cortados em posição de retirada dos corpos de prova (A), modelo do plano do desenvolvimento de corte conforme norma NBR 14810-2 (B)



Fonte: Autora

4.4 Ensaios físicos

Para caracterização das análises das propriedades físicas dos painéis, empregou-se como referência a ANSI A208/1 (1999), NBR 14.810-3 (2006) e NBR 14810-2/2013, utilizadas para painéis de partículas.

Os ensaios físicos foram realizados no Laboratório de Processamento da Madeira da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNESP campus de Bauru/SP. As propriedades estudadas e discutidas foram: densidade, teor de umidade, inchamento em espessura 24h, e absorção de água 24h. Os corpos de prova necessários para os ensaios foram extraídos obedecendo ao mapeamento da Figura 4.51. A Figura 4.52 ilustra a localização e identificação dos corpos de prova para os ensaios físicos e mecânicos sendo:

- Posição 1 → Corpo de Prova reserva;
- Posição 2 → Resistência a flexão e módulo de elasticidade;
- Posição 3 → Teor de Umidade;
- Posição 4 → Inchamento em Espessura e Absorção de água 24h;
- Posição 5 → Densidade e tração perpendicular às faces;
- Posição 6 → Inchamento em Espessura e Absorção de água 24h;
- Posição 7 → Teor de Umidade;
- Posição 8 → Densidade e tração perpendicular às faces;
- Posição 9 → Resistência a flexão e módulo de elasticidade;
- Posição 10 → Dureza Janka;
- Posição 11 → Tração superficial;

- Posição 12 → Arrancamento de parafuso – face;
- Posição 13 → Arrancamento de parafuso – topo;
- Posição 14 → Arrancamento de parafuso – topo;
- Posição 15 → Arrancamento de parafuso – face;
- Posição 16 → Tração superficial,
- Posição 17 → Corpo de Prova reserva;
- Posição 18 → Corpo de Prova reserva.

Figura 4. 53: Retirada dos corpos de prova conforme mapeamento do painel

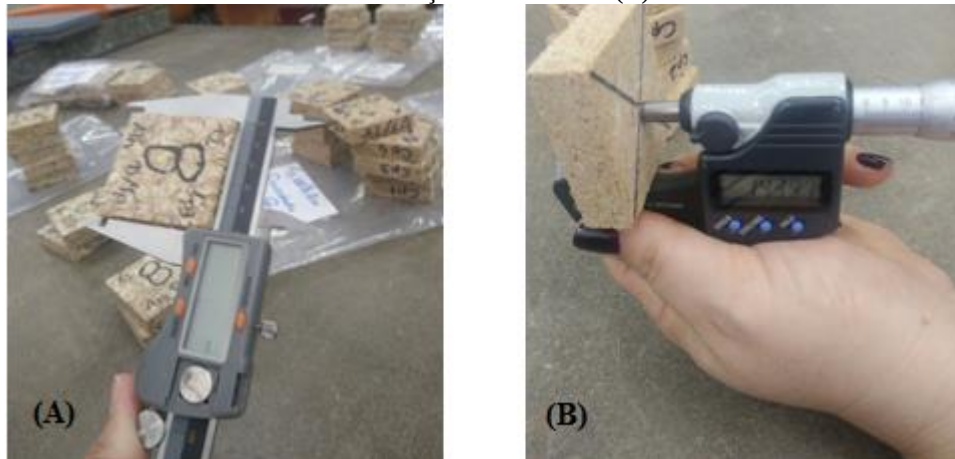


Fonte: Autora

4.4.1. Determinação da densidade

A determinação da densidade, caracteriza-se pela obtenção da massa e do volume dos corpos de prova retirados dos painéis nas posições 5 e 8 (Figura 4.51), para cada tratamento nos traços T1, T2, T3, T4 e T5 com base na NBR 14810-2/2013. Para tanto, utilizou-se paquímetro digital Digimess 300 mm, com resolução de 0,01mm, para determinar comprimento (b1) e largura (b2), conforme mostrado na Figura 4.59, e micrometro digital de marca Mitutoyo com abertura de 0 – 25 mm e resolução de 0,001 mm para determinar a espessura, e balança digital fabricante Marte, modelo BL 3200, carga máxima de 3,2 kg com resolução de 0,01g, para avaliação da massa. (Figura 4.54)

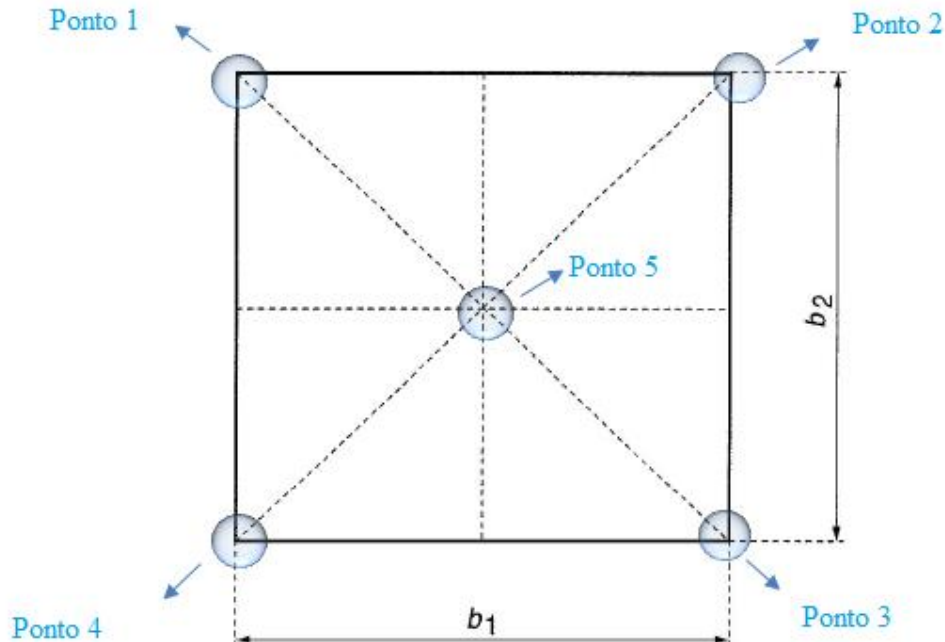
Figura 4.54: Medida das posições (b1) e (b2), (A) e Tomada das dimensões do centro dos corpo de prova para determinação da densidade (B)



Fonte: Autora

Para fins de validação das densidades, foram registradas as espessuras dos corpos de prova, por meio da média de cinco pontos distintos das amostras, sendo uma medida efetuada no centro e as demais próximas aos vértices, com resolução de 0,01 mm (Figura 4.55).

Figura 4.55: Pontos de medida do corpo de prova.



Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013

Para o cálculo da densidade, aplicou-se a equação de densidade do CP (Equação 4.1), e equação do volume do CP (Equação 4.2), conforme norma NBR 14.810 de 2013:

Cálculo para expressão dos resultados:

$$D = \frac{M}{V} \times 1.000.000 \quad (4.1)$$

$$V = L \times C \times E \quad (4.2)$$

Sendo:

D → Densidade do corpo de prova, em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);

M → Massa do corpo de prova, em gramas (g);

V → Volume do corpo de prova, em milímetros cúbicos (mm³);

L → Largura do corpo de prova, em milímetros (mm);

C → Comprimento do corpo de prova, em milímetros (mm);

E → Espessura do corpo de prova, em milímetros (mm).

4.4.2 Determinação do teor de umidade

Para realização do ensaio de teor de umidade (Figura 4.56), inicialmente avaliou-se a massa úmida (MU) dos corpos de prova retirados dos painéis nas posições 3 e 7 (Figura 4.51), em balança digital, fabricante Marte, modelo BL 3200, carga máxima de 3,2 kg com divisão de 0,01g. Após a determinação da massa úmida, os corpos de prova foram mantidos em estufa de secagem, fabricante SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000 W, com temperatura controlada de 103°C ± 2°C, até a retirada de toda a água presente na massa, mantendo uma massa constante. Esta constante é obtida no momento em que a massa nos corpos de prova, não apresentarem variação maior que 0,1%, entre duas medições consecutivas dentro de um período de seis horas.

A avaliação da massa seca (MS) dos corpos de prova de seis em seis horas, deu-se em mesmo equipamento (balança), da tomada da massa úmida (MU) inicial. O resultado do teor de umidade (Umidade Residual) é dado em porcentagem (%) e calculado através da equação (4.3).

Cálculo e expressão do resultados:

$$U = \frac{MU - MS}{MS} \times 100 \quad (4.3)$$

Sendo:

U → Umidade residual do corpo de prova em porcentagem (%);

MU → Massa úmida do corpo de prova em gramas (g);

MS → Massa seca do corpo de prova em (g).

Figura 4.56: Corpos de prova medidos e pesados para ensaio de umidade.



Fonte: Autora

4.4.3 Determinação da absorção de água 24h (NBR 14.810-3/2006)

Este ensaio fornece indicações referentes a higroscopicidade do material baseado na NBR 14.810-3 (2006). Para realização do mesmo, os corpos de prova retirados dos painéis nas posições 4 e 6 (Figura 4.51), foram inicialmente pesados, tendo suas massas registradas como (M0) em balança digital fabricante Marte, modelo BL 3200,

Em um recipiente com água com temperatura mantida à $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, os corpos de prova foram submersos com o nível de água de 25 mm acima da superfície destes (Figura 4.57), e após período de 24 h e ± 25 min, foram retirados do recipiente plástico e colocados sobre papel absorvente para eliminar o excesso de água, e sua massas (M1) foram reavaliadas em mesma balança inicial. O valor de absorção de água, foi calculado através da equação (4.4)

$$A = \frac{M1 - M0}{M0} \times 100 \quad (4.4)$$

Onde:

A → Absorção de água em porcentagem (%);

MI → Massa do corpo de prova após a imersão em gramas (g);

M0 → Massa do corpo de prova antes da imersão, em gramas (g).

Os resultados são referentes às médias dos valores avaliados, entre corpos de prova. Expressos em porcentagem.

Figura 4.57: Corpos de prova submersos em água para determinar a absorção de água (A), retirada do excesso de água em papel absorvente (B)



Fonte: Autora

4.4.4 Determinação do inchamento em espessura 24h

A determinação do Inchamento em Espessura, traz indicações referentes ao aumento linear da espessura do material em porcentagem, quando o mesmo permanece na presença de umidade. Após terem sido cortados e identificados os corpos de prova de posição 4 e 6, conforme (Figura 4.51), anotou-se os dados referentes as medidas da espessura no centro de cada corpo de prova, com micrômetro digital marca Mitutoyo, abertura de 0 – 25 mm e resolução 0,001 mm para obtenção da espessura inicial.

Os corpos-de-prova foram colocados em recipiente plástico com água, permanecendo submerso com 25 mm abaixo da superfície, a uma temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ com auxílio de um suporte com tela afim de mantê-los totalmente na posição inicial (Figura 4.58).

Figura 4.58: Corpos de prova submersos em água para determinação do inchamento em espessura



Fonte: Autora

Após 24 h $\pm$ 18 min de imersão, os corpos de prova foram retirados do recipiente, e colocados sobre papel absorvente para eliminar o excesso de água. Na sequência, mediu-se a espessura dos corpos de prova em seus respectivos centros, com resolução de 0,01 mm, e novamente pesados em balança com resolução de 0,01 g, anotando-se os respectivos dados, bem como a duração do período de imersão utilizado.

Para o cálculo de inchamento da espessura das amostras, utilizou-se a equação (4.5):

$$I = \frac{E1-E0}{E0} \times 100 \quad (4.5)$$

Sendo:

I $\rightarrow$ Inchamento em espessura do corpo-de-prova em porcentagem (%);

E1 $\rightarrow$ Espessura do corpo-de-prova após o período de imersão considerado, em milímetros (mm);

E0 $\rightarrow$ Espessura do corpo-de-prova antes da imersão, em milímetros (mm).

Os resultados são referentes às médias dos valores avaliados, entre corpos de prova. Expressos em porcentagem.

4.5 Ensaios mecânicos

Para análise dos ensaios de resistência mecânica dos painéis, foram seguidas as metodologias da ANSI A208/1 (1999) e NBR 14810-2/2013, utilizadas para painéis de partículas aglomeradas com média densidade.

Os corpos de prova foram confeccionados no de Laboratório de Processamento da Madeira da Faculdade de Engenharia da UNESP campus de Bauru/SP, e os ensaios de resistência mecânica, realizados no Laboratório de Construção Civil da Faculdade de Engenharia da UNESP – Bauru/SP. As propriedades estudadas foram: resistência a flexão e módulo de elasticidade, resistência a tração perpendicular às faces, resistência ao arrancamento de parafuso (topo e face) e dureza Janka. Os corpos de prova ensaiados foram extraídos obedecendo ao mapeamento da Figura 4.51.

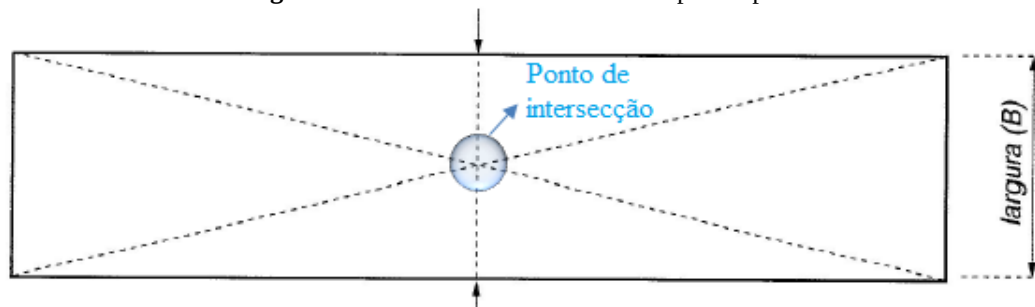
4.5.1 Determinação da resistência a flexão e módulo de elasticidade

A norma NBR 14.810/2013 orienta que o procedimento dos corpos de prova de posição 2 e 9, conforme (Figura 4.51), devem ter 20 vezes o comprimento da dimensão da

espessura destes, com o mínimo de 100 mm, de modo que o dispositivo para aplicar a carga coincida com o centro do corpo de prova (Figura 60).

Os aparelhos utilizados nesse ensaio foram: paquímetro com resolução de 0,01 mm, micrômetro com resolução de 0,001 mm, medindo-se a espessura dos corpos de prova no ponto de intersecção das diagonais com o micrômetro e a largura (B) com o paquímetro, conforme apresentada na Figura 4.59.

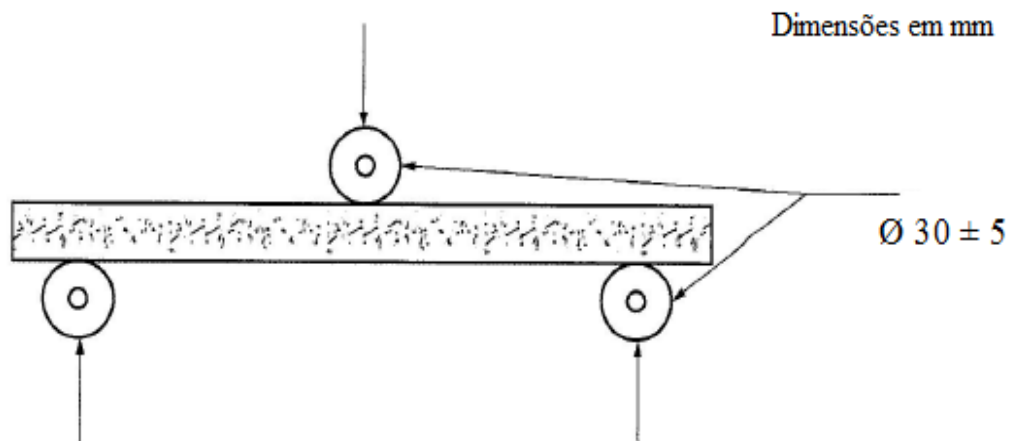
Figura 4.59: Pontos de medidas dos corpos de prova



Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013

Após a determinação das medidas, os corpos de prova foram colocados nos apoios da máquina de ensaio, como determina a norma (Figura 4.60).

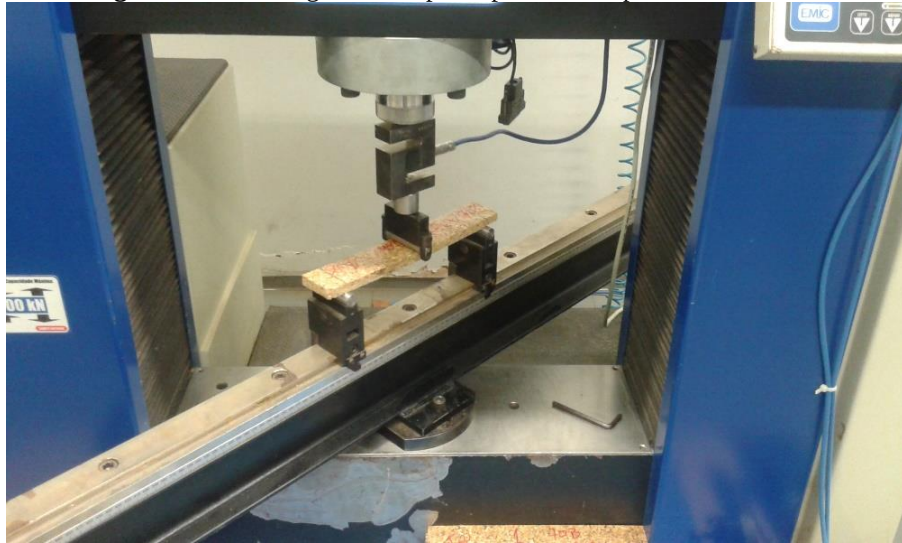
Figura 4.60: Forma de colocação do corpo de prova sobre os apoios da máquina universal de ensaios



Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013

A aplicação da carga para o ensaio realizado em máquina universal de ensaios, fabricante EMIC, deve ser lenta e gradual. Zerou-se o indicador de carga da máquina, acionando-a com velocidade constante, para que a ruptura acontecesse no intervalo indicado anteriormente (Figura 4.61).

Figura 4.61: Montagem do corpo de prova no dispositivo de ensaio.



Fonte: Autora

Para o cálculo do módulo de elasticidade (MOE), utilizou-se a equação (4.6).

$$MOE = \frac{P1.D^3}{d.4.B.E^3} \quad (4.6)$$

Sendo:

$MOE \rightarrow$ Módulo de elasticidade, expresso em Newtons por milímetro quadrado (N/mm^2);

$P1 \rightarrow$ Carga do limite proporcional lida no indicador de cargas, expressa em Newtons (N);

$D \rightarrow$ Distância entre apoios do aparelho, expressa em milímetros (mm);

$d \rightarrow$ Deflexão, correspondente à carga $P1$, expressa em milímetros (mm);

$B \rightarrow$ Largura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm);

$E \rightarrow$ Espessura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm).

Para o cálculo do módulo de ruptura (MOR), aplicou-se a equação (4.7)

$$MOR = \frac{1,5.(P.D)}{B.(E)^2} \quad (4.7)$$

Onde:

$MOR \rightarrow$ Módulo de resistência à flexão estática, expresso em Newtons por milímetro quadrado (N/mm^2);

$P \rightarrow$ Carga de ruptura lida no indicador de cargas, expressa em Newtons (N);

$D \rightarrow$ Distância entre apoios do aparelho, expressa em milímetros (mm);

$B \rightarrow$ Largura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm);

$E \rightarrow$ Espessura do corpo de prova, expressa em milímetros (mm).

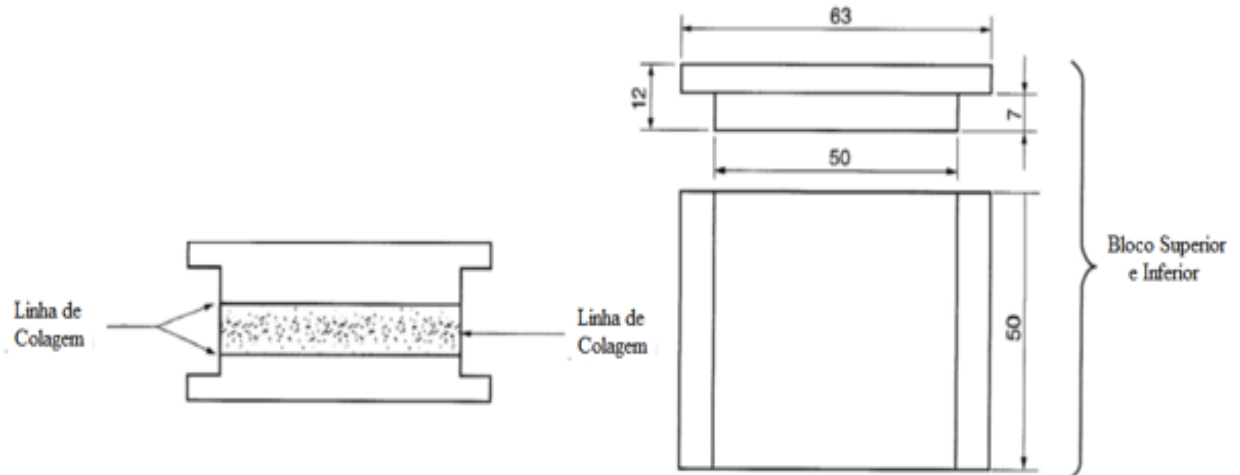
4.5.2 Determinação da resistência a tração perpendicular às faces

Os procedimentos para determinação da resistência a tração perpendicular às faces, estão descritos a NBR 14810/2013, bem como a preparação dos corpos de prova, de posições 5 e 8, conforme (Figura 4.51).

O ensaio de tração perpendicular às faces, analisa a ligação entre as partículas e o adesivo estando diretamente relacionada a densidade do painel, ao tempo e a temperatura utilizada na fase de prensagem, bem como a quantidade de resina utilizada na mistura.

Para este teste, foram selecionados dez corpo de prova colados em suportes de aço (Figura 63 A), (dispositivos para montagem e fixação das amostras), sendo um posicionado como base e outro como topo conforme apresentado na (Figura 4.62), com adesivo Compound a base de epóxi do fabricante Vedacit (Figura 63 B), com média viscosidade, composto por componente A (densidade com componente B de $1,80 \text{ g/cm}^3$, com aparência na cor branca, tendo como composição básica a resina epóxi), e componente B (densidade com componente A de $1,80 \text{ g/cm}^3$, com aparência em cor preta, tendo como composição básica a poliamida) (Figura 63 B).

Figura 4.62: Blocos de fixação e área de colagem



Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013

Os dispositivos contendo os corpos de prova montados entre os suportes de aço, foram colocados na máquina universal de ensaios, fabricante EMIC, e submetidos a carregamentos crescentes à tração, até que ocorresse à ruptura. (Figura 4.63 C).

Figura 4.63: Corpos de prova colados aos suportes (B) Componentes A e B do adesivo (C) Ensaio de tração perpendicular (D)



Fonte: Autora

A resistência a tração perpendicular as faces foi calculada através da equação (4.8).

$$TP = \frac{P}{S} \quad (4.8)$$

Onde:

$TP \rightarrow$ Resistência à tração perpendicular, expressa em Newtons por milímetro quadrado (N/mm²);

$P \rightarrow$ Carga da ruptura, expressa em Newtons (N);

$S \rightarrow$ Área superficial do corpo de prova, expressa em milímetros quadrados (mm²);

4.5.3 Determinação da resistência a tração perpendicular às superfícies

Para os ensaios de determinação da resistência a tração perpendicular em relação as superfícies, foram adotados procedimentos descritos na NBR 14810/2013, além da preparação dos corpos de prova, retirados da posição 1 (corpo de prova reserva), em virtude da norma não contemplar no plano de corte, posição para retirada dos corpos de prova para este ensaio, conforme (Figura 4.51).

Desta forma, os corpos de prova foram cortados nas dimensões 50mm x 50mm, sendo na sequência, submetidos a uma “ranhura anelar” conforme determina a norma (Figura 4.64 A e B), com serra copo starret, a qual foi adaptado um limitador com a profundidade de 1,0 mm (Figura 4.64 C e D), utilizando-se furadeira de coluna, tendo como ponto central, o centro geométrico do corpo de prova (Figura 4.64 B). A área de ensaio teve 35,7 mm com $\pm 0,2$ mm de diâmetro e ranhura de 1,0 mm como dito.

A ranhura anelar estabelecida pela serra copo nos corpos de prova, foi colado com adesivo Compound a base de epóxi do fabricante Vedacit, com média viscosidade, composto

por componente A (densidade com componente B de 1,80 g/cm³, com aparência na cor branca, tendo como composição básica a resina epóxi), e componente B (densidade com componente A de 1,80 g/cm³, com aparência em cor preta, tendo como composição básica a poliamida) (Figura 4.63 B), um dispositivo metálico circular de diâmetro compatível com a ranhura realizada na parte superior dos corpos de prova, com mecanismo de encaixe na máquina universal de ensaio.

Figura 4.64: Corpos de prova 50mm x 50mm (A), Centro geométrico dos corpos de prova (B) serra copo e limitador com limitador de profundidade 1,0mm (C) e (D)



Fonte: Autora

O conjunto foi submetido aos ensaios de tração, com uma velocidade constante, ocorrendo a ruptura dos corpos de prova, obrigatoriamente em intervalos de 60s $\pm$ 30s.

Para o cálculo de resistência à tração superficial, utilizou-se a equação (4.9).

$$RS = \frac{L}{S} \quad (4.9)$$

Onde:

RS $\rightarrow$ Resistência à tração superficial, expressa em Newtons por milímetro quadrado (N/mm²);

$L \rightarrow$ Leitura do indicador da carga da ruptura, expressa em Newtons (N);

$S \rightarrow$ Área de rompimento do corpo de prova, equivalente a 1.000mm^2 , expressa em milímetros quadrados (mm^2);

4.5.4 Determinação da resistência ao arrancamento de parafuso

Para o ensaio de resistência ao arrancamento de parafuso foram preparados os corpos de prova de posição 12,13,14, e 15 conforme (Figura 4.51) seguindo a NBR 14.810-2/2013, ensaiados em máquina universal de ensaios, fabricante EMIC, modelo DL 30000 com célula de carga fabricação EMIC tipo Z modelo CCE e capacidade de até 10kN (1000kgf).

Os corpos de prova foram separados em 20 unidades medindo $50\text{mm} \times 50\text{mm}$, sendo 10 deles para ensaio de arranque de superfície e os demais para arranque de topo (Figura 4.65), perfurados com auxílio de broca helicoidal de $2,7\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ de diâmetro, e orifício com profundidade de $15\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$, centrado na superfície do corpo de prova para face e topo.

Figura 4.65: Corpos de prova $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ para ensaios de arrancamento de parafuso (topo e superfície)



Fonte: Autora

Com o auxílio de um guia (Figura 4.66 A), introduziu-se o parafuso nº 10, auto-atarraxante, cabeça-panela, com fenda tamanho $4,2\text{ mm} \times 38\text{ mm}$ de rosca $1,4\text{ mm}$, no centro do corpo de prova (Figura 4.66 B). Após a fixação do parafuso acoplou-se o conjunto nos acessórios da máquina universal de ensaios, tracionando-o a uma velocidade constante de 10 mm/min , registrando-se os resultados obtidos no indicador de cargas, determinando-se desta forma os valores de arrancamento de parafuso para face e topo (Figura 4.66 C).

Figura 4.66: Suportes para garantir centralização e profundidade de furação dos corpos de prova (A), furação e rosca do parafuso(B) e (C), esquema para ensaio de arranque de superfície (D)



Fonte: Autora

4.5.5 Determinação da dureza Janka

Este ensaio foi realizado com o objetivo de determinar a carga máxima a ser aplicada para penetrar uma esfera de 11,3 mm até a metade, ou seja, o raio da própria esfera. Para realização do teste, foram separados cinco corpos de prova medindo 150mm x 75mm. O dispositivo foi acoplado à máquina universal de ensaio com regulagem de compressão de 6mm/min, até a penetração de 5,65 mm da esfera no corpo de provas (metade do diâmetro da esfera). Foram feitas duas penetrações, conforme prescreve a NBR 14810-3/2006, distanciando-se uma da outra lateralmente com 25 mm, separação suficiente para que uma penetração não tivesse efeito de interferência à outra.

A leitura foi realizada diretamente no dial da máquina, sendo os resultados expressos em megapascal (MPa), com exatidão de 1 Mpa. Na Figura 4.67, tem-se a ilustração da montagem do ensaio de dureza Janka, onde observa-se o dispositivo de aplicação de carga com esfera de 11,3mm de diâmetro em sua extremidade inferior, com conjunto montado em máquina universal de ensaios.

Figura 4.67: Ponto de carga e penetração da esfera para determinação de dureza Janka



Fonte: Autora

4.6. Análise estatística

Os dados obtidos nos ensaios foram dispostos em tabelas no formato gráfico, e tratados estatisticamente com o auxílio dos softwares Microsoft Excel versão 2013 e Minitab versão 16.1.1, obtendo-se os valores médios, mínimos, máximos e desvio padrões, aplicando o teste de análise de variância (ANOVA) e a partir dos resultados foram observados, os valores de F (resultados da divisão de variância entre as amostras e dentro das amostras), e o valor de F crítico ($F_{CRÍT}$). Sendo o valor de F, menor que o valor crítico ($F_{CRÍT}$), a hipótese não foi rejeitada, caso contrário, se F for maior que o valor crítico ($F_{CRÍT}$), rejeitou-se a hipótese.

Seguindo o mesmo raciocínio, se p-value (valor-P) que é a probabilidade da hipótese nula ser verdadeira, for maior que α (nível de significância do teste = 0,05), a hipótese não foi rejeitada, caso contrário, se p-value for menor que 0,05 rejeitou-se a hipótese.

Desta forma existindo diferenças significativas entre os valores analisados, estes foram comparadas entre si por meio do teste de Tukey, mostrando se estas diferenças apresentaram significância entre os grupos de painéis dentro de um nível de confiança, de 98,93%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos ao longo desta pesquisa, referentes a caracterização dos painéis de partículas produzidos do tipo P4 conforme Tabela 5.4 (painéis estruturais para uso em condições secas). Os valores obtidos para as propriedades dos painéis foram comparados com os requisitos estabelecidos pelas normas NBR 14.810-2/2013 e ANSI A208.1 (1999).

Visto que os painéis foram confeccionados com fator limitante de 12,7 mm de espessura, os parâmetros utilizados de requisitos por faixa de espessura nominal foram são de “>10 a 13”, conforme Tabela 5.4.

Tabela 5.4: Tabela 1 e 5 da NBR 14.810-2/2013 – Painéis estruturais para uso em condições secas (Tipo P4): Requisitos para propriedades mecânicas e inchamento.

PROPRIEDADES	UNIDADE	ABNT NBR 14810/2 - 2013: REQUISITOS POR LIMITE DE ESPESSURA NOMINAL [MM]									
		<3	3 a 4	> 4 a 6	>6 a 10	>10 a 13	>13 a 20	>20 a 25	>25 a 32	>32 a 40	>40
Inchamento durante 24 h	%	25	25	21	19	16	15	15	15	14	14
Resistência à tração perpendicular	N/mm ²	0,50	0,45	0,45	0,40	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
Resistência à flexão estática		14	15	16	16	16	15	13	11	9	7
Módulo de elasticidade		1800	1950	2200	2300	2300	2300	2050	1850	1500	1200
Dureza Janka	N (Newtons)	Não especificado									
Resistência Tração Superficial	(MPa)	Não especificado									

Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013

Tabela 5.5: Tabela “A” ANSI A208.1 – 1999 - Requisitos para painéis de aglomerados: Requisitos para propriedades mecânicas e inchamento.

PROPRIEDADES	UNIDADE	ANSI A208.1-1999: REQUISITOS POR LIMITE DE DESNSIDADE – PAINEL COM 800 KG/M ³	
Arrancamento de Parafuso - Superfície	N (Newtons)	1800	Mínimo
Arrancamento de Topo Superfície	N (Newtons)	1550	Mínimo
Umidade	(%) Porcentagem	13	Máximo
Absorção de Água (24H)	(%) Porcentagem	10	Máximo
Dureza Janka	N (Newtons)	Não especificado	Não especificado
Tração Perpendicular à Superfície	(MPa)	Não especificado	Não especificado

Fonte: Adaptado da ANSI A208.1 - 1999

5.1 Resultados da avaliação dos ensaios físicos

Serão apresentados neste item, a avaliação e análise dos resultados das propriedades físicas dos painel com partículas homogeneizadas de madeira Teca e casca, de amendoim, tendo como material ligante a resina à base de mamona bi-componente, referentes aos ensaios de densidade, teor de umidade, inchamento em espessura 24h, e absorção de água 24h. Os resultados analisados, mostram um comportamento linear do material, relacionado a variação do percentual de casca de amendoim ao composto.

5.1.1 Ensaio de determinação da densidade

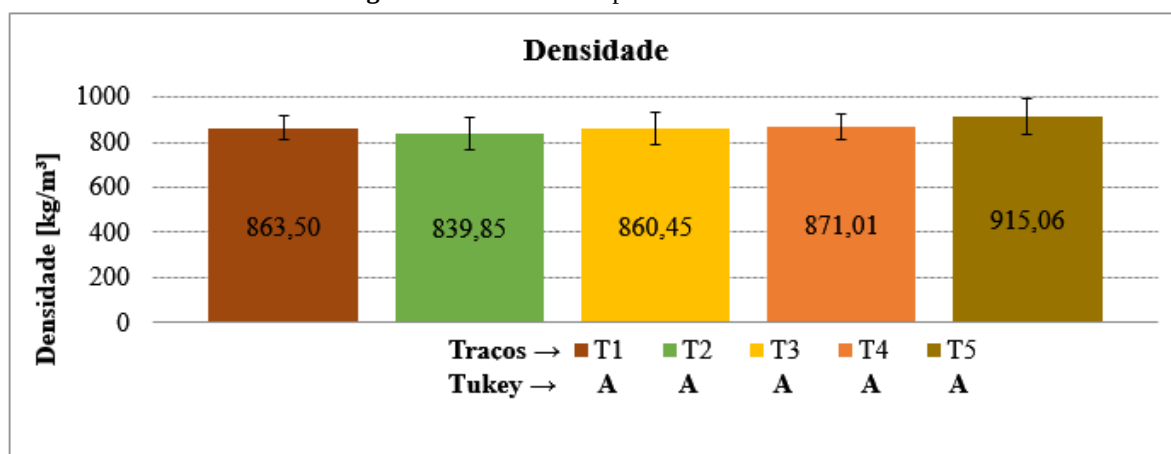
A análise das médias para o fator densidade entre os traços T1, T2, T3, T4 e T5, demonstra que os resultados apresentaram números dentro do que especifica a norma NBR 14.810-2 (2013), cujo valor estabelecido para painel de alta densidade é acima de 800 kg/m³. A média calculada para os 5 traços estudados foi de 870,9 kg/m³, com pouca variação, ficando próximo a densidade alvo desta pesquisa, 900 kg/m³, caracterizando portanto painéis de alta densidade. A Tabela 5.6 apresenta os resultados médios, máximos mínimos, e o desvio padrão para os ensaios de densidade de cada um dos traços estudados.

Tabela 5.6: Resultados dos cálculos para densidade

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DENSIDADE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (kg/m ³)	950,97	923,22	943,88	932,79	1003,75
Valor Médio (kg/m ³)	852,11	855,33	860,45	871,01	915,06
Valor Mínimo (kg/m ³)	781,59	739,33	761,82	775,53	814,08
Coef. Variação (%)	5,82	7,58	8,47	6,32	8,53
Desvio Padrão (kg/m ³)	49,57	64,83	72,84	55,06	78,08

Fonte: Autora

A avaliação dos ensaios dos painéis de partículas de Teca e casca de amendoim, mostra que a variação das porcentagens de casca de amendoim, altera a densidade do material quando comparado ao compósito com 100% Teca (T1) que obteve densidade de 852,11 kg/m³. A maior densidade, foi para o traço (T5), com 915,06 kg/m³, mostrando que a casca de amendoim proporciona densidade mais próxima ao material, visto que o traço T5 é 100% refere-se ao resíduo. Os traços (T2), (T3) e (T4) com valores de 855,33 kg/m³, 860,45 kg/m³ e 871,01 kg/m³ respectivamente, denotam painéis de alta densidade, recomendados para uso em estruturas quando em condições secas (Figura 5.68).

Figura 5.68: Resultados para os cálculos de densidade

Fonte: Autora

A análise do gráfico quanto aos resultados obtidos pelas médias das densidades dos painéis confeccionados, apresentaram valores próximos entre si, e entre os grupos. Estatisticamente, o valor-p de 0,166 maior que 0,05, sendo assim, a hipótese nula pode ser rejeitada, e F igual a 1,707 sendo menor que o F crítico com 2,579, não existindo diferenças significativas entre os traços, como comprovou o teste de Tukey, considerando-se um nível de confiabilidade de 95%.

Valarelli (2016), trabalhando com compósitos de partículas de bambu e pupunha, com adição de resina poliuretana bi-componente na proporção de 1:1, alcançou resultados para densidade em painéis com traços variando de 100% partículas de bambu à 30% partículas de pupunha, entre 955,83 e 971,40 kg/m³. Neste estudo, o painéis com partículas de madeira Teca e casca de amendoim, ficaram abaixo das medias dos resultados obtidos por Valarelli (2016), o que indica que os traços de bambu e pupunha apresentam, maior densidade.

5.1.2 Ensaio determinação do teor de umidade

Os teores de umidade dos corpos de prova indicam valores médios entre 5,23 a 9,56%, sendo o maior valor para o tratamento com (T5), o menor valor para o traço com (T1). Para este ensaio a NBR 14810-2 (2013) recomenda o valor mínimo de teor de umidade, deve ser de 5% e o máximo de 13% para uma espessura de 10 a 13 mm para painéis de classificação P4 (painel estrutural para uso em condições secas)

Os melhores resultados foram obtidos pelos traços para os tratamentos (T1) e (T2), face à presença de 100% e 90% de partículas de madeira Teca, com 5,23% e 7,02% de umidade respectivamente, o que denota que a adição de casca de amendoim aos painéis, embora não

tenha levado a um resultado insatisfatório quando comparado à norma, tende a facilitar a retenção de umidade ao material.

A pesquisa desenvolvida por Valarelli (2016), para ensaio de teor de umidade, envolvendo compósito de bambu e pupunha com densidade de 930 kg/m³, obtendo resultados com valores médios entre 6,69% e 7,38% de umidade com percentual máximo para o traços com 100% bambu. Essa indicação corrobora com os resultados obtidos nesta pesquisa.

Araújo (2015), estudou as propriedades físicas de painéis de média densidade com partículas de bambu, adição de casca de café e adesivo poliuretano à base de mamona, e para os ensaios de teor de umidade, houve diferença significativa apenas no painel de 30% de café em relação aos demais, com valor próximo a 11% de umidade. No entanto todos os painéis apresentaram médias entre 5% e 13%, especificadas pela norma NBR 14.810/2013.

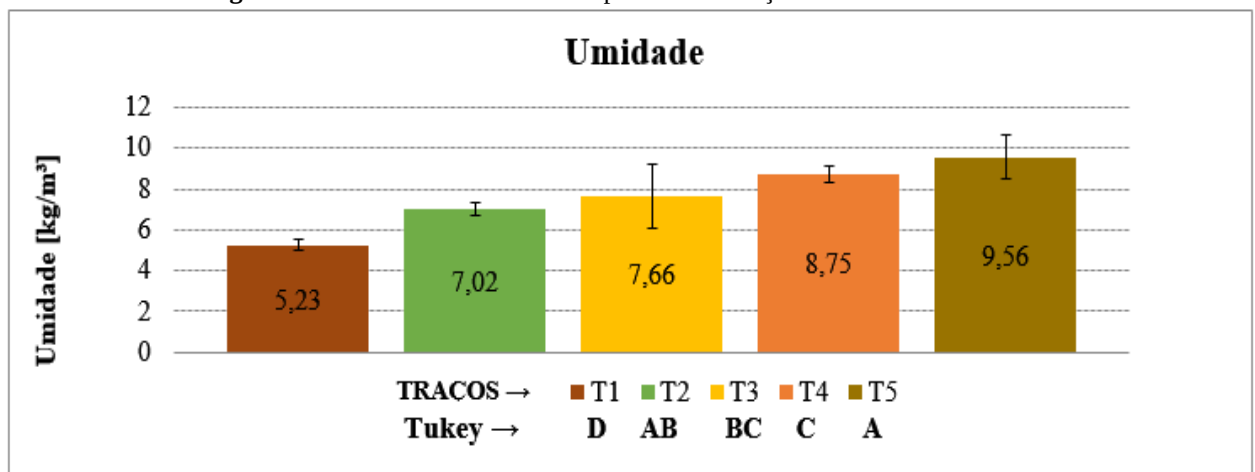
Tabela 5.7: Resultados dos ensaios para teor de umidade

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE UMIDADE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	5,49	9,43	11,96	7,57	11,55
Valor Médio (%)	5,23	7,02	7,66	8,75	9,56
Valor Mínimo (%)	4,82	8,08	6,44	6,41	8,07
Coef. Variação (%)	4,96	4,32	20,26	4,84	11,20
Desvio Padrão (%)	0,26	0,30	1,55	0,42	1,07

Fonte: Autora

A Tabela 5.7, apresenta os resultados médios, máximos e mínimos para o ensaio de teor de umidade para cada traço ensaiado. A Figura 5.69, apresenta o gráfico com os valores das médias para teor de umidade dos painéis, indicando o desvio padrão, e os grupos do teste de Tukey.

Figura 5.69: Resultados dos ensaios para determinação do teor de umidade



Fonte: Autora

A análise estatística observou que existem diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos, e entre os grupos pesquisados, atingindo valor-p igual a $2,01 \times 10^{-13}$, portanto a hipótese nula deve ser rejeitada por ser menor que 5%, e valor F igual a 35,659 maior que o Fcrítico de 2,578, e o desvio padrão, confirmam estas diferenças.

O teste Tukey apresentou quatro diferentes grupos sendo o traço (T1), pertencente ao grupo D, o traço (T2) ao grupo AB, traço (T3), grupo BC, traço (T4) grupo C e finalmente traço (T5), pertencente ao grupo A conforme Figura 5.69. Nota-se que cada traço estudado, não são estatisticamente equivalentes entre si.

No entanto, em análise dos efeitos do teste de Tukey, verificou-se que a melhor condição para a variável umidade, é dada pelo traço (T2), que apresenta o melhor resultado quando comparado ao padrão Teca traço (T1) e aos demais traços, participando estatisticamente dos demais grupos.

5.1.3 Ensaio determinação da absorção de água 24h

Para o ensaio de absorção de água que fornece indicações quanto as condições de adesão e de resistência das partículas que constituem o painel quando submetidos à imersão em água pelos períodos de 24 horas, o traço (T5), apresentou maior valor de absorção, com média de 22,78%, seguidos pelos traços (T1), (T2), (T3) e finalmente (T4) com valores respectivamente de 16,45%, 17,62%, 18,84% e 20,02%, com a médias para absorção de água 24h. Para este ensaio, a ANSI A208.1 – 1999 recomenda valor máximo de referência de 10% de absorção.

Pelos resultados obtidos (Tabela 5.8), nota-se que a adição do resíduo de casca de amendoim, contribui para resistência de absorção da água.

Tabela 5.8: Resultados dos ensaios para absorção de água 24h

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	19,23	28,09	38,66	33,52	30,55
Valor Médio (%)	16,45	17,62	18,84	20,02	22,78
Valor Mínimo (%)	10,49	11,29	12,84	14,34	18,71
Coef. Variação (%)	15,87	35,03	42,25	28,97	14,99
Desvio Padrão (%)	2,61	6,17	7,96	5,80	3,42

Fonte: Autora

Desta forma, nota-se que o melhor resultado, foi obtido pelo traço (T1) com 100% de madeira Teca na composição do painel, comprovando que a ausência da casca de amendoim inibe a absorção de água, ainda que o traço tenha garantido valor acima do desejável pela, sendo assim, recomenda-se a utilização destes traços somente em ambientes secos.

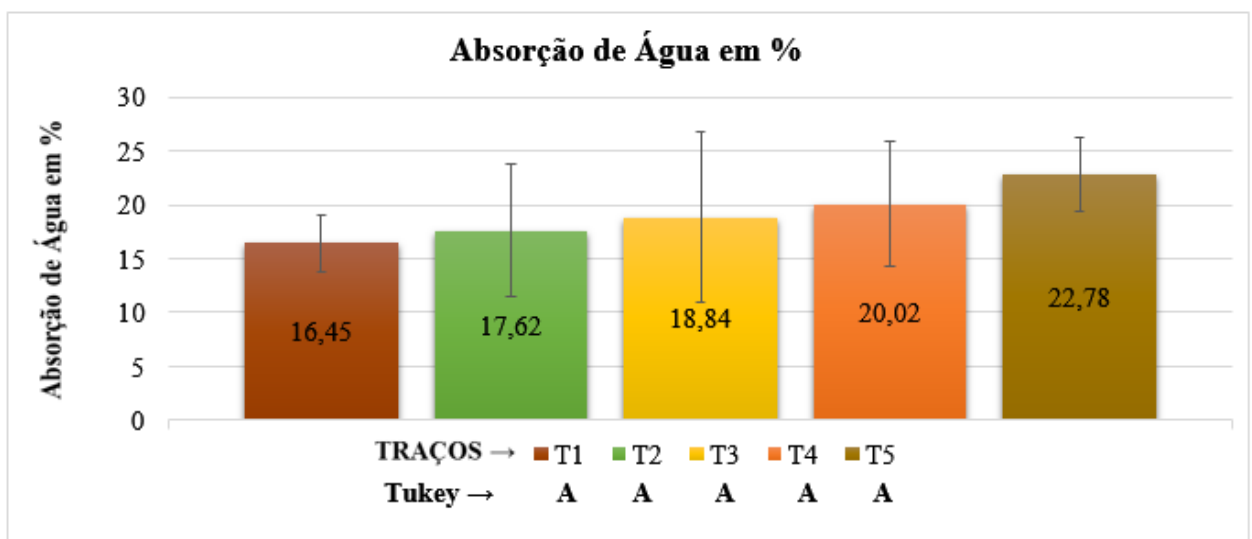
Alonge (2014), estudando a produção de painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz nas porcentagens de 10%, 20%, 40%, 50%, 60% e 70% de casca de arroz (fibra) e o restante de polipropileno e epolene, obteve resultados em relação à absorção de água que apresentaram média de 1,41%, representando assim a resistência das partículas que constituem os painéis quando submersos em água, apresentando resultado consideravelmente menor quando comparado a menor média de absorção de água obtida pelos traços, analisado nesta pesquisa.

Valarelli (2016), trabalhando com partículas de bambu e pupunha, para o ensaio de absorção de água 24h, chegou a um valor médio de 10% para os traços variando entre 10% e 30% pupunha com relação ao bambu, permanecendo abaixo da média obtida de 8,08% para os traços dos compósitos de casca de amendoim e bambu.

Araújo (2014), ao analisar as propriedades físicas de painéis de média densidade com partículas de bambu, variando de 0 a 30% com adição de casca de café e adesivo poliuretano à base de mamona, obteve média de 33,75% de absorção de água, o que mostra um percentual significativamente mais alto quando comparado aos compósitos de bambu com casca de amendoim. A Figura 5.70, apresenta o resultado para absorção de água 24h dos painéis avaliados, indicando o desvio padrão.

Através dos valores obtidos pelo ensaio de absorção de água, observam-se diferenças nos percentuais entre os traços com adição de casca de amendoim. Esta variação pode ter relação com a permeabilidade da casca do amendoim distribuídos como partículas variando-se a porcentagem desta, entre os cinco traços ensaiados.

Figura 5.70: Resultados dos ensaios para determinação da absorção de água 24h



Fonte: Autora

A análise estatística sobre o efeito da quantidade de resíduo de casca de amendoim em relação à quantidade em massa de partículas de madeira Teca sobre a variável absorção de água após 24 h, indicou valor-p igual a $1,2 \times 10^{-13}$, não podendo rejeitar a hipótese, de que as médias populacionais são iguais acusando a ocorrência de efeito significativo relacionados às variáveis em questão. No entanto, para os valores de F e F crítico, na análise de variância, obteve-se as referências 1,924 e 2,579 respectivamente, o que demonstra a formação de grupos homogêneos indicando semelhança significativa entre os traços. Aplicando-se o teste de Tukey, a semelhança entre os grupos se confirma estatisticamente iguais e pertencentes ao grupo A.

5.1.4 Ensaio de determinação do inchamento em espessura 24h

Quando os painéis são expostos à umidade, sofrem alterações importantes, como o inchamento em espessura. Essa propriedade pode limitar o uso de um painel, já que, quanto maior o inchamento, maior a variação de espessura desse painel.

Para o inchamento em espessura após 24 horas de imersão em água, a norma NBR 14810-2 (2013), estabelece a porcentagem máxima de 16% de aumento sobre a espessura inicial do painel. O valor médio obtido para os 5 traços de Teca e casca de amendoim foi de 10,53 %, ficando todos abaixo do índice especificado pela norma (Tabela 5.9). O traço (T5), apresentou a maior média e percentual de variação de espessura, ou seja 15,53%. O melhor resultado apresentado pelo compósito Teca/casca de amendoim, foi o traço (T2), com inchamento de 8,38%, a exemplo do teste de absorção de água em 24h (Tabela 5.8). Através do resultados obtidos, é possível concluir que a adição do resíduo de amendoim, favorece a absorção de água, e consequentemente o inchamento do painel. A variação entre os painéis que receberam adição de casca de amendoim, obtiveram resultados menos favoráveis do que o traço (T1) com 100% Teca, o que corrobora com conceito de que a adição de resíduos, influenciou de forma favorável à absorção de água para este experimento. O melhor resultado fica para o traço (T1) com 100% Teca, possibilitando sua aplicabilidade em ambientes interiores (Figura 5.71)

Tabela 5.9: Resultados dos ensaios para inchamento em espessura 24h

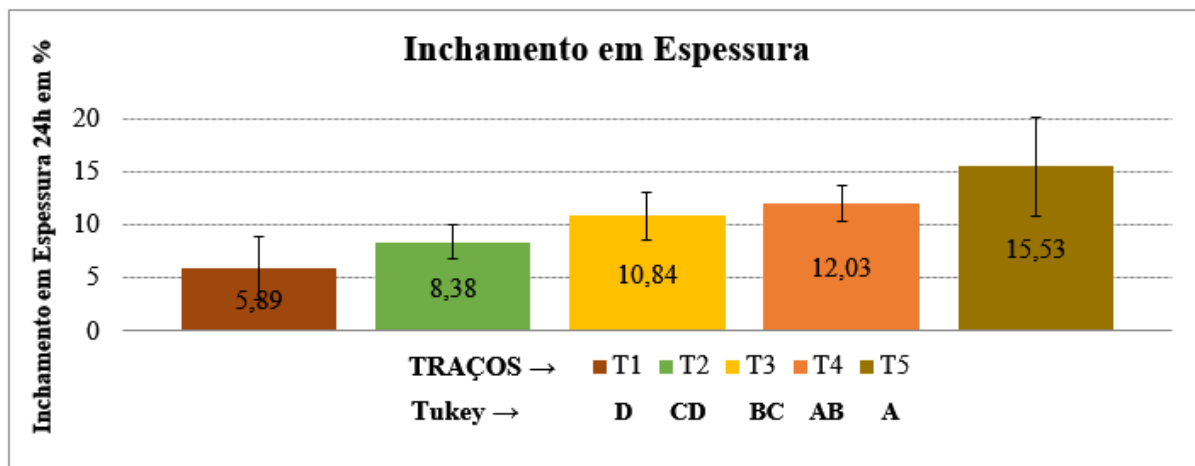
RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE INCHAMENTO EM ESPESSURA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	10,29	11,64	13,16	16,17	16,96
Valor Médio (%)	5,89	8,38	10,84	12,03	15,53
Valor Mínimo (%)	1,08	6,03	7,58	10,46	5,41
Coef. De Variação (%)	50,02	19,12	20,38	14,55	30,20
Desvio Padrão (%)	2,94	1,60	2,21	1,75	4,69

Fonte: Autora

Para Valarelli, (2016), os ensaios de inchamento em espessura discutidos em sua tese de livre docência, com compósitos de partículas de bambu e pupunha, e adição de resina poliuretana bi-componente na proporção de 1:1, obteve como melhor resultado, o traço com 90% de bambu e 10% de pupunha, que apresentou inchamento de aproximadamente 4%, chegando ao resultando de que quanto maior a porcentagem de resíduo de pupunha adicionado ao compósito, maior foi o valor do inchamento, com variação de 1% em relação aos demais traços, assim como os compósitos de Teca e casca de amendoim.

No ensaio de inchamento durante 24 horas, em painéis de média densidade com partículas de bambu, adição de casca de café e adesivo poliuretano à base de mamona, Araújo (2014) concluiu que nenhum dos painéis apresentou diferença significativa. Sendo que todos apresentaram valores abaixo dos 16%, especificado pela norma NBR 14.810-2 (2013) para painéis não estruturais para uso interno em condições secas. A média para inchamento em espessura dos painéis com adição de casca de café ensaiados por Araújo obteve média aproximada de 7,65%, sendo que o traço com 100%(B) revelou-se mais resistente ao inchamento com valor de 7,25%, chegando ao resultando de que quanto maior a porcentagem de resíduo de casca de café adicionado ao compósito, maior foi o valor do inchamento, em relação aos demais traços, assim como os compósitos de Teca e casca de amendoim.

Figura 5.71: Resultados dos ensaios para determinação ao inchamento em espessura 24h



Fonte: Autora

Os resultados da análise estatística sobre o efeito da quantidade de resíduo de casca de amendoim em relação à quantidade em massa de partículas de Teca em relação a variável inchamento em espessura 24 h, indicou valor-p igual a $2,10 \times 10^{-8}$ o que possibilita rejeitar a hipótese nula, de que as médias populacionais são semelhantes acusando a ocorrência de efeito significativo relacionados às variáveis em questão.

Para os valores de F e $F_{crítico}$, pela Anova, obteve-se os valores de 16,57 e 2,57 respectivamente, formando grupos heterogêneos indicando diferença significativa entre os traços. Aplicando-se o teste de Tukey, as diferenças encontradas foram: traço (T1) pertencente ao grupo D, o traço (T2) ao grupo CD, traço (T3) grupo BC, (T4) ao grupo AB, e (T5) ao grupo A conforme demonstra Figura 5.71.

A análise dos valores obtidos pelo ensaio de inchamento em espessura 24h, revelam alta porcentagem de inchamento pelo painel adição de partículas de casca de amendoim, quando comparado ao painel composto por Teca (T1), em coerência com o teste para absorção de água 24h. Tal condição podem ter sido influenciada, assim como as propriedades de absorção, pela razão da permeabilidade da casca do amendoim. Os menores valores de inchamento observados nos painéis com maior percentual de partículas de Teca, com tempos de exposição para 24h, sugerem a possibilidade de utilização dos painéis em ambientes externos, pois, quanto menor for a variação dimensional dos painéis, menor será a possibilidade de ocorrer desprendimento das partículas e, conseqüentemente, de ocorrer a desintegração dos painéis, com possibilidades de pesquisas futuras.

5.2 Resultado das avaliações dos ensaios mecânicos

Neste item serão apresentados, a análise dos resultados, e avaliação dos ensaios das propriedades mecânicas dos painel com partículas homogenizadas de madeira Teca e casca, de amendoim com adesivo à base de mamona bi-componente, referentes aos ensaios de determinação da resistência a flexão e módulo de elasticidade (MOE e MOR), determinação da resistência a tração perpendicular (Faces), determinação da resistência a tração superficial, dureza Janka e determinação da resistência ao arrancamento de parafuso (topo e superfície). Os resultados analisados, não mostram um comportamento linear do material, relacionado a variação do percentual de casca de amendoim ao composto.

5.2.1 Ensaio de determinação da resistência a flexão e módulo de elasticidade

Os ensaios pertinentes a determinação da resistência a flexão e módulo de elasticidade permitiram a obtenção dos resultados descritos.

- Módulo de Elasticidade (MOE)

O procedimento para determinação da resistência a flexão e módulo de elasticidade, o escopo da NBR 14810-2/2013 orienta que o comprimento dos corpos-de-prova deve ser de 20 vezes o comprimento da dimensão da espessura do CP, com comprimento mínimo de 100mm, de modo que o dispositivo para aplicar carga coincida com o centro desse corpo de prova. Os cilindros de aplicação de carga e apoio devem ter diâmetro de 30 mm + 5 mm. A aplicação da carga deve ser lenta e gradual. Todos estes requisitos foram atendidos.

Para o módulo de elasticidade, o traço com (T2), apresentou maior valor para MOE com média de 2558,85 MPa. Os demais traços com adição de casca de amendoim obtiveram médias entre 2323,81 e 1552,8 MPa, onde somente os traços com menores quantidades de adição de casca de amendoim obtiveram valores dentro dos parâmetros recomendado pela NBR 14810-2 (2013), para painéis estruturais para uso em condições secas que é de 2300 N/mm² ou 2300 MPa com espessura variando de 10 a 13 mm.

A análise da Figura 5.72, sugere que quanto maior a porcentagem de casca de amendoim, menor o valor de MOE, mantendo-se ainda dentro dos padrões normativos, com exceção do traço (T4), no entanto o traço (T1) para 100% Teca, obteve média de 2039,57 Mpa e o traço (T5) para 100% casca de amendoim, média de 1552,80 MPa para teste de módulo de elasticidade, o que leva-se a concluir, que os traços que não apresentam composição entre os componentes particulados, oferecem menor módulo de elasticidade, mostrando que a composição de materiais é satisfatória ao material. Tal fato pode estar associado a composição química e microestrutura do painel, o que sugere trabalhos futuros mais específicos.

Segundo Araújo (2014), para painéis de média densidade com partículas de bambu, adição de casca de café e adesivo poliuretano à base de mamona, quando comparados a norma brasileira NBR 14.810-2 (2013) que especifica valores mínimos de 1800 MPa para painéis P4, concluiu que todas as médias obtidas foram superiores a esse valor, sendo que o painel com 10% de partículas de casca de café obteve o valor mais elevado para o ensaio de MOE com 2300 MPa e média de 2100 MPa para os demais traços, ficando ainda abaixo dos testes realizados para os compósitos de Teca com casca de amendoim.

Valarelli (2016), em sua tese de livre docência, para painéis de partículas de bambu e pupunha, nos ensaios de módulo de elasticidade, obteve valor médio máximo para o traço com 80% bambu e 20% pupunha com 3633,0 MPa, ficando este acima da média do traço com 90%(B) + 10%(A), com 3053,44 MPa obtido neste estudo. Ainda para os resultados analisados, Valarelli conclui que o valor de MOE cresce à medida que se acrescenta resíduos de pupunha, até o limite de 20% do peso de material seco.

Com o aumento desta porcentagem, o valor do módulo de elasticidade diminuiu significativamente de 3633 MPa para 3115 MPa, no entanto, apresenta-se maior que o valor mais alto obtido pelos compósitos de Teca e casca de amendoim. A Tabela 5.10, apresenta os resultados médios, máximos e mínimos de cada traço ensaiado para módulo de elasticidade.

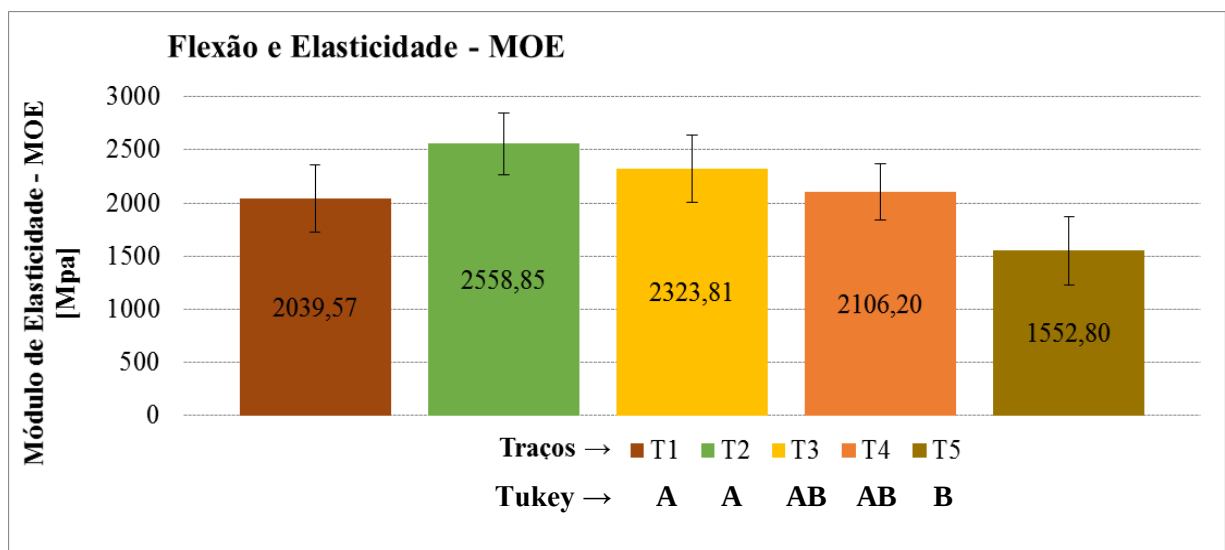
Tabela 5.10: Resultados dos ensaios para determinação do módulo de elasticidade na flexão estática - MOE

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE - MOE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (MPa)	2633,49	2983,18	2979,59	2344,65	1999,54
Valor Médio (MPa)	2039,57	2558,85	2323,81	2106,20	1552,80
Valor Mínimo (MPa)	1629,36	2179,37	1970,32	1955,66	1259,08
Coef. De Variação (%)	15,64	11,36	13,72	12,54	128,77
Desvio Padrão (MPa)	318,94	290,60	318,90	264,17	321,26

Fonte: Autora

Os valores estatísticos dos efeitos da variação no percentual de casca de amendoim em relação à quantidade de massa de partículas de Teca sobre a variável módulo de elasticidade, indicou valor-p igual $1,1 \times 10^{-8}$, com rejeição à hipótese nula, sobre a semelhança das médias populacionais das variáveis em questão. F igual a 14,684 e F crítico 2,58 formando grupos heterogêneos indicando diferença significativa entre os traços. Aplicando-se o teste de Tukey, as diferenças encontradas foram: traços T1 e T2 pertencentes ao grupo A, traços T3 e T4 ao grupo AB, e T5 ao grupo B conforme Figura 5.72.

Figura 5.72: Resultado dos ensaios para de Flexão e Elasticidade - MOE



Fonte: Autora

- Módulo de Ruptura – MOR

Os valores obtidos nos ensaios de flexão estática para módulo de ruptura mostraram-se em média, inferiores quando comparados com os valores determinados como referência pela NBR 14810-2 (2013) de 16 MPa para painéis do tipo P4 com 10 a 13 mm de espessura, no entanto coerentes com o ensaio para módulo de elasticidade.

Durante os ensaios dos painéis de partículas de Teca com adição de casca de amendoim, foi possível observar valor máximo para o traço (T2) com 16,12 MPa, e valor mínimo de 10,86 MPa para o traço (T5) com 100% casca de amendoim. Os valores de MOR a partir do traço (T2) diminuem conforme aumenta a adição de partículas de casca de amendoim aos compósitos. Válido ressaltar que os traços com 100% material também não obtiveram índices satisfatórios.

Quanto aos compósitos com adição de casca de amendoim, o melhor resultado ficou para o painel de traço (T2), com valor de 16,12 MPa, mantendo-se acima do parâmetro estabelecido pela norma, e 2,5% acima do traço (T1), com 100 % Teca.

A análise estatística sobre o efeito do percentual de casca de amendoim em relação à quantidade de massa de partículas de madeira Teca sobre a variável módulo de elasticidade indicou valor-p igual $3,6 \times 10^{-5}$, portanto menor que 5%, desta forma rejeita-se o H_0 , ou hipótese nula, sobre a semelhança das médias populacionais das variáveis em questão. Os valores de F igual a 8,44 e F crítico 2,57 comprovam a existência de diferenças significativas entre os traços, segundo o teste de Tukey (Figura 5.73). Desta forma, observou-se uma maior deformação até a ocorrência do rompimento com ensaio para o traço (T2), em relação aos demais painéis ensaiados, denotando a maior absorção de energia pelo painel de partículas de com adição de 10% de casca de amendoim. A Tabela 5.11, apresenta os resultados médios, máximos e mínimos de cada traço ensaiado para módulo de ruptura MOR.

Tabela 5.11: Resultados dos ensaios para determinação do modulo de ruptura na flexão estática - MOR

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE - MOR					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (MPa)	19,73	18,36	17,90	16,08	13,22
Valor Médio (MPa)	14,16	16,12	15,18	14,07	10,86
Valor Mínimo (MPa)	10,96	14,02	12,82	11,30	7,80
Coef. De Variação (%)	19,79	9,54	10,76	11,40	121,73
Desvio Padrão (MPa)	2,80	1,54	1,63	1,60	2,61

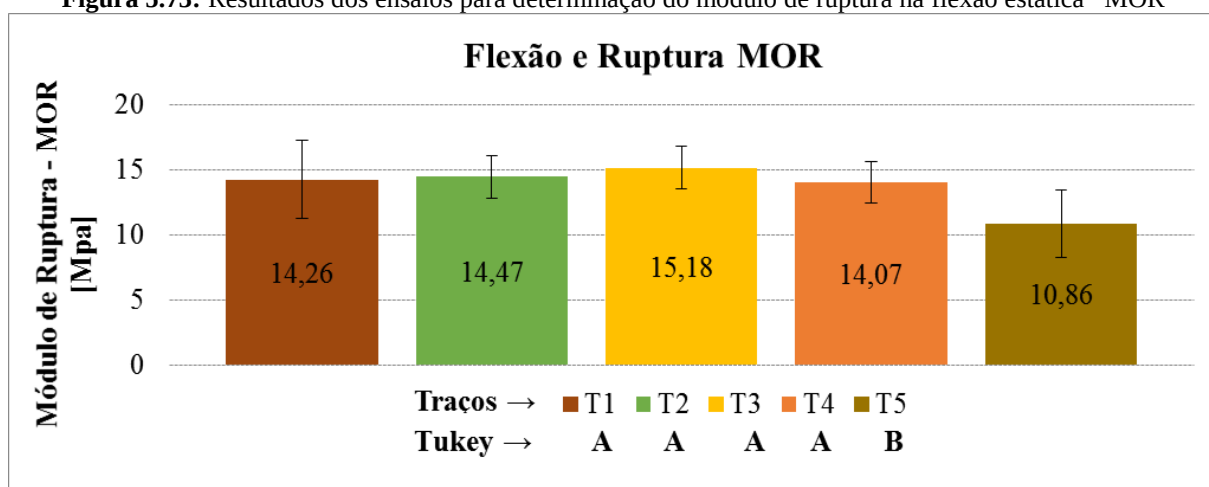
Fonte: Autora

Araújo (2014), analisou painéis de média densidade com partículas de bambu, adição de casca de café e adesivo poliuretano à base de mamona, conseguindo a média de 11,33 MPa para os tratamentos, sendo que apenas o traço com 100% de partículas de bambu e 0% partículas de casca de café, obteve valor significativamente diferente dos demais com aproximadamente 17 MPa, notando-se uma discreta queda do MOR quando no acréscimo de casca de café ao traço, ficando os valores obtidos compatíveis com os painéis de Teca com casca de amendoim.

No experimentos de Valarelli (2016), para painéis de partículas de bambu e pupunha, os ensaios de módulo de ruptura, a exemplo dos ensaios de MOE, mostraram valor médio máximo para o traço com 80% bambu e 20% pupunha com 27,74 MPa. Todos os valores dos traços de bambu e pupunha obtiveram resultados superiores quando comparados aos traços de Teca e casca de amendoim.

A Figura 5.73, apresenta o gráfico com as médias dos resultados finais dos painéis para ensaio de flexão e ruptura, confirmando a homogeneidade entre os traços T1, T2, T3 e T4 sendo somente T5 pertencente ao grupo B.

Figura 5.73: Resultados dos ensaios para determinação do modulo de ruptura na flexão estática MOR



Fonte: Autora

5.2.2 Ensaio de determinação da resistência a tração perpendicular às faces

Para o ensaio de tração perpendicular as faces, ou adesão interna das partículas, que analisa a ligação entre as partículas e o adesivo, estando este relacionada diretamente a densidade do painel, ao tempo e a temperatura utilizada na fase de prensagem, bem como a quantidade de resina utilizada na mistura, o resultado obtido para o painel de referência com Teca (T1), foi de 0,99 MPa, com valor médio alcançado pelos demais traços com adição de casca de amendoim de 2,22 MPa. A NBR 14810-2 (2013), determina para o ensaio de resistência a tração perpendicular valor máximo de referência de 0,40 N/mm² ou 0,40 MPa para

painéis P4 com 10 a 13 mm de espessura, sendo assim, o resultado para todos os traços deste estudo apresentaram-se acima do limite recomendado pela norma, porém o melhor valor ficou para o traço (T5) com 100% de resíduo, com valor de 3,62 MPa, no entanto para o material composto, o melhor resultado apresentou-se em (T2) com valor de 2,52 N/mm² ou Mpa, atendendo a NBR e as necessidades para uso como painel classificado P4.

A Tabela 5.12 ilustra os resultados médios, máximos e mínimos para os ensaios de tração perpendicular as faces para cada traço do compósito de bambu com adição de casca de amendoim.

Tabela 5.12: Resultados dos ensaios para determinação da tração perpendicular as faces.

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N/mm ²)	1,53	2,93	2,45	2,64	4,35
Valor Médio (N/mm ²)	0,99	2,52	1,99	2,16	3,62
Valor Mínimo (N/mm ²)	0,15	2,08	1,36	1,62	3,06
Coef. Variação (%)	48,13	10,82	17,27	15,50	12,42
Desvio Padrão (N/mm ²)	0,48	0,27	0,34	0,33	0,45

Fonte: Autora

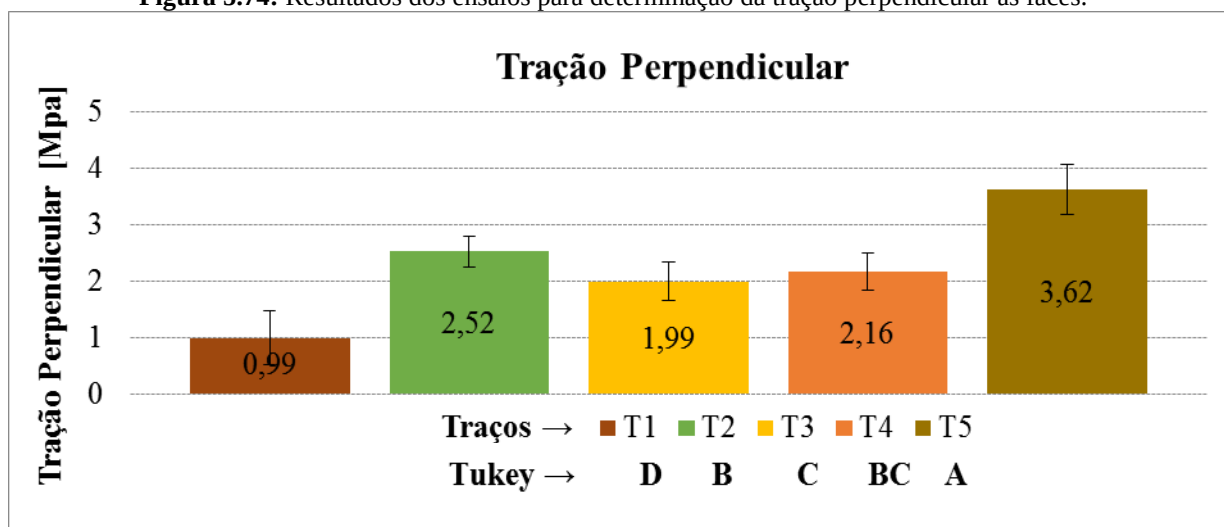
Valarelli (2016), constatou valor médio máximo de 4,95 MPa para o compósito com 90% de bambu e 10 % de pupunha. No entanto, todos os traços permaneceram próximos ao valor de 5 MPa, enquanto que os traços de Teca e casca de amendoim mantiveram-se abaixo do menor valor registrado pelos estudos de Valarelli, mas permanecendo acima do valor recomendado pelo norma.

Nos trabalhos de Araújo (2014), nota-se valores satisfatórios para os traços de bambu e casca de café, quando comparados a norma brasileira NBR 14.810-2 (2013), que recomenda valor mínimo para painéis estruturais de uso externo, em condições severas de carga e em ambientes úmidos, de 0,75 MPa para painéis com 10 a 13 mm de espessura. Todos os painéis apresentaram valores superiores aos estabelecidos.

Observou-se que com o aumento da casca de café no painel, houve uma redução na propriedade de tração perpendicular. Analisando estatisticamente, apenas o painel com 100% bambu e 0% de casca de café, com 1,57 MPa de média, obteve valor significativamente diferente dos demais painéis, que atingiram médias inferiores.

Quanto aos traços de bambu e amendoim, os valores mostraram-se bastante superiores quando comparados aos compósitos de bambu com casca de café.

A Figura 5.74 apresenta o gráfico de tração perpendicular as faces, com desvio padrão para cada traço ensaiado dos compósitos de Teca e casca de amendoim.

Figura 5.74: Resultados dos ensaios para determinação da tração perpendicular as faces.

Fonte: Autora

Ao valores estatísticos para tração perpendicular, considerando-se o efeito do percentual de casca de amendoim em relação à quantidade de massa de partículas de Teca sobre a variável módulo de elasticidade indicou valor-p igual $0,01 \times 10^{-7}$ menor que 5%, desta forma, considera-se rejeitado o H_0 , ou hipótese nula, sobre a semelhança das médias populacionais das variáveis em questão. Os valores de F igual a 61,50 e F crítico 2,57 comprovam a existência de diferenças significativas entre os traços, conforme o teste de Tukey (Figura 5.73), com traços T1, T2, T3, T4 e T5 pertencentes aos grupos D, B, C, BC e A, respectivamente.

5.2.3 Ensaio de determinação da resistência a tração perpendicular às superfícies

Para o ensaio de resistência a tração superficial, o traço (T1), apresentou maior valor de resistência a tração superficial, com valor médio entre os traços com adição de casca de amendoim de 2,35 N/mm² ou Mpa. No entanto, todos os traços apresentam valores variando entre 2,78 MPa e 1,27 MPa. Para este ensaio, a NBR 14810-2 (2013), não apresenta valor de referência para painel tipo P4, porém apresenta valor mínimo de 1,0 MPa para painéis tipo P2 (Painéis não estruturais para uso interno em condições secas). Nota-se através da Tabela 5.13 e Figura 5.75, que com o aumento de percentual à mistura de partículas, o resistência a tração superficial tende a diminuir, o que denota que as partículas de casca de amendoim, indicam uma “fragilidade” ao material, embora os números da Tabela, apresenta-se maiores do que a norma exige para P2.

Valarelli (2016), pesquisando chapas de partículas de bambu com pupunha, obteve resultados médios variando de 3,43 MPa a 2,78 MPa, com tendência a minimizar a resistência a tração em superfície também com adição de resíduo (pupunha), o que corrobora com os resultados aqui obtidos, embora ambos tenham registrado índices superiores aos estabelecidos pela norma.

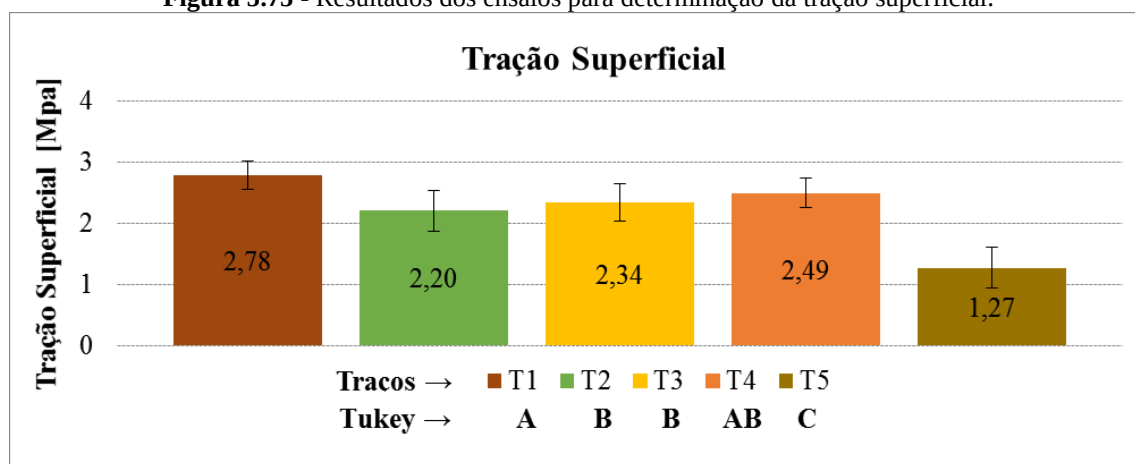
A Tabela 5.13, apresenta os resultados médios, máximos e mínimos para o ensaio de resistência a tração superficial para cada traço.

Tabela 5.13: Resultados dos ensaios para determinação da tração superficial.

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO SUPERFICIAL					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N/mm ²)	3,16	2,78	2,85	2,79	1,87
Valor Médio (N/mm ²)	2,78	2,49	2,34	2,20	1,27
Valor Mínimo (N/mm ²)	2,52	1,94	1,93	1,81	0,78
Coef. Variação (%)	8,44	9,46	13,19	14,87	26,62
Desvio Padrão (N/mm ²)	0,24	0,24	0,31	0,33	0,34

Fonte: Autora

Figura 5.75 - Resultados dos ensaios para determinação da tração superficial.



Fonte: Autora

A Figura 5.75, apresenta o gráfico de tração superficial dos painéis, indicando o desvio padrão e os grupos gerados no teste Tukey. Na análise estatística, observou-se que existem diferenças significativas entre os traços dos painéis produzidos (valor-p é $0,01 \times 10^{-8}$ e valor F é 38,19, maior do F crítico). O teste de Tukey apresentou grupos significativamente diferentes, sendo somente os traços T2 e T3 estatisticamente compatíveis entre si.

5.2.4 Ensaio de determinação da resistência ao arrancamento de parafuso

Os ensaios pertinentes a determinação da resistência ao arrancamento de parafuso para topo e face permitiram a obtenção dos resultados descritos a seguir:

- Arrancamento de Parafuso – Topo

O ensaio de resistência ao arrancamento de parafuso de topo, apresentou resultado maior para o traço (T2) com 1368,9 N, chegando ao valor médio para os demais traços, de 1049,5 N. Para este ensaio, a NBR 14810-2 (2013) não estabelece valor de referência para nenhum tipo de painel, no entanto a norma ANSI 208.1 (1999), recomenda valores mínimos de 1550N. Desta forma, todos os traços obtiveram valores inferiores ao determinado pela norma, considerando entre os compósitos com adição de casca de amendoim, o traço (T2), com resultado mais satisfatório, o que denota a “fragilidade” do material para aplicabilidade com exigências de utilização de parafuso em topo.

Tabela 5.14 - Resultados dos ensaios para arrancamento de parafuso - topo

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	1645,43	1599,72	1488,86	1452,86	1140,61
Valor Médio (N)	1319,93	1368,89	1042,83	1158,78	676,66
Valor Mínimo (N)	989,63	1256,96	495,11	853,86	464,01
Coef. Variação (%)	15,01	8,25	29,16	18,51	33,23
Desvio Padrão (N)	198,12	112,99	304,09	214,46	224,82

Fonte: Autora

Valarelli (2016), encontrou resultados superiores aos elencados neste trabalho em relação ao teste de arrancamento de parafuso para topo com valor médio máximo de 2.971,96 N, para o traço 90% bambu e 10 % pupunha, com as médias variando de 2.669,25 N a 2.971,96 N, sendo o valor mínimo encontrado por Valarelli, bastante superior ao valor máximo encontrado nesta pesquisa.

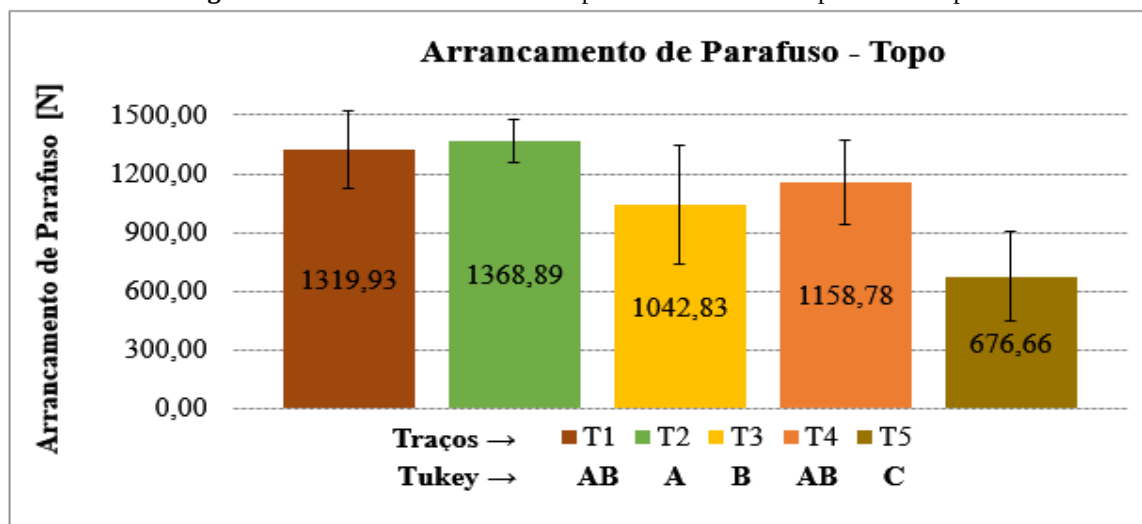
Desta forma, os traços de pupunha com bambu, mostraram-se mais resistentes quando comparados aos de casca de amendoim com bambu.

Araújo (2014) obteve valores próximos a 990 N para o compósito com 100% bambu, e média de aproximadamente 830 N considerando os percentuais de 10%, 20% e 30% de casca de café no total da massa, ficando esses valores abaixo do recomendado pela norma ANSI 208.1 (1999), e dos resultados obtidos nesta pesquisa também abaixo da norma.

Estatisticamente analisando os resultados mediante a análise de variância sobre o efeito do teor de partículas de casca de amendoim em relação à quantidade em massa de partículas de madeira Teca em relação a variável arrancamento de parafuso do topo, o valor-p igual a $3,6 \times 10^{-12}$, com valor de F igual a 15,85 e F crítico de 2,88, acusando a heterogeneidade relacionado às variáveis em questão, como comprova o teste de Tukey agrupando todos traços do compósito nos grupos A, AB, B e C conforme Figura 5.76 que apresenta o gráfico de resistência ao

arrancamento de parafuso de topo dos painéis, indicando o desvio padrão e o grupo obtido no teste.

Figura 5.76: Resultados dos ensaios para arrancamento de parafuso - topo



Fonte: Autora

- Arrancamento de Parafuso – Superfície

Para os ensaios de resistência ao arrancamento de parafuso de superfície, o resultado médio para o traço (T1) foi de 1284,73N mostrando-se como mais resistente. As médias para todos os traços foi de 1168,4N, variando entre 1210,1N e 1142,5N. Para este ensaio, a NBR 14810-2 (2013) não estabelece valor de referência para nenhum tipo de painel, no entanto a norma ANSI 208.1 (1999), recomenda valores mínimos de 1550N. Desta forma, todos os traços obtiveram valores inferiores ao determinado pela norma, ainda que o traço (T2) tenha obtido melhor resultado, semelhante a resistência ao arrancamento para topo, também não sugere-se o uso deste material para uso de parafusos em face, nem tão pouco a adição de casca de amendoim ao compósito que reduziu consideravelmente a resistência nos casos de arrancamento para topo e face.

Tabela 5.15 - Resultados dos ensaios para arrancamento de parafuso - superfície

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	1543,08	1378,32	1320,17	1399,11	1111,78
Valor Médio (N)	1284,73	1210,11	1152,49	1142,49	843,21
Valor Mínimo (N)	1062,65	802,38	858,38	929,77	616,15
Coef. Variação (%)	12,51	14,08	11,87	33,73	17,49
Desvio Padrão (N)	160,67	170,38	136,81	385,31	147,47

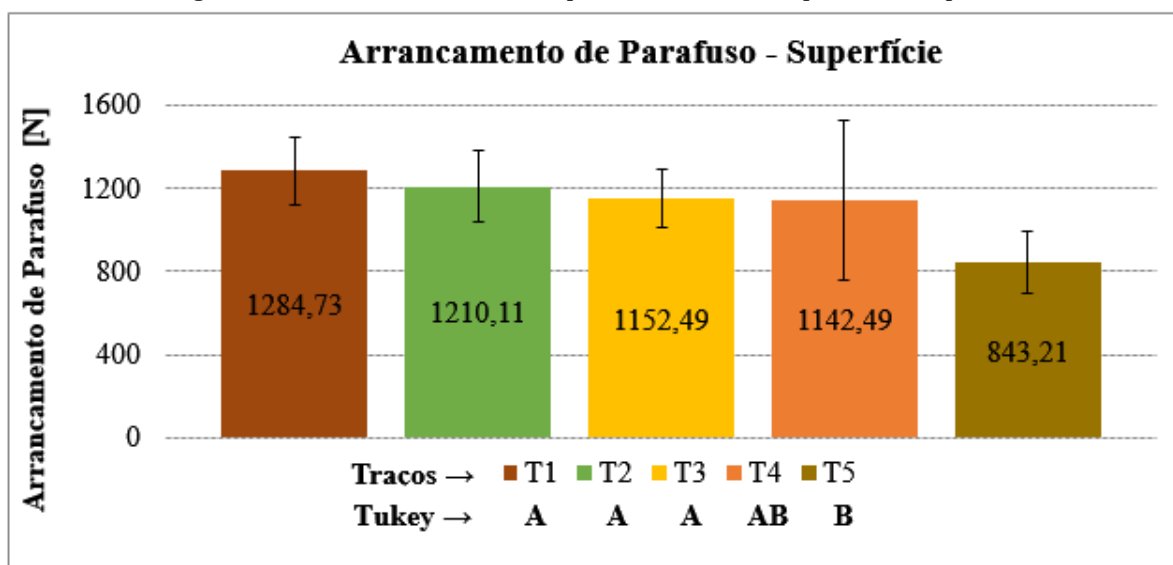
Fonte: Autora

Para os testes de arrancamento de parafuso de topo, a tabela 5.15 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos para cada um dos traços, sendo possível observar que a medida que o percentual de casca de amendoim é adicionado ao particulado de Teca, considerando-se o volume total da massa, reduz-se o valor em Newton para resistência ao arrancamento respectivamente para os traços (T2), (T3), (T4) e (T5).

Valarelli (2016), pesquisando traços de bambu e pupunha, encontrou resultados superiores aos elencados neste trabalho em relação ao teste de arrancamento de parafuso para face com valor médio máximo de 2.859,86 N, para o traço 90% bambu e 10 % pupunha, com as médias variando de 2.674,95 N a 2.971,96 N, Para os traços de pupunha com bambu, os compósitos mostram-se bem mais resistentes quando comparados aos de casca de amendoim com madeira Teca.

Araújo (2014) obteve valor máximo de resistência ao arrancamento de parafuso para superfície no compósito com 10% de casca de café adicionado a massa de bambu com valor próximo a 1000 N com média de aproximadamente 925 N considerando os percentuais de 10%, 20% e 30% de casca de café no total da massa, ficando esses valores abaixo do recomendado pela norma ANSI 208.1 (1999), assim como os resultados desta pesquisa.

Figura 5.77: Resultados dos ensaios para arrancamento de parafuso – superfície



Fonte: Autora

Semelhante ao teste de arrancamento de parafuso para topo, estatisticamente analisando os resultados de arrancamento de parafusos para superfície, para análise de variância sobre o efeito do teor de partículas de casca de amendoim em relação à quantidade em massa de partículas de madeira Teca em relação a variável, o valor-p igual a $4,87 \times 10^{-4}$, com valor de F igual a 6,15 e F crítico de 2,57, acusando a heterogeneidade relacionado às variáveis

em questão, como comprova o teste de Tukey agrupando todos traços do compósito nos grupos A, B e AB, de acordo com o gráfico da Figura 5.77 que apresenta o gráfico de resistência ao arrancamento de parafuso de topo dos painéis, indicando o desvio padrão e o grupo obtido no teste.

5.2.5 Ensaio de determinação da dureza Janka

O ensaio para dureza Janka, apresentou peculiaridades entre os traços. A NBR 14810-2 (2013) não apresenta valores de referência para nenhum tipo de painel, no entanto a ANSI A208.1 (1999), recomenda valores acima de 6675 N para painéis de alta densidade. Quando analisados os traços (T1) e (T2), 100% madeira Teca e casca de amendoim, os resultados mostraram-se surpreendentes, além de estarem acima dos limites do que determina a norma, também estão acima dos valores quando ambos componentes são agregados.

O traço com 100% casca de amendoim (T5), apresentou o maior valor para dureza Janka com média de 3964 N, válido lembrar que também foi o traço com maior índice no quesito densidade. Os demais traços, variaram entre as médias de 3635,68N e 3210,57N para (T2) e (T4). A composição intermediária (T3) com variações de 80% Teca e 20% casca de amendoim, apresentou menor resistência a dureza Janka (Figura 5.79), o que sugere que a “mistura” dos componentes quanto ao quesito “dureza”, não foi favorável, proporcionando oportunidade de trabalhos futuros, visto a importância deste ensaio.

Valarelli (2016), chegou a valor médio máximo de 12.395,61 MPa para o compósito com 90% bambu e 10% pupunha, conseguindo em todos os traços valores superiores ao estabelecido pela norma, como neste estudo. No entanto nos estudos de bambu com pupunha, não registrou-se os melhores resultados para os traços com material segregado como nesta pesquisa, o que também sugere novos estudos.

Tabela 5.16 - Resultados dos ensaios de dureza Janka

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - DUREZA JANKA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	8490,70	8137,26	6559,47	6789,54	8399,20
Valor Médio (N)	3789,10	3635,68	2985,02	3210,57	3964,00
Valor Mínimo (N)	6341,86	6020,99	5321,87	5458,38	7083,34
Coef. Variação (%)	20,51	22,67	19,59	26,91	13,21
Desvio Padrão (N)	777,29	824,18	584,66	864,10	523,46

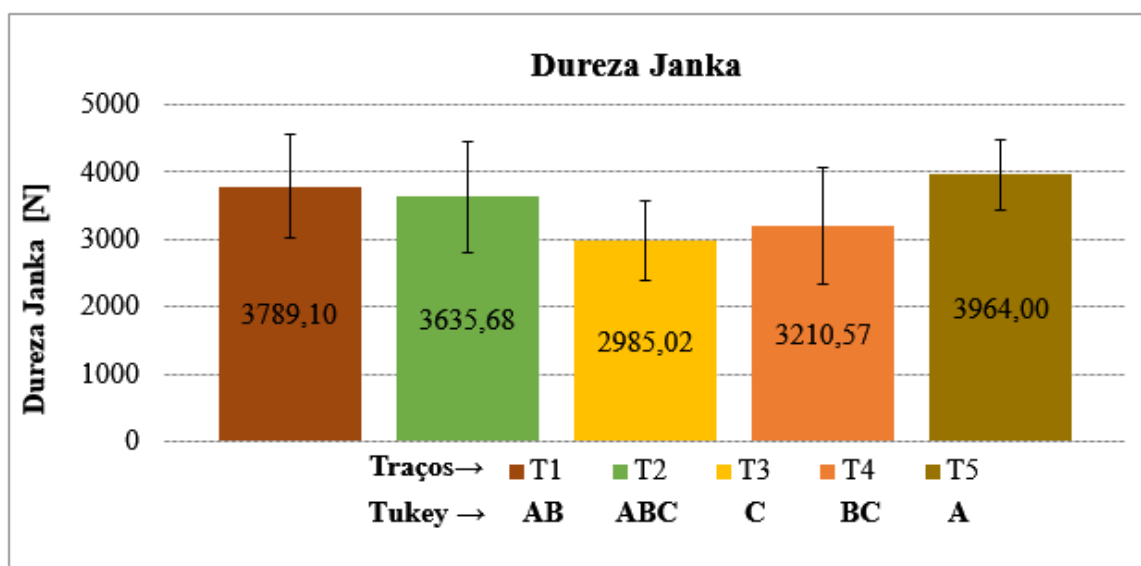
Fonte: Autora

A análise estatística observou que existem diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos, e entre os grupos pesquisados, atingindo valor-p igual a $1,92 \times 10^{-3}$, portanto a hipótese nula deve ser rejeitada por apresentar valor menor que 5%, e F igual a 6,28 maior que o F crítico de 2,86, e o desvio padrão, confirmam estas diferenças.

O teste Tukey apresentou quatro diferentes grupos sendo o traço (T1), pertencente ao grupo AB, o traço (T2) ao grupo ABC, traço (T3), grupo C, traço (T4) grupo BC e finalmente traço (T5), pertencente ao grupo A conforme Figura 5.78. Nota-se os traços estudados, não são estatisticamente equivalentes entre si.

No entanto, em análise dos efeitos do teste de Tukey, verificou-se que a melhor condição para a variável umidade, é dada pelo traço T2, que apresenta o melhor resultado quando comparado ao padrão Teca (T1) e aos demais traços, participando estatisticamente dos grupos AB.

Figura 5.78 - Resultados dos ensaios para dureza Janka



Fonte: Autora

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos das propriedades físicas e mecânicas, nesta pesquisa, considerando as características dos cinco traços dos painéis aglomerados de partículas de madeira Teca com casca de amendoim e adição de adesivo bi-componente a base de óleo de mamona, verificou-se a possibilidades de produção destes para uso comercial em condições restritas à considerar. A mistura de partículas dos referido materiais alternativos, permitiu a produção de um painel leve, confeccionado dentro dos parâmetros exigidos pelas normas NBR 14810-2 (2013) e ANSI 208.1 (1999).

Tabela 6.17: Resultados dos valores médios das amostras, e parâmetros das normas NBR 14.810 -2 (2013) e ANSI A208/1 (1999)

RESULTADOS DAS AMOSTRAS – VALORES MÉDIOS PARA PAINÉIS DA 10 A 13 MM							
ENSAIOS	(T1) 100%(T)	(T2) 90%(T) 10%(A)	(T3) 80%(T) 20%(A)	(T4) 70%(T) 30%(A)	(T5) 100%(A)	PARÂMETROS NORMAS	NORMAS
ARRANCAMENTO DE PARAFUSO SUPERFÍCIE (N)	1284,73	1210,10	1152,49	1142,49	843,21	1800 N (Mínimo)	ANSI A208/1 (1999)
ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO (N)	1319,93	1368,89	1042,83	1158,78	676,66	1550 N (Mínimo)	ANSI A208/1 (1999)
FLEXÃO - MOR (MPa)	14,26	14,47	15,18	14,07	10,86	16,00 MPa (Mínimo)	NBR 14.810 (2013)
ELASTICIDADE MOE (MPa)	2039,57	2558,85	2323,81	2106,20	1552,80	2300,00 MPa (Mínimo)	NBR 14.810 (2013)
TRAÇÃO PERPENDICULAR (MPa)	0,99	2,52	1,99	2,16	3,62	0,40 MPa (Mínimo)	NBR 14.810 (2013)
TRAÇÃO SUPERFICIAL(MPa)	2,78	2,20	2,34	2,49	1,27	1,0 Mpa (Mínimo)	NBR 14.810 (2013)
JANKA (N)	7578,21	7271,36	5970,03	6421,14	7928,01	6675 N (Mínimo)	ANSI A208/1 (1999)
UMIDADE (%)	5,23	7,02	7,66	8,75	9,56	13% (Máximo)	ANSI A208/1 (1999)
INCHAMENTO EM ESPESSURA 24H (%)	5,89	8,38	10,84	12,03	15,53	16 % (Máximo)	NBR 14.810 (2013)
DENSIDADE (kg/m ³)	863,50	839,85	860,45	871,01	915,06	Acima de 800 Kg/m ³	NBR 14.810 (2013)
ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H (%)	16,45	17,62	18,84	20,02	22,78	10% (Máximo)	ANSI A208/1 (1999)
VALORES DE REFERÊNCIA							
RESULTADO QUE ATENDEM A NORMA							

Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013 e ANSI A208/1 (1999)

Quanto a **reutilização e melhor aproveitamento da casca de amendoim como resíduo**, observou-se que a aplicabilidade do material é viável, para determinados ensaios mecânicos (arranchamento de parafuso em topo e módulo de elasticidade), respeitando-se as devidas proporções de adição do resíduo, podendo em alguns casos ser este utilizado na totalidade da composição do painel (tração perpendicular, dureza Janka e densidade).

Como o valor para ensaio de densidade foi o mais elevado para o traço (T5), painel composto com 100% de casca de amendoim, com $915,06 \text{ kg/m}^3$, justifica o resultado para as propriedades mecânicas, provavelmente em virtude da compactação das partículas, e por conta de sua geometria e composição. O ensaio de MEV (microscopia eletrônica por varredura), poderá elucidar a hipótese em trabalhos futuros.

Quanto as análises da **manufatura dos painéis e metodologia de ensaios**, conclui-se que os parâmetros de quantidade de matéria, controle dimensional das partículas, pressão na prensagem temperatura e teor de resina, foram controlados durante o processo de fabricação garantindo que as condições de geração das partículas, secagem, classificação, aplicação da resina, formação dos colchões, prensagem e resfriamento, garantiram o padrão dos painéis produzidos segundo as normas NBR 14810-2 (2013) e ANSI 208-1 (1999), assim como o desenvolvimento dos ensaios físicos e mecânicos.

Os resultados dos **ensaios físicos**, apresentados na Tabela 6.17, demonstram a possibilidade de utilização dos painéis aqui produzidos e testados, em ambientes internos e secos, ainda que a média dos valores para densidade tenham ultrapassado o limite mínimo estabelecido pela NBR 14810-2 (2013) e densidade alvo, para os cinco traços com média de $869,97 \text{ Kg/m}^3$, nota-se que a adição de casca de amendoim favorece a absorção de água, com média de 19,14%, tenho como maior índice para (T5), no entanto ficando abaixo dos resultados dos ensaios realizados por Valarelli (2016), onde o autor conseguiu média de 930 kg/m^3 . Nos ensaios de higroscopia, o percentual de absorção de água nos painéis aumentou de forma gradativa, quando em face a adição de casca de amendoim. Semelhante aos resultados para ensaios de absorção de água, são os números para umidade e inchamento em espessura (Tabela 6.17), o que sugere possivelmente grande permeabilidade da casca de amendoim. Valarelli (2016) e Araújo (2014), apresentaram valores respectivamente na faixa de 6,7% e 9,78% para variável umidade, 10% e 33,75% para absorção de água 24h, e 4% e 7,25% para inchamento em espessura 24h, compatíveis com os registrados nesta pesquisa.

Nas avaliações de **resistência mecânica**, os painéis de madeira Teca e casca de amendoim, apresentaram resultados médios superiores quando comparado as pesquisas de Araújo (2014), no entanto ficaram com médias inferiores aos compósitos de bambu e pupunha

estudado por Valarelli (2016) em todos os quesitos: tração perpendicular, MOR, MOE e resistência ao arrancamento de parafusos para topo e face. No entanto, o desempenho mecânico não obedeceu a um padrão linear. Para os ensaios de arrancamento de parafusos (topo e face), as médias atingidas nos ensaios foram de 1126,6 N e 1113,41 N, inferior ao recomendado pelas normas NBR 14810-2 (2013) e ANSI 208-1 (1999), de mesma forma os ensaios para MOE e MOR, com todos os valores inferiores as normas (Tabela 6.17). Somente nos ensaios mecânicos para trações perpendicular à faces, superficial e dureza Janka, os cinco traços compostos por madeira Teca e casca de amendoim, apresentaram valores acima dos estabelecidos pelas normas, dando credibilidade ao compósito pesquisado, no entanto com restrições aos uso em ambientes externos e estruturais, recomendando-se a aplicabilidade deste como painéis Tipo P2, painéis não estruturais para uso interno em condições secas, como forros, divisórias painéis decorativos, isolamento acústico (trabalhos futuros) e outros.

Conclui-se portanto, que após observar os resultados físicos e mecânicos, obtidos nesta pesquisa, verificou-se a viabilidade do compósito para uso comercial, com as seguintes características:

- Quanto a **reutilização e melhor aproveitamento da casca de amendoim como resíduo**, observou-se que a aplicabilidade do material é viável, para determinados ensaios mecânicos e físicos, respeitando-se as devidas proporções de adição do resíduo no compósito → (T2) adição de 10% de casca de amendoim à madeira Teca.
- Os ensaios envolvendo a **higroscopia**, demonstram a possibilidade de utilização dos painéis aqui produzidos e testados, em ambientes internos e secos.
- Nas avaliações de **resistência mecânica**, os cinco traços compostos por madeira Teca e casca de amendoim, apresentaram valores acima dos estabelecidos pelas normas, dando credibilidade ao compósito pesquisado, no entanto com restrições aos uso em ambientes externos e estruturais, recomendando-se a aplicabilidade deste como painéis Tipo P2, painéis não estruturais para uso interno em condições secas, como forros, divisórias painéis decorativos, isolamento acústico (trabalhos futuros) e outros.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para trabalhos futuros seguindo linha de pesquisa deste trabalho, sugere-se que as condições e tipos de ensaios poderiam ser eventualmente modificadas em trabalhos futuros, para determinar demais propriedades físicas e mecânicas variando os parâmetros e condições iniciais dos painéis tais como:

- Desenvolver painéis de partículas de casca de amendoim com outros tipos de resina;
- Desenvolver painéis de partículas de casca de amendoim com outros materiais como cana-de-açúcar, coco, madeira de pinus, eucalipto, palha e sabugo de milho;
- Analisar painéis de partículas com variação no teores diferentes de resina;
- Realizar ensaios de microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- Realizar ensaios de raio-x e micro tomografia;
- Realizar ensaios para utilização do material como isolamento acústicos.
- Realizar ensaios da resistência do material quanto a inflamabilidade.
- Avaliar estudo energético na produção do painel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPA, Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira. Disponível em: <http://www.abipa.org.br>. Acesso em 29/05/2019.

_____. **Exportações de celulose, painéis de madeira e papel têm alta em 2015**. Disponível em: <http://www.cgimoveis.com.br/abipa/exportacoes-de-celulose-paineis-de-madeira-e-papel-tem-alta-em-2015-1>. Acesso em 19/05/2019.

ABRAF, Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. **Anuário estatístico ABRAF 2013, ano base 2012**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910>. Acesso em: 29/05/2019.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 14810-1 – **Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 1: Terminologia**, 3º Ed. Rio de Janeiro/RJ. 2013. p.5.

_____. NBR 14810-2 – **Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio**, 3º Ed. Rio de Janeiro/RJ. 2013. p.69.

_____. NBR 14810-3 – **Painéis de Partículas de Média Densidade – Parte 2: Requisitos e Métodos de Ensaio**, 3º Ed. Rio de Janeiro/RJ. 2006. p.51.

_____. NBR 10004/2004 – **Resíduos Sólidos e Classificação**, 2ed. Rio de Janeiro/RJ – 2004, p.71.

_____. NBR 10004: **Classificação de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004a.

ALVES, B. A. **Quantificando o potencial de expansão sustentável da produção de amendoim no estado de São Paulo**. Universidade de São Paulo, USP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2018. p.71.

ANDRADE, R.O.B.; TACHIZAWA, T.; CARVALHO, A.B. **Gestão Ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. Pearson. 2.ed.: ampliada e revisada, 2004

ANGELI, A; STAPE, J. L. **Tectona grandis (Teca)** – Instituto de Pesquisas Florestais “Luiz de Queiroz” – Departamento de Ciências Florestais - ESALQ/USP – Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP. 2013.

_____. ANGELI, A; STAPE, J. L. **Teca é a nova opção na indústria mundial** – Revista Madeira Instituto de Pesquisas Florestais “Luiz de Queiroz” – Departamento de Ciências Florestais - ESALQ/USP – Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP. 2007.

ALONGE, F. A; CHAMA, P. V. C; ROCHA, R. R. **Produtos Ecoeficientes na Arquitetura: A Produção de Painéis Feitos a Partir do Compósito de Plástico e Casca de Arroz** – Revista Aplicação de Novas Tecnologias Sustentáveis. Vol 10. Nº 1. p.13-27.

ANSI, American National Santandard – A208-1/1999 – **Particleboard** – 1999, p.13.

ARAÚJO, I. I. **Painel MDP de bambu com adição de casca de café e adesivo poliuretano à base de mamona**. UNESP – Bauru/SP (2014 p.56).

ARAÚJO, L. C. R. **Caracterização química, térmica e mecânica de poliuretanas elastoméricas em materiais oleoquímicos**. São Carlos, 105p. Dissertação de mestrado – Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1992.

ARAÚJO, M, J. **Fundamentos de agronegócios**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

ARCHANGELO, A. **Painéis de bambu com casca de arroz e adesivo à base de mamona**. UNESP – Faculdade de Engenharia de Bauru “Júlio de Mesquita Filho” – Bauru, SP (2016 p. 130).

ARRUDA, G. **Artigo: Indústria Brasileira do Mobiliário: Desafios e Evolução**. Curitiba: Alternativa, 1997. 94 p.

AZAMBUJA, M. dos A. Estudo experimental de adesivos para fabricação de madeira laminada colada: avaliação da resistência de emendas dentadas, da durabilidade e de vigas. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006. 128 f.

BACHA, C. J. C; BARROS, A. L. M. **Reforestation in Brazil: recente evolution and the future**. Scientia forestalis, n. 66, p.191-203, dez 2003.

BARBIRATO, G; FIORELLI, J; BARRERO N. G; PALLONE, E. M. J. A; LAHR, F. A. R; CRISTOFORO, A. L; SAVASTANO JR, H. **Painel Aglomerado Híbrido de Casca de Amendoim Reforçado com Partículas de Madeira Itaúba**. Revista: Ciência Florestal, Santa Maria RS, v. 24, n. 3, 2014, p. 685-697.

BARBOSA, G. S. **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Revista: Visões, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 4º Ed., Nº 4, V.1, 2008.

BATISTELLE, R. A. G; SANTOS, G. J; VARUM, H. S. A; FARIA, O. B. **Avaliação Acústica das Chapas de Partículas Produzidas com Bagaço de Cana-de-açúcar e Folha Caulinar de Bambu**. UNESP Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia Mecânica. Congresso Ibero-Latino-americano da Madeira na Construção, Coimbra/ Portugal. 2011. p.7.

BATISTELLE, R. A. G; SANTOS, M. F. N; MIYAZATO, T; FREITAS, P. N. P. **Análise de Intemperismo Natural em Chapas de Partículas Compostas de Resíduos Agroindustriais**. Revista Madeira Arquitetura e Engenharia, n. 17, ano 6, 2005. P.11

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO - BNDES. Panorama de mercado – painéis de madeira. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio 2019.

BARROS FILHO, R. M. **Painéis aglomerado a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas ureia formaldeído e melamina formaldeído**”. REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais – Ouro Preto/MG (2009 p.117).

BRASIL. Constituição Federal (1988). EMENDA CONSTITUCIONAL Nº 95 DE 15/12/2016 Título VIII - Da Ordem Social: Capítulo VI -Do Meio Ambiente. Art. 225. Disponível: www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_15.12.2016/art_225.asp. Acesso em: 12 maio 2016.

_____. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010** - Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2010/lei-12305-2-agosto-2010-607598-publicacaooriginal-128609-pl.html> - Acesso em 04 jul. 2016.

BRITO, A. R. **Otimização da produção de enzimas celulolíticas por fermentação em estado sólido sobre a casca de arroz e a casca de amendoim**. Universidade Estadual do sudoeste da Bahia – UESB, Itapetiga, BA, 2015.p.102

BUENO, M. A. P. – **Dissertação: Painéis de *Medium Density Fiberboard* Fabricados com Bagaço de Cana-De-Açúcar e Madeira de Reflorestamento**. UNESP – Bauru/SP (2014 p.176).

BUFANINO, L. **Avaliação da Permeabilidade e sua Influência sobre propriedades Físicas e de Colagem em Painéis Aglomerados**. UFLA - Universidade de Lavras – Departamento de Ciência e Tecnologia da Madeira. Lavras/MG (2010.p.90).

CALDEIRA, S. F.; CALDEIRA, S. A. F.; MENDONÇA, E. A. F. de; DINIZ, N. N. **Caracterização e avaliação da qualidade dos frutos de teca (*Tectona grandis* L.f.) produzidos no Mato Grosso**. Revista Brasileira de Sementes, v. 22, n. 1, p. 216–224, 2000.

CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L.; CHAMMA, P. V. C. **Avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura**. Artigo Faculdade de Engenharia Florestal Madeireira. Artigo Polímeros vol.19 n°.1, USC São Carlos/SP (2009).

_____. **Painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura** - Polímeros: Ciência e Tecnologia, São Carlos, SP. v. 19, n. 1, pp. 47-53, 2009.

CASTRO, A. M; PEREIRA JR, N. **Produção, Propriedades e Aplicação de Celulases na Hidrólise de Resíduos Agroindustriais**. Revista Quim. Nova, Rio de Janeiro/RJ, Vol 33, Nº 1. Ano 2010, p. 181-188.

CAVALHEIRO, R. S. **Madeira laminada colada de *schizolobium amazonicum* Herb. (Paricá): combinação adesivo/tratamento preservante**. Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. 103 f.

CAVALLI, D. A. L. **A cultura do Amendoim – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP – Universidade de São Paulo**. São Paulo/SP. Elaborado por: Casa do Agricultor. 2015. p.7.

CHAMMA, P. V. C. **Tese: Produção de Painéis a Partir de Resíduos Sólidos para Uso como Elemento Arquitetônico** - UNESP – Faculdade de Ciências Agrônômicas - Botucatu/SP (2004 p.150).

CHAVES, E.; FONSECA, W. **Teca (*Tectona grandis* L.f.) árbol de uso múltiple em América Central**. Turrialba: CATIE, 1991. (p. 47).

CHIPANSKI, E. R. **Proposição para Melhoria do Desempenho Ambiental da Indústria de Aglomerado no Brasil**. UFPR - Universidade Federal do Paraná/ Setor de Ciências Agrárias – Centro de Ciências Florestais e da Madeira – Curitiba/PR (2016 p.190).

COSTA FILHO, D. V.; SILVA, A. J.; SILVA, P. A. P.; SOUSA, F. C. **Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos.** IV Congresso Internacional das Ciências Agrárias – Natal/RN - ISSN: 2526-7701. (2017).

CRAVO, J. C. M. **Compósito Particulado de Baixa Densidade com Casca de Amendoim, Fibra de Cocô Verde e Resina Poliuretana à Base de Óleo de Mamona para Aplicação como Forro de Galpões Avícolas.** USP – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Pirassununga/SP (2013 p.169).

CRUZ, J. P. **Crescimento e produção de *Tectona grandis* na região de Tangará da Serra – Mato Grosso.** 2005. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DELGADO, P. S. **O Bambu como Material Eco-Eficiente: Caracterização e Estudos Exploratórios de Aplicações.** REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais – Ouro Preto/MG (2011 p.81).

DIAS, F. M. **Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada.** Universidade de São Paulo – USP, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP. p.151, 2005.

DIAS, J. M. C. S. D.; SOUZA, D. T.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M. M.; MIRANDA, C. H. B.; BARBOSA, P. F. D.; ROCHA, J. D. **Produção de briquetes e péletes a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais.** 1ª Ed. Embrapa Agroenergia. Brasília – DF, p. 14-18, 2012.

DONAIRE, D. **Gestão Ambiental na Empresa.** Ed. Atlas São Paulo (1995).

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas.** Campina Grande: UFPB, 1994. p.306. Disponível em [www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=225330&biblioteca=vazio&busca=autoria:"DOORENBOS,%20J."&qFacets=autoria:"DOORENBOS,%20J."&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1](http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=225330&biblioteca=vazio&busca=autoria:) (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33). Acesso em 23/05/2019.

EMF - ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy.** Vol.1: Economic and business rationale for an accelerated transition, 2015.

ESALQ/USP – **Departamento de ciências florestais. Teca: qualidade e aspecto rústico agradam mercado.** Disponível em: www.fazendasflorestas.com.br. Acesso em 28/05/2019.

FAO - Food Agriculture Organization of United Nations. **Desperdício de alimentos tem consequências no clima, na água, na terra e na biodiversidade.** Disponível em: <http://www.fao.org.br/daccatb.asp>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

_____. **Dados estatísticos.** Disponível em: <http://www.fao.org/corp/statistics/> acesso em: 23/05/2019.

FIGUEIREDO, E. O.; SÁ, C. P. **Silvicultura e manejo de povoamentos de teca (*Tectona grandis* L.f.).** EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Acre Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Rio Branco/AC. ISSN 0104-9046, Setembro, 2015. p.3-7.

FIORELLI, J.; SORIANO, J.; ROCCO Lahr, F. A. **Roof modular system in wood and particle board (OSB) to rural construction.** Revista Scientia Agricola, v.69, p.189-193, 2012

FIORELLI, J.; LAHAR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. F.; JUNIOR, H. S.; ROSSIGNOLO, J. A. **Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades.** Revista Acta Scientiarum. Technology. Maringá, PR v. 33, n. 4, p. 401-406, 2011. DOI: 10.4025.

FILGUEIRAS, T. S.; GONÇALVES, A. P. A. **Checklist of the Basal Grasses and Bamboos in Brazil (Poaceae).** The Journal of the Amercian Bamboo Society, v.18, n.1, p.7-18, 2004.

GATANI, M. P; FIORELL, J; MEDINA, J. C; ARGULLO, R; RUIZ, A; NASCIMENTO, M. F; SAVASTANO JR, H. **Viabilidade Técnica de Produção e Propriedades de Painéis de Partículas de Casca de Amendoim** – Revista Matéria. Vol 18. Nº 2 - Artigo 11499, p. 1286-1293, 2013.

GENG, Y.; SARKIS, J.; ULGATI, S.; ZHANG, P. Measuring China's Circular Economy. Policy Forum.Environment and Development, 2013.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. Journal of Cleaner Production, 2016.

GODOY, I. J.; MINOTTI, D.; RESENDE, P. L. **Produção de amendoim de qualidade.** Viçosa – MG. Centro de Produções Técnicas, 2005. p.168.

GOMES, D. G. **Crescimento e produção do amendoim Runner IAC 886 sob diferentes lâminas de irrigação.** Universidade de São Paulo, USP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016. p.87.

HILLIG, E. **Qualidade De Chapas Aglomeradas Estruturais, Fabricadas Com Madeiras De Pinus, Eucalipto E Acácia Negra, Puras Ou Misturadas, Coladas Com Tanino-Formaldeido.** Universidade Federal de Santa Maria, Brasil (2000).

INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório anual 2017.** Disponível em: <https://www.iba.org/publicacoes/relatorios>. Acesso em 08 de maio de 2019.

_____. **Sumário executivo de 2018.** Disponível em: <https://www.iba.org/publicacoes/relatorios>. Acesso em 08 de maio de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Atlas do censo demográfico 2010/ Rio de Janeiro** Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv64529_cap1.pdf. Acesso em: 13 Abr.2019.

_____. **Dados de Safra produção de grãos – período de 2017/2018.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22780-em-setembro-ibge-preve-safra-6-menor-que-a-de-2017>. Acesso em: 22 Maio. 2019.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Ed. FUPEF, Curitiba/PR (2005, p.123-125).

JANUS, L. **Produtos Ecoeficientes na Arquitetura: O Emprego de Materiais Lignocelulósicos**. FATEA - Faculdades Integradas Teresa D'Ávila – Departamento de Farmácia – N° 20. 2014.p 40-43.

JESUS, J. M. H. (2000). **Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada (MLC)**. Universidade de São Paulo – USP, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP. p.106, 2000.

JOHN, V. M.; ÂNGULO, S. C. **Metodologia para desenvolvimento de reciclagem de resíduos**. Coletânea Habitare, 2003. V.4, p.71

JOSÉ, F. J. **Chapa de partículas homogêneas de bambu aglomeradas com resina poliuretana bi-componente à base de óleo de mamona**. UNICAMP – Campinas/SP, 2006 - p.120.

JUNIOR, A. R. **Influência do espaçamento de plantas no crescimento, produtividade e rendimento do amendoim rasteiro, cultivar runner iac 886**. UNESP – Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP. p.60, 2007.

KON, A.; SUGAHARA, C. R. S. **Sustentabilidade e empregos verdes no Brasil**. Ed. Appris Ltda, Curitiba/PR (2012, p.23)

LACOMBE, J. E. A. **Painéis de madeira aglomerada produzidos com resíduos de serram e poliestireno expandido para aplicações na construção civil**. USP – São Carlos/SP, 2015 - p.217.

LAROCA, C.; ZANNIN, P.H.T. **Avaliação de desempenho acústico de um protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento**. XIV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira. Natal, RN, 2014 - p.13.

LIMA, E. G; SILVA, D. A. **Resíduos gerados em indústria de móveis de madeira situadas no pólo moveleiro de Arapongas** – PR. Revista Floresta, Curitiba/PR. Vol.35, n. 1, p. 105-116, 2015.

LIMA, R. V. **Carvão ativado deresíduos de tectona grandis**. Universidade Federal de Lavras, MG. 2015. p. 103.

LIMA, T. M. **Cultivo do amendoim submetido a diferentes Níveis de adubação e condições edafoclimáticas no sudoeste de goiás**. Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí, Programa de pós-graduação em agronomia. Jataí, GO, 2011.p.132.

LOPEZ. Y. M. LOPEZ. PAES, J. B.; GONÇALVES, F. G. **Utilização de resíduos florestais e plásticos para produção de painéis de madeira-plástica com propriedades retardantes de chama para a indústria brasileira**. Serviço florestal brasileiro em estudos da economia e mercado florestal. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/premio-sfb/iii-premio/monografias-iii-premio/profissional-3/601-profissionais-9-monografia-2/file>. Acesso em: 15 junho 2017.

MACEDO, L. B.; FERRO, F. S.; VARANDA, D.; CAVALHEIRO, R. S.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. **Propriedades físicas de painéis aglomerados de madeira produzidos com adição de película de polipropileno biorientado.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. <http://www.agriambi.com.br> ISSN 1807-1929 v.19, n.7, p.674–679, 2015

MARTINS, E. H. **Aproveitamento do resíduo do processamento da soja para produção de painéis aglomerados.** Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí. Programa de Pós Graduação em Agronomia. Jataí/GO, 2015. p.43.

MATOS, A. T. **Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos.** Viçosa, Minas Gerais: Ed. UFV, 2014.

MATTOS, R. L.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas.** Rio de Janeiro: BNDS Setorial, 2008, v. 27, p.121-156.

MATUCHEVSKI, K.; DONEL, F.; NICOLETTI, C.; CERETTA, P.S. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos.** Universidade Federal de Santa Maria/RS (2004).

MEDEIROS, F. L. F.; ROCHA, M. H. **Como se Preparar para o Exame da Ordem: Direito Ambiental.** Editora Método – 2º Ed. São Paulo/SP (2010 p.17-23).

MELO, R. R.; et al. **Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz.** Ciência Florestal, Vol. 19, n. 4. P: 449-460, 2009.

MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C., IWAKIRI, S. **Revista da Madeira Wood Magazine**, Edição Especial "Painéis", (2003.p.12).

MENDES, L.M.; IWAKIR, S.; MORI, F. A.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; MENDES, R. F. **Eucalyptus urophylla stands wood utilization at two different ages for production of particleboard panels.** Cerne, Lavras, v. 15, n. 3, p. 288-294, 2009.

MENDES, R. F.; BALEIRO, N. S.; MENDES, L. M.; SCATOLINO, M. V.; OLIVEIRA, S. L.; PROTASIO, T. P. **Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com a madeira de Eucalyptus grandis em diferentes posições radiais.** Scientia Forestalis, v.41, n.99, 2013.

MIKHAILOVA, I. **Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática.** Revista Economia e Desenvolvimento - Departamento de Ciências Econômicas da UFSM. Nº 16, 2004

NASSER, S. M. **Painéis de partículas de bambu e casca de amendoim com adesivo à base de mamona.** UNESP – Faculdade de Engenharia de Bauru “Júlio de Mesquita Filho” – Bauru, SP (2016 p. 190)

NETO, S.C. **Caracterizações Físico-química de um Poliuretano Derivado de Óleo de Mamona Utilizado para Implantes Ósseos.** Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP (1997. 127 f.).

ONU – Organização das Nações Unidas. **Declaração universal dos direitos humanos**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2018/10/DUDH.pdf>. Acesso em: 18 Agosto 2018.

_____. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano 1972**. Disponível em: https://apambiente.pt/_zdata/Políticas/DesenvolvimentoSustentavel/1972_Declaracao_Estocolmo.pdf. Acesso em: 12 maio 2016.

PAULA, L. E. R. **Produção e Avaliação de Briquetes de Resíduos Lignocelulósicos**. UFLA Universidade de Lavras/MG – Departamento de Ciência e Tecnologia da Madeira – 2010. p.5-7.

PEIXOTO, C. P.; GONÇALVES, J. A.; PEIXOTO, M. F. S. P.; CARMO, D. O. **Características agronômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas de semeadura no recôncavo baiano**. Bragantia, Campinas, v.67, n.3, p.673-684, 2008.

PELISSARI, A. L. **Geoestatística aplicada ao manejo de povoamentos de *Tectona grandis* L. f.** – Universidade Federal do Paraná – Curitiba/PR, ano 2015 (p.119).

PEREIRA, G. F. **Comparação das propriedades físicas de painéis de madeira aglomerada de *Pinus patula* e *Pinus sp.* de origem industrial**. UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Florestal. Curitibanos, SC. 2014. p.56.

PINTO, M. L. **Propriedades e características da madeira teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. UFSC, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós graduação em engenharia civil. Florianópolis, SC. 2007. p.124.

PORTAL BRASIL. **Agronegócio deve ter crescimento de 2% em 2017**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2016/12/agronegocio-deve-ter-crescimento-de-2-em-2017>. Acesso em: 28 de abril de 2019.

QUIRINO, W. F. **Utilização Energética de Resíduos Vegetais**. Laboratório de Produtos Florestais do IBAMA Brasília, DF – 2003 p.2-8 – Disponível em: <http://www.mundoflorestal.com.br/arquivos/aproveitamento.pdf> - Acesso em 13 abr. 2019.

ROCHA, B. B. **Aproveitamento de resíduos de madeira e bagaço de cana-de-açúcar na produção e avaliação de painéis aglomerados**. UNESP, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Campus de Ilha Solteira, SP, 2016. p.95.

ROCHA, J.C., CHERIAF, M. **Utilização de resíduos na construção habitacional – Aproveitamento de resíduos na construção**. Porto Alegre/RS, ANTAC, 2013.

ROQUE, C. A. L., VALENÇA, A. C. de V., Painéis de madeira aglomerada. In: BNDES Setorial. 8. ed. BNDES. Rio de Janeiro: 1998.

SARTORI, D. L.; CRAVO, J. C. M.; BARRERO, N. G.; FIORELLI, J.; SAVASTANO Júnior, H. **Painel em madeira de reflorestamento e chapas de partículas para instalações rurais**. *Revista Floresta e Ambiente*, v.19, p.171-178, 2012. <http://www.floram.org/article/doi/10.4322/floram.2012.020>. Acesso em: 13 jun 2019.

SHEN, X.; QI, C. **Countermeasures towards Circular Economy Development in West Regions.***Energy Procedia*. International Conference on Future Energy, Environment, and Materials, 2012.

SILVA, J. C. Artigo: **Novos valores estimulam o consumo da madeira de reflorestamento.** Revista Visão Agrária, Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa-MG, Dez 2005, p. 112-113.

SILVA, S. A. M.; CHRISTOFORO, A. L.; PANZERA, T. H.; ALMEIDA, D. H.; SEGANTINI, A. A. S.; LAHR, F. A. R. **Painéis de partículas de madeira leucina e resina poliuretana derivada de óleo de mamona.** Revista Ciência Rural, Santa Maria, RS, V.43, n.8, p.1399-1409, ago, 2013.

SOUZA, A. M. **Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas orientadas (OSB) de *Pinus sp* com inclusão de telas metálicas.** Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012. p.118.

SUIÇA. Conferência ONU (1972). **Declaração de Estocolmo sobre o ambiente humano 1972**, Biblioteca Virtual dos Direitos Humanos – Universidade de São Paulo - USP, 2016. Acesso em 01/07/2016.

TASSO JUNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; NOGUEIRA, G. A. **A Cultura do Amendoim.** Jaboticabal SP, 2004, 220 p.

THOMAZELLI, B. P. **Fabricação e Avaliação de Painéis Aglomerados de Bambu com Adição de Casca de Amendoim.** Departamento de Engenharia Mecânica UNESP Bauru/SP (2016).

TIOSSI, F. M., SIMIN, A. T.; TERNERO, E. M. **Sustentabilidade e economia circular: um estudo sistemático da literatura na última década.** XIX ENGEMA - Encontro Internacional sobre Gestão Ambiental e Meio Ambiente, USP São Paulo, SP 2017.

TORGAL, P.F.; JALALI, S. **A Sustentabilidade dos Materiais de Construção.** Editora Vilaverdense – Artes Gráficas, Ltda - 2º Ed. Barbudo, Vila Verde, Portugal (2010, p.18-20).

TROPICOS. **Missouri botanical garden.** 2013. Disponível em: <<http://www.tropicos.org>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

UMPIÉRRE, M. C. C.; SANTOS, W. C. **Sustentabilidade e a Revolução Tecnológica.** Revista Eletrônica Direito e Política, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência Jurídica da UNIVALI, Itajaí, v.10, n.1, edição especial de 2015.

VALARELLI, I. D. **Painéis de Partículas de Materiais Alternativos: Produção e Avaliação de Desempenho.** UNESP – Bauru/SP (2016 p.166).

VALARELLI, I. D.; BATTISTELLE, R. A. G.; GONÇALVES, M. T. T.; SAMPAIO, M. S. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas de partículas de colmo e folha caulinar de bambu *Dendrocalamus Giganteus*.** Revista Madeira: Arquitetura e Engenharia, UNESP – Bauru/SP v. 24, ano 10, ISSN 1516-2850, p. 63-75, 2009.

VALARELLI, I. D; AZAMBUJA, M. A.; BATISTELLI, R. A. G; CAMPOS, C. I. **Avaliação do Desempenho de Painéis de Partículas Aglomeradas de Bambu da Espécie *Dendrocalamus Giganteus***. LAMEM 2013, Ed. EESC/USP-São Carlos/SP (2013 p. 179).

APÊNDICE A – Ensaios físicos: dados de densidade

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE													
COMPOSIÇÃO: T1 - 100% (T) TECA													
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	LADO A (MM)	LADO B (MM)	LADO C (MM)	LADO D (MM)	PONTO 1 (MM)	PONTO 2 (MM)	PONTO 3 (MM)	PONTO 4 (MM)	PONTO 5 (MM)	MASSA (GRS)	VOLUME DENSIDADE (MM³) (KG/M³)
Painel 1	P 5	CP1	50,79	51,18	51,08	50,19	14,52	13,91	12,98	13,10	12,99	29,65	34851,94 850,74
	P 8	CP2	50,87	51,12	51,24	50,28	14,61	13,23	12,87	13,21	12,84	27,68	34561,73 800,89
Painel 2	P 5	CP3	51,05	50,82	50,98	50,42	13,63	12,68	12,30	12,97	12,88	29,67	33292,36 891,20
	P 8	CP4	51,17	51,12	51,08	50,63	13,94	12,57	12,37	12,76	12,64	27,72	33438,19 828,99
Painel 3	P 5	CP5	50,64	50,18	50,76	50,44	13,82	12,47	12,30	12,62	12,76	29,86	32634,24 914,99
	P 8	CP6	50,72	50,67	51,23	50,39	14,07	13,23	12,32	13,25	12,92	26,49	33892,55 781,59
Painel 4	P 5	CP7	50,58	50,95	50,43	50,41	13,87	12,93	12,34	12,93	12,73	29,66	33172,04 894,13
	P 8	CP8	50,52	50,71	50,67	50,39	13,24	12,87	12,54	12,69	12,76	26,96	32788,12 822,25
Painel 5	P 5	CP9	50,79	50,10	51,13	50,71	14,13	12,87	12,09	12,74	12,97	30,62	33289,83 919,80
	P 8	CP10	51,10	50,30	51,08	50,23	13,32	13,07	12,19	12,91	12,98	27,04	33114,48 816,56

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2→ Média da largura do CP (mm)

Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4 + Ponto 5)/5→ Média da espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa → Ch

Densidade → $\rho = m/V \rightarrow \rho = (m/V) \times 1000000 \rightarrow (kg/m^3)$

m = massa do corpo de prova → (grs)

$V = [((LA + LB)/2) \times ((LC + LD)/2) \times ((P1 + P2 + P3 + P4 + P5)/5)] \rightarrow (mm^3)$

RESULTADOS DENSIDADE - T1	
Valor Máximo (KG/M³)	950,97
Valor Médio (KG/M³)	852,11
Valor Mínimo (KG/M³)	781,59
Coef. Variação (%)	5,82
Desvio Padrão (KG/M³)	49,57

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE														
COMPOSIÇÃO: T2 - 90% (T) TECA - 10% (A) AMENDOIM														
PAINEL	POSICÃO	CORPOS	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA	VOLUME	DENSIDADE
			DE PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	(MM³)
Painel 1	P 5	CP1	50,38	50,61	50,23	50,19	12,93	12,71	12,73	12,82	12,77	28,12	32432,25	867,04
	P 8	CP2	50,50	50,44	50,39	50,28	12,92	12,63	12,74	12,81	12,73	27,89	32430,84	859,98
Painel 2	P 5	CP3	50,53	50,12	50,51	50,42	13,29	12,88	13,12	13,17	13,25	27,15	33376,10	813,46
	P 8	CP4	50,70	50,56	50,57	50,63	12,99	12,64	12,48	12,47	12,44	25,49	32289,91	789,41
Painel 3	P 5	CP5	50,51	50,51	50,46	50,44	13,24	12,76	12,80	12,69	12,78	30,24	32754,94	923,22
	P 8	CP6	50,60	50,58	50,38	50,39	13,09	12,92	12,97	13,08	12,89	24,48	33111,21	739,33
Painel 4	P 5	CP7	50,65	50,13	50,43	50,41	13,18	12,73	12,82	12,75	12,79	26,45	32657,69	809,92
	P 8	CP8	50,58	50,55	50,41	50,39	13,51	12,76	12,82	12,71	12,67	30,18	32860,05	918,44
Painel 5	P 5	CP9	50,57	50,63	50,74	50,71	13,79	12,97	13,07	13,03	12,92	30,8	33767,31	912,12
	P 8	CP10	50,41	50,38	50,17	50,23	13,88	12,98	12,89	13,07	13,04	30,67	33322,91	920,39

Onde:

$\text{Comprimento} = (\text{Lado A} + \text{Lado B})/2 \rightarrow \text{Média do comprimento do CP (mm)}$

$\text{Largura} = (\text{Lado C} + \text{Lado D})/2 \rightarrow \text{Média da largura do CP (mm)}$

$\text{Espessura} = (\text{Ponto 1} + \text{Ponto 2} + \text{Ponto 3} + \text{Ponto 4} + \text{Ponto 5})/5 \rightarrow \text{Média da espessura do CP (mm)}$

$\text{Volume} = \text{Comprimento} \times \text{Largura} \times \text{Espessura (m³)}$

$\text{Chapa} \rightarrow \text{Ch}$

$\text{Densidade} \rightarrow \rho = m/V \rightarrow \rho = (\text{m/V}) \times 1000000 \rightarrow (\text{kg/m³})$

$m = \text{massa do corpo de prova} \rightarrow (\text{grs})$

$V = [(LA + LB)/2] \times [(LC + LD)/2] \times [(P1 + P2 + P3 + P4 + P5)/5] \rightarrow (\text{mm³})$

RESULTADOS DENSIDADE - T2	
Valor Máximo (KG/M³)	923,22
Valor Médio (KG/M³)	855,33
Valor Mínimo (KG/M³)	739,33
Coef. Variação (%)	7,58
Desvio Padrão (KG/M³)	64,83

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE													
COMPOSIÇÃO: T3 - 80% (T) TECA - 20% (A) AMENDOIM													
PAINEL	POSICÃO	CORPOS	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA	VOLUME DENSIDADE
		DE PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	(MM³) (KG/M³)
Painel 1	P 5	CP1	50,29	50,64	50,34	50,43	13,04	12,77	12,91	12,76	12,87	24,93	32724,28 761,82
	P 8	CP2	50,95	50,94	50,32	50,28	13,97	12,57	12,69	12,72	12,67	28,56	33118,18 862,37
Painel 2	P 5	CP3	50,46	50,64	50,23	50,37	13,71	12,86	12,97	12,89	13,02	30,5	33283,48 916,37
	P 8	CP4	50,85	50,68	50,43	50,66	12,8	12,82	12,76	12,82	13,03	26,99	32961,77 818,83
Painel 3	P 5	CP5	50,34	50,24	50,35	50,27	13,5	12,57	12,62	12,73	12,81	30,78	32501,53 947,03
	P 8	CP6	50,46	50,70	50,48	50,29	13,15	12,92	13,25	13,08	12,89	25,52	33277,96 766,87
Painel 4	P 5	CP7	50,49	50,31	50,38	50,43	13,38	12,73	12,93	12,62	12,81	29,81	32756,07 910,06
	P 8	CP8	50,40	50,41	50,31	50,46	13,63	12,77	12,69	12,82	12,98	31,11	32959,65 943,88
Painel 5	P 5	CP9	50,05	50,48	50,33	50,41	13,46	13,27	12,74	13,05	13,09	29,76	33222,91 895,77
	P 8	CP10	50,42	50,59	50,42	50,27	13,11	12,65	12,91	12,89	12,73	25,55	32693,71 781,50

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)

Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4 + Ponto 5)/5 → Média da espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa → Ch

Densidade → $\rho = m/V \rightarrow \rho = (m/V) \times 1000000 \rightarrow (kg/m^3)$

m = massa do corpo de prova → (grs)

$V = [((LA+LB)/2) \times ((LC+LD)/2) \times ((P1 + P2 + P3 + P4 + P5)/5)] \rightarrow (mm^3)$

RESULTADOS DENSIDADE - T3	
Valor Máximo (KG/M³)	943,88
Valor Médio (KG/M³)	860,45
Valor Mínimo (KG/M³)	761,82
Coef. Variação (%)	8,47
Desvio Padrão (KG/M³)	72,84

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE														
COMPOSIÇÃO: T4 - 70% (T) TECA - 30% (A) AMENDOIM														
PAINEL	POSICÃO	CORPOS	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA	VOLUME	DENSIDADE
			(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	(MM³)
Painel 1	P 5	CP1	50,83	50,59	50,17	50,32	13,4	12,75	12,91	12,72	12,68	30,64	32847,84	932,79
	P 8	CP2	50,47	50,90	50,43	50,29	13,04	12,68	12,57	12,81	12,73	25,54	32585,17	783,79
Painel 2	P 5	CP3	50,40	49,93	50,25	50,15	13,38	12,57	12,68	12,78	12,89	28,08	32385,12	867,06
	P 8	CP4	50,35	50,34	50,26	50,37	13,03	12,82	12,57	12,78	12,82	27,77	32433,92	856,20
Painel 3	P 5	CP5	50,62	50,45	50,64	50,42	13,36	12,65	12,47	12,84	12,92	30,5	32807,80	929,66
	P 8	CP6	50,82	50,76	50,81	50,36	12,71	12,89	13,23	13,31	13,18	26,03	33564,19	775,53
Painel 4	P 5	CP7	50,69	50,26	50,28	50,41	13,47	12,84	12,93	12,62	12,81	28,81	32867,41	876,55
	P 8	CP8	50,76	50,73	50,33	50,42	13,78	12,83	12,87	12,91	12,97	29,13	33415,68	871,75
Painel 5	P 5	CP9	50,85	50,82	50,27	50,34	13,29	12,98	12,87	13,05	13,09	29,96	33387,52	897,34
	P 8	CP10	50,90	50,91	50,28	50,57	13,23	12,89	13,07	13,01	12,97	30,76	33456,77	919,40

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)

Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4 + Ponto 5)/5 → Média da espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa → Ch

Densidade → $\rho = m/V \rightarrow \rho = (m/V) \times 1000000 \rightarrow (kg/m^3)$

m = massa do corpo de prova → (grs)

$V = [((LA+LB)/2) \times ((LC+LD)/2) \times ((P1+P2+P3+P4+P5)/5)] \rightarrow (mm^3)$

RESULTADOS DENSIDADE - T4	
Valor Máximo (KG/M³)	932,79
Valor Médio (KG/M³)	871,01
Valor Mínimo (KG/M³)	775,53
Coef. Variação (%)	6,32
Desvio Padrão (KG/M³)	55,06

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE												
COMPOSIÇÃO: T5 - 100% (A) AMENDOIM												
PAINEL	POSICÃO	CORPOS										
		DE PROVA	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA VOLUME DENSIDADE
			(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS) (MM³) (KG/M³)
Painel 1	P 5	CP1	50,67	50,38	50,21	50,23	12,82	12,44	12,54	12,54	12,58	32,05 31930,21 1003,75
	P 8	CP2	50,69	50,71	50,29	50,33	13,09	12,73	12,76	12,71	12,74	27,3 32664,48 835,77
Painel 2	P 5	CP3	50,71	50,45	50,39	50,38	13,05	12,30	12,42	12,13	12,30	29,91 31703,01 943,44
	P 8	CP4	50,78	50,51	49,65	49,86	12,93	12,37	12,20	12,36	12,37	27,38 31361,95 873,03
Painel 3	P 5	CP5	50,74	50,46	50,37	50,24	12,82	12,30	12,20	12,10	12,28	31,46 31410,64 1001,57
	P 8	CP6	50,80	50,57	50,59	50,08	12,98	12,32	12,33	12,28	12,37	25,87 31778,11 814,08
Painel 4	P 5	CP7	50,59	50,88	50,18	50,16	12,82	12,34	12,50	12,59	12,51	31,2 31949,55 976,54
	P 8	CP8	50,94	50,64	49,62	49,88	12,57	12,54	12,53	12,45	12,49	26,34 31625,46 832,87
Painel 5	P 5	CP9	50,70	51,02	50,23	50,24	12,71	12,09	12,42	12,53	12,41	31,84 31763,16 1002,42
	P 8	CP10	51,06	51,05	50,43	50,48	12,47	12,19	12,42	12,21	12,36	27,54 31761,83 867,08

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)

Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4 + Ponto 5)/5 → Média da espessura do CP (mm)

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa → Ch

Densidade → $\rho = m/V \rightarrow \rho = (m/V) \times 1000000 \rightarrow (kg/m^3)$

m = massa do corpo de prova → (grs)

V= [((LA+LB)/2) x ((LC +LD)/2) x ((P1 + P2 + P3 + P4 + P5)/5)] → (mm³)

RESULTADOS DENSIDADE - T5	
Valor Máximo (KG/M³)	1003,75
Valor Médio (KG/M³)	915,06
Valor Mínimo (KG/M³)	814,08
Coef. Variação (%)	8,53
Desvio Padrão (KG/M³)	78,08

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DENSIDADE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (KG/M³)	950,97	923,22	943,88	932,79	1003,75
Valor Médio(KG/M³)	863,50	839,85	860,45	871,01	915,06
Valor Mínimo (KG/M³)	781,59	739,33	761,82	775,53	814,08
Coef. Variação (%)	6,43	8,41	8,47	6,32	8,53
Desvio Padrão (KG/M³	55,53	70,60	72,84	55,06	78,08

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2→ Média da largura do CP (mm)

Espessura = (Ponto 1 + Ponto 2 + Ponto 3 + Ponto 4 + Ponto 5)/5→ Média da espessura do CP (mm)

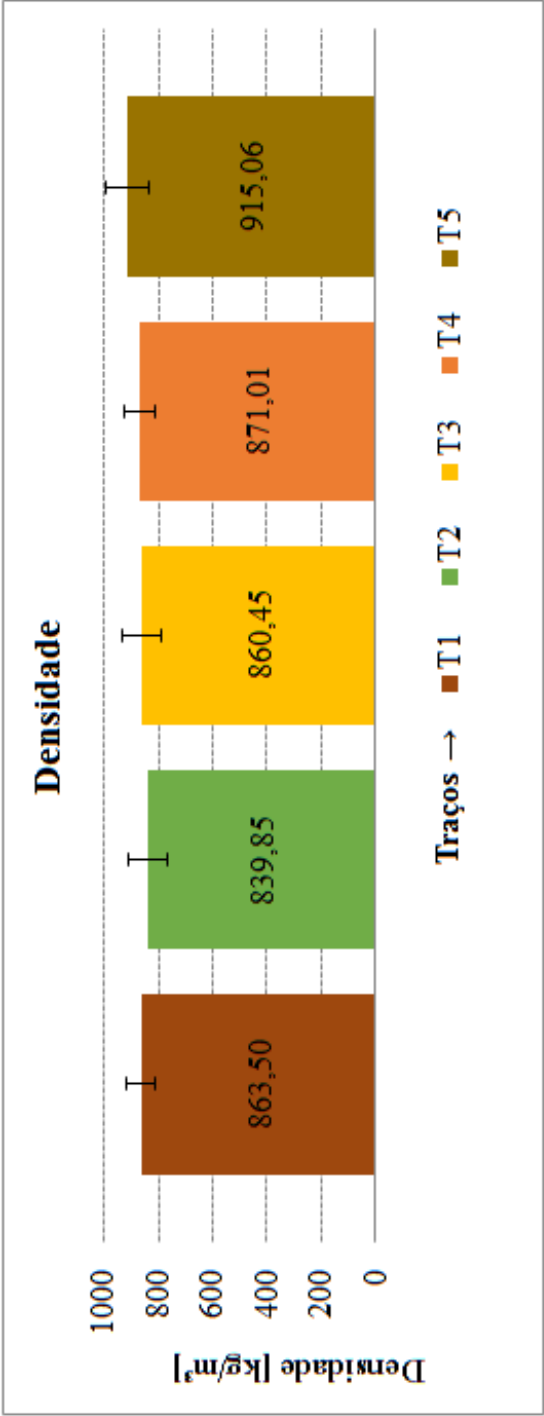
Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa → Ch

Densidade → $\rho = m/V \rightarrow \rho = (m/V) \times 1000000 \rightarrow (kg/m^3)$

m = massa do corpo de prova → (grs)

$V= [((LA+LB)/2) \times ((LC +LD)/2) \times ((P1 + P2 + P3 + P4 + P5)/5)] \rightarrow (mm^3)$



ANOVA – DENSIDADE

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DENSIDADE					
T1	T2	T3	T4	T5	
950,97	785,95	761,82	932,79	1003,75	
830,66	786,29	862,37	783,79	835,77	
891,20	813,46	916,37	867,06	943,44	
828,99	789,41	818,83	856,20	873,03	
914,99	923,22	947,03	929,66	1001,57	
781,59	739,33	766,87	775,53	814,08	
894,13	809,92	910,06	876,55	976,54	
822,25	918,44	943,88	871,75	832,87	
910,33	912,12	895,77	897,34	1002,42	
809,93	920,39	781,50	919,40	867,08	

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
T1	10	8635,033148	863,5033148	3083,302782
T2	10	8398,517462	839,8517462	4983,678826
T3	10	8604,494605	860,4494605	5305,235697
T4	10	8710,066288	871,0066288	3031,099148
T5	10	9150,561831	915,0561831	6097,110862

ANOVA				
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F
Entre grupos	30734,06349	4	7683,515871	1,707415545
Dentro dos grupos	202503,8458	45	4500,085463	
Total	233237,9093	49		
				valor-P
				0,16500431
				F crítico
				2,578739184

APÊNDICE B – Ensaios físicos: dados de teor de umidade

PAINÉIS TESE DOUTORADO - UMIDADE COMPOSIÇÃO: T1 - 100% (T) TECA						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 3	CP1	29,03	27,53	0,05	5,45
	P 7	CP2	31,00	29,39	0,05	5,48
Painel 2	P 3	CP3	29,86	28,33	0,05	5,40
	P 7	CP4	29,66	28,28	0,05	4,88
Painel 3	P 3	CP5	31,50	29,95	0,05	5,18
	P 7	CP6	27,85	26,52	0,05	5,02
Painel 4	P 3	CP7	30,06	28,59	0,05	5,14
	P 7	CP8	29,81	28,44	0,05	4,82
Painel 5	P 3	CP9	30,72	29,12	0,05	5,49
	P 7	CP10	29,42	27,90	0,05	5,45

Onde:

Chapa → Ch

$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa úmida (inical) do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

RESULTADOS UNIDADE - T1	
Valor Máximo (%)	5,49
Valor Médio (%)	5,23
Valor Mínimo (%)	4,82
Coef. Variação (%)	4,96
Desvio Padrão (%)	0,26

PAINÉIS TESE DOUTORADO - UMIDADE						
COMPOSIÇÃO: T2 - 90 % (T) TECA - 10 % (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 3	CP1	28,24	26,54	0,06	6,41
	P 7	CP2	29,32	27,43	0,07	6,89
Painel 2	P 3	CP3	28,16	26,29	0,07	7,11
	P 7	CP4	29,87	27,93	0,07	6,95
Painel 3	P 3	CP5	27,55	25,76	0,07	6,95
	P 7	CP6	30,51	28,52	0,07	6,98
Painel 4	P 3	CP7	28,75	26,84	0,07	7,12
	P 7	CP8	31,25	29,12	0,07	7,31
Painel 5	P 3	CP9	30,84	28,67	0,08	7,57
	P 7	CP10	27,13	25,38	0,07	6,90

RESULTADOS UNIDADE - T2	
Valor Máximo (%)	9,43
Valor Médio (%)	7,02
Valor Mínimo (%)	8,08
Coef. Variação (%)	4,32
Desvio Padrão (%)	0,30

Onde:

Chapa → Ch

$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa úmida (inical) do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

PAINÉIS TESE DOUTORADO - UMIDADE						
COMPOSIÇÃO: T3 - 80 % (T) TECA - 20 % (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H(%)
Painel 1	P 3	CP1	29,86	26,67	0,12	11,96
	P 7	CP2	28,25	26,28	0,07	7,50
Painel 2	P 3	CP3	25,84	24,03	0,08	7,53
	P 7	CP4	23,96	22,29	0,07	7,49
Painel 3	P 3	CP5	27,75	26,07	0,06	6,44
	P 7	CP6	31,21	29,04	0,07	7,47
Painel 4	P 3	CP7	29,77	27,84	0,07	6,93
	P 7	CP8	28,85	26,98	0,07	6,93
Painel 5	P 3	CP9	31,09	28,99	0,07	7,24
	P 7	CP10	30,89	28,85	0,07	7,07

RESULTADOS UNIDADE - T3	
Valor Máximo	11,96
Valor Médio	7,66
Valor Mínimo	6,44
Coef. Variação	20,26
Desvio Padrão	1,55

Onde:

Chapa → Ch

$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa úmida (inical) do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

PAINÉIS TESE DOUTORADO - UMIDADE						
COMPOSIÇÃO: T4 - 70 % (T) TECA - 30 % (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 3	CP1	28,79	26,46	0,09	8,81
	P 7	CP2	28,51	26,24	0,09	8,65
Painel 2	P 3	CP3	31,58	29,06	0,09	8,67
	P 7	CP4	28,44	26,21	0,09	8,51
Painel 3	P 3	CP5	27,56	25,50	0,08	8,08
	P 7	CP6	28,77	26,29	0,09	9,43
Painel 4	P 3	CP7	27,9	25,53	0,09	9,28
	P 7	CP8	31,11	28,67	0,09	8,51
Painel 5	P 3	CP9	28,9	26,66	0,08	8,40
	P 7	CP10	29,97	27,46	0,09	9,14

Onde:

Chapa → Ch

$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa úmida (inicial) do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

RESULTADOS UNIDADE - T4	
Valor Máximo	7,57
Valor Médio	8,75
Valor Mínimo	6,41
Coef. Variação	4,84
Desvio Padrão	0,42

PAINÉIS TESE DOUTORADO - UMIDADE						
COMPOSIÇÃO: T5 - 100 % (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 3	CP1	28,95	26,37	0,10	9,78
	P 7	CP2	29,24	26,54	0,10	10,17
Painel 2	P 3	CP3	28,77	26,31	0,09	9,35
	P 7	CP4	29,75	26,67	0,12	11,55
Painel 3	P 3	CP5	29,93	27,77	0,08	7,78
	P 7	CP6	28,27	25,75	0,10	9,79
Painel 4	P 3	CP7	30,95	28,64	0,08	8,07
	P 7	CP8	29,76	27,11	0,10	9,77
Painel 5	P 3	CP9	30,18	27,63	0,09	9,23
	P 7	CP10	30,14	27,38	0,10	10,08

RESULTADOS UNIDADE - T5	
Valor Máximo	11,55
Valor Médio	9,56
Valor Mínimo	8,07
Coef. Variação	11,20
Desvio Padrão	1,07

Onde:

Chapa → Ch

$$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$$

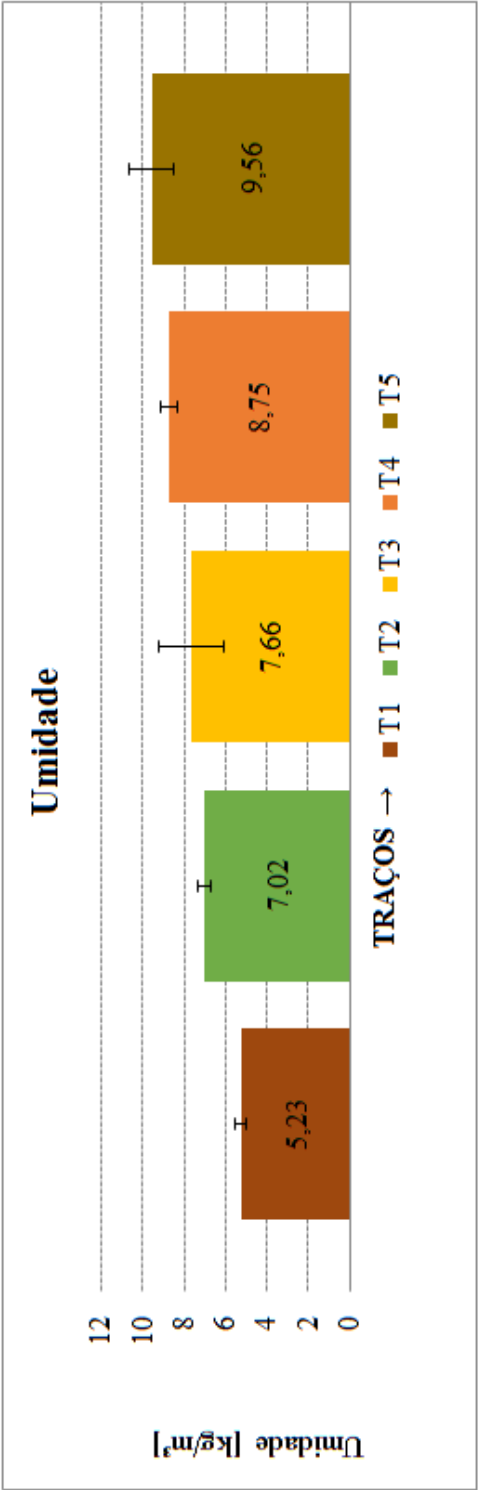
M0 = Massa úmida (inical) do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)

U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE UMIDADE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	5,49	9,43	11,96	7,57	11,55
Valor Médio (%)	5,23	7,02	7,66	8,75	9,56
Valor Mínimo (%)	4,82	8,08	6,44	6,41	8,07
Coef. Variação (%)	4,96	4,32	20,26	4,84	11,20
Desvio Padrão (%)	0,26	0,30	1,55	0,42	1,07

Onde:
Chapa → Ch
 $U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$
M0 = Massa úmida (inical) do CP antes de imersão (g)
M1 = Massa seca (final) do CP após imersão (g)
U = Umidade residual do CP em porcentagem (%).



ANOVA – UMIDADE

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE UMIDADE					
T1	T2	T3	T4	T5	
5,45	8,81	11,96	6,41	9,78	
5,48	8,65	7,50	6,89	10,17	
5,40	8,67	7,53	7,11	9,35	
4,88	8,51	7,49	6,95	11,55	
5,18	8,08	6,44	6,95	7,78	
5,02	9,43	7,47	6,98	9,79	
5,14	9,28	6,93	7,12	8,07	
4,82	8,51	6,93	7,31	9,77	
5,49	8,40	7,24	7,57	9,23	
5,45	9,14	7,07	6,90	10,08	
Anova: fator único					
RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variação	
T1	10	52,29879048	5,229879048	0,067335118	
T2	10	87,48475494	8,748475494	0,178943776	
T3	10	76,57670621	7,657670621	2,40710547	
T4	10	70,17580151	7,017580151	0,092040262	
T5	10	95,57045033	9,557045033	1,145594884	
ANOVA					
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	111,0015862	4	27,75039654	35,65954434	2,01989E-13
Dentro dos grupos	35,01917558	45	0,778203902		
Total	146,0207617	49			
					2,578739184

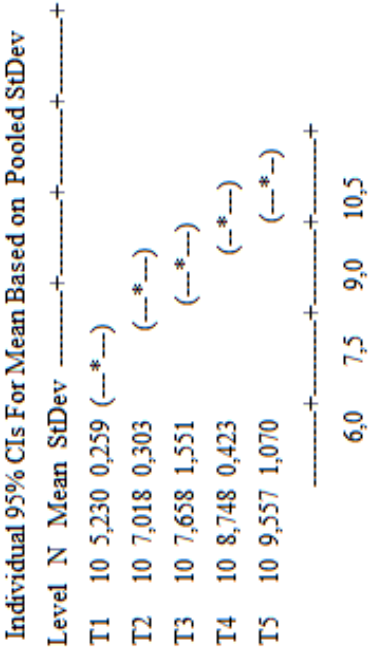
TUKEY – UMIDADE

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	111,002	27,750	35,66	0,000
Error	45	35,019	0,778		
Total	49	146,021			

S = 0,8822 R-Sq = 76,02% R-Sq(adj) = 73,89%

Tracos	Grupos
T1	D
T2	C
T3	BC
T4	AB
T5	A



StDev Agrupado = 0,882

Agrupando Informações Usando o Método Tukey

Meios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos

Todas as comparações entre pares

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H						
COMPOSIÇÃO: T2 - 90% (T) TECA - 10% (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 4	CP1	27,23	33,01	0,21	21,23
	P 6	CP2	27,41	35,11	0,28	28,09
Painel 2	P 4	CP3	32,05	37,15	0,16	15,91
	P 6	CP4	29,47	34,99	0,19	18,73
Painel 3	P 4	CP5	30,82	34,30	0,11	11,29
	P 6	CP6	30,07	33,77	0,12	12,30
Painel 4	P 4	CP7	30,98	34,79	0,12	12,30
	P 6	CP8	30,49	34,44	0,13	12,96
Painel 5	P 4	CP9	25,72	32,76	0,27	27,37
	P 6	CP10	29,79	34,56	0,16	16,01

RESULTADOS ABSORÇÃO DE ÁGUA (24 H) - T2	
Onde:	
Chapa → Ch	Valor Máximo (%) 28,09
$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$	Valor Médio (%) 17,62
M0 = Massa do CP antes de imersão (g)	Valor Mínimo (%) 11,29
M1 = Massa do CP após imersão (g)	Coef. Variação (%) 35,03
A = Absorção de água do CP (%) após 24 horas	Desvio Padrão (%) 6,17

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H						
COMPOSIÇÃO: T3 - 80% (T) TECA - 20% (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 4	CP1	28,25	34,93	0,24	23,65
	P 6	CP2	28,23	33,11	0,17	17,29
Painel 2	P 4	CP3	27,74	33,78	0,22	21,77
	P 6	CP4	25,89	35,90	0,39	38,66
Painel 3	P 4	CP5	29,43	33,83	0,15	14,95
	P 6	CP6	31,16	35,16	0,13	12,84
Painel 4	P 4	CP7	30,05	34,34	0,14	14,28
	P 6	CP8	29,86	34,22	0,15	14,60
Painel 5	P 4	CP9	31,09	34,68	0,12	11,55
	P 6	CP10	27,84	33,08	0,19	18,82

Onde:

Chapa → Ch

$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

M0 = Massa do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa do CP após imersão (g)

A = Absorção de água do CP em (%) após 24 horas

RESULTADOS ABSORÇÃO DE ÁGUA (24 H) - T3	
Valor Máximo (%)	38,66
Valor Médio (%)	18,84
Valor Mínimo (%)	12,84
Coef. Variação (%)	42,25
Desvio Padrão (%)	7,96

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - **ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H**
COMPOSIÇÃO: T4 - 70% (T) TECA - 30% (A) AMENDOIM

PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 4	CP1	31,25	35,73	0,14	14,34
	P 6	CP2	29,51	35,71	0,21	21,01
Painel 2	P 4	CP3	28,89	35,68	0,24	23,50
	P 6	CP4	29,56	35,44	0,20	19,89
Painel 3	P 4	CP5	30,35	35,05	0,15	15,49
	P 6	CP6	30,45	34,99	0,15	14,91
Painel 4	P 4	CP7	28,81	35,52	0,23	23,29
	P 6	CP8	30,44	35,45	0,16	16,46
Painel 5	P 4	CP9	30,43	35,84	0,18	17,78
	P 6	CP10	26,7	35,65	0,34	33,52

RESULTADOS ABSORÇÃO DE ÁGUA (24 H) - T4	
Onde:	
Chapa → Ch	Valor Máximo (%) 33,52
$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$	Valor Médio (%) 20,02
M0 = Massa do CP antes de imersão (g)	Valor Mínimo (%) 14,34
M1 = Massa do CP após imersão (g)	Coef. Variação (%) 28,97
A = Absorção de água do CP (%) após 24 horas	Desvio Padrão (%) 5,80

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H						
COMPOSIÇÃO: T5 - 100% (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H(%)
Painel 1	P 4	CP1	31,32	37,66	0,20	20,24
	P 6	CP2	31,52	38,47	0,22	22,05
Painel 2	P 4	CP3	29,46	38,46	0,31	30,55
	P 6	CP4	30,31	37,24	0,23	22,86
Painel 3	P 4	CP5	31,16	36,99	0,19	18,71
	P 6	CP6	30,82	38,12	0,24	23,69
Painel 4	P 4	CP7	31,66	38,55	0,22	21,76
	P 6	CP8	30,56	38,56	0,26	26,18
Painel 5	P 4	CP9	30,76	37,30	0,21	21,26
	P 6	CP10	30,93	37,26	0,20	20,47

RESULTADOS ABSORÇÃO DE ÁGUA (24 H) - T5	
Valor Máximo (%)	30,55
Valor Médio (%)	22,78
Valor Mínimo (%)	18,71
Coef. Variação (%)	14,99
Desvio Padrão (%)	3,42

Onde:

Chapa → Ch

$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$

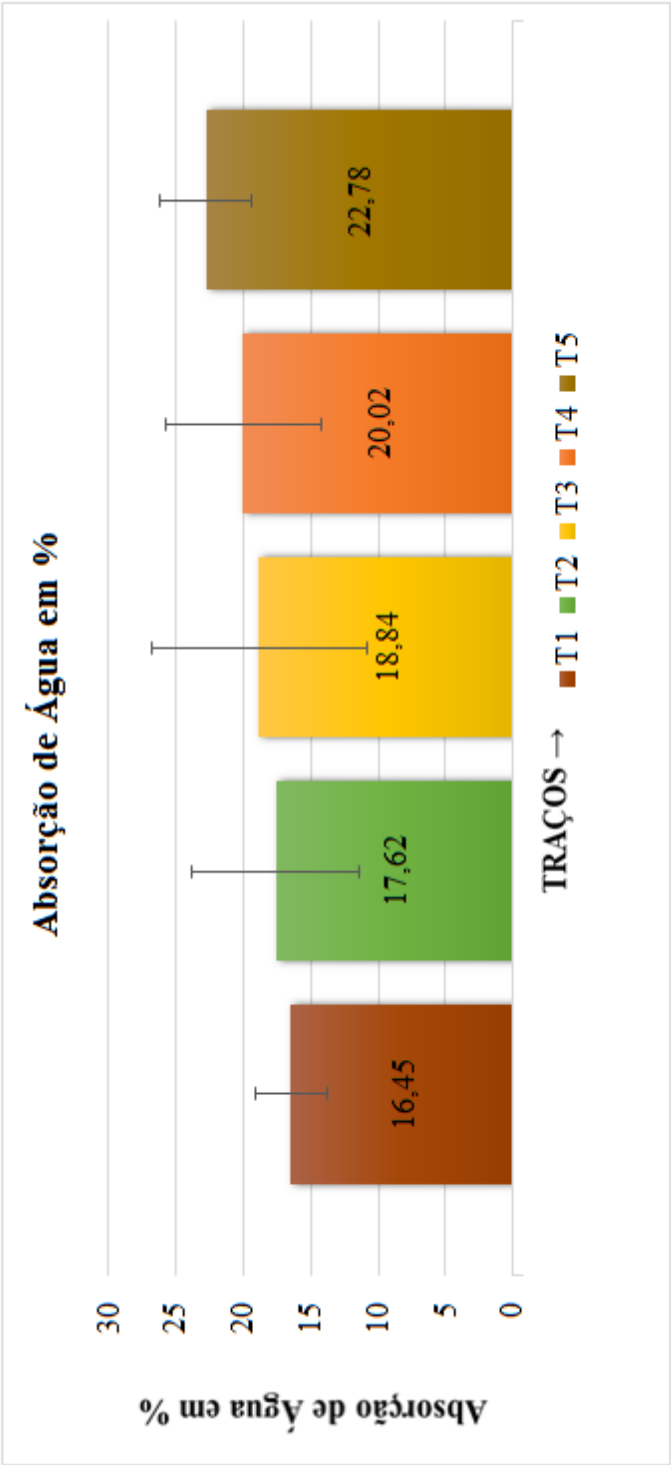
M0 = Massa do CP antes de imersão (g)

M1 = Massa do CP após imersão (g)

A = Absorção de água do CP (%) após 24 horas

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	19,23	28,09	38,66	33,52	30,55
Valor Médio (%)	16,45	17,62	18,84	20,02	22,78
Valor Mínimo (%)	10,49	11,29	12,84	14,34	18,71
Coef. Variação (%)	15,87	35,03	42,25	28,97	14,99
Desvio Padrão (%)	2,61	6,17	7,96	5,80	3,42

Onde:
Chapa → Ch
 $A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$
M0 = Massa do CP antes de imersão (g)
M1 = Massa do CP após imersão (g)
A = Absorção de água do CP em porcentagem (%) após 24 horas



ANOVA – ABSORÇÃO DE ÁGUA (24H)

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA					
T1	T2	T3	T4	T5	
16,28	21,23	23,65	14,34	20,24	
10,49	28,09	17,29	21,01	22,05	
14,80	15,91	21,77	23,50	30,55	
18,72	18,73	38,66	19,89	22,86	
16,63	11,29	14,95	15,49	18,71	
19,23	12,30	12,84	14,91	23,69	
18,94	12,30	14,28	23,29	21,76	
16,61	12,96	14,60	16,46	26,18	
14,99	27,37	11,55	17,78	21,26	
17,78	16,01	18,82	33,52	20,47	
Anova: fator único					
RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variação	
T1	10	164,4886326	16,44886326	6,814392746	
T2	10	176,1951706	17,61951706	38,09849628	
T3	10	188,4041223	18,84041223	63,35930186	
T4	10	200,1844382	20,01844382	33,64196815	
T5	10	227,7690236	22,77690236	11,66457283	
ANOVA					
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	F crítico
Entre grupos	236,4255708	4	59,10639271	1,924302668	2,578739184
Dentro dos grupos	1382,208587	45	30,71574638	0,122788766	
Total	1618,634158	49			

TUKEY – ABSORÇÃO DE ÁGUA (24H)

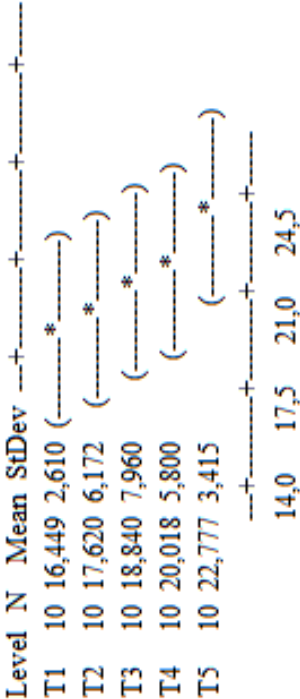
One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	236,4	59,1	1,92	0,123
Error	45	1382,2	30,7		
Total	49	1618,6			

S = 5,542 R-Sq = 14,61% R-Sq(adj) = 7,02%

Traços	Grupos
T1	A
T2	A
T3	A
T4	A
T5	A

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



StDev Agrupado = 5,542

Agrupando Informações Usando o Método Tukey

Meios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos

Todas as comparações entre pares

APÊNDICE D – Ensaios físicos: dados ensaio inchamento em espessura 24H

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: T1 - 100% (T) TECA						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 4	CP1	14	14,99	0,07	7,07
	P 6	CP2	14,43	14,82	0,03	2,70
Painel 2	P 4	CP3	13,63	14,57	0,07	6,90
	P 6	CP4	13,93	14,92	0,07	7,11
Painel 3	P 4	CP5	13,91	14,92	0,07	7,26
	P 6	CP6	13,94	14,09	0,01	1,08
Painel 4	P 4	CP7	14,21	14,49	0,02	1,97
	P 6	CP8	13,91	14,99	0,08	7,76
Painel 5	P 4	CP9	14,57	15,55	0,07	6,73
	P 6	CP10	13,9	15,33	0,10	10,29

Onde:

Chapa → Ch

$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$

E0 = Espessura em CP antes de imersão (mm)

E1 = Espessura em CP após imersão (mm)

I = Inchamento em espessura do CP (%) após 24 horas

RESULTADOS INCHAMENTO EM ESPESSURA (24 H) - T1	
Valor Máximo (%)	10,29
Valor Médio (%)	5,89
Valor Mínimo (%)	1,08
Coef. Variação (%)	50,02
Desvio Padrão (%)	2,94

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: T2 - 70% (T) TECA - 30% (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 4	CP1	13,27	14,35	0,08	8,14
	P 6	CP2	13,5	14,69	0,09	8,81
Painel 2	P 4	CP3	14,27	15,54	0,09	8,90
	P 6	CP4	13,38	14,57	0,09	8,89
Painel 3	P 4	CP5	13,76	14,59	0,06	6,03
	P 6	CP6	13,5	14,43	0,07	6,89
Painel 4	P 4	CP7	13,82	14,78	0,07	6,95
	P 6	CP8	13,59	14,66	0,08	7,87
Painel 5	P 4	CP9	13,14	14,67	0,12	11,64
	P 6	CP10	13,58	14,89	0,10	9,65

Onde:	
Chapa → Ch	
$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$	
E0 = Espessura em CP antes de imersão (mm)	
E1 = Espessura em CP após imersão (mm)	
I = Inchamento em espessura do CP (%) após 24 horas	
RESULTADOS INCHAMENTO EM ESPESURA (24 H) - T2	
Valor Máximo (%)	11,64
Valor Médio (%)	8,38
Valor Mínimo (%)	6,03
Coef. Variação (%)	19,12
Desvio Padrão (%)	1,60

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: T3 - 70% (T) TECA - 30% (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 4	CP1	13,17	14,56	0,11	10,55
	P 6	CP2	13,06	14,05	0,08	7,58
Painel 2	P 4	CP3	13,35	14,97	0,12	12,13
	P 6	CP4	13,39	15,35	0,15	14,64
Painel 3	P 4	CP5	13,52	14,89	0,10	10,13
	P 6	CP6	13,75	15,17	0,10	10,33
Painel 4	P 4	CP7	13,38	14,55	0,09	8,74
	P 6	CP8	13,45	15,22	0,13	13,16
Painel 5	P 4	CP9	14,04	15,27	0,09	8,76
	P 6	CP10	13,22	14,85	0,12	12,33

RESULTADOS INCHAMENTO EM ESPESSURA (24 H) - T3	
Valor Máximo	13,16
Valor Médio	10,84
Valor Mínimo	7,58
Coef. Variação (%)	20,38
Desvio Padrão	2,21

Onde:

Chapa → Ch

$$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$$

E0 = Espessura em CP antes de imersão (mm)

E1 = Espessura em CP após imersão (mm)

I = Inchamento em espessura do CP (%) após 24 horas

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: T4 - 90% (T) TECA - 10% (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 4	CP1	13,55	15,28	0,13	12,77
	P 6	CP2	13,41	14,84	0,11	10,66
Painel 2	P 4	CP3	13,49	14,92	0,11	10,60
	P 6	CP4	13,48	14,89	0,10	10,46
Painel 3	P 4	CP5	13,38	15,17	0,13	13,38
	P 6	CP6	13,37	14,97	0,12	11,97
Painel 4	P 4	CP7	13,41	14,86	0,11	10,81
	P 6	CP8	13,66	15,26	0,12	11,71
Painel 5	P 4	CP9	13,31	14,87	0,12	11,72
	P 6	CP10	13,05	15,16	0,16	16,17

Onde:

Chapa → Ch

$$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$$

E0 = Espessura em CP antes de imersão (mm)

E1 = Espessura em CP após imersão (mm)

I = Inchamento em espessura do CP (%) após 24 horas

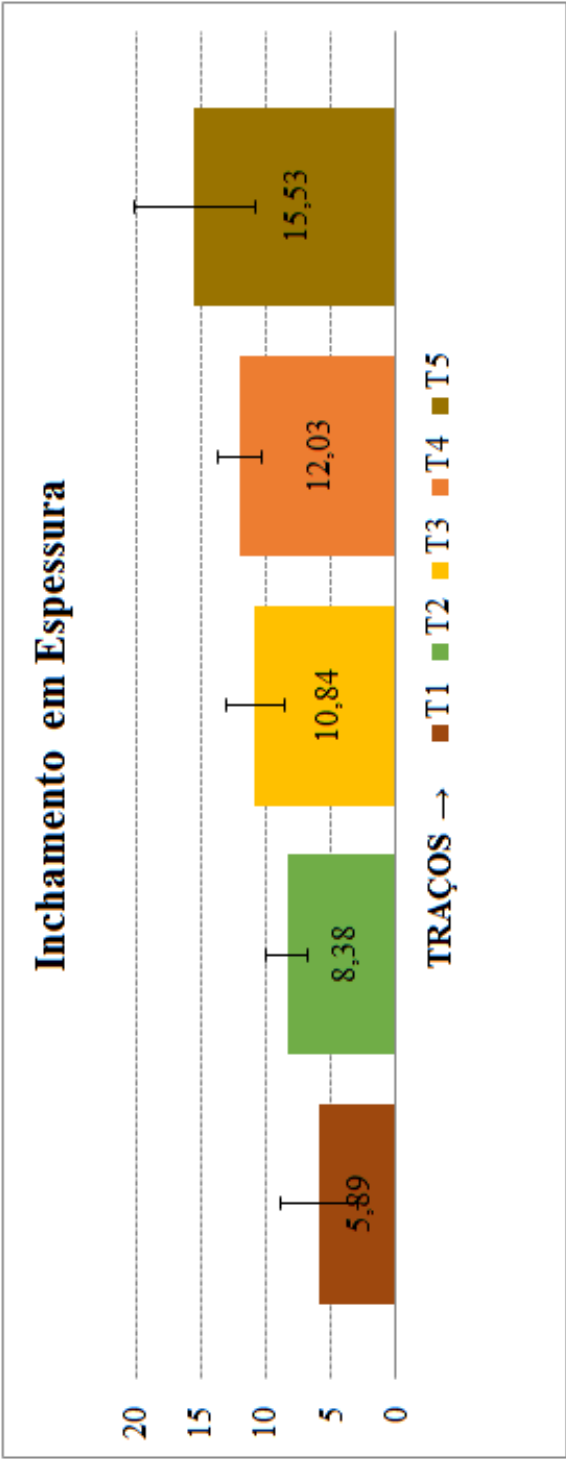
RESULTADOS INCHAMENTO EM ESPESSURA (24 H) - T4	
Valor Máximo	16,17
Valor Médio	12,03
Valor Mínimo	10,46
Coef. Variação (%)	14,55
Desvio Padrão	1,75

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESURA 24 h					
COMPOSIÇÃO: T5 - 100 % (A) AMENDOIM					
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM) RESULTADO 24H (%)
Painel 1	P 4	CP1	13,04	15,8	0,21 21,17
	P 6	CP2	12,99	14,61	0,12 12,47
Painel 2	P 4	CP3	13,18	15,22	0,15 15,48
	P 6	CP4	13,04	15,05	0,15 15,41
Painel 3	P 4	CP5	13,86	14,61	0,05 5,41
	P 6	CP6	13,25	15,19	0,15 14,64
Painel 4	P 4	CP7	13,03	14,9	0,14 14,35
	P 6	CP8	12,72	14,88	0,17 16,98
Painel 5	P 4	CP9	12,86	15,75	0,22 22,47
	P 6	CP10	12,68	14,83	0,17 16,96

RESULTADOS INCHAMENTO EM ESPESURA (24 H) - T5	
Chapa → Ch	Valor Máximo 16,96
I = $[(E1 - E0) / E0] \times 100$	Valor Médio 15,53
E0 = Espessura em CP antes de imersão (mm)	Valor Mínimo 5,41
E1 = Espessura em CP após imersão (mm)	Coef. Variação (%) 30,20
I = Inchamento em espessura do CP (%) após 24 horas	Desvio Padrão 4,69

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE INCHAMENTO EM ESPESSURA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	10,29	11,64	13,16	16,17	16,96
Valor Médio (%)	5,89	8,38	10,84	12,03	15,53
Valor Mínimo (%)	1,08	6,03	7,58	10,46	5,41
Coef. De Variação (%)	50,02	19,12	20,38	14,55	30,20
Desvio Padrão (%)	2,94	1,60	2,21	1,75	4,69

Onde:
Chapa → Ch
 $I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$
E0 = Espessura em CP antes de imersão (mm)
E1 = Espessura em CP após imersão (mm)
I = Inchamento em espessura do CP em porcentagem (%) após 24 horas



ANOVA – INCHAMENTO EM ESPESSURA (24H)

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA					
T1	T2	T3	T4	T5	
7,07	8,14	10,55	12,77	21,17	
2,70	8,81	7,58	10,66	12,47	
6,90	8,90	12,13	10,60	15,48	
7,11	8,89	14,64	10,46	15,41	
7,26	6,03	10,13	13,38	5,41	
1,08	6,89	10,33	11,97	14,64	
1,97	6,95	8,74	10,81	14,35	
7,76	7,87	13,16	11,71	16,98	
6,73	11,64	8,76	11,72	22,47	
10,29	9,65	12,33	16,17	16,96	
Anova: fator único					
RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variação	
T1	10	58,86321107	5,886321107	8,668607495	
T2	10	83,7782657	8,37782657	2,565170765	
T3	10	108,3624509	10,83624509	4,876130435	
T4	10	120,2518141	12,02518141	3,060712832	
T5	10	139,898135	13,9898135	11,02053687	
ANOVA					
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	400,2426011	4	100,0606503	16,57118434	2,04595E-08
Dentro dos grupos	271,7204256	45	6,03823168		
Total	671,9630267	49			
					F critico
					2,578739184

TUKEY - INCHAMENTO EM ESPESSURA (24H)

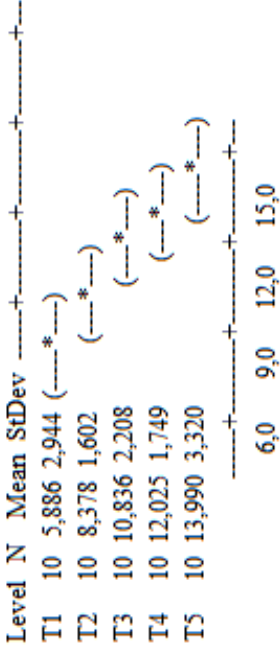
One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	400,24	100,06	16,57	0,000
Error	45	271,72	6,04		
Total	49	671,96			

S = 2,457 R-Sq = 59,56% R-Sq(adj) = 55,97%

Traços	Grupos
T1	D
T2	CD
T3	BC
T4	AB
T5	A

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



StDev Agrupado = 2,457
Agrupando Informações Usando o Método Tukey
Meios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.
Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos
Todas as comparações entre pares

APÊNDICE E – Ensaios mecânicos: dados de resistência a flexão e módulo de elasticidade (MOE/MOR)

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: T1 - 100 % (T) TECA						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE	B - LARGURA	E - ESPESSURA	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
		PROVA	(MM)	(MM)		
Painel 1	P 2	CP1	50,48	13,94	1629,36	10,96
	P 9	CP2	50,33	13,63	2633,49	18,29
Painel 2	P 2	CP3	50,96	13,70	2018,77	13,54
	P 9	CP4	49,32	13,40	2122,61	13,91
Painel 3	P 2	CP5	50,73	14,10	2351,68	18,73
	P 9	CP6	50,48	13,72	1994,82	13,17
Painel 4	P 2	CP7	50,53	13,78	1671,16	11,37
	P 9	CP8	50,71	13,99	2154,33	13,80
Painel 5	P 2	CP9	51,00	14,17	2139,06	16,49
	P 9	CP10	50,58	14,63	1680,46	11,38

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

MOE - RESULTADOS - T1	
Valor Máximo (Mpa)	2633,49
Valor Médio (Mpa)	2039,57
Valor Mínimo (Mpa)	1629,36
Coef. Variação (%)	15,64
Desvio Padrão (Mpa)	318,94

MOR - RESULTADOS - T1	
Valor Máximo (MPa)	19,73
Valor Médio (MPa)	14,16
Valor Mínimo (MPa)	10,96
Coef. Variação (%)	19,79
Desvio Padrão (MPa)	2,80

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: T2 - 90% (T) TECA - 10% (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE	B - LARGURA	E - ESPESSURA	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
		PROVA	(MM)	(MM)		
Painel 1	P 2	CP1	50,78	13,23		17,10
	P 9	CP2	50,78	13,01	2269,27	14,18
Painel 2	P 2	CP3	50,19	13,04	2983,18	18,36
	P 9	CP4	50,11	13,35	2662,70	16,96
Painel 3	P 2	CP5	50,48	13,25	2179,37	14,02
	P 9	CP6	50,24	13,30	2781,43	17,81
Painel 4	P 2	CP7	50,66	13,14	2858,02	16,58
	P 9	CP8	50,47	13,14	2403,33	14,89
Painel 5	P 2	CP9	50,76	13,16	2261,44	14,81
	P 9	CP10	50,88	13,04	2630,89	16,52

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

MOE - RESULTADOS - T2	
Valor Máximo (Mpa)	2983,18
Valor Médio (Mpa)	2558,85
Valor Mínimo (Mpa)	2179,37
Coef. Variação (%)	11,36
Desvio Padrão (Mpa)	290,60

MOR - RESULTADOS - T2	
Valor Máximo (MPa)	18,36
Valor Médio (MPa)	16,12
Valor Mínimo (MPa)	14,02
Coef. Variação (%)	9,54
Desvio Padrão (MPa)	1,54

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: T3 - 80 % (T) TECA - 20 % (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Painel 1	P 2	CP1	50,44	13,39	2015,73	12,83
	P 9	CP2	50,33	13,49	1970,32	13,76
Painel 2	P 2	CP3	49,82	12,99	2979,59	17,90
	P 9	CP4	50,38	13,52	2346,69	15,94
Painel 3	P 2	CP5	50,43	13,79	2012,88	13,19
	P 9	CP6	50,43	13,39	2236,00	15,36
Painel 4	P 2	CP7	50,43	13,13	2621,58	15,90
	P 9	CP8	50,49	13,45	2564,99	16,81
Painel 5	P 2	CP9	50,07	13,56	2269,81	14,25
	P 9	CP10	50,50	13,21	2220,47	15,86

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

MOE - RESULTADOS - T3	
Valor Máximo (Mpa)	2979,59
Valor Médio (Mpa)	2323,81
Valor Mínimo (Mpa)	1970,32
Coef. Variação (%)	13,72
Desvio Padrão (Mpa)	318,90
MOR - RESULTADOS - T3	
Valor Máximo (MPa)	17,9
Valor Médio (MPa)	15,18
Valor Mínimo (MPa)	12,82
Coef. Variação (%)	10,76
Desvio Padrão (MPa)	1,63

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: T4 - 70 % (T) TECA - 30 % (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Painel 1	P 2	CP1	50,65	13,76	2340,92	14,72
	P 9	CP2	50,69	13,90	2308,44	16,08
Painel 2	P 2	CP3	50,77	13,62	2026,84	12,10
	P 9	CP4	50,72	13,99	1486,48	11,30
Painel 3	P 2	CP5	50,37	13,67	2344,65	15,57
	P 9	CP6	50,38	13,85	2005,64	13,34
Painel 4	P 2	CP7	50,29	13,15	2299,06	16,02
	P 9	CP8	50,44	13,63	2071,13	13,62
Painel 5	P 2	CP9	50,46	13,46	2223,15	14,39
	P 9	CP10	50,18	13,09	1955,66	13,58

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

MOE - RESULTADOS - T4	
Valor Máximo (Mpa)	2344,65
Valor Médio (Mpa)	2106,20
Valor Mínimo (Mpa)	1955,66
Coef. Variação (%)	12,54
Desvio Padrão (Mpa)	264,17

MOR - RESULTADOS - T4	
Valor Máximo (MPa)	16,08
Valor Médio (MPa)	14,07
Valor Mínimo (MPa)	11,3
Coef. Variação (%)	11,40
Desvio Padrão (MPa)	1,60

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: T5 - 100% (A) AMENDOIM						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Painel 1	P 2	CP1	50,62	12,93	1999,54	12,34
	P 9	CP2	50,56	12,75	1336,22	8,76
Painel 2	P 2	CP3	50,57	13,14	1591,76	13,21
	P 9	CP4	50,50	13,40	1259,08	7,80
Painel 3	P 2	CP5	50,54	13,26	1161,32	8,19
	P 9	CP6	50,69	12,66	1523,10	11,36
Painel 4	P 2	CP7	50,59	12,77	1965,12	15,40
	P 9	CP8	50,59	13,33	1365,48	8,73
Painel 5	P 2	CP9	50,88	12,69	1987,95	13,22
	P 9	CP10	51,10	13,11	1338,38	9,59

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

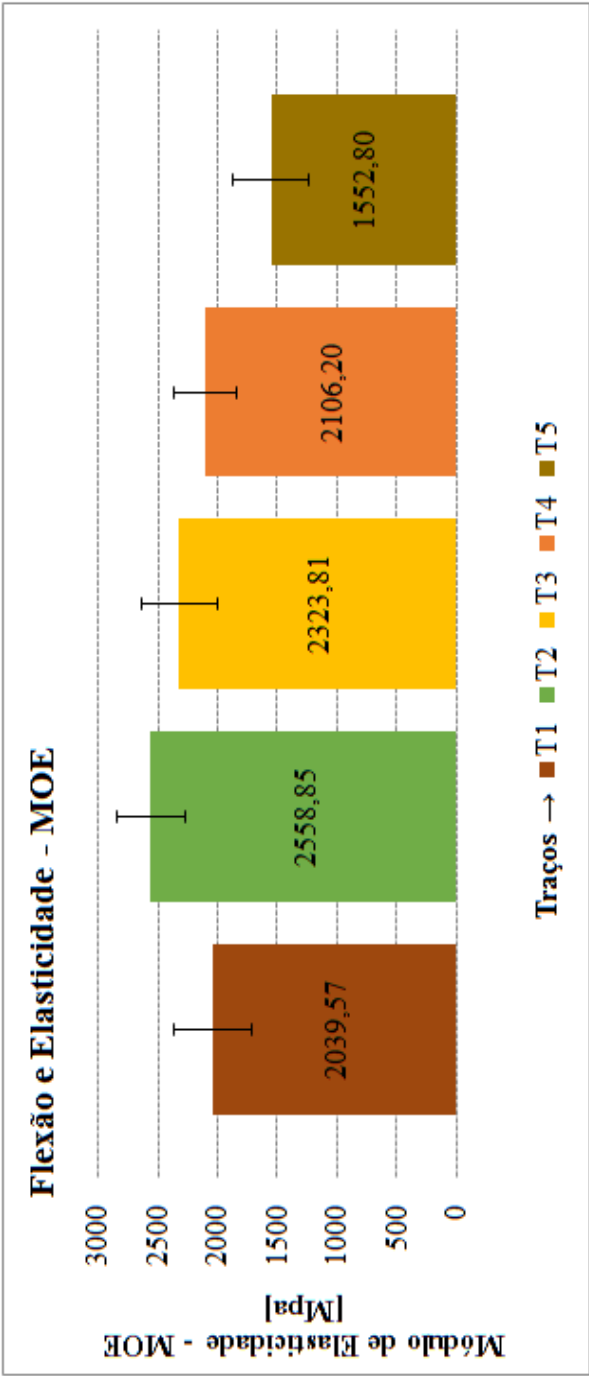
E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)

MOE - RESULTADOS - T5	
Valor Máximo (MPa)	1999,54
Valor Médio (MPa)	1552,80
Valor Mínimo (MPa)	1259,08
Coef. Variação (%)	128,77
Desvio Padrão (MPa)	321,26
MOR - RESULTADOS - T5	
Valor Máximo (MPa)	13,22
Valor Médio (MPa)	10,86
Valor Mínimo (MPa)	7,8
Coef. Variação (%)	121,73
Desvio Padrão (MPa)	2,61

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE - MOE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (Mpa)	2633,49	2983,18	2979,59	2344,65	1999,54
Valor Médio (Mpa)	2039,57	2558,85	2323,81	2106,20	1552,80
Valor Mínimo (Mpa)	1629,36	2179,37	1970,32	1955,66	1259,08
Coef. De Variação (%)	15,64	11,36	13,72	12,54	128,77
Desvio Padrão (Mpa)	318,94	290,60	318,90	264,17	321,26

Onde:

- MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)
P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)
D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)
d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)
B = Largura do corpo de provas → (mm)
E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)



RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE - MOR					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (MPa)	19,73	18,36	17,90	16,08	13,22
Valor Médio (MPa)	14,26	14,47	15,18	14,07	10,86
Valor Mínimo (MPa)	10,96	14,02	12,82	11,30	7,80
Coef. De Variação (%)	20,99	11,23	10,76	11,40	121,73
Desvio Padrão (MPa)	2,99	1,63	1,63	1,60	2,61

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

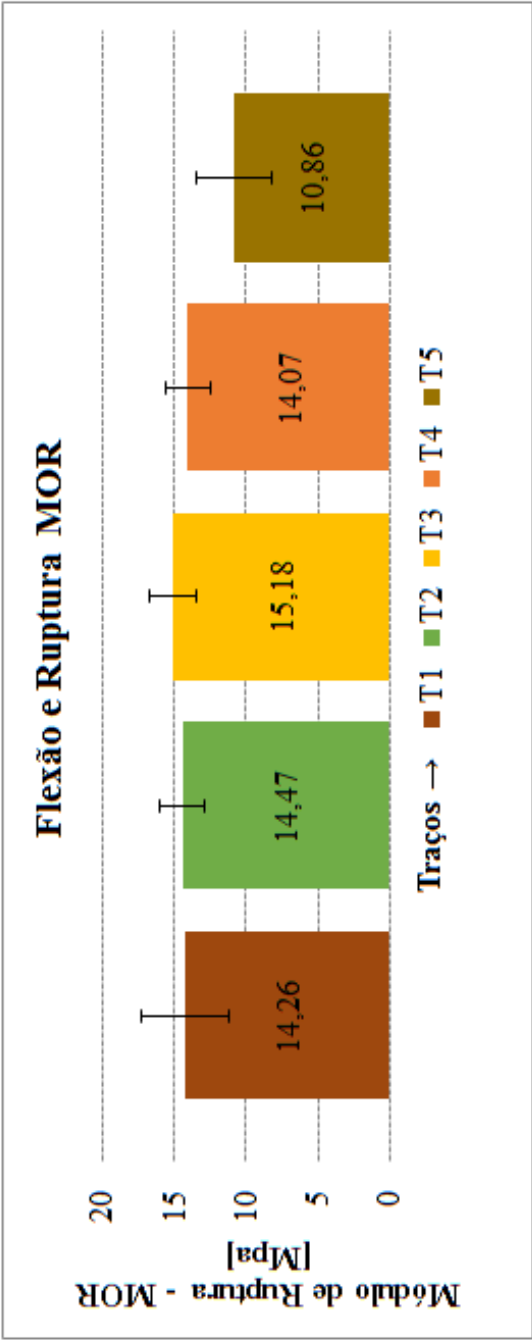
P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

D = Distância entre os pontos de apoio → (mm)

d = Deflexão correspondente a carga P1 → (mm)

B = Largura do corpo de provas → (mm)

E = Espessura média tomada em três pontos do corpo de provas → (mm)



ANOVA- MOE

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ELASTICIDADE - MOE					
T1	T2	T3	T4	T5	
1629,36		2015,73	2340,92	1999,54	
2633,49	2269,27	1970,32	2308,44	1336,22	
2018,77	2983,18	2979,59	2026,84	1591,76	
2122,61	2662,70	2346,69	1486,48	1259,08	
2351,68	2179,37	2012,88	2344,65	1161,32	
1994,82	2781,43	2236,00	2005,64	1523,10	
1671,16	2858,02	2621,58	2299,06	1965,12	
2154,33	2403,33	2564,99	2071,13	1365,48	
2139,06	2261,44	2269,81	2223,15	1987,95	
1680,46	2630,89	2220,47	1955,66	1338,38	
Anova: fator único					
RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia	
T1	10	20395,74	2039,574	101723,416	
T2	9	23029,63	2558,847778	84446,98794	
T3	10	23238,06	2323,806	101695,2612	
T4	10	21061,97	2106,197	69786,73096	
T5	10	15527,954	1552,7954	103204,7913	
ANOVA					
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	5424440,447	4	1356110,112	14,68494063	1,07288E-07
Dentro dos grupos	4063267,699	44	92346,99317		2,5836674
Total	9487708,146	48			

TUKEY - MOE

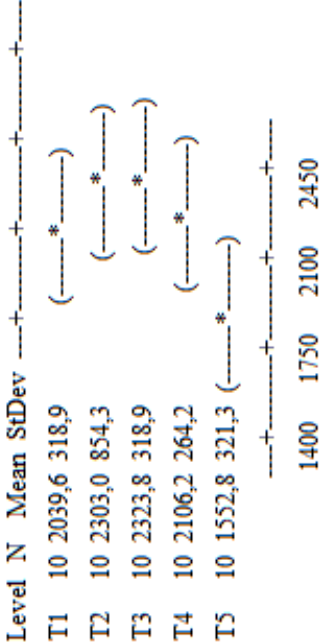
One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	3883041	970760	4,39	0,004
Error	45	9956199	221249		
Total	49	13839241			

S = 470,4 R-Sq = 28,06% R-Sq(adj) = 21,66%

Traços	Grupos
T1	A
T2	A
T3	AB
T4	AB
T5	B

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



StDev Agrupado = 470,4

Agrupando Informações Usando o Método Tukey

Méios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos

Todas as comparações entre pares

ANOVA- MOR

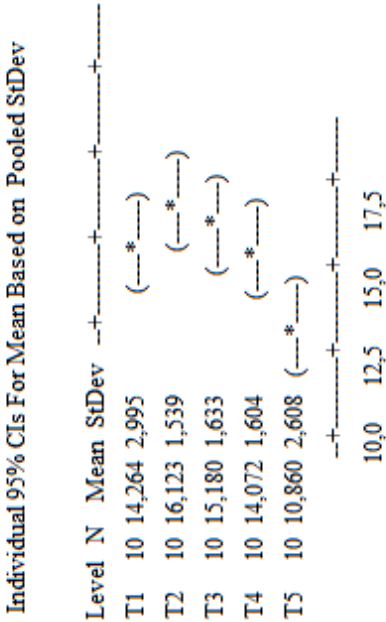
RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ELASTICIDADE - MOR					
T1	T2	T3	T4	T5	
10,96	17,10	12,83	14,72	12,34	
18,29	14,18	13,76	16,08	8,76	
13,54	18,36	17,90	12,10	13,21	
13,91	16,96	15,94	11,30	7,80	
19,73	14,02	13,19	15,57	8,19	
13,17	17,81	15,36	13,34	11,36	
11,37	16,58	15,90	16,02	15,40	
13,80	14,89	16,81	13,62	8,73	
16,49	14,81	14,25	14,39	13,22	
11,38	16,52	15,86	13,58	9,59	
Anova: fator único					
RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variação	
T1	10	142,64	14,264	8,96796	
T2	10	161,23	16,123	2,368201111	
T3	10	151,8	15,18	2,667777778	
T4	10	140,72	14,072	2,571862222	
T5	10	108,6	10,86	6,7996	
ANOVA					
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	157,842088	4	39,460522	8,44060853	3,6078E-05
Dentro dos grupos	210,37861	45	4,675080222		
Total	368,220698	49			
					2,578739184

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	157,84	39,46	8,44	0,000
Error	45	210,38	4,68		
Total	49	368,22			

S = 2,162 R-Sq = 42,87% R-Sq(adj) = 37,79%

Traços	Grupos
T1	A
T2	A
T3	A
T4	A
T5	B



StDev Agrupado = 2,162
Agrupando Informações Usando o Método Tukey
Meios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.
Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos
Todas as comparações entre pares

UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

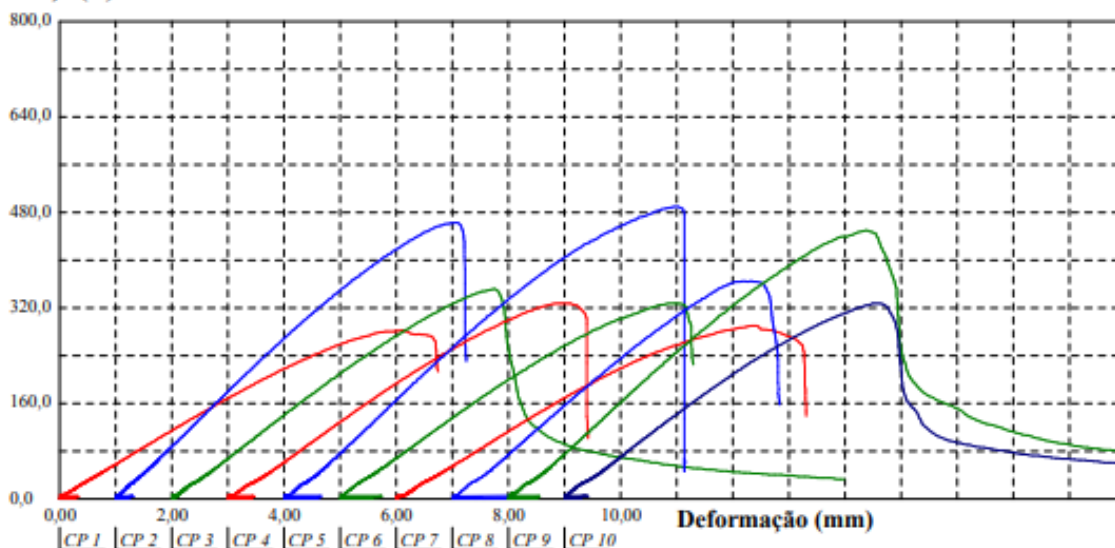
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **14:07:43** TRB: **3247**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **TECA (100 %)** Traço: **T1** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	13,77	51,01	265,60	7	282,72	10,96	1629,36
CP 2	13,72	50,48	265,60	7	463,58	18,29	2633,49
CP 3	13,84	50,89	265,60	7	352,02	13,54	2018,77
CP 4	13,40	49,32	265,60	7	328,46	13,91	2122,61
CP 5	13,94	50,48	265,60	7	489,91	18,73	2351,68
CP 6	13,63	50,33	265,60	7	328,46	13,17	1994,82
CP 7	13,78	50,53	265,60	7	291,04	11,37	1671,16
CP 8	13,99	50,71	265,60	7	365,18	13,80	2154,33
CP 9	14,17	51,00	265,60	7	450,41	16,49	2139,06
CP 10	14,63	50,58	265,60	7	328,46	11,38	1680,46
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	13,89	50,53	265,6	7,000	368,0	14,17	2040
Desv. Padrão	0,3340	0,4859	0,0000	0,0000	73,74	2,803	318,9
Coef.Var.(%)	2,405	0,9615	0,0000	0,0000	20,04	19,79	15,64
Mínimo	13,40	49,32	265,6	7,000	282,7	10,96	1629
Máximo	14,63	51,01	265,6	7,000	489,9	18,73	2633

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

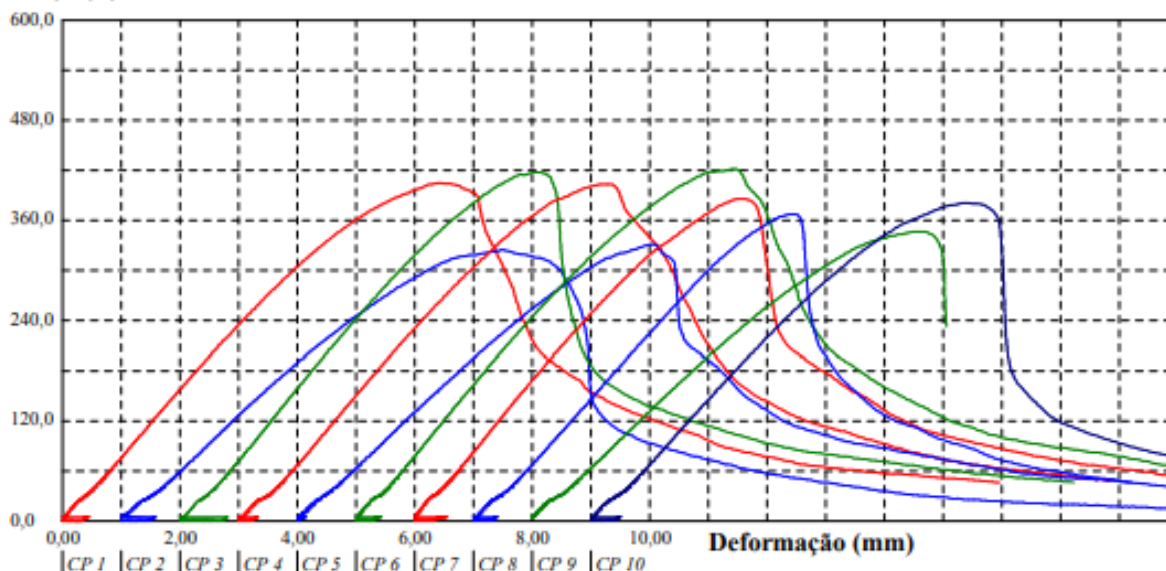
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **15:50:01** TRB: **3254**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T2** Projeto de Pesquisa: **DOCTORADO – SÍLVIA NASSER AM (10 %)**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	13,23	50,78	36107,00	7	405,37	17,10	*
CP 2	13,01	50,78	361,70	7	324,99	14,18	2269,27
CP 3	13,04	50,19	361,70	7	417,85	18,36	2983,18
CP 4	13,35	50,11	361,70	7	403,99	16,96	2662,70
CP 5	13,25	50,48	361,70	7	331,23	14,02	2179,37
CP 6	13,30	50,24	361,70	7	422,00	17,81	2781,43
CP 7	13,14	50,56	361,70	7	385,97	16,58	2858,02
CP 8	13,55	50,47	361,70	7	367,95	14,89	2403,33
CP 9	13,16	50,76	361,70	7	347,16	14,81	2261,44
CP 10	13,04	50,88	361,70	7	381,12	16,52	2630,89
Número CPs	10	10	10	10	10	10	9
Média	13,21	50,53	3936	7,000	378,8	16,12	2559
Desv. Padrão	0,1668	0,2755	11300	0,0000	35,06	1,540	290,6
Coef. Var. (%)	1,263	0,5453	287,2	0,0000	9,257	9,550	11,36
Mínimo	13,01	50,11	361,7	7,000	325,0	14,02	2179
Máximo	13,55	50,88	36110	7,000	422,0	18,36	2983

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

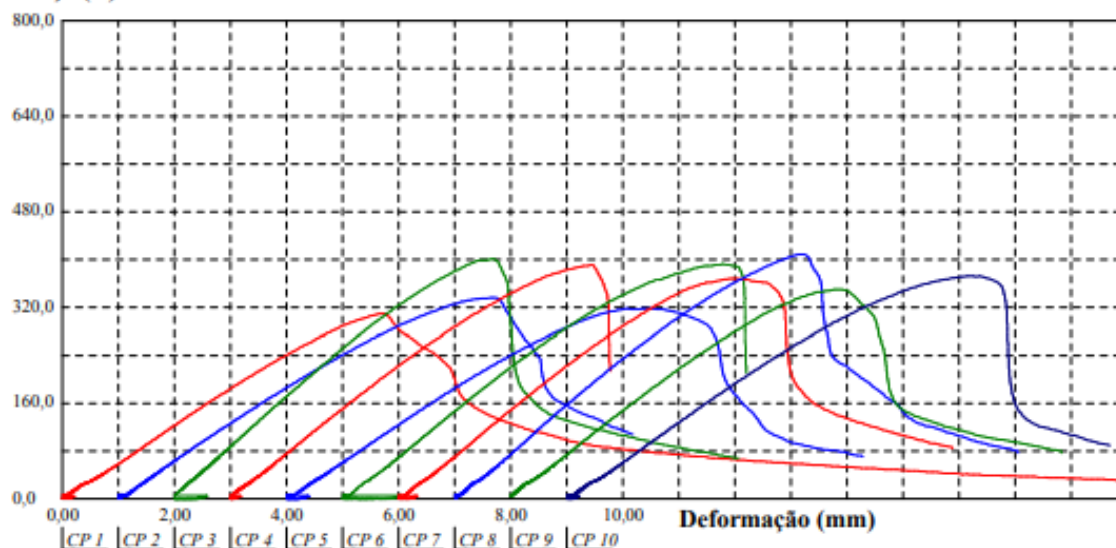
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **15:50:39** TRB: **3255**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **TECA (80 %) Traço: T3 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (20 %)

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	13,39	50,49	354,00	7	309,75	12,83	2015,73
CP 2	13,49	50,33	354,00	7	336,08	13,76	1970,32
CP 3	12,99	49,82	354,00	7	401,21	17,90	2979,59
CP 4	13,52	50,38	354,00	7	391,51	15,94	2346,69
CP 5	13,39	50,43	354,00	7	318,06	13,19	2012,88
CP 6	13,79	50,43	354,00	7	392,90	15,36	2236,00
CP 7	13,13	50,43	354,00	7	368,65	15,90	2621,58
CP 8	13,45	50,49	354,00	7	409,53	16,81	2564,99
CP 9	13,56	50,07	354,00	7	349,94	14,25	2269,81
CP 10	13,21	50,50	354,00	7	372,80	15,86	2220,47
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	13,39	50,34	354,0	7,000	365,0	15,18	2324
Desv.Padrão	0,2308	0,2211	0,0000	0,0000	35,23	1,633	318,9
Coef.Var.(%)	1,723	0,4392	0,0000	0,0000	9,651	10,76	13,72
Mínimo	12,99	49,82	354,0	7,000	309,7	12,83	1970
Máximo	13,79	50,50	354,0	7,000	409,5	17,90	2980

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

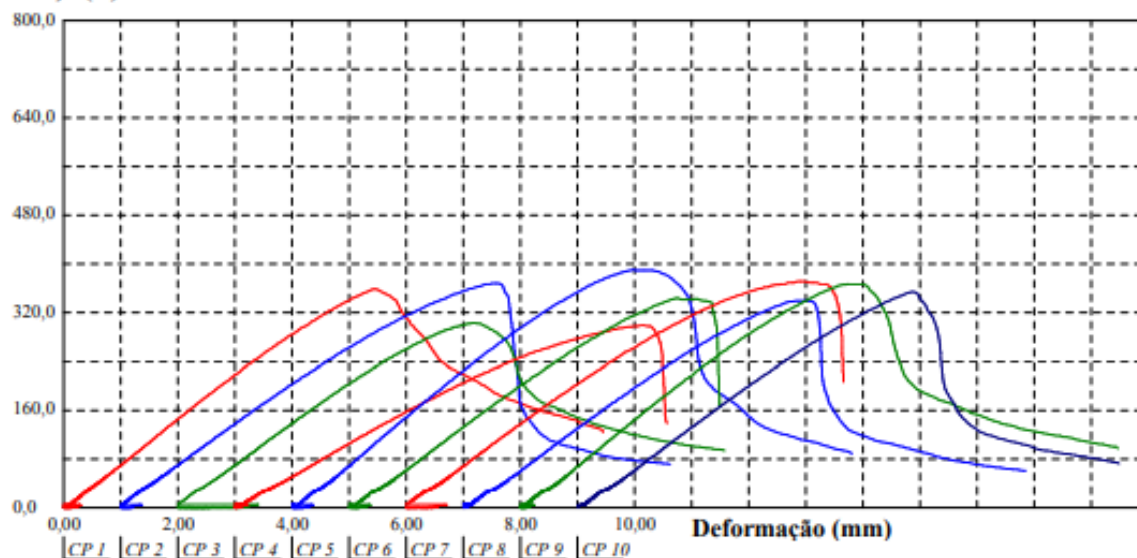
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **15:51:11** TRB: **3256**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **TECA (70 %) Traço: T4 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (30 %)

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	13,46	50,46	301,00	7	358,94	14,72	2340,92
CP 2	13,09	50,18	301,00	7	368,65	16,08	2308,44
CP 3	13,62	50,72	301,00	7	303,51	12,10	2026,84
CP 4	13,99	50,77	301,00	7	299,35	11,30	1486,48
CP 5	13,67	50,37	301,00	7	390,82	15,57	2344,65
CP 6	13,85	50,38	301,00	7	343,70	13,34	2005,64
CP 7	13,15	50,29	301,00	7	371,42	16,02	2299,06
CP 8	13,63	50,44	301,00	7	340,24	13,62	2071,13
CP 9	13,76	50,65	301,00	7	367,95	14,39	2223,15
CP 10	13,90	50,69	301,00	7	354,79	13,58	1955,66
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	13,61	50,49	301,0	7,000	349,9	14,07	2106
Desv.Padrão	0,3013	0,2007	0,0000	0,0000	29,36	1,604	264,2
Coef.Var.(%)	2,214	0,3975	0,0000	0,0000	8,391	11,40	12,54
Mínimo	13,09	50,18	301,0	7,000	299,4	11,30	1486
Máximo	13,99	50,77	301,0	7,000	390,8	16,08	2345

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

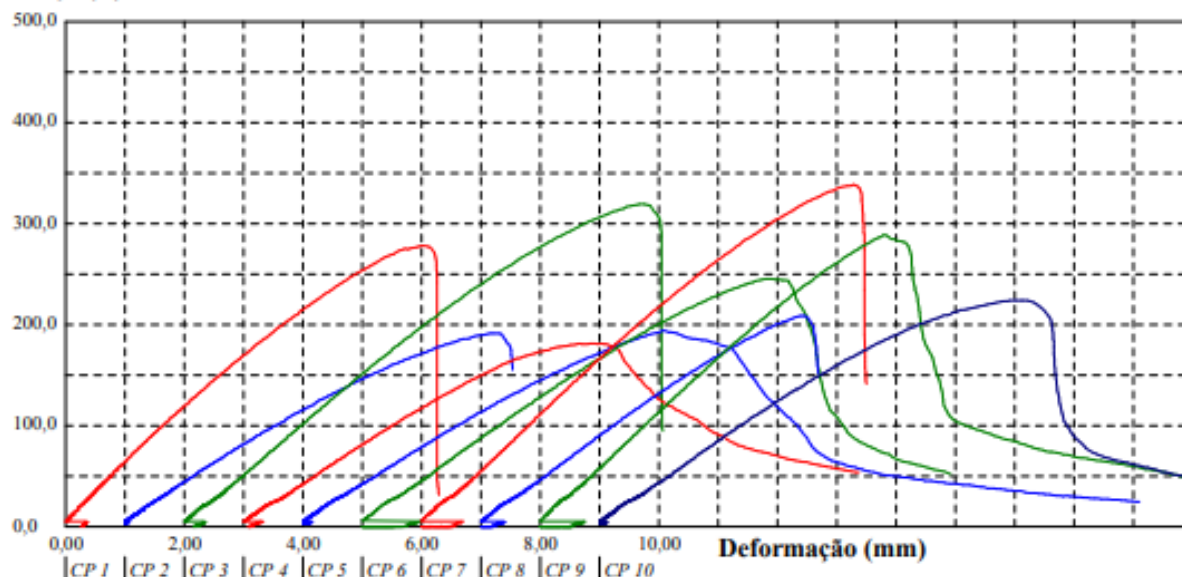
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **14:08:34** TRB: **3248**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **AM (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	espessura (mm)	largura (mm)	P est (N)	velocidade carga (mm/min)	carga ruptura P (N)	MOR (MPa)	MOE 10% a 50% (MPa)
CP 1	12,93	50,62	245,30	7	278,56	12,34	1999,44
CP 2	12,75	50,56	245,30	7	191,95	8,76	1336,22
CP 3	13,40	50,50	245,30	7	319,45	13,21	1591,76
CP 4	13,14	50,57	245,30	7	181,55	7,80	1259,08
CP 5	13,26	50,54	245,30	7	194,02	8,19	1161,32
CP 6	12,66	50,68	245,30	7	246,00	11,36	1523,10
CP 7	12,77	50,59	245,30	7	338,85	15,40	1965,12
CP 8	13,33	50,59	245,30	7	209,27	8,73	1365,48
CP 9	12,69	50,88	245,30	7	288,96	13,22	1987,95
CP 10	13,11	51,10	245,30	7	224,51	9,59	1338,38
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	13,00	50,66	245,3	7,000	247,3	10,86	1553
Desv.Padrão	0,2789	0,1861	0,0000	0,0000	56,27	2,610	321,2
Coef.Var.(%)	2,145	0,3674	0,0000	0,0000	22,75	24,03	20,69
Mínimo	12,66	50,50	245,3	7,000	181,6	7,797	1161
Máximo	13,40	51,10	245,3	7,000	338,8	15,40	1999

Força (N)



APÊNDICE F – Ensaios mecânicos: dados de resistência a tração perpendicular

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRACÇÃO PERPENDICULAR										
COMPOSIÇÃO: T1 100% (T) TECA										
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE LADO A				CORPOS DE LADO B				TRACÇÃO PERPENDICULAR (MPa)
		PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	
Painel 1	P 5	CP1	50,79	51,18	51,08	50,19	50,99	50,64	2581,63	1,53
	P 8	CP2	50,87	50,84	50,87	50,28	50,86	50,58	2571,99	0,15
Painel 2	P 5	CP3	51,05	50,82	50,98	50,42	50,94	50,70	2582,40	1,23
	P 8	CP4	51,17	51,12	51,08	50,63	51,15	50,86	2600,98	0,81
Painel 3	P 5	CP5	50,64	50,18	50,76	50,44	50,41	50,60	2550,75	1,49
	P 8	CP6	50,72	50,67	51,23	50,39	50,70	50,81	2575,81	0,35
Painel 4	P 5	CP7	50,58	50,95	50,43	50,41	50,77	50,42	2559,57	1,27
	P 8	CP8	50,52	50,71	50,67	50,39	50,62	50,53	2557,58	0,85
Painel 5	P 5	CP9	50,79	51,15	51,13	50,71	50,97	50,92	2595,39	1,40
	P 8	CP10	51,10	51,13	51,08	50,23	51,12	50,66	2589,23	0,81

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)

Área = Comprimento x Largura → Área do CP espessura em (mm)

Tração Perpendicular (TP) → É a resistência a tração perpendicular em (N/mm²)

TP = P/S

P → Carga de ruptura em Newtons.

S = Área da superfície do CP em (mm²)

RESULTADOS TRACÇÃO PERPENDICULAR - T1	
Valor Máximo (MPa)	1,53
Valor Médio (MPa)	0,99
Valor Mínimo (MPa)	0,15
Coef. Variação (%)	48,13
Desvio Padrão (MPa)	0,48

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRACÇÃO PERPENDICULAR												
COMPOSIÇÃO: T2 - 90% (T) TECA - 10% (A) AMENDOIM												
PAINEL	POSICÃO	CORPOS		LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	COMPRIMENTO	LARGURA	ÁREA	CARGA DE	TRACÇÃO
		DE PROVA		(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM²)	RUPTURA (N)	PERPENDICULAR (MPa)
Painel 1	P 5	CP1		50,38	50,61	50,23	50,19	50,50	50,21	2535,35	5274,42	2,08
	P 8	CP2		50,50	50,44	50,39	50,28	50,47	50,34	2540,41	6333,59	2,49
Painel 2	P 5	CP3		50,53	50,12	50,51	50,42	50,33	50,47	2539,65	7437,76	2,93
	P 8	CP4		50,70	50,56	50,57	50,63	50,63	50,60	2561,88	7169,85	2,80
Painel 3	P 5	CP5		50,51	50,51	50,46	50,44	50,51	50,45	2548,23	5671,78	2,23
	P 8	CP6		50,60	50,58	50,38	50,39	50,59	50,39	2548,98	6910,94	2,71
Painel 4	P 5	CP7		50,65	50,13	50,43	50,41	50,39	50,42	2540,66	6352,97	2,50
	P 8	CP8		50,58	50,55	50,41	50,39	50,57	50,40	2548,48	6014,45	2,36
Painel 5	P 5	CP9		50,57	50,63	50,74	50,71	50,60	50,73	2566,69	6009,61	2,34
	P 8	CP10		50,41	50,38	50,17	50,23	50,40	50,20	2529,83	6931,71	2,74

Onde:

RESULTADOS TRACÇÃO PERPENDICULAR - T2	
Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)	
Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)	2,93
Área = Comprimento x Largura → Área do CP espessura em (mm)	2,52
Tracção Perpendicular (TP) → É a resistência a tracção perpendicular em (N/mm²)	2,08
TP = P/S	10,82
P → Carga de ruptura em Newtons.	0,27
S = Área da superfície do CP em (mm²)	

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRAÇÃO PERPENDICULAR												
COMPOSIÇÃO: T3 - 80% (T) TECA - 20% (A) AMENDOIM												
PAINEL	POSICÃO	CORPOS		LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	COMPRIMENTO	LARGURA	ÁREA	CARGA DE	TRAÇÃO PERPENDICULAR
		DEPROVA		(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM²)	RUPTURA (N)	(MPa)
Painel 1	P 5	CP1	50,29	50,64	50,34	50,43	50,47	50,39	50,39	2542,68	5211,42	2,05
	P 8	CP2	50,95	50,94	50,32	50,28	50,95	50,30	50,30	2562,53	5021,74	1,96
Painel 2	P 5	CP3	50,46	50,64	50,23	50,37	50,55	50,30	50,30	2542,67	5558,25	2,19
	P 8	CP4	50,85	50,68	50,43	50,66	50,77	50,55	50,55	2565,92	4524,69	1,76
Painel 3	P 5	CP5	50,34	50,24	50,35	50,27	50,29	50,31	50,31	2530,09	6192,37	2,45
	P 8	CP6	50,46	50,70	50,48	50,29	50,58	50,39	50,39	2548,47	4185,47	1,64
Painel 4	P 5	CP7	50,49	50,31	50,38	50,43	50,40	50,41	50,41	2540,41	5653,78	2,23
	P 8	CP8	50,40	50,41	50,31	50,46	50,41	50,39	50,39	2539,66	6073,99	2,39
Painel 5	P 5	CP9	50,05	50,48	50,33	50,41	50,27	50,37	50,37	2531,85	4624,37	1,83
	P 8	CP10	50,42	50,59	50,42	50,27	50,51	50,35	50,35	2542,67	3470,36	1,36

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)

Área = Comprimento x Largura → Área do CP espessura em (mm)

Tração Perpendicular (TP) → É a resistência a tração perpendicular em (N/mm²)

TP = P/S

P → Carga de ruptura em Newtons.

S = Área da superfície do CP em (mm²)

RESULTADOS TRAÇÃO PERPENDICULAR - T3	
Valor Máximo (MPa)	2,45
Valor Médio (MPa)	1,99
Valor Mínimo (MPa)	1,36
Coef. Variação (%)	17,27
Desvio Padrão (MPa)	0,34

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRAÇÃO PERPENDICULAR												
COMPOSIÇÃO: T4 - 70% (T) TECA - 30% (A) AMENDOIM												
PAINEL	POSICÃO	CORPOS		LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	COMPRIMENTO	LARGURA	ÁREA	CARGA DE	TRAÇÃO
		DE PROVA		(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM²)	RUPTURA (N)	PERPENDICULAR (MPa)
Painel 1	P 5	CP1	50,83	50,59	50,17	50,32	50,71	50,25	50,25	2547,92	6206,90	2,44
	P 8	CP2	50,47	50,90	50,43	50,29	50,69	50,36	50,36	2552,50	4124,55	1,62
Painel 2	P 5	CP3	50,40	49,93	50,25	50,15	50,17	50,20	50,20	2518,28	5135,27	2,04
	P 8	CP4	50,35	50,34	50,26	50,37	50,35	50,32	50,32	2533,11	5705,01	2,25
Painel 3	P 5	CP5	50,62	50,45	50,64	50,42	50,54	50,53	50,53	2553,53	6166,06	2,41
	P 8	CP6	50,82	50,76	50,81	50,36	50,79	50,59	50,59	2569,21	4537,84	1,77
Painel 4	P 5	CP7	50,69	50,26	50,28	50,41	50,48	50,35	50,35	2541,16	6014,45	2,37
	P 8	CP8	50,76	50,73	50,33	50,42	50,75	50,38	50,38	2556,28	6757,26	2,64
Painel 5	P 5	CP9	50,85	50,82	50,27	50,34	50,84	50,31	50,31	2557,25	5760,39	2,25
	P 8	CP10	50,90	50,91	50,28	50,57	50,91	50,43	50,43	2566,88	4694,98	1,83

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)

Área = Comprimento x Largura → Área do CP espessura em (mm)

Tração Perpendicular (TP) → É a resistência a tração perpendicular em (N/mm²)

TP = P/S

P → Carga de ruptura em Newtons.

S = Área da superfície do CP em (mm²)

RESULTADOS TRAÇÃO PERPENDICULAR - T4	
Valor Máximo (MPa)	2,64
Valor Médio (MPa)	2,16
Valor Mínimo (MPa)	1,62
Coef. Variação (%)	15,50
Desvio Padrão (MPa)	0,33

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRAÇÃO PERPENDICULAR												
COMPOSIÇÃO: T5 - 100% (A) AMENDOIM												
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS		LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	COMPRIMENTO	LARGURA	ÁREA	CARGA DE	TRAÇÃO
		DE PROVA		(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM²)	RUPTURA (N)	PERPENDICULAR (MPa)
Painel 1	P 5	CP1		50,67	50,38	50,21	50,23	50,53	50,22	2537,37	10665,83	4,20
	P 8	CP2		50,69	50,71	50,29	50,33	50,70	50,31	2550,72	9315,20	3,65
Painel 2	P 5	CP3		50,71	50,45	50,39	50,38	50,58	50,39	2548,47	10312,77	4,05
	P 8	CP4		50,78	50,51	49,65	49,86	50,65	49,76	2519,84	10950,35	4,35
Painel 3	P 5	CP5		50,74	50,46	50,37	50,24	50,60	50,31	2545,43	9134,52	3,59
	P 8	CP6		50,80	50,57	50,59	50,08	50,69	50,34	2551,23	8841,69	3,47
Painel 4	P 5	CP7		50,59	50,88	50,18	50,16	50,74	50,17	2545,37	8175,72	3,21
	P 8	CP8		50,94	50,64	49,62	49,88	50,79	49,75	2526,80	7943,12	3,14
Painel 5	P 5	CP9		50,70	51,02	50,23	50,24	50,86	50,24	2554,95	8803,62	3,45
	P 8	CP10		51,06	51,05	50,43	50,48	51,06	50,46	2575,98	7875,97	3,06

Onde:

RESULTADOS TRAÇÃO PERPENDICULAR - T5	
Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)	
Largura = (Lado C + Lado D)/2 → Média da largura do CP (mm)	Valor Máximo (MPa)
Área = Comprimento x Largura → Área do CP espessura em (mm)	Valor Médio (MPa)
Tração Perpendicular (TP) → É a resistência a tração perpendicular em (N/mm²)	Valor Mínimo (MPa)
TP = P/S	Coef. Variação (%)
P → Carga de ruptura em Newtons.	Desvio Padrão (MPa)

S = Área da superfície do CP em (mm²)

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N/mm ²)	1,53	2,93	2,45	2,64	4,35
Valor Médio (N/mm2)	0,99	2,52	1,99	2,16	3,62
Valor Mínimo (N/mm2)	0,15	2,08	1,36	1,62	3,06
Coef. Variação (%)	48,13	10,82	17,27	15,50	12,42
Desvio Padrão (N/mm2)	0,48	0,27	0,34	0,33	0,45

Onde:

Comprimento = (Lado A + Lado B)/2 → Média do comprimento do CP (mm)

Largura = (Lado C + Lado D)/2→ Média da largura do CP (mm)

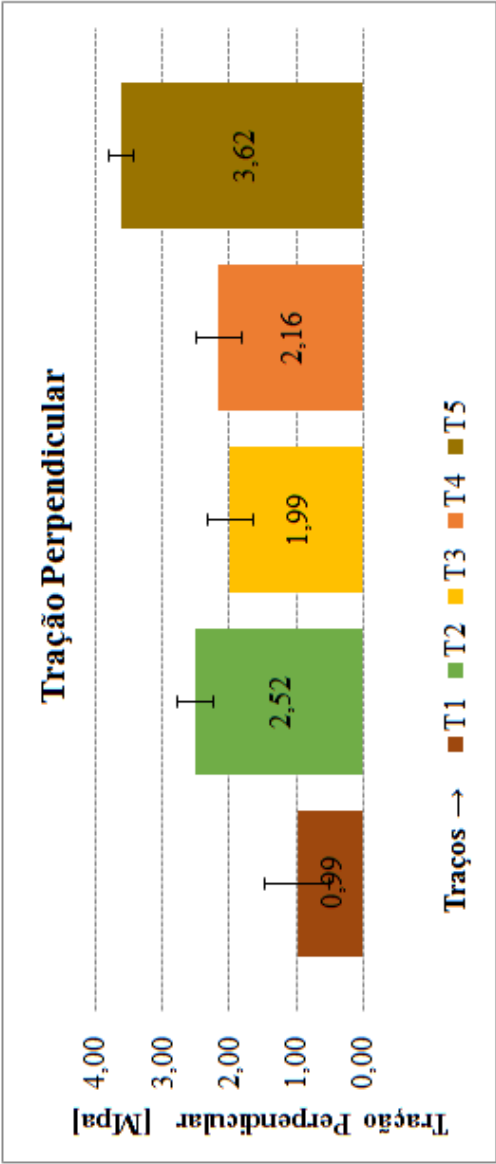
Área = Comprimento x Largura → Área do CP espessura em (mm)

Tração Perpendicular (TP)→ É a resistência a tração perpendicular em (N/mm²)

TP = P/S

P → Carga de ruptura em Newtons.

S = Área da superfície do CP em (mm²)



ANOVA – TRAÇÃO PERPENDICULAR

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR					
T1	T2	T3	T4	T5	
1,53	2,08	2,05	2,44	4,20	
0,15	2,49	1,96	1,62	3,65	
1,23	2,93	2,19	2,04	4,05	
0,81	2,80	1,76	2,25	4,35	
1,49	2,23	2,45	2,41	3,59	
0,35	2,71	1,64	1,77	3,47	
1,27	2,50	2,23	2,37	3,21	
0,85	2,36	2,39	2,64	3,14	
1,40	2,34	1,83	2,25	3,45	
0,81	2,74	1,36	1,83	3,06	
Anova: fator único					
RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variação	
T1	10	9,89351558	0,98935156	0,226853638	
T2	10	25,17976013	2,517976013	0,074227845	
T3	10	19,85698736	1,985698736	0,117619811	
T4	10	21,61610853	2,161610853	0,112199439	
T5	10	36,16075474	3,616075474	0,201672566	
ANOVA					
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	36,04325438	4	9,010813594	61,50110582	1,15085E-17
Dentro dos grupos	6,593159689	45	0,14651466		
Total	42,63641407	49			
					F critico
					2,578739184

TUKEY – TRAÇÃO PERPENDICULAR

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	36,043	9,011	61,50	0,000
Error	45	6,593	0,147		
Total	49	42,636			

S = 0,3828 R-Sq = 84,54% R-Sq(adj) = 83,16%

Traços	Grupos
T1	D
T2	B
T3	C
T4	BC
T5	A

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
T1	10	0,9895	0,4763	(-*-)
T2	10	2,5180	0,2724	(-*-)
T3	10	1,9857	0,3430	(-*-)
T4	10	2,1616	0,3350	(-*-)
T5	10	3,6161	0,4491	(-*-)

StDev Agrupado = 0,3828

Agrupando Informações Usando o Método Tukey

Meios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos

Todas as comparações entre pares

UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

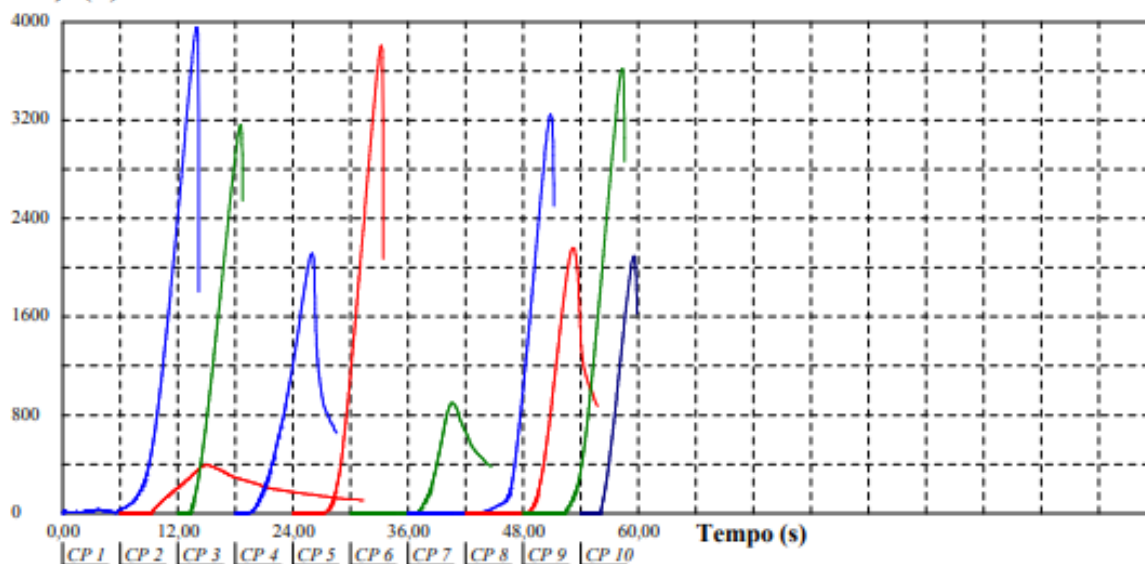
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:51:13** TRB: **3376**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **TECA (100 %)** Traço: **T1** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,79	51,18	2599,43	3959,79	1,52
CP 2	50,87	50,84	2586,23	397,36	0,15
CP 3	51,05	50,82	2594,36	3165,76	1,22
CP 4	51,17	51,12	2615,81	2116,97	0,81
CP 5	50,64	50,18	2541,12	3812,34	1,50
CP 6	50,72	50,67	2569,98	902,03	0,35
CP 7	50,58	50,95	2577,05	3252,29	1,26
CP 8	50,52	50,71	2561,87	2164,73	0,84
CP 9	50,11	51,13	2562,12	3624,04	1,41
CP 10	50,79	51,15	2597,91	2094,81	0,81
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,72	50,88	2581	2549	0,9886
Desv. Padrão	0,2947	0,3084	22,34	1225	0,4769
Coef. Var. (%)	0,5810	0,6061	0,8657	48,05	48,25
Mínimo	50,11	50,18	2541	397,4	0,1536
Máximo	51,17	51,18	2616	3960	1,523

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

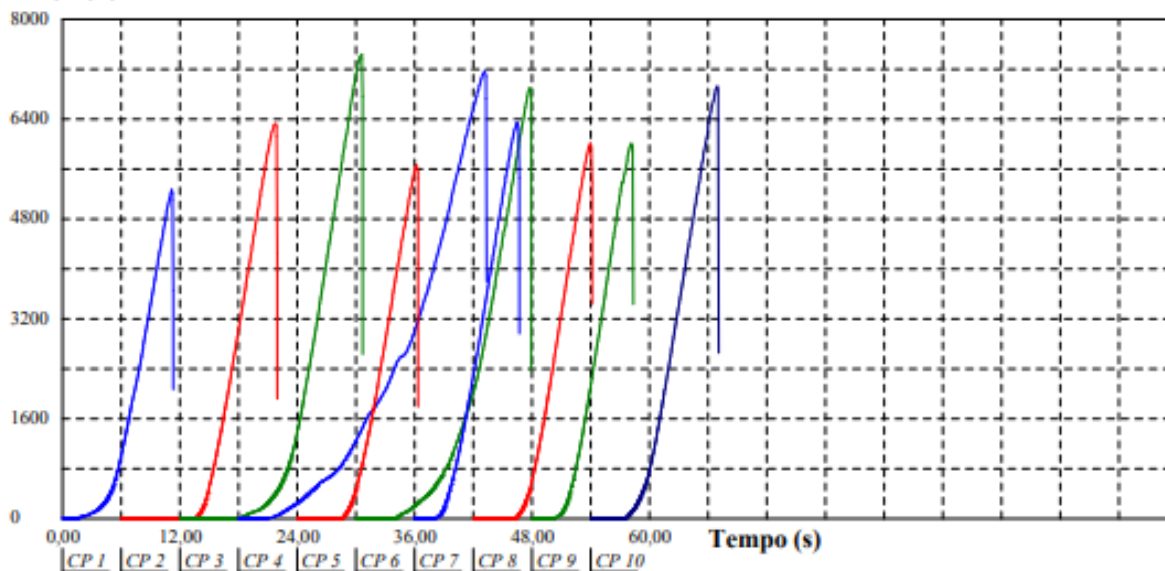
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:52:43** TRB: **3377**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **TECA (90 %) Traço: T2 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (10 %)

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,29	50,64	2546,69	5274,42	2,07
CP 2	50,56	50,68	2562,38	6333,59	2,47
CP 3	50,85	50,78	2582,16	7437,76	2,88
CP 4	50,34	50,24	2529,08	7169,85	2,83
CP 5	50,46	50,70	2558,32	5671,78	2,22
CP 6	50,49	50,31	2540,15	6910,94	2,72
CP 7	50,40	50,41	2540,66	6352,97	2,50
CP 8	50,05	50,48	2526,52	6014,45	2,38
CP 9	50,42	50,59	2550,75	6009,61	2,36
CP 10	50,95	50,94	2595,39	6931,71	2,67
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,48	50,58	2553	6411	2,510
Desv.Padrão	0,2615	0,2173	22,11	692,6	0,2653
Coef.Var.(%)	0,5180	0,4297	0,8659	10,80	10,57
Mínimo	50,05	50,24	2527	5274	2,071
Máximo	50,95	50,94	2595	7438	2,880

Força (N)



Relatório de Ensaio

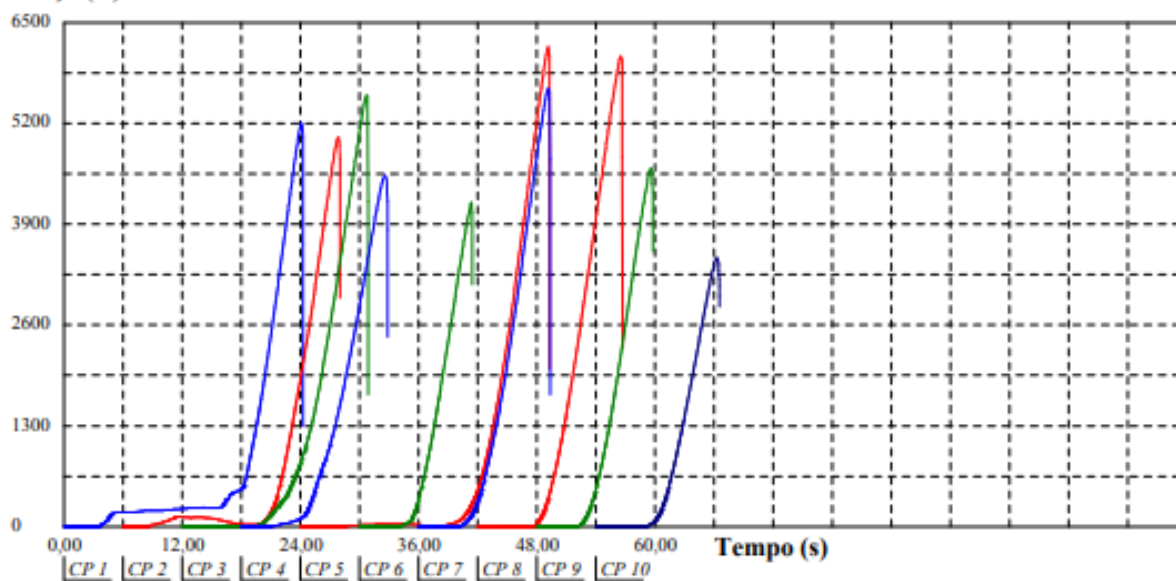
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:53:18** TRB: **3378**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **TECA (80 %) Traço: T3 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (20 %)

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,38	50,63	2550,74	5211,42	2,04
CP 2	50,50	50,38	2544,19	5021,74	1,97
CP 3	50,53	50,61	2557,32	5558,25	2,17
CP 4	50,70	50,44	2557,31	4524,69	1,77
CP 5	50,51	50,12	2531,56	6192,37	2,45
CP 6	50,60	50,56	2558,34	4185,47	1,64
CP 7	50,65	50,51	2558,33	5653,78	2,21
CP 8	50,58	50,58	2558,34	6073,99	2,37
CP 9	50,57	50,13	2535,07	4624,37	1,82
CP 10	50,41	50,55	2548,23	3470,36	1,36
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,54	50,45	2550	5052	1,981
Desv. Padrão	0,09934	0,1876	10,09	863,0	0,3393
Coef. Var. (%)	0,1965	0,3719	0,3956	17,08	17,13
Mínimo	50,38	50,12	2532	3470	1,362
Máximo	50,70	50,63	2558	6192	2,446

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

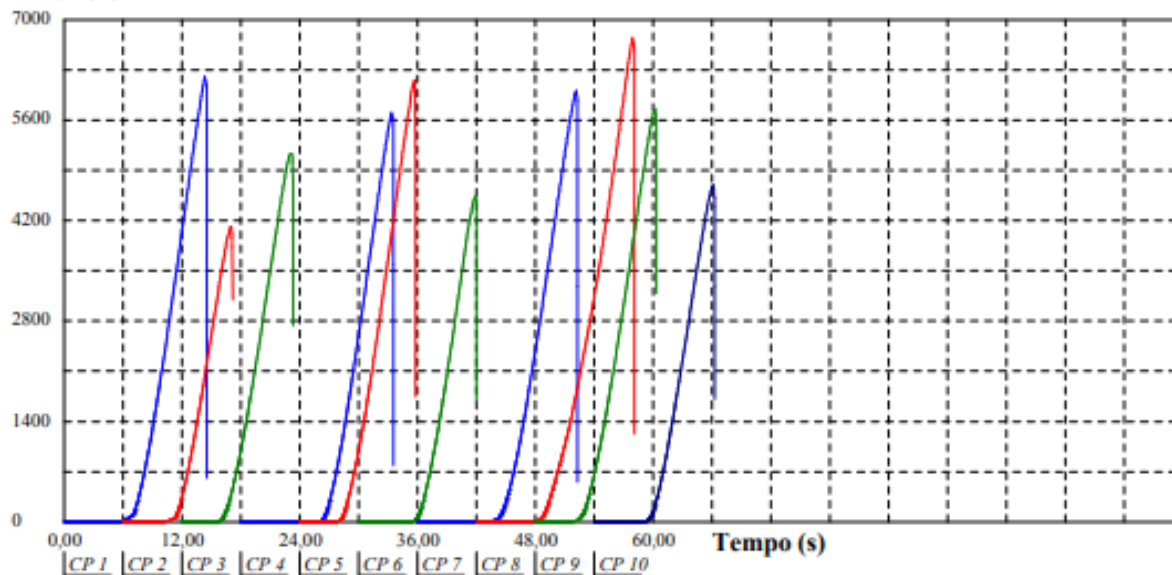
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:54:01** TRB: **3379**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **TECA (70 %) Traço: T4 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (30 %)

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,83	50,79	2581,66	6206,90	2,40
CP 2	50,47	50,90	2568,92	4124,55	1,61
CP 3	50,30	49,93	2511,48	5135,27	2,04
CP 4	50,35	50,34	2534,62	5705,01	2,25
CP 5	50,62	50,45	2553,78	6166,06	2,41
CP 6	50,82	50,76	2579,62	4537,84	1,76
CP 7	50,69	50,26	2547,68	6014,45	2,36
CP 8	50,76	50,73	2575,05	6757,26	2,62
CP 9	50,85	50,82	2584,20	5760,39	2,23
CP 10	50,90	50,91	2591,32	4694,98	1,81
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,66	50,59	2563	5510	2,150
Desv. Padrão	0,2167	0,3277	25,46	849,6	0,3325
Coef. Var. (%)	0,4277	0,6478	0,9936	15,42	15,46
Mínimo	50,30	49,93	2511	4125	1,606
Máximo	50,90	50,91	2591	6757	2,624

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

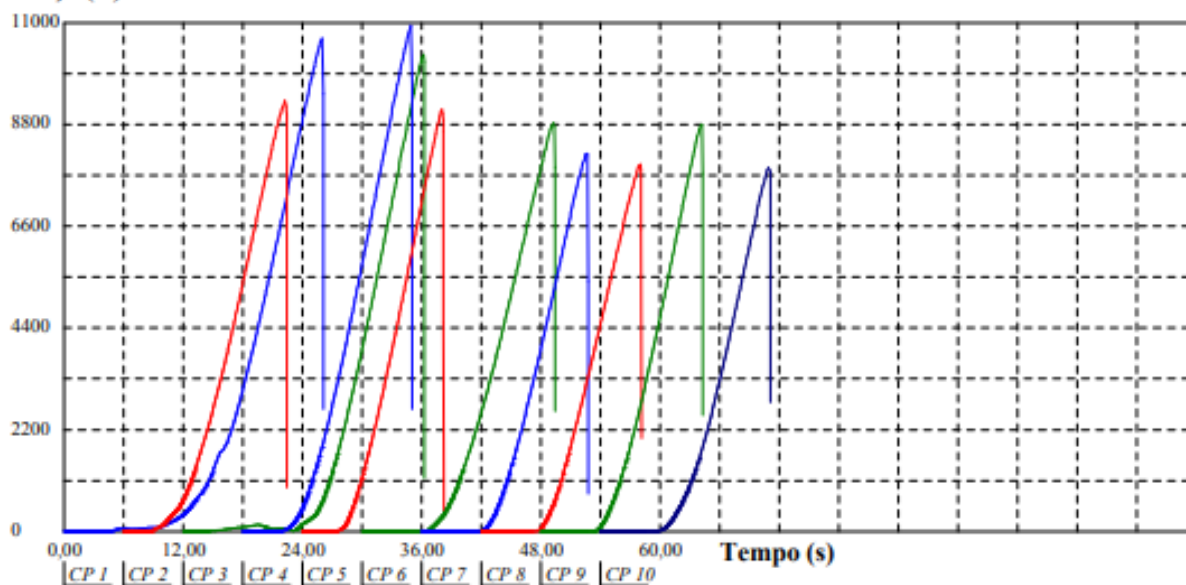
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:54:31** TRB: **3380**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **AM (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,67	50,38	2552,75	10665,83	4,18
CP 2	50,69	50,71	2570,49	9315,20	3,62
CP 3	50,71	50,45	2558,32	10312,77	4,03
CP 4	50,78	50,51	2564,90	10950,35	4,27
CP 5	50,74	50,46	2560,34	9134,52	3,57
CP 6	50,00	50,57	2528,50	8841,69	3,50
CP 7	50,00	50,88	2544,00	8175,72	3,21
CP 8	50,00	50,64	2532,00	7943,12	3,14
CP 9	50,00	51,02	2551,00	8803,62	3,45
CP 10	51,06	51,05	2606,61	7875,97	3,02
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,47	50,67	2557	9202	3,599
Desv. Padrão	0,4145	0,2417	22,06	1112	0,4347
Coef. Var. (%)	0,8214	0,4770	0,8627	12,09	12,08
Mínimo	50,00	50,38	2529	7876	3,022
Máximo	51,06	51,05	2607	10950	4,269

Força (N)



APÊNDICE G – Ensaios mecânicos: dados de resistência a tração superficial

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRACÇÃO SUPERFICIAL									
COMPOSIÇÃO: T1 - 100% (T) TECA									
PAINEL	POSICÃO	CORPOS	RAIO DA RANHURA DE CENTRO	ÁREA (MM²)	KGF→N	CARGA DE RUPTURA		TRAÇÃO PERPENDICULAR (MPa)	
						DE PROVA	RUPTURA (N)		
Painel 1	P 5	CP1	17,85	1000,98	9,81	256,46	2515,00	2,51	
	P 8	CP2	17,85	1000,98	9,81	311,66	3056,32	3,05	
Painel 2	P 5	CP3	17,85	1000,98	9,81	274,25	2689,46	2,69	
	P 8	CP4	17,85	1000,98	9,81	256,74	2517,75	2,52	
Painel 3	P 5	CP5	17,85	1000,98	9,81	295,43	2897,16	2,89	
	P 8	CP6	17,85	1000,98	9,81	265,50	2603,65	2,60	
Painel 4	P 5	CP7	17,85	1000,98	9,81	308,14	3021,81	3,02	
	P 8	CP8	17,85	1000,98	9,81	268,39	2631,99	2,63	
Painel 5	P 5	CP9	17,85	1000,98	9,81	282,02	2765,66	2,76	
	P 8	CP10	17,85	1000,98	9,81	322,96	3167,14	3,16	

Onde:

Área → $A = \pi r^2$

r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2 mm)

RS→ É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = L/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do corpo de prova em (mm²)

1 Nmm² = 1 MPa

RESULTADOS TRAÇÃO PERPENDICULAR - T1	
Valor Máximo (N/mm2)	3,16
Valor Médio (N/mm2)	2,78
Valor Mínimo (N/mm2)	2,52
Coef. Variação (%)	8,44
Desvio Padrão (N/mm2)	0,24

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRAÇÃO SUPERFICIAL									
COMPOSIÇÃO: T2 - 90% (T) TECA - 10% (A) AMENDOIM									
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS		RAIO DA RANHURA DE CENTRO	ÁREA (MM²)	KGF→N	CARGA DE RUPTURA		TRAÇÃO PERPENDICULAR (MPa)
		DE PROVA					(Kgf)	(N)	
Painel 1	P 5	CP1	17,85	1000,98	9,81	240,58	2359,27		2,36
	P 8	CP2	17,85	1000,98	9,81	262,25	2571,78		2,57
Painel 2	P 5	CP3	17,85	1000,98	9,81	268,74	2635,43		2,63
	P 8	CP4	17,85	1000,98	9,81	274,04	2687,40		2,68
Painel 3	P 5	CP5	17,85	1000,98	9,81	251,17	2463,12		2,46
	P 8	CP6	17,85	1000,98	9,81	198,36	1945,24		1,94
Painel 4	P 5	CP7	17,85	1000,98	9,81	244,04	2393,20		2,39
	P 8	CP8	17,85	1000,98	9,81	270,72	2654,84		2,65
Painel 5	P 5	CP9	17,85	1000,98	9,81	251,24	2463,81		2,46
	P 8	CP10	17,85	1000,98	9,81	283,32	2778,41		2,78

Onde:

Área → $A = \pi r^2$

r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2 mm)

RS→ É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = L/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do corpo de prova em (mm²)

1 Nmm² = 1 MPa

RESULTADOS TRAÇÃO PERPENDICULAR - T2	
Valor Máximo (N/mm2)	2,78
Valor Médio (N/mm2)	2,49
Valor Mínimo (N/mm2)	1,94
Coef. Variação (%)	9,46
Desvio Padrão (N/mm2)	0,24

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRACÇÃO SUPERFICIAL									
COMPOSIÇÃO: T3 - 80% (T) ITECA - 20% (A) AMENDOIM									
PAINEL	POSICÃO	CORPOS		RAIO DA RANHURA DE CENTRO	ÁREA (MM²)	KGF→N	CARGA DE RUPTURA		TRAÇÃO PERPENDICULAR (MPa)
		DE PROVA					(Kgf)	(N)	
Painel 1	P 5	CP1		17,85	1000,98	9,81	197,09	1932,78	1,93
	P 8	CP2		17,85	1000,98	9,81	198,22	1943,86	1,94
Painel 2	P 5	CP3		17,85	1000,98	9,81	245,73	2409,78	2,41
	P 8	CP4		17,85	1000,98	9,81	213,75	2096,16	2,09
Painel 3	P 5	CP5		17,85	1000,98	9,81	271,57	2663,18	2,66
	P 8	CP6		17,85	1000,98	9,81	269,80	2645,82	2,64
Painel 4	P 5	CP7		17,85	1000,98	9,81	226,60	2222,18	2,22
	P 8	CP8		17,85	1000,98	9,81	239,73	2350,94	2,35
Painel 5	P 5	CP9		17,85	1000,98	9,81	234,44	2299,06	2,30
	P 8	CP10		17,85	1000,98	9,81	290,42	2848,03	2,85

Onde:

Área → $A = \pi r^2$

r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2 mm)

RS → É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = L/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do corpo de prova em (mm²)

1 N/mm² = 1 MPa

RESULTADOS TRACÇÃO PERPENDICULAR - T3	
Valor Máximo (N/mm2)	2,85
Valor Médio (N/mm2)	2,34
Valor Mínimo (N/mm2)	1,93
Coef. Variação (%)	13,19
Desvio Padrão (N/mm2)	0,31

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRAÇÃO SUPERFICIAL									
COMPOSIÇÃO: T4 - 70% (T) TECA - 30% (A) AMENDOIM									
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS	RAIO DA RANHURA DE CENTRO	ÁREA (MM²)	KGF→N	CARGA DE RUPTURA		TRAÇÃO PERPENDICULAR (MPa)	
						(Kgf)	RUPTURA (N)		
Painel 1	P 5	CP1	17,85	1000,98	9,81	188,27	1846,29	1,84	
	P 8	CP2	17,85	1000,98	9,81	259,92	2548,93	2,55	
Painel 2	P 5	CP3	17,85	1000,98	9,81	189,61	1859,43	1,86	
	P 8	CP4	17,85	1000,98	9,81	250,60	2457,53	2,46	
Painel 3	P 5	CP5	17,85	1000,98	9,81	214,32	2101,75	2,10	
	P 8	CP6	17,85	1000,98	9,81	284,63	2791,25	2,79	
Painel 4	P 5	CP7	17,85	1000,98	9,81	235,92	2313,57	2,31	
	P 8	CP8	17,85	1000,98	9,81	184,67	1810,98	1,81	
Painel 5	P 5	CP9	17,85	1000,98	9,81	226,60	2222,18	2,22	
	P 8	CP10	17,85	1000,98	9,81	212,62	2085,08	2,08	

Onde:

Área → $A = \pi r^2$

r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2 mm)

RS → É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = L/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do corpo de prova em (mm²)

1 Nmm² = 1 MPa

RESULTADOS TRAÇÃO PERPENDICULAR - T4	
Valor Máximo (N/mm2)	2,79
Valor Médio (N/mm2)	2,20
Valor Mínimo (N/mm2)	1,81
Coef. Variação (%)	14,87
Desvio Padrão (N/mm2)	0,33

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRACÇÃO SUPERFICIAL									
COMPOSIÇÃO: T5 100% (A) AMENDOIM									
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	RAIO DA RANHURA DE CENTRO	ÁREA (MM²)	KGF→N	CARGA DE RUPTURA (Kgf)	CARGA DE RUPTURA (N)	TRACÇÃO PERPENDICULAR	
									(MPa)
Painel 1	P 5	CP1	17,85	1000,98	9,81	96,92	950,46		0,95
	P 8	CP2	17,85	1000,98	9,81	79,49	779,53		0,78
Painel 2	P 5	CP3	17,85	1000,98	9,81	103,98	1019,69		1,02
	P 8	CP4	17,85	1000,98	9,81	132,71	1301,43		1,30
Painel 3	P 5	CP5	17,85	1000,98	9,81	179,66	1761,85		1,76
	P 8	CP6	17,85	1000,98	9,81	191,38	1876,79		1,87
Painel 4	P 5	CP7	17,85	1000,98	9,81	134,83	1322,22		1,32
	P 8	CP8	17,85	1000,98	9,81	120,64	1183,07		1,18
Painel 5	P 5	CP9	17,85	1000,98	9,81	134,41	1318,11		1,32
	P 8	CP10	17,85	1000,98	9,81	123,54	1211,51		1,21

Onde:

Área → $A = \pi r^2$

r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2 mm)

RS → É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = L/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do corpo de prova em (mm²)

1 Nmm² = 1 MPa

RESULTADOS TRACÇÃO PERPENDICULAR - T5	
Valor Máximo (N/mm2)	1,87
Valor Médio (N/mm2)	1,27
Valor Mínimo (N/mm2)	0,78
Coef. Variação (%)	26,62
Desvio Padrão (N/mm2)	0,34

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO SUPERFICIAL					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N/mm2)	3,16	2,79	2,85	2,78	1,87
Valor Médio (N/mm2)	2,78	2,20	2,34	2,49	1,27
Valor Mínimo (N/mm2)	2,52	1,81	1,93	1,94	0,78
Coef. Variação (%)	8,44	14,87	13,19	9,46	26,62
Desvio Padrão (N/mm2)	0,24	0,33	0,31	0,24	0,34

Onde:

Área → $A = \pi r^2$

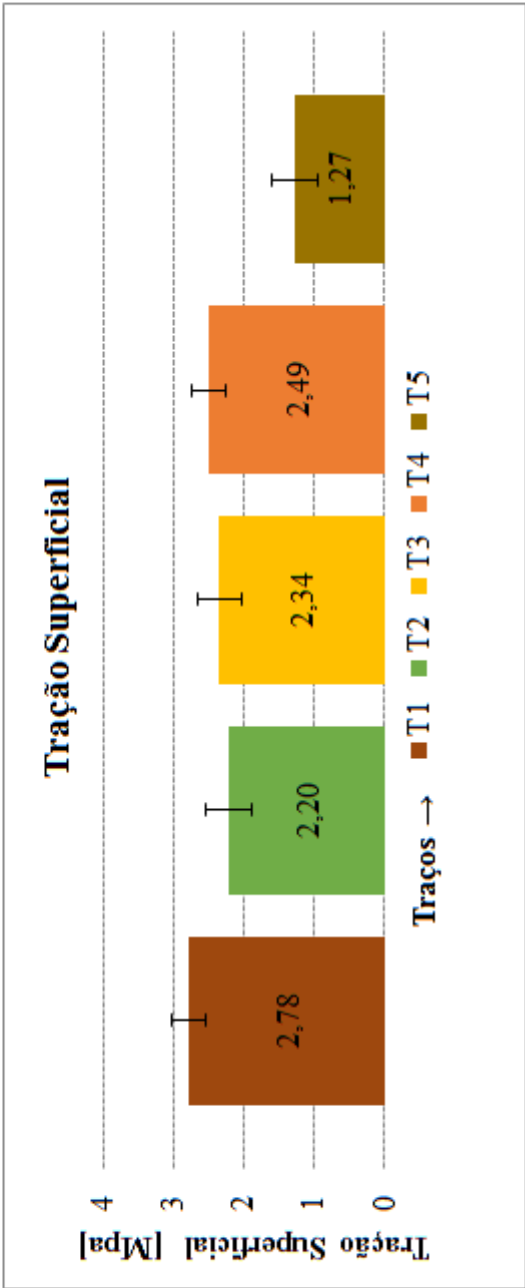
r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova ($17,85 \pm 0,2 \text{ mm}$)

RS→ É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = L/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do corpo de prova em (mm²)



ANOVA – TRAÇÃO SUPERFICIAL

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO SUPERFICIAL					
T1	T2	T3	T4	T5	
2,51	1,84	1,93	2,36	0,95	
3,05	2,55	1,94	2,57	0,78	
2,69	1,86	2,41	2,63	1,02	
2,52	2,46	2,09	2,68	1,30	
2,89	2,10	2,66	2,46	1,76	
2,60	2,79	2,64	1,94	1,87	
3,02	2,31	2,22	2,39	1,32	
2,63	1,81	2,35	2,65	1,18	
2,76	2,22	2,30	2,46	1,32	
3,16	2,08	2,85	2,78	1,21	
Anova: fator único					
RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia	
T1	10	27,83860958	2,783860958	0,055269658	
T2	10	22,01538242	2,201538242	0,107145355	
T3	10	23,3888211	2,33888211	0,095235986	
T4	10	24,92802468	2,492802468	0,055614462	
T5	10	12,71216985	1,271216985	0,114484582	
ANOVA					
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	13,06995994	4	3,267489984	38,19391767	6,27698E-14
Dentro dos grupos	3,849750386	45	0,085550009		2,578739184
Total	16,91971032	49			

TUKEY – TRAÇÃO SUPERFICIAL

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source DF SS MS F P
Factor 4 13,0700 3,2675 38,19 0,000
Error 45 3,8498 0,0856
Total 49 16,9197

S = 0,2925 R-Sq = 77,25% R-Sq(adj) = 75,22%

Traços	Grupos
T1	A
T2	B
T3	B
T4	AB
T5	C

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev						
T1	10	2,7839	0,2351						(--*--)
T2	10	2,2015	0,3273						(--*--)
T3	10	2,3389	0,3086						(--*--)
T4	10	2,4928	0,2358						(--*--)
T5	10	1,2712	0,3384	(-*--)					

1,50 2,00 2,50 3,00

StDev Agrupado = 0,2925

Agrupando Informações Usando o Método Tukey

Meios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos

Todas as comparações entre pares

UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

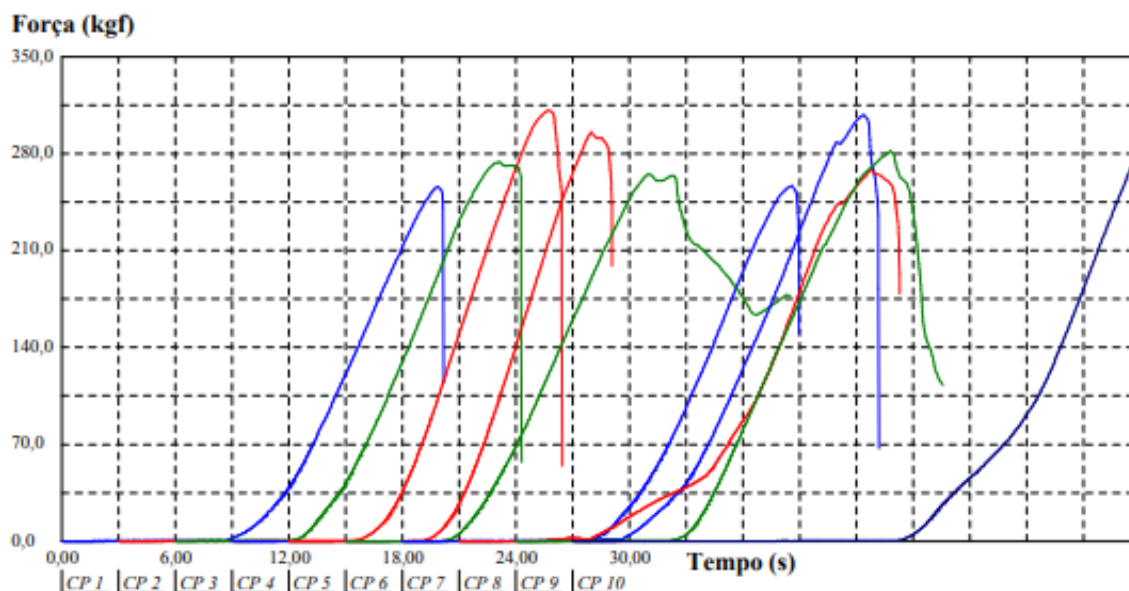
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **06/05/18** Hora: **17:14:34** TRB: **3402**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **TECA (100 %)** Traço: **T1** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	256,46	25,62
CP 2	35,7	311,66	31,14
CP 3	35,7	274,25	27,40
CP 4	35,7	256,74	25,65
CP 5	35,7	295,43	29,51
CP 6	35,7	265,50	26,52
CP 7	35,7	308,14	30,78
CP 8	35,7	268,39	26,81
CP 9	35,7	282,02	28,17
CP 10	35,7	322,96	32,26
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	284,2	28,39
Desv. Padrão	0,0000	24,00	2,397
Coef. Var. (%)	0,0000	8,445	8,445
Mínimo	35,70	256,5	25,62
Máximo	35,70	323,0	32,26



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

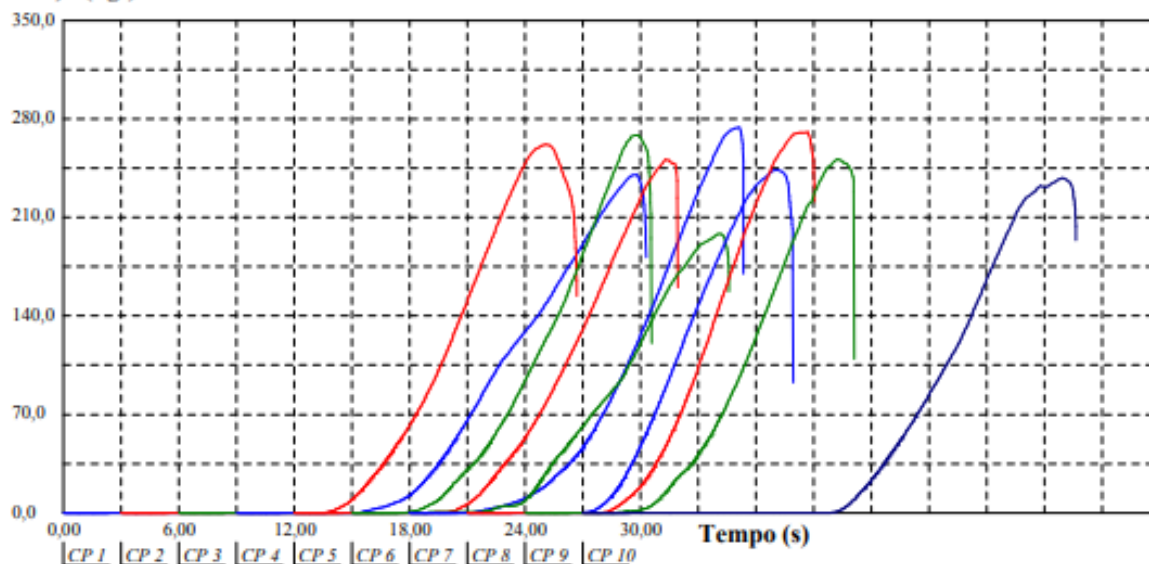
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **06/05/18** Hora: **17:30:37** TRB: **3403**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **TECA (90 %) Traço: T3 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (10 %)

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	240,58	24,03
CP 2	35,7	262,25	26,20
CP 3	35,7	268,74	26,85
CP 4	35,7	274,04	27,38
CP 5	35,7	251,17	25,09
CP 6	35,7	198,36	19,82
CP 7	35,7	244,04	24,38
CP 8	35,7	270,72	27,05
CP 9	35,7	251,24	25,10
CP 10	35,7	238,32	23,81
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	249,9	24,97
Desv. Padrão	0,0000	22,21	2,219
Coef. Var. (%)	0,0000	8,885	8,885
Mínimo	35,70	198,4	19,82
Máximo	35,70	274,0	27,38

Força (kgf)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

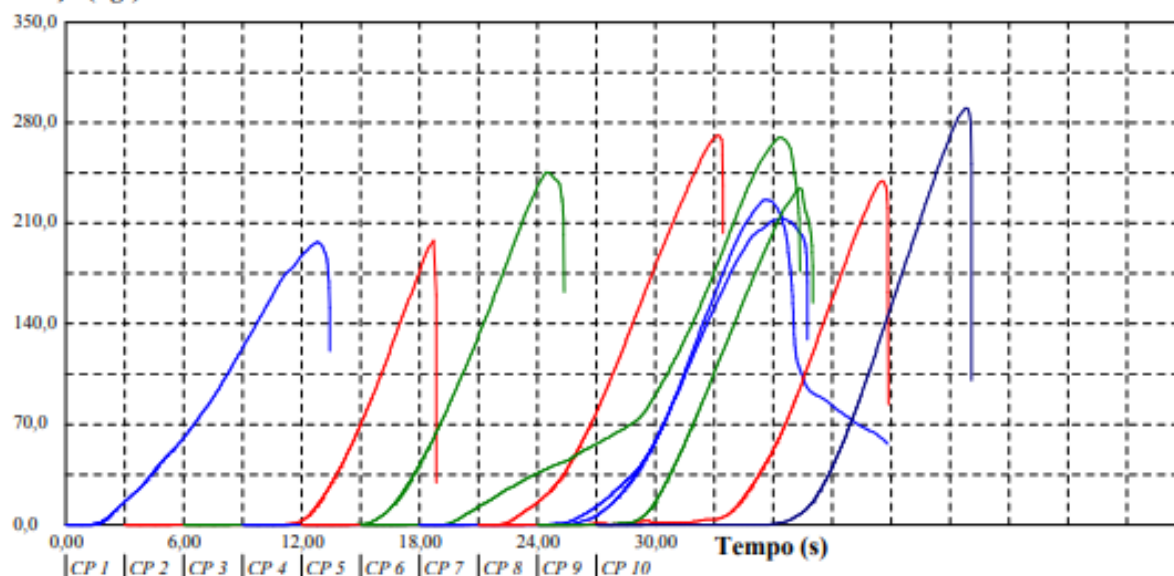
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **06/05/18** Hora: **17:42:40** TRB: **3404**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **TECA (80 %) Traço: T3 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (20 %)

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	197,09	19,69
CP 2	35,7	198,22	19,80
CP 3	35,7	245,73	24,55
CP 4	35,7	213,75	21,35
CP 5	35,7	271,57	27,13
CP 6	35,7	269,80	26,95
CP 7	35,7	226,60	22,64
CP 8	35,7	239,73	23,95
CP 9	35,7	234,44	23,42
CP 10	35,7	290,42	29,01
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	238,7	23,85
Desv.Padrão	0,0000	31,50	3,147
Coef.Var.(%)	0,0000	13,19	13,19
Mínimo	35,70	197,1	19,69
Máximo	35,70	290,4	29,01

Força (kgf)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

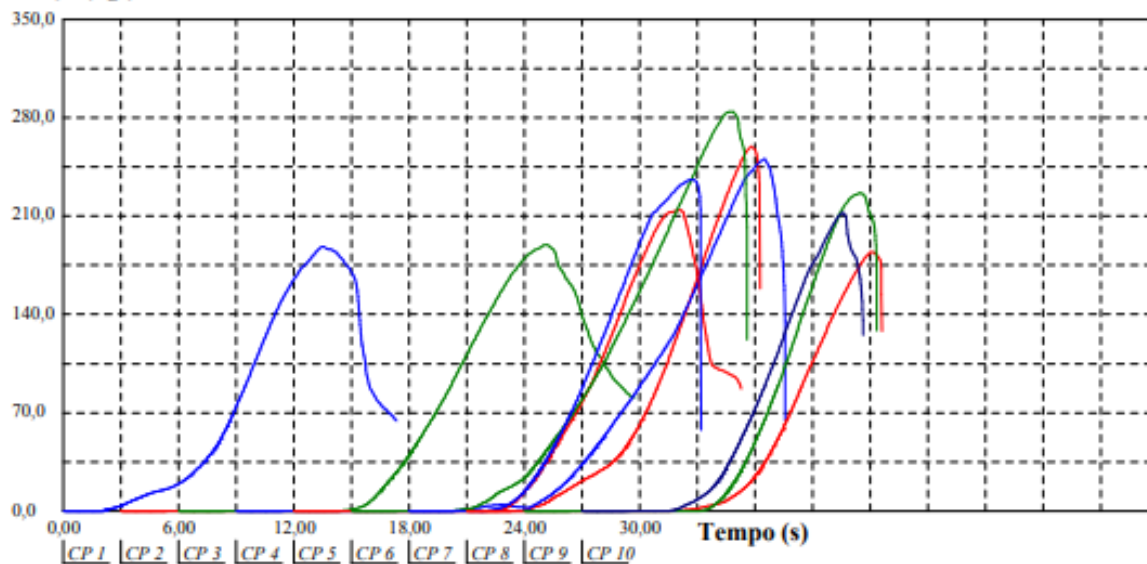
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **06/05/18** Hora: **17:54:22** TRB: **3405**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **TECA (70 %) Traço: T4 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (30 %)

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	188,27	18,81
CP 2	35,7	259,92	25,97
CP 3	35,7	189,61	18,94
CP 4	35,7	250,60	25,04
CP 5	35,7	214,32	21,41
CP 6	35,7	284,63	28,43
CP 7	35,7	235,92	23,57
CP 8	35,7	184,67	18,45
CP 9	35,7	226,60	22,64
CP 10	35,7	212,62	21,24
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	224,7	22,45
Desv. Padrão	0,0000	33,41	3,338
Coef. Var. (%)	0,0000	14,87	14,87
Mínimo	35,70	184,7	18,45
Máximo	35,70	284,6	28,43

Força (kgf)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

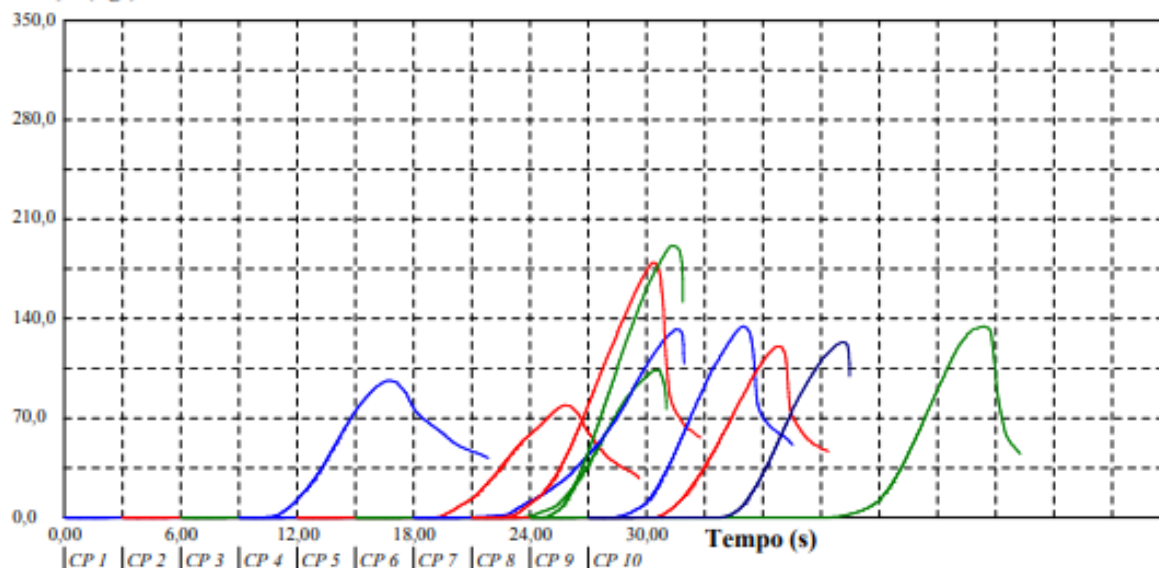
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **06/05/18** Hora: **16:40:55** TRB: **3406**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **AM (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	96,92	9,68
CP 2	35,7	79,49	7,94
CP 3	35,7	103,98	10,39
CP 4	35,7	132,71	13,26
CP 5	35,7	179,66	17,95
CP 6	35,7	191,38	19,12
CP 7	35,7	134,83	13,47
CP 8	35,7	120,64	12,05
CP 9	35,7	134,41	13,43
CP 10	35,7	123,54	12,34
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	129,8	12,96
Desv. Padrão	0,0000	34,54	3,450
Coef. Var. (%)	0,0000	26,62	26,62
Mínimo	35,70	79,49	7,941
Máximo	35,70	191,4	19,12

Força (kgf)



APÊNDICE H – Ensaios mecânicos: dados de resistência ao arrancamento de parafuso (TOPO)

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO				
COMPOSIÇÃO: T1 - 100% (T) TECA				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	126,92	1245,09
	P 14	CP2	147,18	1443,84
Painel 2	P 13	CP3	167,73	1645,43
	P 14	CP4	152,13	1492,40
Painel 3	P 13	CP5	100,88	989,63
	P 14	CP6	120,71	1184,17
Painel 4	P 13	CP7	153,54	1506,23
	P 14	CP8	117,32	1150,91
Painel 5	P 13	CP9	131,80	1292,96
	P 14	CP10	127,28	1248,62

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO - T1	
Valor Máximo (N)	1645,43
Valor Médio (N)	1319,93
Valor Mínimo (N)	989,63
Coef. Variação (%)	15,01
Desvio Padrão (N)	198,12

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO				
COMPOSIÇÃO: T2 - 90% (T) TECA - 10% (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	143,16	1404,40
	P 14	CP2	142,24	1395,37
Painel 2	P 13	CP3	150,08	1472,28
	P 14	CP4	145,35	1425,88
Painel 3	P 13	CP5	136,38	1337,89
	P 14	CP6	129,89	1274,22
Painel 4	P 13	CP7	163,07	1599,72
	P 14	CP8	128,13	1256,96
Painel 5	P 13	CP9	128,76	1263,14
	P 14	CP10	128,34	1259,02

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO - T2	
Valor Máximo (N)	1599,72
Valor Médio (N)	1368,89
Valor Mínimo (N)	1256,96
Coef. Variação (%)	8,25
Desvio Padrão (N)	112,99

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO				
COMPOSIÇÃO: T3 - 80 % (T) TECA - 20 % (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA		FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	90,43	887,12
	P 14	CP2	114,85	1126,68
Painel 2	P 13	CP3	106,52	1044,96
	P 14	CP4	139,98	1373,20
Painel 3	P 13	CP5	118,95	1166,90
	P 14	CP6	110,83	1087,24
Painel 4	P 13	CP7	64,45	632,25
	P 14	CP8	114,78	1125,99
Painel 5	P 13	CP9	50,47	495,11
	P 14	CP10	151,77	1488,86

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO - T3	
Valor Máximo (N)	1488,86
Valor Médio (N)	1042,83
Valor Mínimo (N)	495,11
Coef. Variação (%)	29,16
Desvio Padrão (N)	304,09

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO				
COMPOSIÇÃO: T4 - 70 % (T) TECA - 30% (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE		FORÇA (N)
		PROVA		
Painel 1	P 13	CP1	91,21	894,77
	P 14	CP2	117,47	1152,38
Painel 2	P 13	CP3	127,49	1250,68
	P 14	CP4	103,91	1019,36
Painel 3	P 13	CP5	148,10	1452,86
	P 14	CP6	141,61	1389,19
Painel 4	P 13	CP7	87,04	853,86
	P 14	CP8	98,83	969,52
Painel 5	P 13	CP9	138,64	1360,06
	P 14	CP10	126,92	1245,09

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO - T4	
Valor Máximo (N)	1452,86
Valor Médio (N)	1158,78
Valor Mínimo (N)	853,86
Coef. Variação (%)	18,51
Desvio Padrão (N)	214,46

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO				
COMPOSIÇÃO: T5 - 100 % (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA		FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	77,16	756,94
	P 14	CP2	69,60	682,78
Painel 2	P 13	CP3	51,89	509,04
	P 14	CP4	58,87	577,51
Painel 3	P 13	CP5	47,30	464,01
	P 14	CP6	38,90	381,61
Painel 4	P 13	CP7	71,65	702,89
	P 14	CP8	93,96	921,75
Painel 5	P 13	CP9	64,17	629,51
	P 14	CP10	116,27	1140,61

Onde:

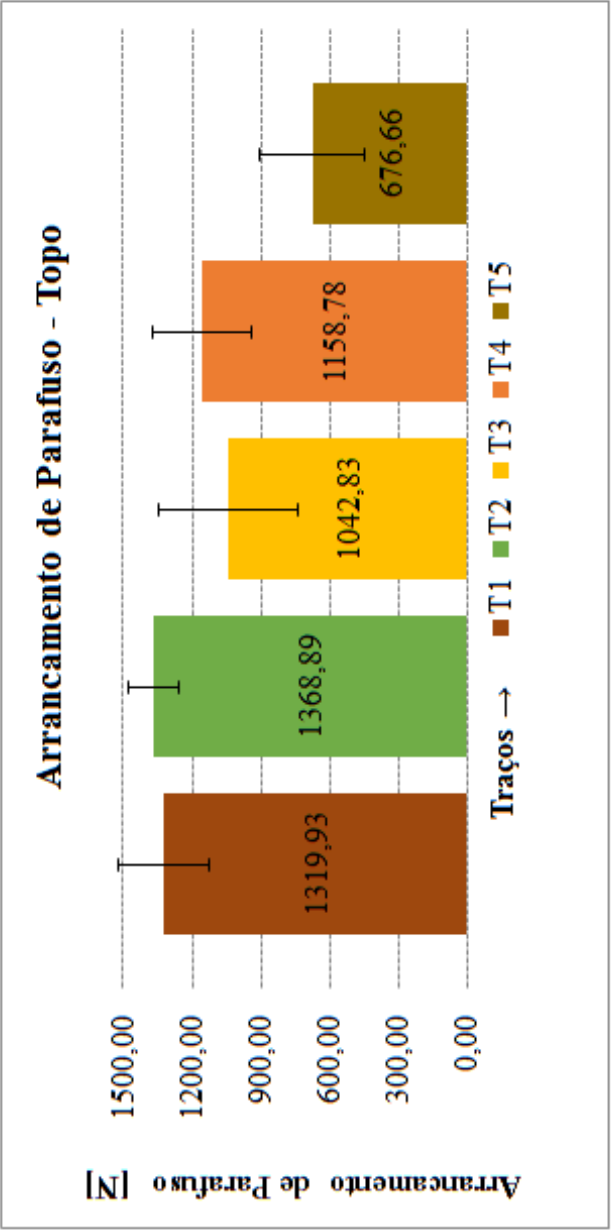
1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSO TOPO - T5	
Valor Máximo (N)	1140,61
Valor Médio (N)	676,66
Valor Mínimo (N)	464,01
Coef. Variação (%)	33,23
Desvio Padrão (N)	224,82

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	1645,43	1599,72	1488,86	1452,86	1140,61
Valor Médio (N)	1319,93	1368,89	1042,83	1158,78	676,66
Valor Mínimo (N)	989,63	1256,96	495,11	853,86	464,01
Coef. Variação (%)	15,01	8,25	29,16	18,51	33,23
Desvio Padrão (N)	198,12	112,99	304,09	214,46	224,82

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)



ANOVA - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (TOPO)

Análise de Tukey para Arrancamento de Parafuso - Topo

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO					
T1	T2	T3	T4	T5	
1245,09	1404,40	887,12	894,77	756,94	
1443,84	1395,37	1126,68	1152,38	682,78	
1645,43	1472,28	1044,96	1250,68	509,04	
1492,40	1425,88	1373,20	1019,36	577,51	
989,63	1337,89	1166,90	1452,86	464,01	
1184,17	1274,22	1087,24	1389,19	381,61	
1506,23	1599,72	632,25	853,86	702,89	
1150,91	1256,96	1125,99	969,52	921,75	
1292,96	1263,14	495,11	1360,06	629,51	
1248,62	1259,02	1488,86	1245,09	1140,61	

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	13199,2569	1319,92569	39251,76988
T2	10	13688,874	1368,8874	12765,693
T3	10	10428,3243	1042,83243	92469,37852
T4	10	11587,7682	1158,77682	45995,00636
T5	10	6766,6437	676,66437	50545,50094

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	3057035,189	4	764258,7973	15,85419251	3,61998E-08	2,578739184
Dentro dos grupos	2169246,138	45	48205,46974			
Total	5226281,328	49				

TUKEY - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (TOPO)

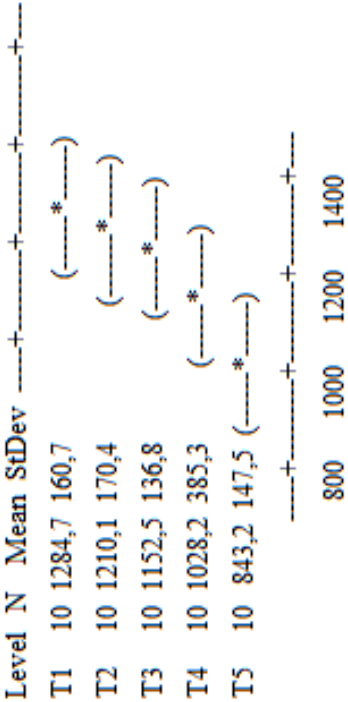
One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	1200276	300069	6,15	0,000
Error	45	2193981	48755		
Total	49	3394257			

S = 220,8 R-Sq = 35,36% R-Sq(adj) = 29,62%

Traços	Grupos
T1	AB
T2	A
T3	B
T4	AB
T5	C

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev



StDev Agrupado = 220,8

Agrupando Informações Usando o Método Tukey

Meios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos

Todas as comparações entre pares

UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

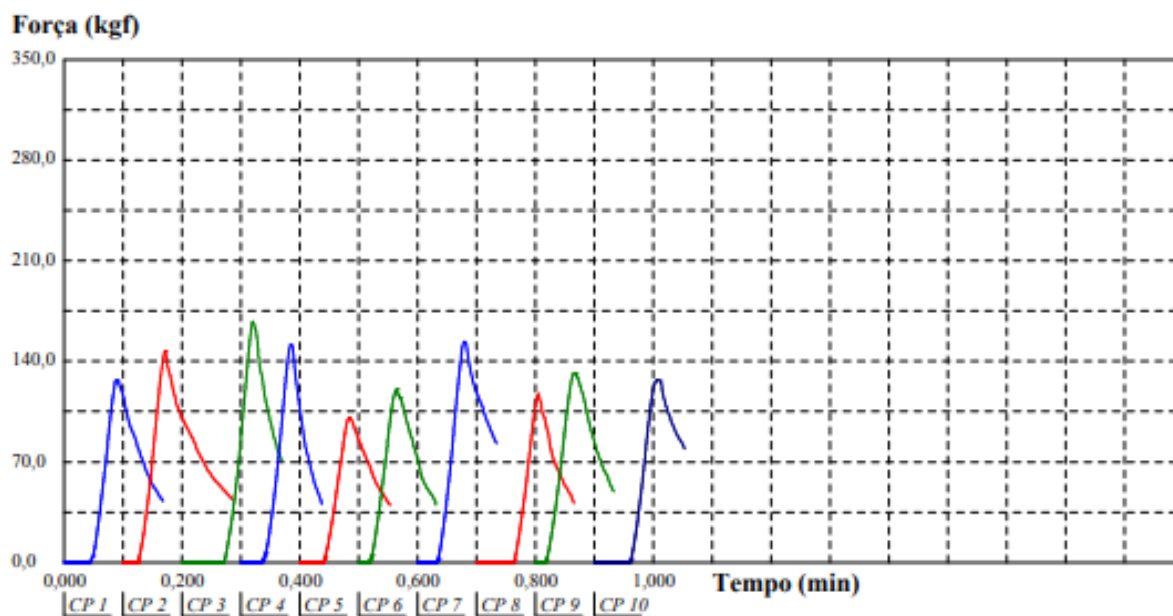
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:24:22** TRB: **3366**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **TECA (100 %)** Traço: **T1** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	126,92
CP 2	147,18
CP 3	167,73
CP 4	152,13
CP 5	100,88
CP 6	120,71
CP 7	153,54
CP 8	117,32
CP 9	131,80
CP 10	127,28
Número CPs	10
Média	134,5
Desv.Padrão	20,20
Coef.Var.(%)	15,01
Mínimo	100,9
Máximo	167,7



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

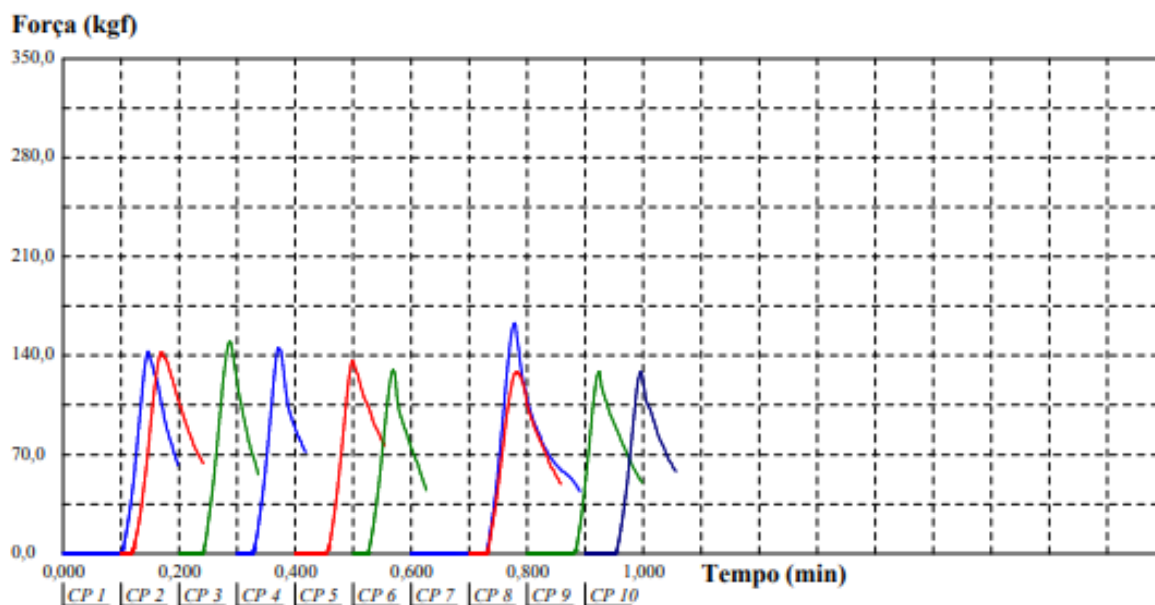
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:24:29** TRB: **3367**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T2** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (10 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	143,16
CP 2	142,24
CP 3	150,08
CP 4	145,35
CP 5	136,38
CP 6	129,89
CP 7	163,07
CP 8	128,13
CP 9	128,76
CP 10	128,34
Número CPs	10
Média	139,5
Desv. Padrão	11,52
Coef. Var. (%)	8,254
Mínimo	128,1
Máximo	163,1



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

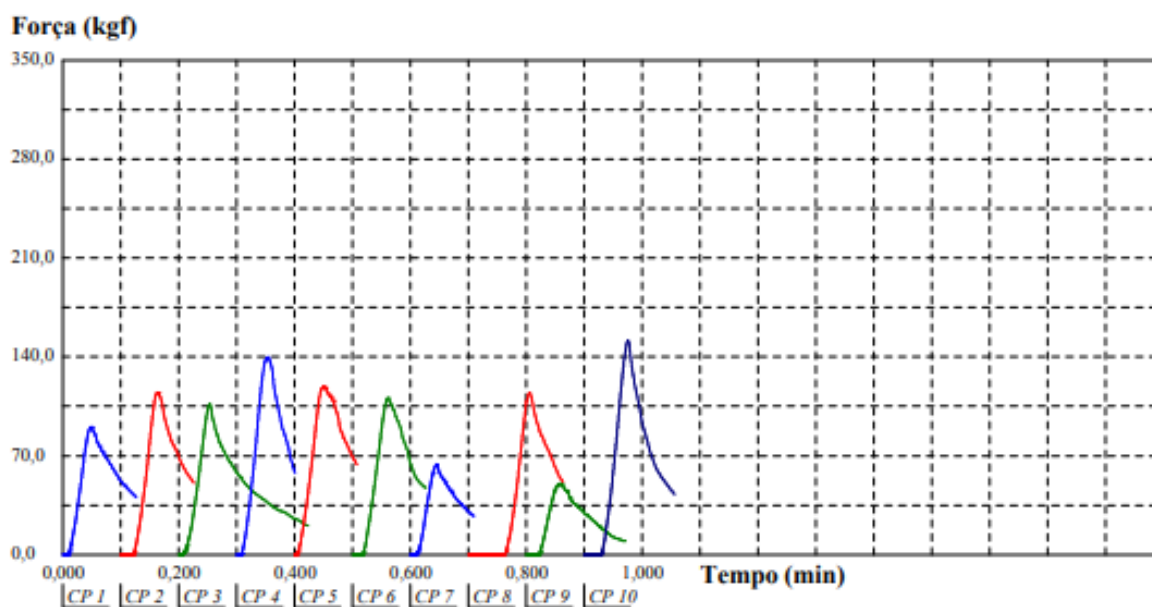
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:25:33** TRB: **3368**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **TECA (80 %) Traço: T3 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (20 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	90,43
CP 2	114,85
CP 3	106,52
CP 4	139,98
CP 5	118,95
CP 6	110,83
CP 7	64,45
CP 8	114,78
CP 9	50,47
CP 10	151,77
Número CPs	10
Média	106,3
Desv.Padrão	31,00
Coef.Var.(%)	29,16
Mínimo	50,47
Máximo	151,8



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

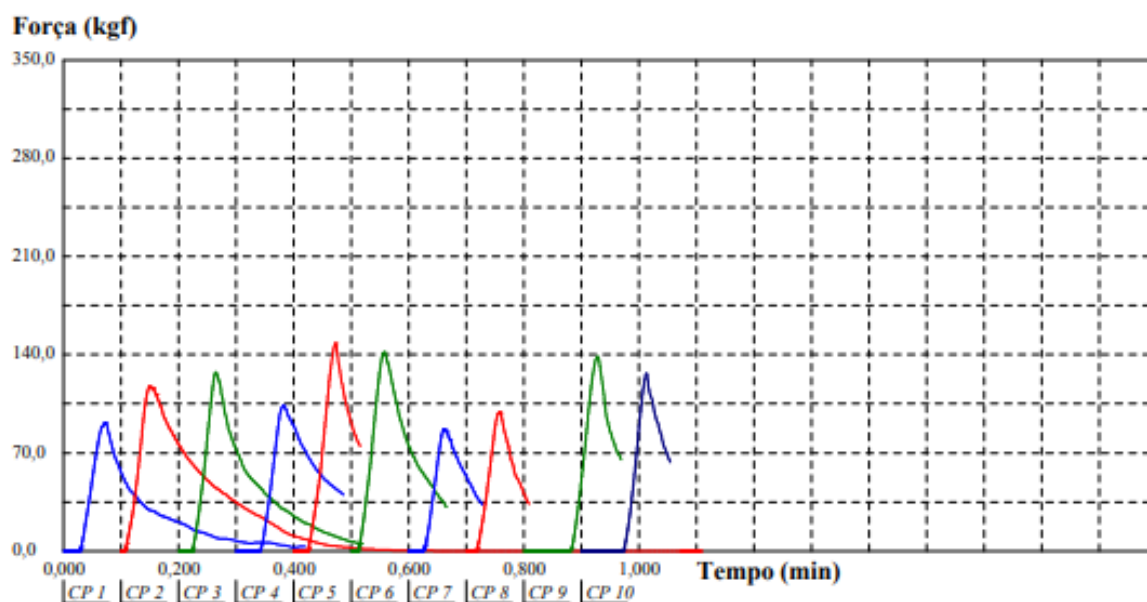
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:26:10** TRB: **3369**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **TECA (70 %) Traço: T4 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (30 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	91,21
CP 2	117,47
CP 3	127,49
CP 4	103,91
CP 5	148,10
CP 6	141,61
CP 7	87,04
CP 8	98,83
CP 9	138,64
CP 10	126,92
Número CPs	10
Média	118,1
Desv. Padrão	21,86
Coef. Var. (%)	18,51
Mínimo	87,04
Máximo	148,1



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

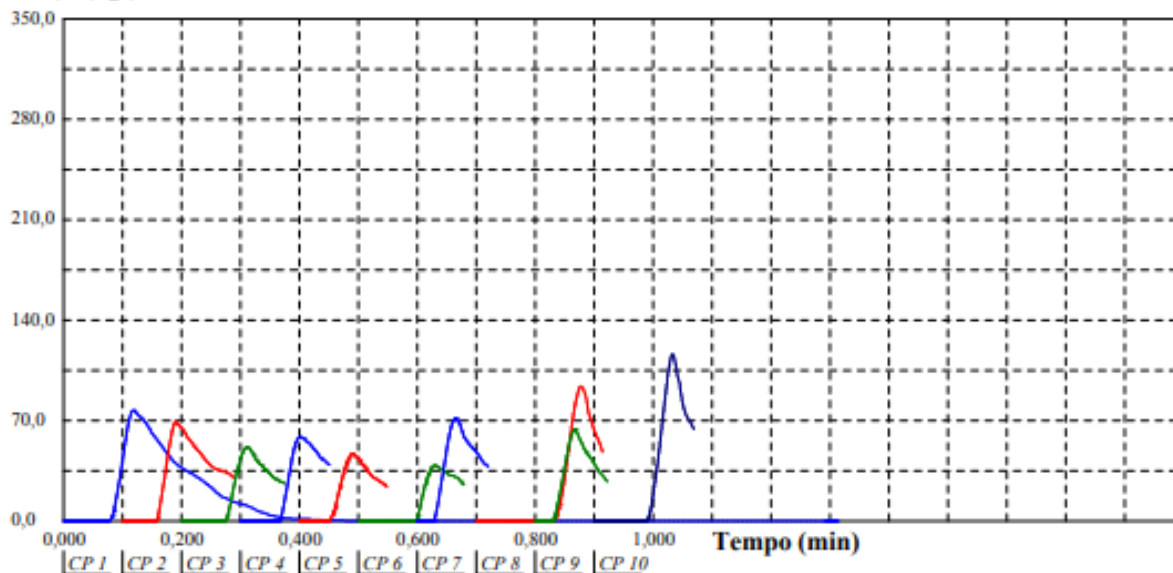
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:26:41** TRB: **3370**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **AM (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	77,16
CP 2	69,60
CP 3	51,89
CP 4	58,87
CP 5	47,30
CP 6	38,90
CP 7	71,65
CP 8	93,96
CP 9	64,17
CP 10	116,27
Número CPs	10
Média	68,98
Desv.Padrão	22,92
Coef.Var.(%)	33,23
Mínimo	38,90
Máximo	116,3

Força (kgf)



APÊNDICE I – Ensaios mecânicos: dados de resistência ao arrancamento de parafuso (SUPERFÍCIE)

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
COMPOSIÇÃO: T1 - 100% TECA				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	149,59	1466,98
	P 14	CP2	127,21	1247,50
Painel 2	P 13	CP3	129,18	1266,82
	P 14	CP4	135,04	1324,29
Painel 3	P 13	CP5	125,87	1234,36
	P 14	CP6	119,80	1174,84
Painel 4	P 13	CP7	147,11	1442,66
	P 14	CP8	157,35	1543,08
Painel 5	P 13	CP9	110,55	1084,13
	P 14	CP10	108,36	1062,65

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSOS SUPERFÍCIE - T1	
Valor Máximo (N)	1543,08
Valor Médio (N)	1284,73
Valor Mínimo (N)	1062,65
Coef. Variação (%)	12,51
Desvio Padrão (N)	160,67

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
COMPOSIÇÃO: T2 - 90 % (T) TECA - 10 % (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	119,30	1169,93
	P 14	CP2	140,20	1374,89
Painel 2	P 13	CP3	124,45	1220,44
	P 14	CP4	128,69	1262,02
Painel 3	P 13	CP5	130,60	1280,75
	P 14	CP6	131,73	1291,83
Painel 4	P 13	CP7	140,55	1378,32
	P 14	CP8	128,13	1256,53
Painel 5	P 13	CP9	108,50	1064,02
	P 14	CP10	81,82	802,38

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSOS SUPERFÍCIE - T2	
Valor Máximo (N)	1378,32
Valor Médio (N)	1210,11
Valor Mínimo (N)	802,38
Coef. Variação (%)	14,08
Desvio Padrão (N)	170,38

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
COMPOSIÇÃO: T3 - 80% (T) TECA - 20% (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	124,67	1222,60
	P 14	CP2	116,12	1138,75
Painel 2	P 13	CP3	134,62	1320,17
	P 14	CP4	126,78	1243,29
Painel 3	P 13	CP5	118,95	1166,50
	P 14	CP6	105,11	1030,78
Painel 4	P 13	CP7	108,43	1063,34
	P 14	CP8	123,25	1208,67
Painel 5	P 13	CP9	87,53	858,38
	P 14	CP10	129,75	1272,41

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSOS SUPERFÍCIE - T3	
Valor Máximo (N)	1320,17
Valor Médio (N)	1152,49
Valor Mínimo (N)	858,38
Coef. Variação (%)	11,87
Desvio Padrão (N)	136,81

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
COMPOSIÇÃO: T4 - 70% (T) TECA - 30% (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	99,25	973,31
	P 14	CP2	94,81	929,77
Painel 2	P 13	CP3	114,08	1118,74
	P 14	CP4	113,44	1112,47
Painel 3	P 13	CP5	114,78	1125,61
	P 14	CP6	118,17	1158,85
Painel 4	P 13	CP7	129,96	1274,47
	P 14	CP8	121,35	1190,04
Painel 5	P 13	CP9	142,67	1399,11
	P 14	CP10	0,00	0,00

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSOS SUPERFÍCIE - T4	
Valor Máximo (N)	1399,11
Valor Médio (N)	1142,49
Valor Mínimo (N)	929,77
Coef. Variação (%)	33,73
Desvio Padrão (N)	385,31

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE
COMPOSIÇÃO: T5 - 100% (A) AMENDOIM

PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 13	CP1	113,37	1111,78
	P 14	CP2	62,83	616,15
Painel 2	P 13	CP3	104,05	1020,38
	P 14	CP4	71,44	700,59
Painel 3	P 13	CP5	78,29	767,76
	P 14	CP6	87,04	853,57
Painel 4	P 13	CP7	86,62	849,45
	P 14	CP8	95,02	931,83
Painel 5	P 13	CP9	82,88	812,78
	P 14	CP10	78,29	767,76

Onde:

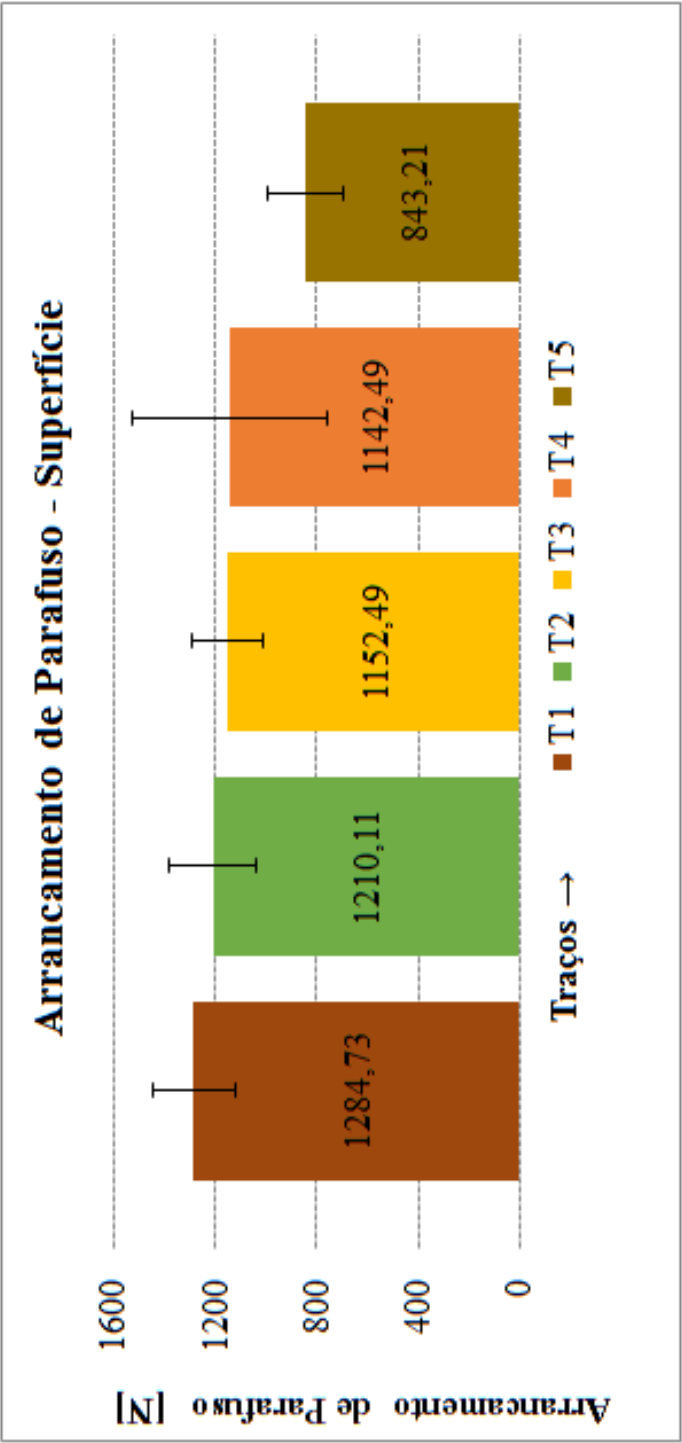
1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARRANCAMENTO DE PARAFUSOS SUPERFÍCIE - T5	
Valor Máximo (N)	1111,78
Valor Médio (N)	843,21
Valor Mínimo (N)	616,15
Coef. Variação (%)	17,49
Desvio Padrão (N)	147,47

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	1543,08	1378,32	1320,17	1399,11	1111,78
Valor Médio (N)	1284,73	1210,11	1152,49	1142,49	843,21
Valor Mínimo (N)	1062,65	802,38	858,38	929,77	616,15
Coef. Variação (%)	12,51	14,08	11,87	33,73	17,49
Desvio Padrão (N)	160,67	170,38	136,81	385,31	147,47

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)



ANOVA - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (SUPERFÍCIE)

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE					
T1	T2	T3	T4	T5	
1466,98	1169,93	1222,60	973,31	1111,78	
1247,50	1374,89	1138,75	929,77	616,15	
1266,82	1220,44	1320,17	1118,74	1020,38	
1324,29	1262,02	1243,29	1112,47	700,59	
1234,36	1280,75	1166,50	1125,61	767,76	
1174,84	1291,83	1030,78	1158,85	853,57	
1442,66	1378,32	1063,34	1274,47	849,45	
1543,08	1256,53	1208,67	1190,04	931,83	
1084,13	1064,02	858,38	1399,11	812,78	
1062,65	802,38	1272,41	0,00	767,76	
Anova: fator único					
RESUMO					
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia	
T1	10	12847,2999	1284,72999	25816,07881	
T2	10	12101,1119	1210,11119	29030,28294	
T3	10	11524,87315	1152,487315	18718,25192	
T4	10	10282,37059	1028,237059	148463,6385	
T5	10	8432,05187	843,205187	21747,41514	
ANOVA					
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P
Entre grupos	1200275,891	4	300068,9727	6,154612886	0,000487662
Dentro dos grupos	2193981,006	45	48755,13347		2,578739184
Total	3394256,897	49			

TUKEY – ARRANCAMENTO DE PARAFUSO (SUPERFÍCIE)

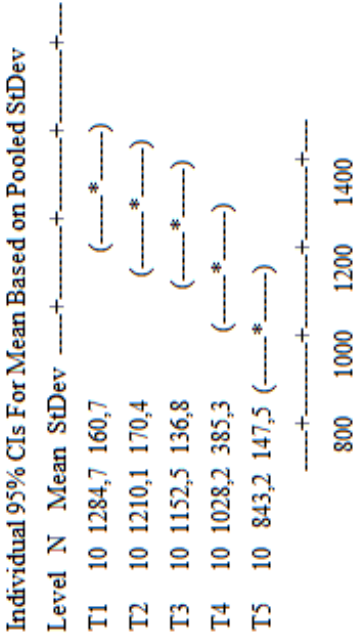
Análise de Tukey para Arrancamento de Parafuso - Superfície

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	1200276	300069	6,15	0,000
Error	45	2193981	48755		
Total	49	3394257			

S = 220,8 R-Sq = 35,36% R-Sq(adj) = 29,62%

Traços	Grupos
T1	A
T2	A
T3	A
T4	AB
T5	B



StDev Agrupado = 220,8
Agrupando Informações Usando o Método Tukey
Meios que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.
Tukey 95% Intervalos de Confiança Simultâneos
Todas as comparações entre pares

UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

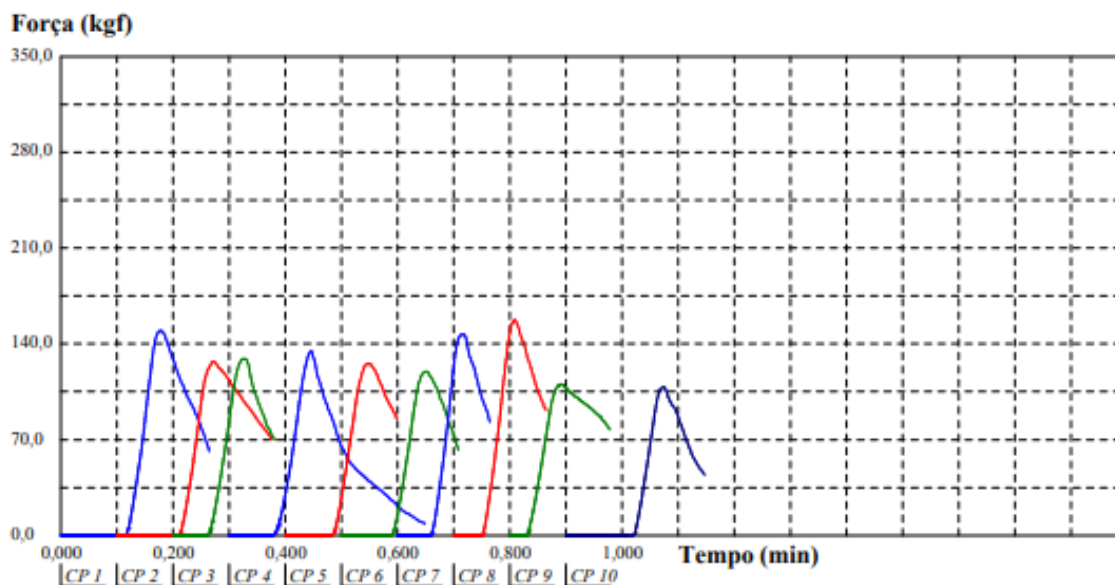
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:11:36** TRB: **3354**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **TECA (100 %)** Traço: **T1** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	149,59
CP 2	127,21
CP 3	129,18
CP 4	135,04
CP 5	125,87
CP 6	119,80
CP 7	147,11
CP 8	157,35
CP 9	110,55
CP 10	108,36
Número CPs	10
Média	131,0
Desv. Padrão	16,39
Coef. Var. (%)	12,51
Mínimo	108,4
Máximo	157,4



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

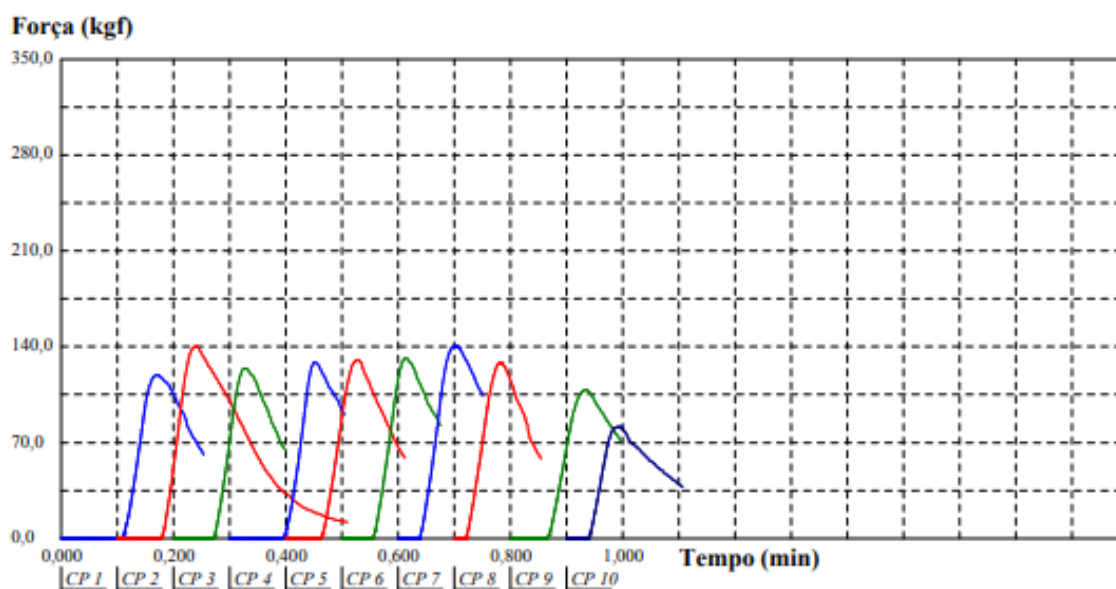
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:14:12** TRB: **3355**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **TECA (90 %) Traço: T2 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (10 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	119,30
CP 2	140,20
CP 3	124,45
CP 4	128,69
CP 5	130,60
CP 6	131,73
CP 7	140,55
CP 8	128,13
CP 9	108,50
CP 10	81,82
Número CPs	10
Média	123,4
Desv.Padrão	17,37
Coef.Var.(%)	14,08
Mínimo	81,82
Máximo	140,5



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

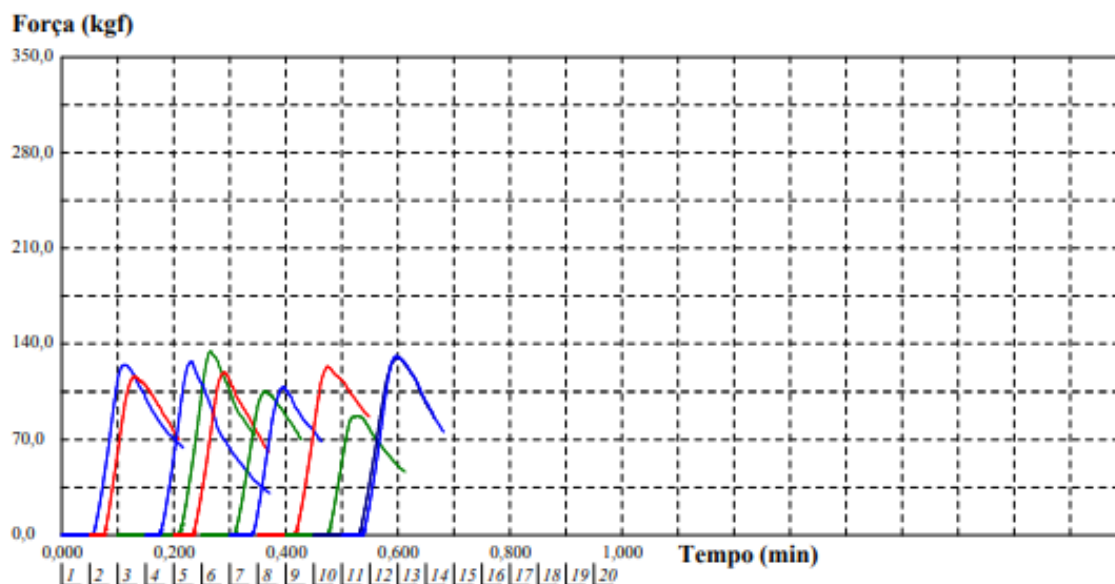
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:14:50** TRB: **3356**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **TECA (80 %) Traço: T3 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (20 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	124,67
CP 2	116,12
CP 3	134,62
CP 4	126,78
CP 5	118,95
CP 6	105,11
CP 7	108,43
CP 8	123,25
CP 9	87,53
CP 10	129,75
CP 11 (R)	131,02
Número CPs	10
Média	117,5
Desv. Padrão	13,95
Coef. Var. (%)	11,87
Mínimo	87,53
Máximo	134,6



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

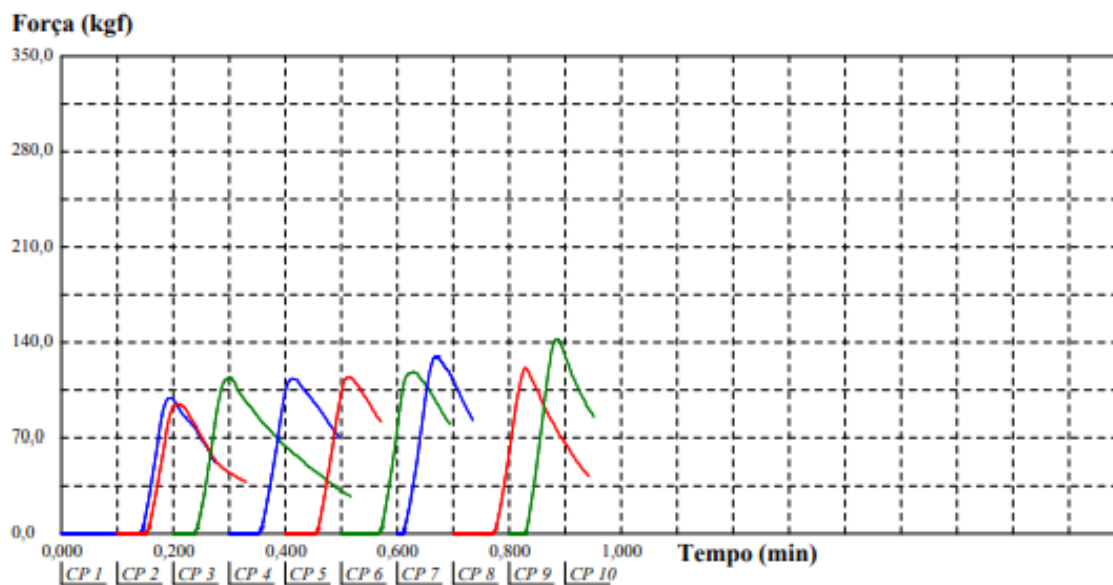
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:15:23** TRB: **3357**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **TECA (70 %) Traço: T4 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (30 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	99,25
CP 2	94,81
CP 3	114,08
CP 4	113,44
CP 5	114,78
CP 6	118,17
CP 7	129,96
CP 8	121,35
CP 9	142,67
Número CPs	9
Média	116,5
Desv.Padrão	14,48
Coef.Var.(%)	12,43
Mínimo	94,81
Máximo	142,7



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

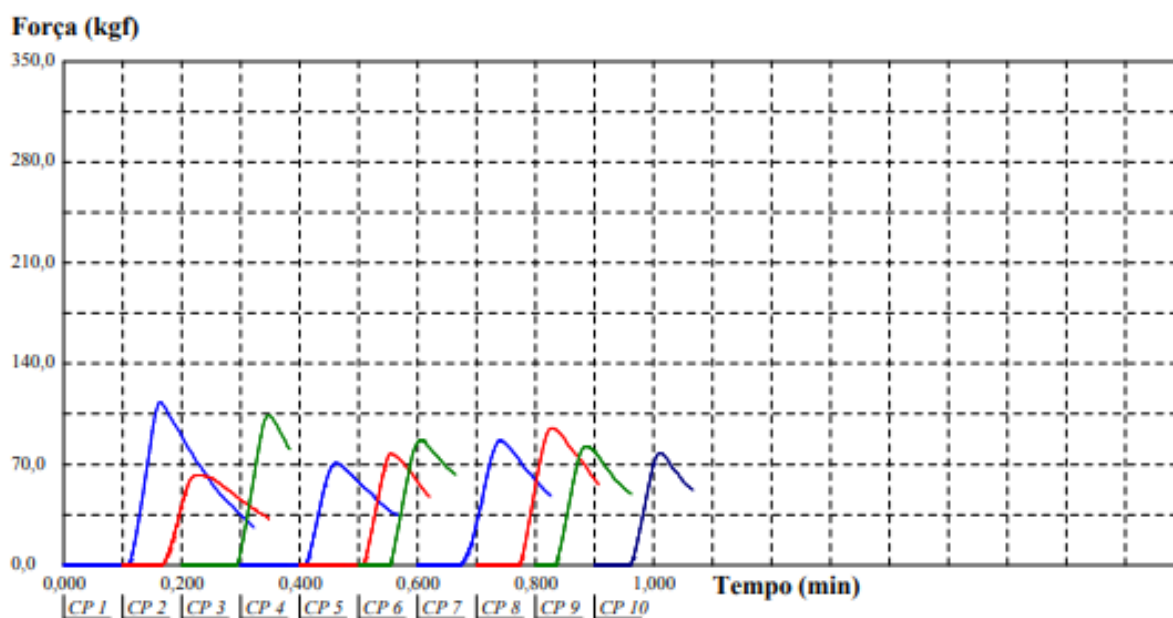
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:15:56** TRB: **3358**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **AM (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	113,37
CP 2	62,83
CP 3	104,05
CP 4	71,44
CP 5	78,29
CP 6	87,04
CP 7	86,62
CP 8	95,02
CP 9	82,88
CP 10	78,29
Número CPs	10
Média	85,98
Desv.Padrão	15,04
Coef.Var.(%)	17,49
Mínimo	62,83
Máximo	113,4



APÊNDICE J – Ensaios mecânicos: dados de resistência a dureza Janka

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - DUREZA JANKA				
COMPOSIÇÃO: T1 - 100% TECA				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	865,81	8490,70
Painel 2	P 10	CP2	795,71	7803,25
Painel 3	P 10	CP3	778,05	7630,06
Painel 4	P 10	CP4	777,55	7625,16
Painel 5	P 10	CP5	646,69	6341,86

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T1	
Valor Máximo (N)	8490,7
Valor Médio (N)	7578,21
Valor Mínimo (N)	6341,86
Coef. Variação (%)	10,26
Desvio Padrão (N)	777,29

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - DUREZA JANKA				
COMPOSIÇÃO: T2 -90% (T) TECA - 10% (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	613,97	6020,99
Painel 2	P 10	CP2	829,77	8137,26
Painel 3	P 10	CP3	780,52	7654,29
Painel 4	P 10	CP4	778,12	7630,75
Painel 5	P 10	CP5	704,98	6913,49

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T2	
Valor Máximo (N)	8137,26
Valor Médio (N)	7271,36
Valor Mínimo (N)	6020,99
Coef. Variação (%)	11,33
Desvio Padrão (N)	824,18

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - DUREZA JANKA				
COMPOSIÇÃO: T3 - 80 % (T) TECA - 20 % (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	542,68	5321,87
Painel 2	P 10	CP2	546,70	5361,30
Painel 3	P 10	CP3	637,01	6246,93
Painel 4	P 10	CP4	648,60	6360,59
Painel 5	P 10	CP5	668,88	6559,47

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T3	
Valor Máximo (N)	6559,47
Valor Médio (N)	5970,03
Valor Mínimo (N)	5321,87
Coef. Variação (%)	9,79
Desvio Padrão (N)	584,66

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - DUREZA JANKA				
COMPOSIÇÃO: T4 - 70 % (T) TECA - 30 % (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	598,57	5869,97
Painel 2	P 10	CP2	783,98	7688,22
Painel 3	P 10	CP3	692,34	6789,54
Painel 4	P 10	CP4	642,38	6299,60
Painel 5	P 10	CP5	556,60	5458,38

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T4	
Valor Máximo (N)	6789,54
Valor Médio (N)	6421,14
Valor Mínimo (N)	5458,38
Coef. Variação (%)	13,46
Desvio Padrão (N)	864,10

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - DUREZA JANKA				
COMPOSIÇÃO: T5 - 100% (A) AMENDOIM				
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	810,48	7948,09
Painel 2	P 10	CP2	722,30	7083,34
Painel 3	P 10	CP3	856,48	8399,20
Painel 4	P 10	CP4	848,99	8325,75
Painel 5	P 10	CP5	803,91	7883,66

Onde:

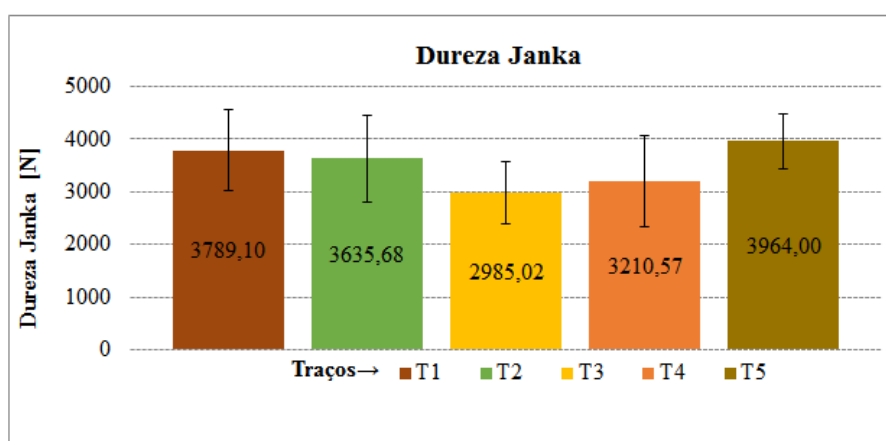
1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T5	
Valor Máximo (N)	8399,2
Valor Médio (N)	7928,01
Valor Mínimo (N)	7083,34
Coef. Variação (%)	6,60
Desvio Padrão (N)	523,46

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - DUREZA JANKA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	8490,70	8137,26	6559,47	6789,54	8399,20
Valor Médio (N)	3789,10	3635,68	2985,02	3210,57	3964,00
Valor Mínimo (N)	6341,86	6020,99	5321,87	5458,38	7083,34
Coef. Variação (%)	20,51	22,67	19,59	26,91	13,21
Desvio Padrão (N)	777,29	824,18	584,66	864,10	523,46

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)



ANOVA – DUREZA JANKA

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DUREZA JANKA					
T1	T2	T3	T4	T5	
8490,70	6020,99	5321,87	5869,97	7948,09	
7803,25	8137,26	5361,30	7688,22	7083,34	
7630,06	7654,29	6246,93	6789,54	8399,20	
7625,16	7630,75	6360,59	6299,60	8325,75	
6341,86	6913,49	6559,47	5458,38	7883,66	

Anova: fator único
RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variancia
T1	5	37891,03234	7578,206467	604180,2948
T2	5	36356,78194	7271,356389	679270,2991
T3	5	29850,16774	5970,033547	341830,6949
T4	5	32105,69724	6421,139447	746667,5825
T5	5	39640,04836	7928,009673	274011,6852

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F critico
Entre grupos	13296871,92	4	3324217,981	6,281684685	0,00192042	2,866081402
Dentro dos grupos	10583842,23	20	529192,1113			
Total	23880714,15	24				

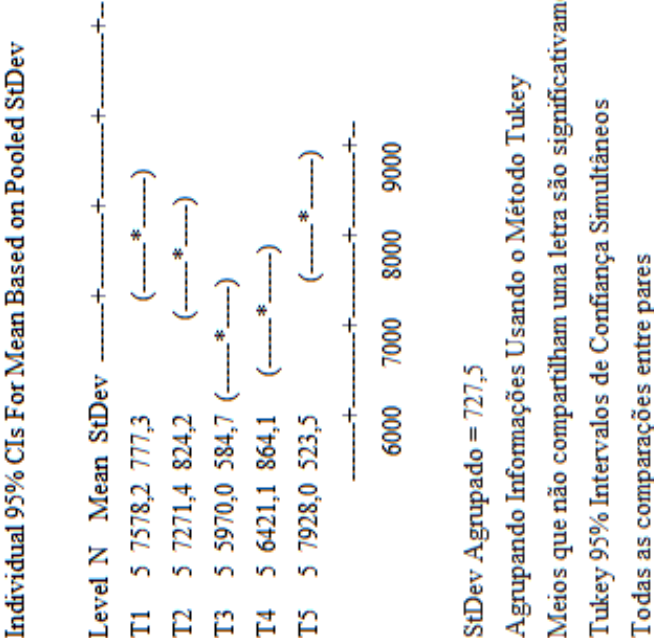
TUKEY – DUREZA JANKA

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	13296872	3324218	6,28	0,002
Error	20	10583842	529192		
Total	24	23880714			

S = 727,5 R-Sq = 55,68% R-Sq(adj) = 46,82%

Trços	Grupos
T1	AB
T2	ABC
T3	C
T4	BC
T5	A



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

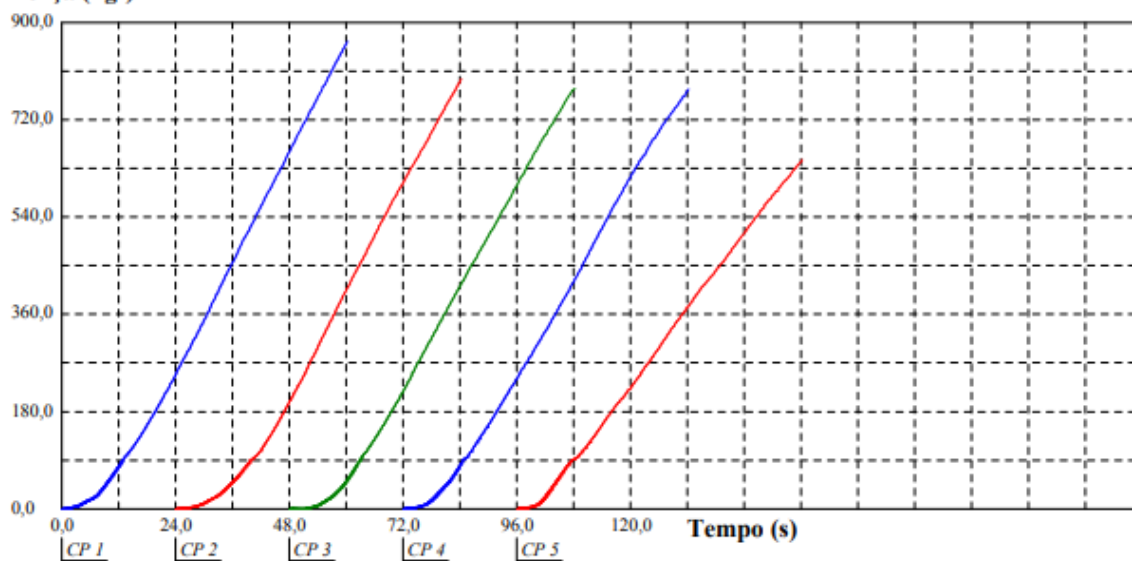
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **18/04/18** Hora: **12:15:56** TRB: **3330**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **TECA (100 %)** Traço: **T1** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (kgf/cm ²)
CP 1	1,00	865,81	865,78
CP 2	1,00	795,71	795,68
CP 3	1,00	778,05	778,02
CP 4	1,00	777,55	777,52
CP 5	1,00	646,69	646,66
Número CPs	5	5	5
Média	1,000	772,8	772,7
Desv.Padrão	0,0000	79,26	79,26
Coef.Var.(%)	0,0000	10,26	10,26
Mínimo	1,000	646,7	646,7
Máximo	1,000	865,8	865,8

Força (kgf)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

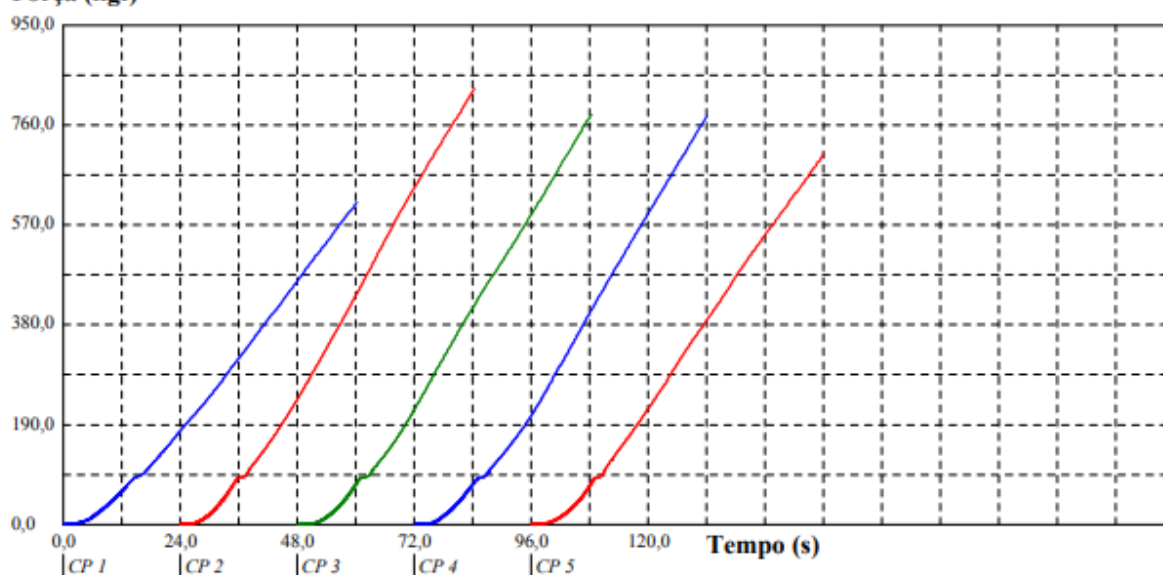
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **19/04/18** Hora: **10:41:18** TRB: **3337**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T2** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER AM (10 %)**

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (kgf/cm ²)
CP 1	1,00	613,97	613,95
CP 2	1,00	829,77	829,74
CP 3	1,00	780,52	780,49
CP 4	1,00	778,12	778,09
CP 5	1,00	704,98	704,96
Número CPs	5	5	5
Média	1,000	741,5	741,4
Desv.Padrão	0,0000	84,04	84,04
Coef.Var.(%)	0,0000	11,33	11,33
Mínimo	1,000	614,0	613,9
Máximo	1,000	829,8	829,7

Força (kgf)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

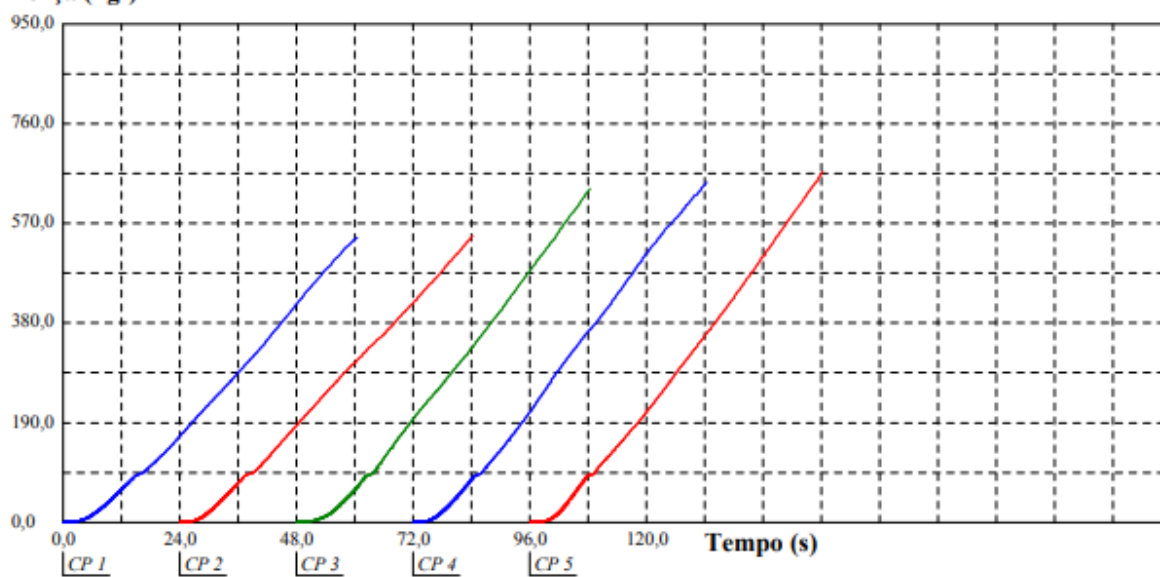
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **20/04/18** Hora: **15:06:27** TRB: **3342**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **TECA (80 %) Traço: T3 Projeto de Pesquisa: DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (20 %)

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (kgf/cm ²)
CP 1	1,00	542,68	542,66
CP 2	1,00	546,70	546,68
CP 3	1,00	637,01	636,98
CP 4	1,00	648,60	648,57
CP 5	1,00	668,88	668,85
Número CPs	5	5	5
Média	1,000	608,8	608,7
Desv.Padrão	0,0000	59,62	59,62
Coef.Var.(%)	0,0000	9,793	9,793
Mínimo	1,000	542,7	542,7
Máximo	1,000	668,9	668,9

Força (kgf)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

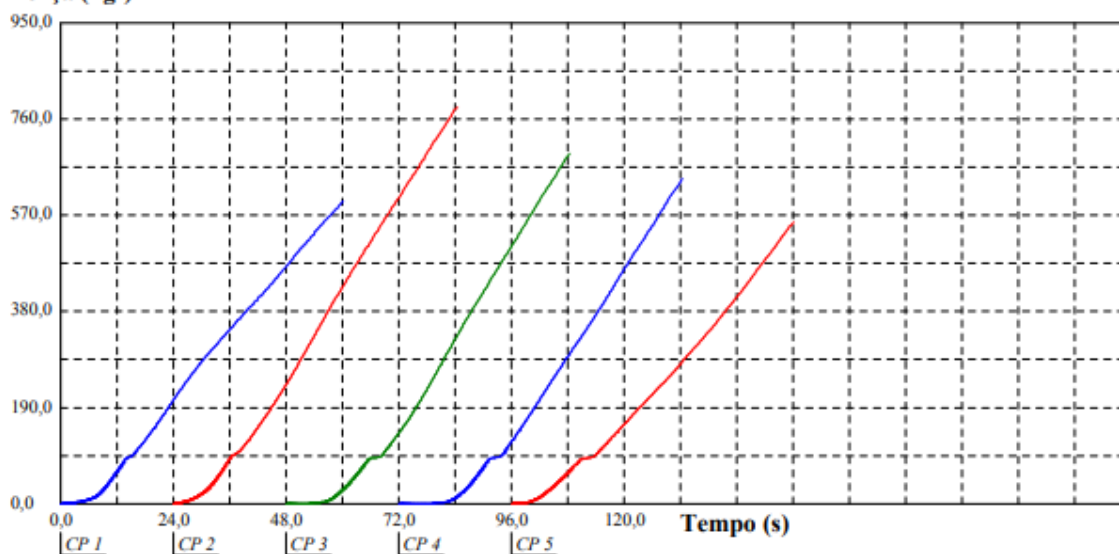
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **20/04/18** Hora: **15:32:09** TRB: **3343**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **TECA (70 %)** Traço: **T4** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**
AM (30 %)

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (kgf/cm ²)
CP 1	1,00	598,57	598,55
CP 2	1,00	783,98	783,95
CP 3	1,00	692,34	692,31
CP 4	1,00	642,38	642,35
CP 5	1,00	556,60	556,58
Número CPs	5	5	5
Média	1,000	654,8	654,7
Desv.Padrão	0,0000	88,12	88,11
Coef.Var.(%)	0,0000	13,46	13,46
Mínimo	1,000	556,6	556,6
Máximo	1,000	784,0	784,0

Força (kgf)



UNESP – Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

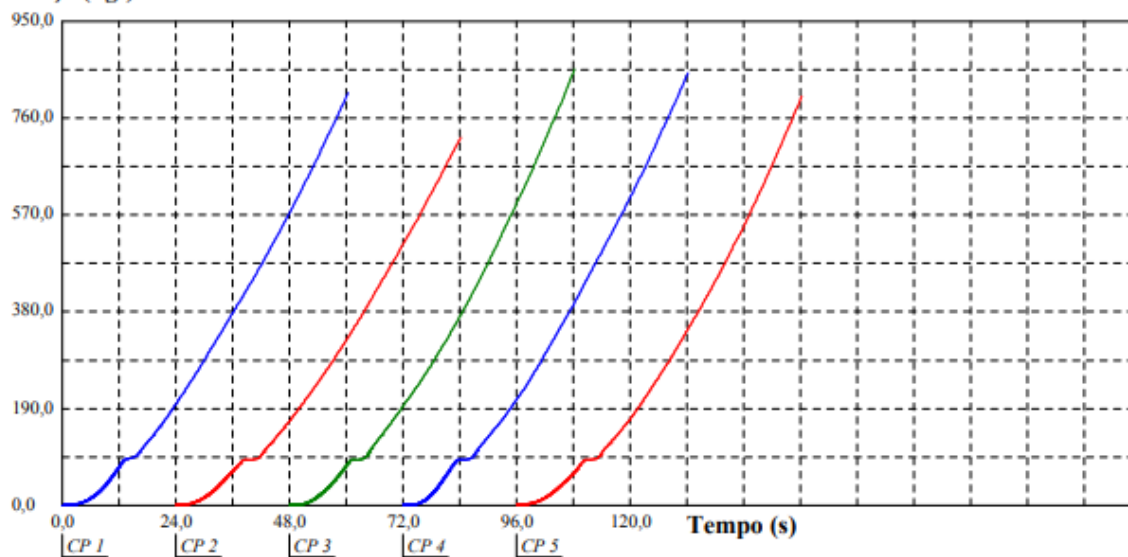
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **20/04/18** Hora: **15:36:02** TRB: **3344**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **AM (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOUTORADO – SÍLVIA NASSER**

Corpo de Prova	seção (cm2)	Fc0,max (kgf)	fc0 (kgf/cm2)
CP 1	1,00	810,48	810,45
CP 2	1,00	722,30	722,27
CP 3	1,00	856,48	856,45
CP 4	1,00	848,99	848,96
CP 5	1,00	803,91	803,88
Número CPs	5	5	5
Média	1,000	808,4	808,4
Desv.Padrão	0,0000	53,38	53,38
Coef.Var.(%)	0,0000	6,603	6,603
Mínimo	1,000	722,3	722,3
Máximo	1,000	856,5	856,4

Força (kgf)



ANEXO A - Declaração de Estocolmo sobre o ambiente humano - 1972



Universidade de São Paulo - USP
BIBLIOTECA VIRTUAL DE DIREITOS HUMANOS

Concepção do projeto da Biblioteca Virtual: Professora Maria Luiza Marcílio

Declaração de Estocolmo sobre o ambiente humano - 1972

Publicada pela Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente humano em Junho de 1972

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, reunida em Estocolmo de 5 a 16 de junho de 1972, e, atenta à necessidade de um critério e de princípios comuns que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente humano,

Proclama que:

1. O homem é ao mesmo tempo obra e construtor do meio ambiente que o cerca, o qual lhe dá sustento material e lhe oferece oportunidade para desenvolver-se intelectual, moral, social e espiritualmente. Em larga e tortuosa evolução da raça humana neste planeta chegou-se a uma etapa em que, graças à rápida aceleração da ciência e da tecnologia, o homem adquiriu o poder de transformar, de inúmeras maneiras e em uma escala sem precedentes, tudo que o cerca. Os dois aspectos do meio ambiente humano, o natural e o artificial, são essenciais para o bem-estar do homem e para o gozo dos direitos humanos fundamentais, inclusive o direito à vida mesma.

2. A proteção e o melhoramento do meio ambiente humano é uma questão fundamental que afeta o bem-estar dos povos e o desenvolvimento econômico do mundo inteiro, um desejo urgente dos povos de todo o mundo e um dever de todos os governos.

3. O homem deve fazer constante avaliação de sua experiência e continuar descobrindo, inventando, criando e progredindo. Hoje em dia, a capacidade do homem de transformar o que o cerca, utilizada com discernimento, pode levar a todos os povos os benefícios do

desenvolvimento e oferecer-lhes a oportunidade de enobrecer sua existência. Aplicado errônea e imprudentemente, o mesmo poder pode causar danos incalculáveis ao ser humano e a seu meio ambiente. Em nosso redor vemos multiplicar-se as provas do dano causado pelo homem em muitas regiões da terra, níveis perigosos de poluição da água, do ar, da terra e dos seres vivos; grandes transtornos de equilíbrio ecológico da biosfera; destruição e esgotamento de recursos insubstituíveis e graves deficiências, nocivas para a saúde física, mental e social do homem, no meio ambiente por ele criado, especialmente naquele em que vive e trabalha.

4. Nos países em desenvolvimento, a maioria dos problemas ambientais estão motivados pelo subdesenvolvimento. Milhões de pessoas seguem vivendo muito abaixo dos níveis mínimos necessários para uma existência humana digna, privada de alimentação e vestuário, de habitação e educação, de condições de saúde e de higiene adequadas. Assim, os países em desenvolvimento devem dirigir seus esforços para o desenvolvimento, tendo presente suas prioridades e a necessidade de salvaguardar e melhorar o meio ambiente. Com o mesmo fim, os países industrializados devem esforçar-se para reduzir a distância que os separa dos países em desenvolvimento. Nos países industrializados, os problemas ambientais estão geralmente relacionados com a industrialização e o desenvolvimento tecnológico

5. O crescimento natural da população coloca continuamente, problemas relativos à preservação do meio ambiente, e devem-se adotar as normas e medidas apropriadas para enfrentar esses problemas. De todas as coisas do mundo, os seres humanos são a mais valiosa. Eles são os que promovem o progresso social, criam riqueza social, desenvolvem a ciência e a tecnologia e, com seu árduo trabalho, transformam continuamente o meio ambiente humano. Com o progresso social e os avanços da produção, da ciência e da tecnologia, a capacidade do homem de melhorar o meio ambiente aumenta a cada dia que passa.

6. Chegamos a um momento da história em que devemos orientar nossos atos em todo o mundo com particular atenção às consequências que podem ter para o meio ambiente. Por ignorância ou indiferença, podemos causar danos imensos e irreparáveis ao meio ambiente da terra do qual dependem nossa vida e nosso bem-estar. Ao contrário, com um conhecimento mais profundo e uma ação mais prudente, podemos conseguir para nós mesmos e para nossa posteridade, condições melhores de vida, em um meio ambiente mais de acordo com as necessidades e aspirações do homem. As perspectivas de elevar a qualidade do meio ambiente e de criar uma vida satisfatória são grandes. É preciso entusiasmo, mas, por outro lado, serenidade de ânimo, trabalho duro e sistemático. Para chegar à plenitude de sua liberdade

dentro da natureza, e, em harmonia com ela, o homem deve aplicar seus conhecimentos para criar um meio ambiente melhor. A defesa e o melhoramento do meio ambiente humano para as gerações presentes e futuras se converteu na meta imperiosa da humanidade, que se deve perseguir, ao mesmo tempo em que se mantém as metas fundamentais já estabelecidas, da paz e do desenvolvimento econômico e social em todo o mundo, e em conformidade com elas.

7. Para se chegar a esta meta será necessário que cidadãos e comunidades, empresas e instituições, em todos os planos, aceitem as responsabilidades que possuem e que todos eles participem equitativamente, nesse esforço comum. Homens de toda condição e organizações de diferentes tipos plasmarão o meio ambiente do futuro, integrando seus próprios valores e a soma de suas atividades. As administrações locais e nacionais, e suas respectivas jurisdições, são as responsáveis pela maior parte do estabelecimento de normas e aplicações de medidas em grande escala sobre o meio ambiente. Também se requer a cooperação internacional com o fim de conseguir recursos que ajudem aos países em desenvolvimento a cumprir sua parte nesta esfera. Há um número cada vez maior de problemas relativos ao meio ambiente que, por ser de alcance regional ou mundial ou por repercutir no âmbito internacional comum, exigem uma ampla colaboração entre as nações e a adoção de medidas para as organizações internacionais, no interesse de todos. A Conferência encarece aos governos e aos povos que unam esforços para preservar e melhorar o meio ambiente humano em benefício do homem e de sua posteridade.

PRINCÍPIOS

Expressa a convicção comum de que:

Princípio 1. O homem tem o direito fundamental à liberdade, à igualdade e ao desfrute de condições de vida adequadas em um meio ambiente de qualidade tal que lhe permita levar uma vida digna e gozar de bem-estar, tendo a solene obrigação de proteger e melhorar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras. A este respeito, as políticas que promovem ou perpetuam o apartheid, a segregação racial, a discriminação, a opressão colonial e outras formas de opressão e de dominação estrangeira são condenadas e devem ser eliminadas.

Princípio 2. Os recursos naturais da terra incluídos o ar, a água, a terra, a flora e a fauna e especialmente amostras representativas dos ecossistemas naturais devem ser preservados em benefício das gerações presentes e futuras, mediante uma cuidadosa planificação ou ordenamento.

Princípio 3. Deve-se manter, e sempre que possível, restaurar ou melhorar a capacidade da terra em produzir recursos vitais renováveis.

Princípios 4. O homem tem a responsabilidade especial de preservar e administrar judiciosamente o patrimônio da flora e da fauna silvestres e seu habitat, que se encontram atualmente, em grave perigo, devido a uma combinação de fatores adversos. Consequentemente, ao planificar o desenvolvimento econômico deve-se atribuir importância à conservação da natureza, incluídas a flora e a fauna silvestres.

Princípio 5. Os recursos não renováveis da terra devem empregar-se de forma que se evite o perigo de seu futuro esgotamento e se assegure que toda a humanidade compartilhe dos benefícios de sua utilização.

Princípio 6. Deve-se pôr fim à descarga de substâncias tóxicas ou de outros materiais que liberam calor, em quantidades ou concentrações tais que o meio ambiente não possa neutralizá-los, para que não se causem danos graves e irreparáveis aos ecossistemas. Deve-se apoiar a justa luta dos povos de todos os países contra a poluição.

Princípio 7. Os Estados deverão tomar todas as medidas possíveis para impedir a poluição dos mares por substâncias que possam por em perigo a saúde do homem, os recursos vivos e a vida marinha, menosprezar as possibilidades de derramamento ou impedir outras utilizações legítimas do mar.

Princípio 8. O desenvolvimento econômico e social é indispensável para assegurar ao homem um ambiente de vida e trabalho favorável e para criar na terra as condições necessárias de melhoria da qualidade de vida.

Princípio 9. As deficiências do meio ambiente originárias das condições de subdesenvolvimento e os desastres naturais colocam graves problemas. A melhor maneira de saná-los está no desenvolvimento acelerado, mediante a transferência de quantidades consideráveis de assistência financeira e tecnológica que complementem os esforços internos dos países em desenvolvimento e a ajuda oportuna que possam requerer.

Princípio 10. Para os países em desenvolvimento, a estabilidade dos preços e a obtenção de ingressos adequados dos produtos básicos e de matérias primas são elementos essenciais para o ordenamento do meio ambiente, já que há de se ter em conta os fatores econômicos e os processos ecológicos.

Princípio 11. As políticas ambientais de todos os Estados deveriam estar encaminhadas para aumentar o potencial de crescimento atual ou futuro dos países em desenvolvimento e não deveriam restringir esse potencial nem colocar obstáculos à conquista de melhores condições de vida para todos. Os Estados e as organizações internacionais deveriam tomar disposições pertinentes, com vistas a chegar a um acordo, para se poder enfrentar as consequências econômicas que poderiam resultar da aplicação de medidas ambientais, nos planos nacional e internacional.

Princípio 12. Recursos deveriam ser destinados para a preservação e melhoramento do meio ambiente tendo em conta as circunstâncias e as necessidades especiais dos países em desenvolvimento e gastos que pudessem originar a inclusão de medidas de conservação do meio ambiente em seus planos de desenvolvimento, bem como a necessidade de oferecer-lhes, quando solicitado, mais assistência técnica e financeira internacional com este fim.

Princípio 13. Com o fim de se conseguir um ordenamento mais racional dos recursos e melhorar assim as condições ambientais, os Estados deveriam adotar um enfoque integrado e coordenado de planejamento de seu desenvolvimento, de modo a que fique assegurada a compatibilidade entre o desenvolvimento e a necessidade de proteger e melhorar o meio ambiente humano em benefício de sua população.

Princípio 14. O planejamento racional constitui um instrumento indispensável para conciliar as diferenças que possam surgir entre as exigências do desenvolvimento e a necessidade de proteger y melhorar o meio ambiente.

Princípio 15. Deve-se aplicar o planejamento aos assentamento humanos e à urbanização com vistas a evitar repercussões prejudiciais sobre o meio ambiente e a obter os máximos benefícios sociais, econômicos e ambientais para todos. A este respeito devem-se abandonar os projetos destinados à dominação colonialista e racista.

Princípio 16. Nas regiões onde exista o risco de que a taxa de crescimento demográfico ou as concentrações excessivas de população prejudiquem o meio ambiente ou o desenvolvimento, ou onde, a baixa densidade de população possa impedir o melhoramento do meio ambiente humano e limitar o desenvolvimento, deveriam se aplicadas políticas demográficas que respeitassem os direitos humanos fundamentais e contassem com a aprovação dos governos interessados.

Princípio 17. Deve-se confiar às instituições nacionais competentes a tarefa de planejar, administrar ou controlar a utilização dos recursos ambientais dos estados, com o fim de melhorar a qualidade do meio ambiente.

Princípio 18. Como parte de sua contribuição ao desenvolvimento econômico e social deve-se utilizar a ciência e a tecnologia para descobrir, evitar e combater os riscos que ameaçam o meio ambiente, para solucionar os problemas ambientais e para o bem comum da humanidade.

Princípio 19. É indispensável um esforço para a educação em questões ambientais, dirigida tanto às gerações jovens como aos adultos e que preste a devida atenção ao setor da população menos privilegiado, para fundamentar as bases de uma opinião pública bem informada, e de uma conduta dos indivíduos, das empresas e das coletividades inspirada no sentido de sua responsabilidade sobre a proteção e melhoramento do meio ambiente em toda sua dimensão humana. É igualmente essencial que os meios de comunicação de massas evitem contribuir para a deterioração do meio ambiente humano e, ao contrário, difundam informação de caráter educativo sobre a necessidade de protegê-lo e melhorá-lo, a fim de que o homem possa desenvolver-se em todos os aspectos.

Princípio 20. Devem-se fomentar em todos os países, especialmente nos países em desenvolvimento, a pesquisa e o desenvolvimento científicos referentes aos problemas ambientais, tanto nacionais como multinacionais. Neste caso, o livre intercâmbio de informação científica atualizada e de experiência sobre a transferência deve ser objeto de apoio e de assistência, a fim de facilitar a solução dos problemas ambientais. As tecnologias ambientais devem ser postas à disposição dos países em desenvolvimento de forma a favorecer sua ampla difusão, sem que constituam uma carga econômica para esses países.

Princípio 21. Em conformidade com a Carta das Nações Unidas e com os princípios de direito internacional, os Estados têm o direito soberano de explorar seus próprios recursos em aplicação de sua própria política ambiental e a obrigação de assegurar-se de que as atividades que se levem a cabo, dentro de sua jurisdição, ou sob seu controle, não prejudiquem o meio ambiente de outros Estados ou de zonas situadas fora de toda jurisdição nacional.

Princípio 22. Os Estados devem cooperar para continuar desenvolvendo o direito internacional no que se refere à responsabilidade e à indenização às vítimas da poluição e de outros danos ambientais que as atividades realizadas dentro da jurisdição ou sob o controle de tais Estados causem à zonas fora de sua jurisdição.

Princípio 23. Sem prejuízo dos critérios de consenso da comunidade internacional e das normas que deverão ser definidas a nível nacional, em todos os casos será indispensável considerar os sistemas de valores prevalecentes em cada país, e, a aplicabilidade de normas que, embora válidas para os países mais avançados, possam ser inadequadas e de alto custo social para países em desenvolvimento.

Princípio 24. Todos os países, grandes e pequenos, devem ocupar-se com espírito e cooperação e em pé de igualdade das questões internacionais relativas à proteção e melhoramento do meio ambiente. É indispensável cooperar para controlar, evitar, reduzir e eliminar eficazmente os efeitos prejudiciais que as atividades que se realizem em qualquer esfera, possam Ter para o meio ambiente, mediante acordos multilaterais ou bilaterais, ou por outros meios apropriados, respeitados a soberania e os interesses de todos os estados.

Princípio 25. Os Estados devem assegurar-se de que as organizações internacionais realizem um trabalho coordenado, eficaz e dinâmico na conservação e no melhoramento do meio ambiente.

Princípio 26. É preciso livrar o homem e seu meio ambiente dos efeitos das armas nucleares e de todos os demais meios de destruição em massa. Os Estados devem-se esforçar para chegar logo a um acordo – nos órgãos internacionais pertinentes- sobre a eliminação e a destruição completa de tais armas.

ANEXO B – Dados da safra no Brasil – 2017/2018

Tabela: Dados da Safra Brasil 2019

Dados Produção Safra 2017/2018			
Produto	Produção 2017 (t)	Produção 2018 (t)	Variação (%)
Algodão Herbáceo	3.838.785	4.803.446	25,1
Amendoim (1ª safra)	531.280	541.604	1,9
Amendoim (2ª safra)	9.898	11.598	17,2
Arroz	12.452.662	11.737.392	-5,7
Aveia	609.130	940.148	54,3
Batata-inglesa (1ª safra)	1.968.761	1.778.541	-9,7
Batata-inglesa (2ª safra)	1.233.004	1.147.197	-7,0
Batata-inglesa (3ª safra)	1.078.032	989.640	-8,2
Cacau	214.348	235.203	9,7
Café Arábica	2.095.275	2.584.796	23,4
Café Canephora	681.346	858.816	26,0
Cana-de-Açúcar	687.809.933	672.857.493	-2,2
Cebola	1.719.412	1.547.295	-10,0
Cevada	286.405	384.985	34,4
Feijão (1ª safra)	1.561.956	1.581.892	1,3
Feijão (2ª safra)	1.185.542	1.135.574	-4,2
Feijão (3ª safra)	543.814	469.121	-13,7
Laranja	18.666.928	17.100.402	-8,4
Mamona	11.834	24.503	107,1
Mandioca	20.606.037	19.929.598	-3,3
Milho (1ª safra)	31.064.540	26.310.836	-15,3
Milho (2ª safra)	68.481.488	54.711.233	-20,1
Soja	114.982.993	117.255.703	2,0
Sorgo	2.147.706	2.100.606	-2,2
Trigo	4.241.602	5.849.671	37,9
Triticale	41.940	45.442	8,4
Nota: O Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (LSPA) é uma pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras dos principais produtos agrícolas, com informações das Comissões Municipais (COMEA) e/ou Regionais (COREA); consolidadas pelos Grupos de Coordenação de Estatísticas Agropecuárias (GCEA) e posteriormente avaliadas pela Comissão Especial de Planejamento, Controle e Avaliação das Estatísticas Agropecuárias (CEPAGRO) constituída pelo IBGE e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Fonte: Os levantamentos para cereais (arroz, milho, aveia, centeio, cevada, sorgo, trigo e triticale), leguminosas (amendoim e feijão) e oleaginosas (caroço de algodão, mamona, soja e girassol) foram realizados em colaboração com a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), órgão do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), continuando um processo de harmonização das estimativas oficiais de safra, iniciado em março de 2007.			

Fonte: IBGE - Instituto brasileiro de geografia e estatística – Safra 2019