



Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”



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

ANDREIA ARCHANGELO

**FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS
HOMOGÊNEOS COM PARTÍCULAS DE MADEIRA TECA
(*Tectona grandis* L.F.) E A ADIÇÃO DA CASCA DE ARROZ**

Bauru, SP

2019

ANDREIA ARCHANGELO

**FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS
HOMOGÊNEOS COM PARTÍCULAS DE MADEIRA TECA
(*Tectona grandis* L.F.) E A ADIÇÃO DA CASCA DE ARROZ**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Bauru FEB, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, área de Concentração em Processos de Fabricação, para obtenção de título de Doutora.

Orientador: Prof. Drº Ivaldo De Domenico Valarelli

Bauru, SP

2019

Archangelo, Andreia.

Fabricação e Caracterização dos Painéis homogêneos com partículas de madeira Teca (*Tectona grandis* L.F.) e a adição de casca de arroz. / Andreia Archangelo, 2019
211 f.: il.

Orientador: Dr. Ivaldo de Domênico Valarelli

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

1. Painéis homogêneos. 2. Propriedades física-mecânica. 3. Sustentabilidade. 4. Resíduo agroindustrial. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. II. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Bauri

PROPOSTA DE ALTERAÇÃO DO TÍTULO

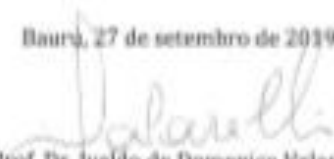
A BANCA EXAMINADORA PROPÕE A ALTERAÇÃO DO TÍTULO DO TRABALHO DA ALUNA:
ANDRÉIA ARCHÂNGELO

DE: "PAINÉIS HOMOGÊNEOS COM PARTÍCULAS DE MADEIRA TECA (TECTONA GRANDIS L.F.)
E A ADIÇÃO DE CASCA DE ARROZ"

PARA:

FABRICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS
PAINÉIS HOMOGÊNEOS COM PARTÍCULAS DE
MADEIRA TECA (TECTONA GRANDIS L.F.) E A
ADIÇÃO DE CASCA DE ARROZ.

Bauri, 27 de setembro de 2019


Prof. Dr.IVALDO DE DOMENICO VALARELLI
Orientador



Faculdade de Engenharia de Bauri – Pós-graduação
Av. Eng. Luiz Edmundo Corrêa Costa, 14-01 13033-360 Bauri - SP
tel. (14) 2103-6100 esp@feb.unesp.br www.feb.unesp.br



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru



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

Às 27 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. ÍVALDO DE DOMENICO VALARELLI - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. LUIZ DARE NETO do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. JOÃO CARLOS BIAZZON do(a) Engenharias / Faculdade Anhanguera de Itapeva, Prof. Dr. ALEXANDRE JORGE DUARTE DE SOUZA do(a) Departamento de Engenharia Industrial Madeireira / Campus Experimental de Itapeva - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de ANDRÉIA ARCHÂNGELO, intitulada **PAINÉIS HOMOGÊNEOS COM PARTÍCULAS DE MADEIRA TECA (TECTONA GRANDIS L.F.) E A ADIÇÃO DE CASCA DE ARROZ**. 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. ÍVALDO DE DOMENICO VALARELLI

Profa. Dra. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE

Prof. Dr. LUIZ DARE NETO

Prof. Dr. JOÃO CARLOS BIAZZON

Prof. Dr. ALEXANDRE JORGE DUARTE DE SOUZA

“Feliz é o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento; pois melhor é o lucro que ela dá do que o da prata, e melhor a sua renda do que o ouro mais fino.”

(Provérbios 3: 13-14)

AGRADECIMENTOS

Á todos que direta ou indiretamente me apoiaram e me incentivaram no desenvolvimento deste trabalho, meus sinceros agradecimentos:

- Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, por ser luz em minha vida, por ter me dado sabedoria e discernimento para a realização desse trabalho. Obrigada Senhor pela oportunidade única e que eu posso desfrutar num futuro bem próximo desta experiência abençoada.*
- Agradeço eternamente aos meus pais que mesmo sem entender o valor desse trabalho, participaram da minha vida com muito amor;*
- Ao eterno amor da mamãe meu filho Renan, minha eterna gratidão pela existência em minha vida e incentivo aos estudos internacionais;*
- Ao Prof. Dr. Ivaldo De Domenico Valarelli, meu muito obrigado por ter me orientado, pelos seus ensinamentos, confiança e pela amizade formada nestes anos e contribuído de todas as formas possíveis para que este trabalho fosse realizado.*
- A Profa. Dra. Rosane Aparecida Gomes Battistelle, pelas lições de humildade e exemplo de vida, pela capacidade de nos estimular aos novos desafios e incentivo europeu e pela sua eterna amizade;*

- *Agradeço também ao técnico de laboratório Israel Luiz Pereira Dos Santos do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Unesp-Bauru onde foram realizados parte dos ensaios desenvolvido nesta pesquisa.*
- *Ao meu amigo Professor Dr. Fransber Santade pelo apoio e estímulo;*
- *Agradeço também ao amigo Amauri Junior por ter transmitido suas experiencias e dedicação durante a realização dos experimentos no laboratório de madeira de UNESP.*
- *A minha amiga e companheira de todas as horas Professora MSc Silvia Marana Nasser, onde não mediu esforços para a realização desse trabalho.*
- *Agradeço também a todos os Professores do Departamento de Engenharia Mecânica pelo incentivo e toda confiança depositada durante esses anos de estudos para a realização de um sonho.*

RESUMO

Fabricação e caracterização dos painéis homogêneos com partículas de madeira teca (*tectona grandis l.f.*) e a adição da casca de arroz

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as resistências física e mecânica de painéis com partículas homogêneas de alta densidade 850 Kg/m^3 , manufaturados a partir de partículas de madeira Teca com a adição de casca de arroz. Foram produzidos cinco painéis utilizou-se adesivo poliuretano a base de óleo de mamona, na proporção de uma parte de poliól e a outra de pré polímero totalizando em 12% da massa, conforme a norma brasileira ABNT-NBR 14810-2 (2013). Obteve-se painéis de partículas com granulometria de (0,50 mm e 0,85 mm); a mistura com a proporção de T1 com 100% teca, T2 com 90% teca e 10% casca de arroz, T3 com 80% teca e 20% casca de arroz, T4 70% teca e 30 casca de arroz e T5 100% casca de Arroz. Os painéis foram avaliados através das propriedades físicas: Massa específica aparente – (MEA); Absorção de Água 24h – (AA); Inchamento em Espessura 24h – (IE); densidade e umidade - (D,U) e os ensaios mecânicos: Dureza Janka (DJ); Resistência a Flexão - (MOR e MOE); tração perpendicular – Arrancamento de Parafuso de Superfície e Topo – (APS e APT). De forma geral os painéis apresentaram resultados satisfatórios conforme a ABNT-NBR 14810-2(2013), em condições favoráveis para aplicabilidade em construção civil como forros, divisórias, indústria moveleiras, navios e acabamentos em geral, esses resultados serão comparados a outros autores semelhantes a esta pesquisa.

Palavras-chave: Painéis homogêneos, propriedades física-mecânica, sustentabilidade, resíduo agroindustrial.

ABSTRACT

Fabrication and characterization of homogeneous teakwood particle board (*tectona grandis* l.f.) and the addition of rice husk

The objective of the present work was to evaluate the physical and mechanical strength of 850 Kg / m³ high density homogeneous particle board manufactured from Teca wood particles with the addition of rice husk. Five panels were produced using castor oil-based polyurethane adhesive, in the proportion of one part polyol and the other part prepolymer totaling 12% of the mass, according to the Brazilian standard ABNT-NBR 14810-2 (2013). Particle boards of particle size (0.50 mm and 0.85 mm) were obtained; the mixture with the proportion of T1 with 100% Teca, T2 with 90% Teca and 10% rice husk, T3 with 80% Teca and 20% rice husk, T4 70% Teca and 30 rice husk and T5 100% husk of rice. The panels were evaluated by physical properties: Apparent Specific Mass - (MEA); Water Absorption 24h - (AA); 24h Thickness Swelling - (IE); density and humidity - (D, U) and the mechanical tests: Hardness Janka (DJ); Flexural Strength - (MOR and MOE); perpendicular traction - Surface and Top Screw Pullout - (APS and APT). In general the panels presented satisfactory results according to ABNT-NBR 14810-2 (2013), in favorable conditions for applicability in civil construction such as ceilings, partitions, furniture industry, ships and finishes in general, these results will be compared to other authors similar to this one. search.

Keywords: Homogeneous panels, physical-mechanical properties, sustainability, agroindustrial residue.

Lista de abreviaturas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAF	Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas
ABIPA	Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira
AB 24h	Absorção de água em 24 horas
AP	Arrancamento de Parafuso
ANOVA	Análise de Variância
ANSI	American National Standards Institute
ECO 92	Ecologia 92
ECOSOC	Conselho econômico e Social das Nações Unidas
CA	Calcio
CDS	Comissão Desenvolvimento Sustentável
CE	Camada externa
CS	Camada Standard
CP	Comercial Standard
DEC	Departamento de Engenharia Civil e Ambiental
DEM	Departamento de Engenharia Mecânica
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FF	Fenol-Formaldeído
FEB	Faculdade de Engenharia de Bauru
FE	Flexão Estática
HDF	High Density Fiberboard
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IE24	Inchamento em espessura 24 horas
ICMS	Imposto para Circulação de Mercadorias e Serviços
K	Potássio
L.F.	Tectona grandis
LPM	Laboratório de Processamento da Madeira
MAPA	Ministério Agricultura Pecuária e Abastecimento
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MDF	Medium Density Fiberboard
MDI	Metano Diisocianato
MDP	Medium Density Particleboard
MF	Formoldeido

Mg	Magnésio
MOE	Módulo de Elasticidade
MOR	Módulo de Ruptura
NIR	Infravermelho
PVD	Physical Vapor Deposit
P+L	Produção mais Limpa
PIB	Produto Interno Bruto
TDI	Tolueno Diisocianato
TP	Tração Perpendicular à Superfície
UF	Uréia-Formaldeído
USP	Universidade de São Paulo
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UNESP	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
ONU	Organização Nações Unidas
OSB	Oriented Strand Board – Pannel de tiras de madeira
PCA	Placa de Concreto Armado

A	Ampere
bar	Unidade de Pressão
cm	Centímetro
°C	Grau Célsius
D	Densidade
g	Gramas
g/cm ³	Gramas por centímetro cúbico
h	Hora
kg	Quilograma
kgf	Quilograma força
kg/m ³	Quilograma por metro cúbico
mm/s	Milímetro por segundo
m	Metro
MPa	Megapascal
mm	Milímetro
mm ³	Milímetro Cúbico
mm ²	Milímetro Quadrado
mm/min	Milímetro por minuto
min	Minuto
N	Newton
N/mm ²	Newton por milímetro quadrado
T/ano	Tonelada por ano
s	Segundo
T	Tonelada
%	Porcentagem
μm	Micrometro
W	Watts

Lista de figuras

Figura 1	Classificação dos materiais compósitos.....	7
Figura 2	Empilhamento de camadas para compósitos em lâmina.....	9
Figura 3	Painel Sanduiche com enchimento em colmeia.....	10
Figura 4	Compósito reforçado com Fibra.....	11
Figura 5	Partes do arroz em casca.....	13
Figura 6	Beneficiamento do Arroz em casca e Subprodutos	14
Figura 7	Casca de Arroz.....	14
Figura 8	Flor semente, folha da Teca.....	16
Figura 9	Distribuição de partículas confecção de painéis.....	19
Figura 10	Diferença entre painéis MDF e MDP	20
Figura 11	Fluxograma de produção de painéis aglomerados.....	21
Figura 12	Produção e consumo de painéis de madeira no Brasil.....	24
Figura 13	A estrutura do triglicerídeo de ácidos ricinus.....	30
Figura 14	Planta da mamona e óleo de mamona.....	31
Figura 15	Estrutura química poliuretanos.....	32
Figura 16	Sintetização entre isocianato álcool.....	32
Figura 17	Grupo de isocianato.....	32
Figura 18	Representação química da formação de uma poliuretana.....	33
Figura 19	Estrutura química de MDI.....	33
Figura 20	Classificação das fichas lignocelulósico.....	40
Figura 21	Escalas de prioridades gerenciamento de resíduos.....	41
Figura 22	Amostras de partículas, madeira teca e casca de arroz.....	44
Figura 23	Agitador elétrico de peneiras.....	46
Figura 24	Pesagem do adesivo na balança digital.....	46
Figura 25	Homogeneização: manual (1) Recipiente com partículas (2).....	47
Figura 26	Distribuição manual das partículas (1) e pré prensagem do colchão de partículas (2)	48
Figura 27	Plano de corte conforme orientação da NBR 14810-2.....	50
Figura 28	Mapeamento do Painel – Ensaios Físicos.....	51
Figura 29	Paquímetro digital de fabricação Mitutoyo (1) Balança eletrônica (2)..	53

Figura 30	Micrometro digital de fabricação Mitutoyo.....	54
Figura 31	Ensaio do Inchamento em espessura e Absorção em água após 24 horas.....	54
Figura 32	Mapeamento do Painel – Ensaios Mecânicos.....	56
Figura 33	Corpo de prova entre os blocos de aço.....	58
Figura 34	Corpo de prova colocado na máquina universal.....	58
Figura 35	Gabarito para a marcação no centro do corpo de prova.....	60
Figura 36	Exemplo de montagem do corpo de prova no dispositivo de ensaio...	60
Figura 37	Esquema para ensaio de arrancamento de parafuso (face) arrancamento de parafuso (topo)	61
Figura 38	Corpo de prova acoplado a máquina para ensaios de arrancamento de parafuso.	61
Figura 39	Dispositivo circular metálico e serra copo.....	63
Figura 40	Gráfico de Avaliação de Densidade.....	65
Figura 41	Gráfico de Avaliação de Umidade.....	66
Figura 42	Gráfico avaliação de Inchamento em Espessura 24h.....	67
Figura 43	Absorção de Água 24h.....	68
Figura 44	Resultado Tração Perpendicular.....	70
Figura 45	Gráfico modulo de elasticidade na flexão estática (MOE)	71
Figura 46	Gráfico modulo de ruptura na flexão estática (MOR)	72
Figura 47	Gráfico Arrancamento de parafuso Topo.....	74
Figura 48	Gráfico Arrancamento de parafuso superfície.....	75
Figura 49	Gráfico Dureza Janka.....	76
Figura 50	Gráfico Tração Superficial.....	77

Lista de tabelas

Tabela 1	Composição dos painéis de partículas aglomeradas com resina de mamona.....	45
Tabela 2	Composição dos Painéis.....	49
Tabela 3	Dimensões e quantidade de corpos-de-prova para ensaios de avaliação dos painéis de partículas aglomeradas (NBR14810-2)	49
Tabela 4	Resultados do ensaio de densidade.....	64
Tabela 5	Resultados do ensaio de umidade.....	65
Tabela 6	Resultado do ensaio de Inchamento em espessura 24h.....	67
Tabela 7	Resultado do ensaio de absorção de água.....	68
Tabela 8	Resultado do ensaio Tração Perpendicular.....	69
Tabela 9	Resultados do módulo de elasticidade na flexão estática. (MOE)	71
Tabela10	Resultados modulo de ruptura na flexão estática. (MOR)	72
Tabela11	Resultado arrancamento de parafuso topo.....	73
Tabela12	Resultado arrancamento de parafuso face.....	75
Tabela13	Resultado Dureza Janka.....	76
Tabela14	Resultado Ensaio Tração Superficial.....	77

Lista de equações

Equação 1	Cálculo da Densidade.....	52
Equação 2	Cálculo Volume do CP.....	52
Equação 3	Cálculo Inchamento em Espessura.....	53
Equação 4	Cálculo Absorção de água.....	54
Equação 5	Cálculo Teor de Umidade.....	55
Equação 6	Cálculo Tração Perpendicular	56
Equação 7	Cálculo Modulo Ruptura (MOE)	59
Equação 8	Cálculo de Ruptura (MOR).....	59
Equação 9	Cálculo Dureza Janka.....	62

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
2.2. Conteúdo Organizacional.....	3
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	6
3.1 Materiais compósitos.....	6
3.1.2. Classificação dos compósitos.....	7
3.1.3. Compósitos Reforçado com partículas.....	8
3.2. Produção de Arroz.....	11
3.2.1 Resíduo lignocelulósico – casca de arroz.....	12
3.3 Processo de descasque do arroz.....	13
3.4. Madeira Teca – Tectona Grandis L.f.....	14
3.5. Produção de painéis de Partículas aglomeradas.....	18
3.5.1. Painéis MDF Medium Densidade.....	20
3.5.3. A indústria de Painéis de madeira.....	23
3.5.4. Utilização de materiais alternativos na Fabricação de painéis	24
3.6. Adesivos.....	28
3.7 Responsabilidade Ambiental.....	34
3.7.1. Agenda 21.....	36
3.7.2. Questões Ambientais.....	37
3.8. Resíduos.....	38
3.8.1Resíduos Lignocelulósico.....	39
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
4.1. Materiais utilizados.....	42
4.2. Metodologia.....	43
4.2.1. Casca de Arroz e Madeira Teca.....	43
4.2.2. Resina Poliuretana a base de óleo de mamona.....	44
4.2.3. Obtenção das partículas de teca e casca de arroz.....	45
4.2.4. Preparo da resina	46
4.2.5. Mistura dos Componentes.....	47
4.2.6. Formação do Colchão.....	49
4.3.1. Determinação da Densidade.....	51
4.3.2. Determinação do Inchamento em espessura 24h.....	53
4.3.3. Determinação da Absorção de Água 24h.....	54

4.3.4. Determinação do Teor de Umidade.....	55
4.4. Ensaios Mecânicos.....	55
4.4.1. Determinação da Resistencia à Tração Perpendicular as Faces....	56
4.4.2. Determinação à Resistencia a Flexão de Elasticidade.....	58
4.5. Análise Estatística.....	63
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	64
5.1. Resultados da Avaliação Física.....	64
5.1.2 Ensaio de teor de Umidade.....	65
5.1.3. Ensaio de inchamento em espessura 24h.....	66
5.1.4. Ensaio de absorção de água 24h.....	68
5.2 Resultados da Avaliação mecânica.....	69
5.2.1. Ensaio de Tração Perpendicular.....	69
5.2.2. Ensaio de Resistencia à Flexão e Modulo de Elasticidade.....	70
5.2.3. Ensaio de Resistencia ao Arrancamento de Parafuso.....	73
5.2.4. Ensaio de Dureza Janka.....	75
5.2.5. Ensaio de Tração Superficial.....	77
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	78
7. SUGESTÕES PARA FUTURA PESQUISAS.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
APÊNCIDE A – Ensaios Físicos – Dados Densidade.....	91
APÊNCIDE B -Dados Inchamento em Espessura 24h.....	97
APÊNCIDE C -Dados Absorção de água 24h.....	103
APÊNCIDE D -Dados Umidade.....	108
APÊNCIDE E - Dados de resistência a flexão e módulo de elasticidade (MOE/MOR)	114
APÊNDICE - ANOVA E TUKEY 1- Dados de densidade.....	178
APÊNDICE - ANOVA E TUKEY 2- Dados de inchamento e espessura...	179
APÊNDICE - ANOVA E TUKEY 3- Dados de absorção de água.....	180
APÊNDICE - ANOVA E TUKEY 4- Dados de umidade.....	182
AÊNDICE – ANOVA E TUKEY 5 – Tração perpendicular.....	183
APÊNDICE - ANOVA E TUKEY – Dados Ensaio de ruptura MOR.....	184

APÊNDICE – ANOVA E TUKEY – Dados Ensaio de elasticidade MOE ..	185
APÊNDICE – ANOVA E TUKEY – Dados arrancamento de parafuso superfície	186
APÊNDICE – ANOVA E TUKEY – Dados arrancamento de parafuso topo.....	187
APÊNDICE – ANOVA E TUKEY – Dados Dureza Janka.....	188
APÊNDICE – ANOVA E TUKEY – Dados Tração Superficial.....	189

1. INTRODUÇÃO

O estudo do desenvolvimento sustentável no setor agroindustrial brasileiro baseado na extração de recursos naturais como a utilização da madeira e, em contrapartida o excesso de resíduos de materiais lignocelulósicos geram impactos significativos na sustentabilidade. Vários resíduos de espécies lignocelulósicas estão disponíveis, como a casca de café, casca de amendoim, bagaço de cana de açúcar, pupunha, que podem ser direcionados para outros fins e como a palha e a casca de arroz utilizada em algumas regiões para cogeração de energia. Segundo Schuchardt e Ribeiro, (2001) a produção anual de biomassa no Brasil atinge em 21 bilhões de toneladas, o que significa que apenas 1% seria necessário para substituir o petróleo, sendo que esse valor não afetaria a produção de alimentos e consequentemente sem a agressão ao meio ambiente. A madeira é largamente utilizada como matéria prima para fabricação de diversos tipos de produtos em setores onde a economia é muito utilizada como, na construção civil, indústrias moveleiras, projetos de arquitetura, construção naval, fabricação de armas e utensílios domésticos. Outro resíduo de natureza lignocelulósica com potencial energético e resistente é a casca de arroz, subproduto excedente da produção de arroz. Segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2010), o Brasil produz anualmente 13 milhões de toneladas de arroz, principalmente no estado do Rio Grande do Sul. Diante da atualidade tecnológica a produção de painéis aglomerados com madeira teca e casca de arroz com diferentes propriedades física e mecânica, e consequentemente permitindo um destino ecologicamente correto com preservação ambiental.

As características dos painéis são verificadas por alguns fatores, como a condição da madeira, o tipo e a quantidade de resina, a estrutura do painel formada pelo arranjo das partículas, a disposição das camadas e as condições de prensagem HASELEIN (2002). Portanto, o estudo da utilização de resíduos lignocelulósicos provenientes de atividades agrícolas e do setor madeireiro na produção de painéis aglomerados surge como uma alternativa que minimiza a extração de madeira nativa, além da perspectiva de um maior aproveitamento da matéria-prima, como no caso dos resíduos agroindustriais.

Segundo, Iwakiri (2005), distingue que a utilização de painéis homogêneos supri a necessidade da demanda moveleira, especialmente comparado a outros painéis e a produtos produzidos com madeira maciça. Portanto, as vantagens de redução da anisotropia da madeira, obtendo o reaproveitamento que seriam descartadas em ambiente. colaborando com a preservação das florestas, pois o material passa pelo processo de geração de partículas e homogeneização, que permite a adequação das propriedades físicas e mecânicas destes painéis. Sendo assim a Associação Brasileira de Produtores de Floresta Plantada (ABRAF, 2013), o setor de painéis industrializados é formado pelas indústrias de painéis MDP (Aglomerado), MDF, OSB e Chapas de fibra, este mercado vem se expandindo significativamente ao longo dos últimos dez anos onde, o consumo anual de painéis de madeira industrializada obteve um aumento médio de 9,9% ao ano, passando de 2,8 milhões de toneladas, para 7,2 milhões. Em 2012, a produção de painéis de madeira industrializada cresceu 12,3% e o consumo, 10,8%, fato este que pode ser explicado pela concessão de apoios fiscais do Governo e pela melhoria da renda da população consumidora, consequentemente o aumento da demanda de produtos para o setor civil e moveleiro.

Desta forma, esta pesquisa vem de encontro as necessidades atuais do adequado manejo e redução no uso da madeira, estudando os painéis fabricados com partículas de madeira Teca com a adição de casca de arroz.

2. OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a fabricação de painéis variando o percentual de partículas aglomeradas de madeira Teca de espécie (*Tectona grandis* L.F.) com a adição de casca de arroz, aderidos sob pressão com adesivo bi componente, a base de óleo de mamona.

2.1 Objetivos específicos

- Verificar a viabilidade da utilização do adesivo a base de óleo de mamona e sua compatibilidade com os insumos empregados na produção de painéis;
- Analisar a resistência dos painéis nos ensaios físicos em relação ao inchamento em espessura e absorção de água, teor de umidade e densidade;
- Determinar a resistência mecânica através dos ensaios de flexão (MOR e MOE), tração perpendicular e superficial, arrancamento de parafuso (topo e superfície) e dureza janka;
- Comparar os resultados obtidos durante os ensaios referente as amostras de painéis de madeira Teca e casca de arroz com os trabalhos de outros autores da área.

2.2. Conteúdo Organizacional

Os assuntos abordados são apresentados em 7 capítulos do referencial teórico, para uma melhor compreensão dos conteúdos abordados, conferindo a esse trabalho, clareza e fidedignidade.

Capítulo 1 – Introdução

Este capítulo contém os principais conceitos utilizados nesta pesquisa, bem como trabalhos publicados de outros autores relevantes a linha de pesquisa de

materiais lignocelulósicos, além da explicação sobre painéis composto por partículas, sua classificação, propriedades dos materiais alternativos como madeira teca e casca de arroz, com resina poliuretana a base de óleo de mamona.

Capítulo 2 – Objetivos

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

Capítulo 3 – Fundamentação Teórica

Essa pesquisa fundamenta-se em obras bibliográficas de autores que dominam o assunto, em documentos de órgãos governamentais e de publicações em revistas, livros, artigos e sites científicos da Internet.

Fazem parte desse capítulo os principais conceitos, registrados nessa pesquisa, sobre materiais lignocelulósico, além do esclarecimento sobre painéis compostos por partículas, sua classificação, propriedades dos materiais alternativos madeira teca e casca de arroz, com resina poliuretana à base de óleo de mamona.

Capítulo 4 – Materiais e Métodos

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

Capítulo 5 – Resultados e Discussões

Neste capítulo são apresentados os resultados analíticos, e estatísticos obtidos através dos ensaios experimentais para cada traço dos painéis compostos por partículas de teca e casca de arroz, explicitando discussões sobre os aspectos

comparativos entre os diferentes tipos de materiais lignocelulósicos abordados nesta literatura.

Capítulo 6 – Considerações finais

Nesse capítulo estão as considerações referentes aos objetivos propostos, para essa tese.

Capítulo 7 – Sugestões para trabalhos futuros

Sugestões de alteração de parâmetros como base de novos trabalhos, a fim de elucidar outros aspectos relacionados a esse estudo e emprego de materiais lignocelulósicos, vêm expostos nesse capítulo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica traz informações sobre os materiais lignocelulósicos como os tipos de arroz, casca do arroz, madeira teca, painéis de MDP e resinas poliuretana a base de óleo de mamona; a questão da sustentabilidade, classificação, características física e mecânica dos painéis de aglomerados.

3.1. Materiais Compósitos

3.1.1 Conceito

Segundo Askeland e Phulé (2008), a definição de materiais compósitos pode ser selecionada para proceder em combinações incomuns de rigidez, resistência mecânica, peso, performance em altas temperaturas, resistência à corrosão, dureza ou condutividade.

A incorporação de fibras para melhorar as propriedades dos materiais tradicionais começou nos primórdios da história. Atualmente, o conjunto de materiais utilizados para combinar e produzir compósitos é amplo, obtendo desde o tradicional concreto armado até os compósitos de elevados desempenho, à base de resinas epóxi reforçados com fibras contínuas de carbono. O modelo clássico e mais comum são os compósitos fibrosos, que resultam da dispersão de fibras em um material aglomerante, que se designa como matriz, (MOURA *et al.* 2005).

Segundo o autor Neto e Pardini (2006), com o avanço da tecnologia as conquistas foram inúmeras, principalmente as relacionadas com aplicações nas áreas da aeronáutica, aeroespacial, petroquímica, naval, bioengenharia, automobilística, construção civil, e de artigos esportivos, entre outras, e tornaram-se viáveis após o advento dos compósitos estruturais.

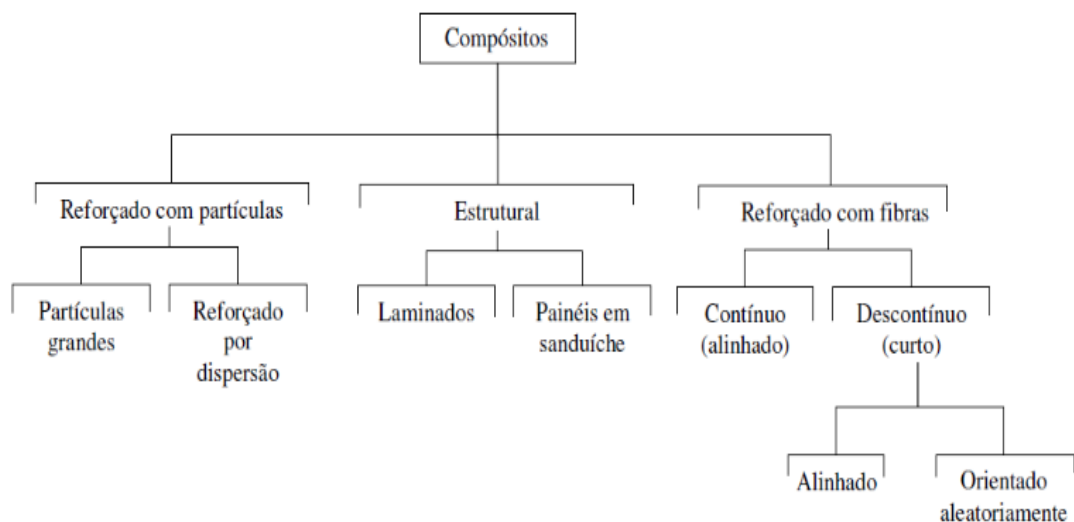
Esta classe de materiais é ampla, abrangendo desde polímeros reforçados com fibras, os materiais híbridos metal/compósito, os concretos estruturais, e outros compósitos que incorporam matriz metálica ou matriz cerâmica. Os compósitos obtidos a partir de reforços contínuos apresentam um excelente desempenho estrutural, considerando a resistência e a rigidez específicas. Estes materiais são

muitos resistentes a vários tipos de corrosão, e se comparados às ligas metálicas estruturais são bem mais leves (por fatores superiores a até 4 vezes).

3.1.2 Classificação dos Compósitos

Os materiais compósitos possuem três divisões duas subdivisões para cada uma delas, sendo eles os compósitos reforçados com partículas, os compósitos reforçados com fibras e os compósitos estruturais (Figura 1). A fase dispersa para os compósitos reforçados com partículas tem eixos iguais (isto é, as dimensões das partículas são aproximadamente as mesmas em todas as direções); para os compósitos reforçados com fibras, a fase dispersa tem a geometria de uma fibra (isto é, uma grande razão entre o comprimento e o diâmetro). Os compósitos estruturais são combinações de compósitos e materiais homogêneos, cujas propriedades dependem não somente das propriedades dos materiais constituintes, mas também do projeto geométrico dos vários elementos estruturais. Os compósitos laminares e os painéis em sanduíche são dois dos tipos de compósitos estruturais mais comuns, CALLISTER JR. (2000).

Figura 1 Classificação dos materiais compósitos



Fonte: Adaptado de CALLISTER JR. (2000).

3.1.3 Compósitos Reforçado com partículas

Esse compósito divide-se em: compósitos de partículas grandes e compósitos fortalecidos por dispersão.

- ✓ Partícula Grande: O sentido que se dá a palavra “Grande”, na verdade é usada para indicar que as interações partícula-matriz do ponto vista atômico ou molecular é empregado na mecânica de sólido contínuo. Para a maioria desses compósitos, a fase particulada é mais dura e mais rígida do que a matriz, e eles podem ser obtidos com os três tipos de materiais: metais, polímeros e cerâmicos. Temos o exemplo do concreto que nos é familiar, o concreto é composto por cimento (matriz), sendo a areia e a brita os particulados (CALLISTER JR., 2000).
- ✓ Reforçado por Dispersão: Neste tipo de compósitos, que têm a sua resistência aumentada por dispersão, as partículas são, em geral, muito menores, com diâmetros entre $0,01\mu\text{m}$ e $0,1\mu\text{m}$. Através da interação partícula-matriz ocorre o aumento da resistência ao nível atômico ou no nível molecular. A matriz suporta a maior parte da carga aplicada, ao passo que as partículas pequenas que estão espalhadas impedem ou dificultam o seu movimento. Sendo assim, a deformação plástica é reduzida de tal modo que é melhorado o limite de escoamento, a resistência à tração, bem como sua dureza (CALLISTER JR., 2000).

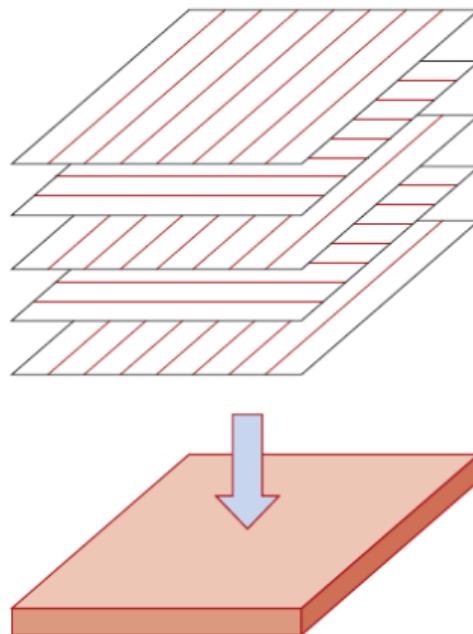
3.1.4 Compósitos Estrutural

É normalmente formado por materiais homogêneos, sendo sua nova forma geométrica um fator importante nessa união. Subdivide-se em laminados e painéis sanduiche.

- ✓ Laminados: É determinado por folhas ou painéis bidimensionais de direção única, possui alta resistência mecânica, igual ao encontrado na madeira e em plásticos reforçados com fibras contínuas e alinhadas (Figura 2). As camadas são empilhadas e subsequentemente unidas umas às outras, de tal modo que a orientação da direção de alta resistência varia de acordo com cada camada sucessiva. Por exemplo,

as folhas sucessivas de madeira na madeira compensada são alinhadas com as direções dos grãos em ângulos retos umas com as outras. Os laminados também podem ser construídos empregando-se materiais na forma de tecidos, tais como o algodão, o papel, ou fibras de vidro trançadas, os quais são inseridos no interior de uma matriz polimérica. Este tipo de compósito laminar possui uma resistência relativamente alta em uma diversidade de direções no plano bidimensional; entretanto, a resistência em qualquer direção específica é, obviamente, menor do que aquela que existiria se todas as fibras estivessem orientadas naquela direção (CALLISTER JR., 2000).

Figura 2: Empilhamento de camadas para compósito laminar.

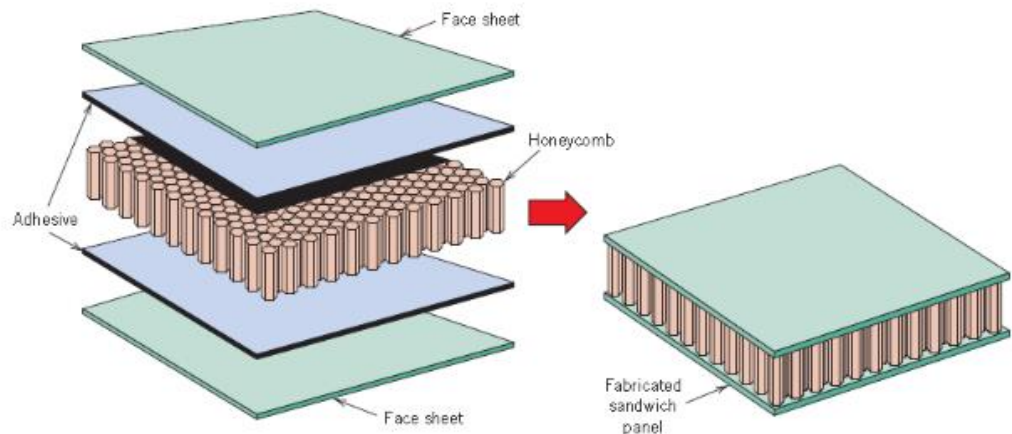


Fonte: CALLISTER JR. (2000).

- ✓ Painéis Sanduiche: É formado por duas folhas ou faces externas mais resistentes sendo separadas por uma camada de material menos denso, ou enchimento, que tenha menor rigidez e menor resistência mecânica (Figura 3), por sua vez essas faces suportam maior parte do carregamento dentro do plano e qualquer tipo de tensão de flexão transversal. Estruturalmente, o enchimento desempenha duas atividades, a primeira é que ela separa as folhas e resiste à

deformação perpendicular ao plano da face; a segunda é que ela possibilita um grau de rigidez maior em relação a tensão de cisalhamento ao longo do plano (CALLISTER JR.,2000).

Figura 3: Paineis sanduiche com enchimento em colmeia



Fonte: CALLISTER JR. (2000).

3.1.5 Compósitos Reforçado com Fibras

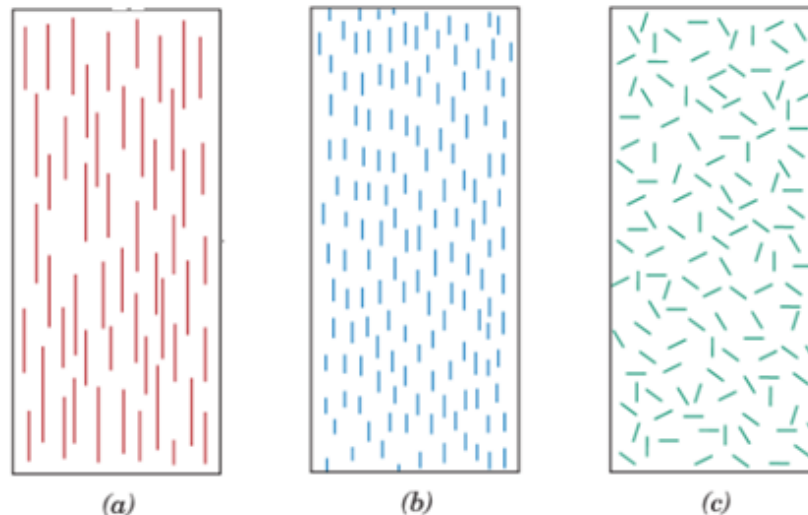
Uma das vantagens dos compósitos reforçados com fibras é que estas promovem um aumento na resistência mecânica e uma redução na densidade do compósito. Segundo o autor Neto e Pardini, (2006) esses compósitos são reforçados com fibra e subdivididos pelo comprimento da fibra longa e curta.

Segundo Quirino (2010), o arranjo e a concentração das fibras exercem influência sobre a resistência mecânica e outras propriedades de compósitos reforçado com fibra e podem ser dispostas de duas maneiras, alinhada ao eixo paralelo longitudinal das fibras, e a outra e alinhada ao randômico. Com relação às propriedades mecânicas, outros aspectos importantes dos compósitos reforçados com fibras, a reciprocidade entre matriz/fibra, fragmentação volumétrica dos componentes da mistura e, composição química da matriz e das fibras. Conforme Figura4, observa-se a formação de compósito reforçado por fibra.

- ✓ Fibras Contínuas: São geralmente destinados a aplicações estruturais, pois possuem maior resistência mecânica, sendo que suas

propriedades finais dependem principalmente da orientação e configuração das fibras (QUIRINO,2010).

Figura 4: Compósito reforçado com fibras
(a) Fibras curtas e alinhadas; (b) Fibras curtas ou descontínua e alinhadas; (c) Fibras curtas ou descontínuas com orientação randômica.



Fonte: Adaptado de SHACKELFORD (2008).

- ✓ **Fibras Descontínuas:** Os compósitos de fibras descontínuas são utilizados na engenharia de forma heterogênea que se apresenta as tensões uma das suas funções é transmitir os esforços para o reforço, que podem ser transmitidos pela deformação plástica ou elástica na matriz e nas suas extremidades, mesmo que o elemento de reforço seja menor para as fibras descontínuas do que para as fibras contínuas, sua aplicação tornou-se importante no mercado como exemplo as fibras de vidro picadas, de carbono e aramida, sendo todas estas, fibras sintéticas (QUIRINO, 2010).

3.2 Produção de arroz

O arroz (*Oriza sativa L.*) é originária da Ásia e cultivada aproximadamente há cinco mil anos, é um produto importante na alimentação humana sendo monitorada por um mercado mundial por sua produção e exportação. O arroz é cultivado no

Brasil em dois tipos de ecossistemas, de terras altas produção sem uso de irrigação e com irrigação por inundação.

Segundo o Ministério da Agricultura o Brasil é o maior produtor de arroz com uma produção de 202,18 milhões de toneladas na safra de 2014/2015 utilizando cerca de 57,76 milhões de hectares como área de plantio. O estado do Rio Grande do Sul produz em torno de 13 milhões de tonelada por ano, fazendo com que o País ocupe o décimo lugar na lista dos produtores mundiais, responsável por 50% produção brasileira. Conforme informações do PIB (produto Interno Bruto), gera R\$ 175 milhões em ICMS (Imposto para Circulação de Mercadorias e Serviços) e 250 mil empregos no estado, com esta situação torna-se o estado do Rio Grande do Sul um dos maiores geradores de resíduos agroindustriais.

Segundo *Chen, (1980)* destaca-se que, economicamente, a utilização da casca de arroz na confecção de painéis aglomerados pode ser viável, pois os custos para o transporte da casca de arroz são competitivos com os custos para o transporte de partículas de madeira. A aquisição, no entanto, da casca de arroz pode sair mais barata, por se tratar de um resíduo agrícola que, na maioria das vezes, não é aproveitado. Já a madeira utilizada na produção de partículas poderia ser utilizada para manufatura de produtos de maior valor agregado.

Por ser de difícil decomposição e pelo alto percentual de sílica que possui, esse resíduo constitui um problema ambiental e de saúde, sobretudo nas regiões onde o cultivo do arroz se faz em larga escala. A partir do momento em que esse material for incorporado em um processo produtivo como uma matéria-prima alternativa a manufatura de painéis, ele será valorizado e deixará de ser um resíduo. Essa tecnologia da fabricação de painéis aglomerados utilizando a casca de arroz vem ganhando um importante enfoque, especialmente nos países asiáticos, que são os principais produtores de arroz.

3.2.1 Resíduo Lignocelulósico - Casca do Arroz

No Brasil são geradas grandes quantidades de resíduos agroindustriais provenientes da monocultura, com a finalidade de obtenção de produtos alimentícios em larga escala. Em relação a estes resíduos destaca-se a casca de arroz oriunda do seu beneficiamento, principalmente, na Região Sul do país. Conforme pesquisa

realizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) da safra de 2012/2013, o estado do Rio Grande do Sul foi responsável por 64,35% da produção nacional, seguido de Santa Catarina, Mato Grosso e Maranhão, responsáveis por 8,25%, 5,36% e 4,42%, respectivamente.

Além disso, segundo dados do MAPA, foram produzidos 11,9 milhões de toneladas de arroz, e destes 20% são considerados rejeitos, ou seja, aproximadamente 3,38 milhões de toneladas, assim, a casca representa o subproduto mais volumoso da cultura do arroz. O arroz em casca pode ser dividido em três partes conforme Figura 5 casca, grão e o farelo, com a ampla produção e consequentemente o aumento desse resíduo, o que viabiliza a importância de novas pesquisas.

Figura 5: partes do arroz em casca

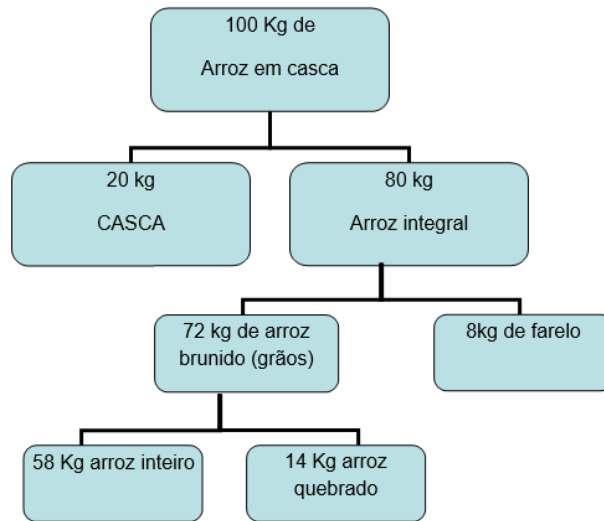


Fonte: JOSAPAR, 2008

O farelo de arroz, é obtido a partir do polimento do grão integral, quando removido do endosperma amiláceo, sendo utilizado principalmente em alimentação animal em suínos, aves e recentemente vem sendo incrementado o seu uso como suplemento para ruminantes.

3.3. Processo de Descasque do Arroz

O beneficiamento do arroz em casca é o processo de modificação do produto que vem da agricultura até obter o produto desejado para consumo. As principais etapas do beneficiamento conforme o fluxograma na (Figura 6). Iniciando o beneficiamento em 100 Kg de arroz em casca e finalizando o processo em 20kg de casca, 8 kg de farelo sendo devidamente direcionado para o reaproveitamento sem causar danos ao meio ambiente (CASTRO et al, 1999).

Figura 6: Beneficiamento do Arroz em casca e subprodutos.

Autor: Adaptado de CASTRO et al. 1999.

A casca de arroz Figura 7 que possui estrutura fibrosa como a da madeira, é constituída com 50% de celulose, 30% lignina e 20% de resíduos inorgânicos atingindo uma média de 97% em peso de sílica. Muitos trabalhos voltados para materiais lignocelulósicos materiais fibrosos que aumentam as propriedades física e mecânica como a casca de amendoim, bagaço de cana de açúcar, pupunha, casca de café e a casca de arroz dentre outros estudos preocupados que se preocupam com meio o ambiente. O arroz possui outras utilidades, por ser um produto com grandes propriedades e uma fonte de vitaminas, proteínas, carboidratos, lipídios, minerais, ácidos fenólicos e ácido fítico (WALTER, 2008).

Figura 7: Casca de Arroz

Fonte: Autora

3.4. Madeira Teca - *Tectona grandis* L.f.

A teca (*Tectona grandis* L.f.), também conhecida por teak (Índia, Siam, Birmânia e Indonésia), teck (França), ojati (Java), may sak (Laos) e tiek (Alemanha), é uma espécie arbórea da família Verbenácea decídua da floresta tropical, nativa das zonas úmidas do subcontinente Índico e do Sudeste Asiático, especialmente na Índia, Burma, Tailândia, Laos, Camboja e Vietnã.

Por ser uma espécie de características tropicais, ela tem sido cultivada extensivamente em países do Sudeste Asiático e nas zonas tropical e equatorial de países da África e América. O Brasil já ocupa posição destacada com cerca de 70.000 hectares plantados e distribuídos principalmente nos estados de Mato Grosso, Pará, Acre, Tocantins, Espírito Santo, Bahia, Minas Gerais, Goiás, São Paulo e até mesmo Paraná. Outros países que se dedicam a plantar a teca comercialmente são: Togo, Camarões, Zaire, Nigéria, Trinidad, Honduras, Panamá, Costa Rica, Índia, Vietnã, dentre outros.

As folhas adultas da madeira Teca, possuem em média comprimento de 45 cm por 25 cm de largura, as folhas mais jovens de até 3 anos de idade podem atingir o dobro dessas dimensões, casca mole que atinge 15 mm de espessura, desprendendo geralmente em longas faixas verticais e tem sabor amargo (LAMPRECHT, 1990). Segundo autor Bebart, (1999) as folhas da teca são opostas, elípticas ou obovadas, coriáceas e ásperas ao tato, base arredondada, pecíolos curto e robusto, ápice e base agudos. As folhas, em média, possuem 20 a 50 centímetros de comprimento e 15 a 40 centímetros de largura.

Suas flores são brancas e pequenas, dotadas de pecíolos curtos, dispostas em grandes e eretas inflorescências do tipo panícula; são recobertas por pêlos finos, tendo um cálice de cor cinza-pálido, com seis lóbulos. Abrem poucas horas depois do amanhecer entre os períodos de onze horas e trinta minutos até as treze horas para uma melhor polinização. (WEAVER, 1993).

Seus frutos consistem em drupas subglobosas e tetralocularde, possui até quatro sementes por lóculo atinge 1,2 cm de diâmetro, na Figura 8, suas sementes estão protegidas por um tecido duro (endocarpo) envolvido por uma compacta e densa cobertura feltrosa.

Figura 8: a) Árvore de *Tectona grandis* L.f, b) Folhas; c) Flor e semente da teca



Fonte: adaptado, Florez, 2012

A Teca admite uma variedade de clima, porém cresce melhor em climas úmidos e quentes, em regiões chuvosas grande parte da área de distribuição natural da teca se caracteriza por climas do tipo monzonal, com uma precipitação entre 1.300 mm e 2.500 mm por ano e uma estação seca de 3 a 5 meses. Porém, a espécie suporta precipitações baixas de 500 mm/ano a altas intensidades pluviométricas de até 5.100 mm/ano.

A Teca prefere solos férteis e ligeiramente ácidos com baixo teor de alumínio e razoável presença de cálcio, necessita ter ar no solo, pois demanda presença de oxigênio e não suporta o hidromorfismo de solos alagados, não compactados e pouco porosos. Quanto aos aspectos nutricionais, os solos precisam ser ricos ou serem supridos por adubação bem balanceada, já que a teca é mais exigente em riqueza de solos do que o *Pinus* ou o *Eucalyptus*. Segundo Sanchez, (2002) atualmente é cultivada em quase toda região tropical, possui folhas opostas, coriáceas e ásperas ao tato, dotadas de pecíolos curtos ou ausentes e ápice e base agudos.

3.4.1- Silvicultura da Teca

A silvicultura da Teca estabelece controle de alta qualidade, desde a produção de mudas, passando pelo preparo do solo, plantio e fertilização, tratamentos fitossanitários e manejo ao longo da rotação. O objetivo desse controle da madeira teca de agregar valores produzindo toras de diâmetro maiores e isentas de nós para atender ao mercado internacional e nacional. Uma das formas de

atender as qualidades para a produção de teca é adotar modelos de mosaicos eco eficientes, alternando os produtos puros de teca com outros tipos de vegetação como mata nativa, agricultura, pastagem e sistemas agroflorestais.

3.4.2 Utilização da Teca

A madeira da Teca é muito apreciada pelos mercados mais exigentes em qualidade e beleza estética, principalmente a demandada no mercado internacional pela sua cor pardo-dourada e alta durabilidade.

O uso de sua madeira pela sociedade humana é considerado como antiquíssimo. Existem relatos históricos do uso da teca na construção ou decoração de palácios e templos antigos, dentre os quais na antiga Babilônia. Os principais usos da madeira Teca são destinados para indústria moveleira, peças para decoração de interiores luxuosos. Por outro lado, a madeira tem ampla aplicação na construção naval e na produção de laminados e compensados, bem como em pisos, esquadrias, peças para decoração e utensílios domésticos.

3.4.3 Propriedades Físicas da Madeira Teca

A madeira teca é resistente à degradação pela presença de uma substância chamada tectoquinona, em que confere a sua resistência na utilização e construção de peças que em contato constante com a água ou com ambientes úmidos como (embarcações, habitações, pilares, mourões etc.). O alburno é bem menos resistente à degradação que o cerne, por essa razão recomenda-se que seja impregnado com preservativo, conforme o uso que se queira dar à madeira.

Uma das propriedades destinada da madeira Teca, é o cerne além de possuir uma coloração castanho-amarelada, podendo atingir tonalidades mais escuras, caramelo existindo um brilho, pela presença de extrativos iguais a de um látex, um aspecto brilhante, que facilita o trabalho da madeira, que fica com aparência lubrificada quando processada. Outra particularidade da propriedade da madeira teca um conjunto de resistência com leveza, durabilidade, permanência dimensional, facilidade de trabalhar com ferramentas e acabamento, resistência a

cupim, fungos, químicos, água, às condições atmosféricas, à corrosão, além da beleza e estética. Portanto, a versatilidade da madeira Teca em diversas utilidades quando serrada, aplainada, lixada, perfurada, pregada e parafusada. (VIEIRA, 2014)

Uma das principais propriedades da madeira é massa específica, por ser o parâmetro relacionado a várias outras informações é muito utilizado para qualificar a madeira, nos diversos segmentos industriais. A estrutura da madeira está relacionada a espessura da madeira e a quantidade proporcional dos tipos de células como as fibras, dutos de resinas, traqueídeos, os vasos e parênquima. (PINTO 2007).

3.4.4 Propriedades Química da madeira Teca

As propriedades químicas da madeira são de suma importância quanto aos compostos químicos que podem influenciar durante o processo de industrialização da espécie, principalmente em suas propriedades físicas, e resistências aos organismos xilófagos, Segundo SEVERO, *et al.* (2010).

A madeira é formada por celulose de 40 a 45%, lignina de 15 a 35% comparada com outras espécies folhosas apresentam porcentagem acima, e hemicelulose 20% que compõem a estrutura da parede celular, e sendo utilização implica nos processos químicos ou mecânicos que alteram as propriedades das células segundo autor Wegene (2003). Os componentes inorgânicos mais abundantes encontrados são cálcio (Ca), potássio (K), e magnésio (Mg), embora na teca o teor de sílica apresente especial importância no que diz respeito ao processamento da madeira.

3.5. Produção de Painéis de Partículas Aglomeradas

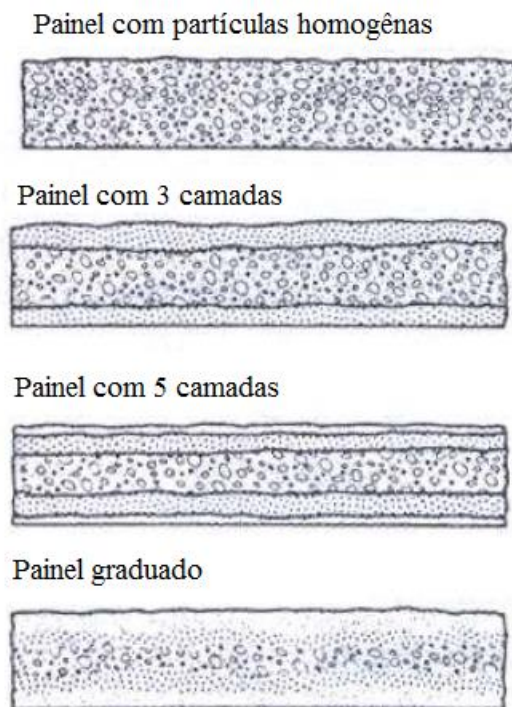
É regulamentada pela ABNT-NBR 14.810-2(2013) que define as chapas de painéis da seguinte forma, produto em forma de painel conhecido como MDP variando de 3 a 50 mm de espessura, constituído por partículas de materiais lignocelulósico com resinas naturais ou sintéticas, termo fixas, sob pressão e calor. A geometria das partículas e sua homogeneidade, os tipos de adesivos, a densidade e os processos de fabricação podem ser modificados para produzir produtos

adequados aos finais específicos. Durante o processo de fabricação, podem ser ainda incorporados aditivos para prover painéis com características especiais (ABIPA, 2013).

A produção de painéis aglomerados depende de vários fatores importantes que estão relacionados entre si, que de forma direta ou indireta, influenciam em suas propriedades físicas e mecânicas. As variáveis de processo como a geometria de partículas, teor de umidade, tipo e quantidade de resina e ciclo de prensagem, devem ser consideradas dentro dos critérios e padrões recomendados industrialmente (IWAKIRI *et al.*, 1999; IWAKIRI *et al.*, 2001 *apud* SANCHES, 2012).

Portanto, o que diferencia o particulado dos painéis é a granulometria das partículas, sendo classificados em: painéis homogêneos de apenas uma camada, painéis de múltiplas camadas, o qual possui camadas bem definidas e que diminui de granulometria do centro para das extremidades, painéis de camadas graduadas que suas camadas também diminuem de granulometria do centro para as extremidades, porem estas não são distintas quanto o anterior e o painel de partículas orientadas (OSB). Esta classificação pode ser visualizada na Figura 9.

Figura 9: Distribuição de partículas confecções de painéis



Fonte: Adaptado por Mosleni (1974)

3.5.1. Painéis MDF *Medium Density Fiberboard*

O painel de Fibra de Média Densidade (MDF) surgiu na década de 60 propondo inovações tecnológicas na sua manufatura como uma forma de agregar valor à madeira de baixa qualidade, aproveitando toda a madeira maciça, eliminando defeitos naturais tais como os, nós presença de medulas, desalinhamento da grã e melhorando a performance em relação aos outros tipos de painéis existentes no mercado (MALONEY, 2003).

3.5.2. Painéis MDP *Medium Density Particleboard*

O painel MDP é composto por adesivo sintético e partículas de madeira, as quais são combinadas com a aplicação de calor e pressão, se concretizando e dando origem ao painel. Por ser feito à base de fibras naturais vegetais, o MDP também pode ser classificado como um composto lignocelulósico (SILVA, 2012). Esta diferença entre os painéis pode ser observada através da figura 8.

Figura 10: Diferenças entre os painéis MDF e MDP



Fonte: Adaptado - ABIPA – Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira.

Em meados da década de 90, as empresas brasileiras investiram na modernização tecnológica, passando do processo de produção de aglomerado da prensagem cíclica para a prensagem contínua, o que conferiu ao produto melhores características de resistência (melhor resistência ao arrancamento de parafusos, menor absorção de umidade e empenamento), e implementaram a modificação da nomenclatura para MDP, ou painel de partículas de média densidade, numa

tentativa de dissociar o novo produto do aglomerado tradicional (MATTOS *et al.*, 2008).

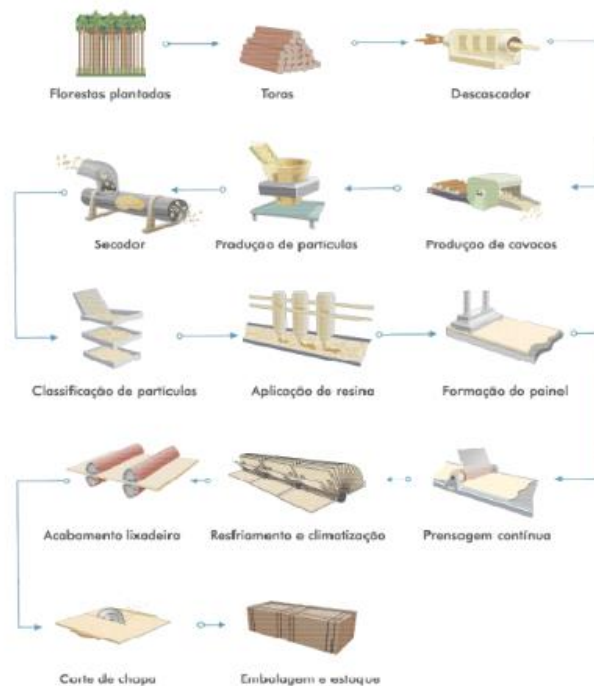
Já os Painéis de Partículas têm sua construção parecida com o MDP, porém ao invés de camadas de partículas de tamanhos diferentes, as partículas de vários tamanhos são misturadas juntas formando um colchão homogêneo.

Assim como no MDP essas partículas são aglutinadas e compactadas entre si, apresentando homogeneidade e uniformidade, utilizando a resina sintética ou natural, através da ação conjunta de pressão e calor em prensa.

A principal indústria consumidora deste tipo de painel é a movelaria que a utiliza nas partes internas de móveis ou partes que não são expostas ou que não são usinadas, pois seu acabamento a usinagem não é bom e outra boa parte é destinada a aplicações estruturais, degraus de escada, pisos residenciais, assoalhos para casas e até vigamento de telhados, (GONÇALVES, 2000).

A produção envolve uma série de etapas monitoradas, refletindo num produto de alta qualidade e desempenho. A Figura 11 mostra as etapas da fabricação de painéis aglomerados:

Figura 11: Fluxograma de produção de painéis aglomerado



Fonte: Adaptado LARA, PALMA (2009).

- **Geração de partículas** – As toras como matéria-prima ou outro resíduo lignocelulósico como o bambu também podem ser aproveitados nessa etapa. Esse processo pode ser realizado por equipamentos com sistemas hidráulicos ou mecânicos, como picadores e moinhos de martelos. O material fino, de menor granulometria, é armazenado internamente em ambientes protegidos, como silos, para evitar o espalhamento pela ação dos ventos, onde se reduz a umidade das partículas de 2 a 4% de umidade.
- **Secagem** – A determinação do teor de umidade das partículas, é de ampla 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).
- **Classificação** – Após a secagem, este sistema consiste na separação das partículas que são classificadas por meio de peneiras de diversas granulometrias, com a obtenção de remover as partículas mais finas e a mais grossa. (Iwakiri *et al.* 2005)
- **Aplicação de adesivos e aditivos químicos** – O adesivo representa um alto custo na produção do painel, podendo chegar até 35% do valor do mesmo. Portanto, sua aplicação é feita de atitude otimizada. Em um painel geralmente são utilizados de 6 a 12%, em relação ao peso seco das partículas. 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).
- **Formação do colchão** – Esse 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).

- **Pré prensagem do painel** – Após a formação do colchão, o painel passa pela pré-prensagem que tem como objetivo reduzir a altura do colchão, para melhorar a sua consistência e facilitar o carregamento até a prensa quente (IWAKIRI *et al.*, 2005).
- **Prensagem a quente** – Segundo Iwakiri *et al.* (2005), a pressão aplicada pode variar a densidade do material. Já a temperatura de prensagem é definida de acordo com a temperatura necessária para a cura do adesivo, podendo variar de 110°C a 200 °C. O tempo de fechamento da prensa é o momento inicial do contato dos pratos quentes da prensa com a superfície do colchão até atingir a espessura final do painel e está relacionado com a formação do gradiente vertical de densidade do painel. Por fim, o tempo de prensagem, que é o tempo transcorrido a partir do momento do início do fechamento dos pratos, passando pela fase do painel chegar a sua espessura final, até a abertura dos pratos da prensa.
- **Acabamento do painel** – Os painéis são resfriados e acondicionados após a saída da prensa, ainda quentes para permitir a continuidade do processo de cura da resina iniciado durante a prensagem a quente. Em seguida, é feito o processo de esquadrejamento e lixamento dos painéis que tem como objetivo eliminar quaisquer irregularidades na superfície do mesmo. Após o lixamento, as chapas são classificadas, pré-cortadas nas dimensões convencionais e armazenadas adequadamente (DIAS, 2005).

3.5.3 A indústria de painéis de Madeiras

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira (ABIPA, 2012), o setor de painéis de madeira industrializada é formado por indústrias

produtoras de painéis de aglomerados, e são indústrias importantes no provimento de matéria-prima para a construção civil, confecção de moveis e utensílios.

O mercado brasileiro de painéis de madeira industrializada obteve um aumento nas últimas duas décadas, de 3,1 milhões de toneladas para 7,3 milhões, um crescimento médio de 8,9 ao ano. Da mesma forma, o consumo anual de painéis de madeira também cresceu de 2,8 milhões de toneladas, para 7,2 milhões, com incremento médio de 9,9 ao ano, conforme a Figura 12.

Esse aumento significativo justifica-se pela substituição do uso de compensados pelos painéis de madeira industrializada, utilizados principalmente na construção civil no setor imobiliário onde os pacotes de estímulos governamentais à elevação da competitividade do setor moveleiro brasileiro, como a isenção do Imposto sobre Produto Industrializado (IPI), beneficiaram toda a cadeia moveleira, que faturou BRL 35,1 bilhões em 2011, 11,4% a mais do que em 2010.

Figura 12: Produção e consumo de painéis de madeira no Brasil.



Fonte: ABRAF 2012

3.5.4 Utilização de materiais alternativos na Fabricação de painéis.

Várias pesquisas foram realizadas na aplicação de materiais alternativos, com soluções de reaproveitamento de insumos e resíduos agroindustriais. Nas

regiões brasileiras apresenta uma utilização adequada dos recursos renováveis, com reutilização na fabricação de painéis.

Arelado as pesquisas e com objetivo de analisar as propriedades dos painéis de material particulado, fabricados com fibras e resíduos de aproveitamento da agroindústria com bambu, bagaço da cana-de-açúcar, casca de arroz, casca de amendoim, palmito, fibras de coco, e outros.

Archangelo (2016), em sua pesquisa de mestrado, produziu painéis aglomerados com partículas de bambu e cascas de arroz, e relata que a densidade em todos os traços analisados ficou dentro do que estabelece a norma NBR 14810-2 (2013), cujo valor estabelecido é acima de 800 kg/m³. Os traços T2, T3 e T4 obtiveram média de 925,35 Kg/m³, observando uma pequena variação entre os mesmos.

Para Bueno (2014), os testes avaliados para painéis de *medium density fiberboard* fabricados com bagaço de cana-de-açúcar e madeira de reflorestamento, a densidade alvo da pesquisa foi alcançada se enquadrando dentro do estabelecido pela NBR 15316-2 (2009), como painel de fibras de média densidade; quanto ao teste de inchamento em espessura e absorção de água, para os períodos de 2h e 24h os colchões com 100% de fibra de cana-de-açúcar alcançaram os melhores resultados entre os painéis fabricados em laboratório, assim como os testes para MOE e MOR, bem como tração perpendicular, o que viabiliza a utilização do painel de acordo com a norma.

Nasser (2016), consta em sua pesquisa de mestrado os ensaios envolvendo a higroscopia dos compósitos de partículas aglomeradas de casca de amendoim e bambu, os painéis apresentaram comportamento semelhante para os traços com 30%, 20% e 10% de percentual de casca de amendoim na composição, com médias de 9,60% de umidade, 5,65% para inchamento em espessura 24h e 7,40% em absorção de água 24h.

Nascimento (2015), relata que a composição de painéis particulados pode ser empregado como matéria prima: material florestal proveniente de desbaste e poda; resíduos industriais grosseiros, tais como costaneiras, sobra de destopo, miolos de toras laminadas; resíduos industriais finos, tais como pó-de-serra e cavaco de plaina; cavacos de madeira do beneficiamento de indústria de móveis e

carpintaria; materiais lignocelulosico com bagaço de cana, palha de arroz, bambu ou mesmo as fibras de sisal, juta, casca de coco, etc.

Valarelli (2016), em sua tese de livre docência verificou as potencialidades da utilização do resíduo de bambu e pupunha, aplicado aos painéis de partículas de alta densidade. Para tanto, as aplicações estruturais devem se apresentar em condições secas na indústria moveleira e na construção civil, uma vez que se constatou que a mistura de partículas de materiais alternativos, permitiu a obtenção de um painel leve, com desempenho físico-mecânico satisfatório aos propósitos. Isso se tornou fundamental para a redução do custo do produto bem como minimização de consumo de recursos naturais.

Battistelle *et al.* (2005), em outro trabalho de análise de intemperismo natural em chapas de partículas compostas de resíduos agroindustriais, recomenda o emprego das chapas de partículas compostas por resíduos, bambu e celulose para ambientes internos. Para tanto, as aplicações estruturais devem se apresentar em condições secas na indústria moveleira e na construção civil, uma vez que se constatou que a mistura de partículas de materiais alternativos, permitiu a obtenção de um painel leve, com desempenho físico-mecânico satisfatório aos propósitos. Isso se tornou fundamental para a redução do custo do produto bem como minimização de consumo de recursos naturais.

Belini (2011), aferiu a proporção de bagaço de cana e partículas de eucalipto em painéis MDF usando infravermelho próximo (NIR). Segundo o autor, painéis de MDF com diferentes teores de bagaço foram facilmente distinguidos uns dos outros pela PCA. Os modelos PLS-R das amostras de MDF revelou um forte coeficiente de determinação (0,96) entre os valores NIR-previstos e determinados;

Araujo (2015), constou em sua Dissertação de mestrado, uma análise sobre as propriedades físicas e mecânicas em painéis de aglomerados com resíduos de casca de café. Tal recurso, segundo ele, poderia ser utilizado em painéis que trouxesse conforto térmico e acústico e até mesmo, decorativo, como por exemplo, na fabricação de lambris ou de pequenos objetos, para aproveitamento dos resíduos.

Marinho, (2012) elaborou sua pesquisa para a Dissertação de mestrado, fazendo uma análise das fibras do bambu e o potencial de aplicação em painéis MDF, realizadas por meio de MEV. Nas regiões de fratura as fibras se mostraram

desalinhas, evidenciando pouca adesão interfacial. O resultado se mostrou insuficiente diante da ancoragem por parte do adesivo, refletindo inferior desempenho mecânico. Também foi observado que as fibras do bambu têm paredes espessas e rijas, com diâmetro pequeno e, portanto, de difícil penetração do adesivo por capilaridade, provocando falhas na distribuição da resina

Pierre (2010) em sua tese de doutorado constatou que a madeira de *Eucalyptus grandis* através de pesquisas que no módulo de elasticidade longitudinal foram, no geral, 30% superiores aos obtidos para o módulo de elasticidade transversal e os módulos de ruptura longitudinal foram 20% superiores aos módulos de ruptura transversais. Essa ocorrência é explicada pela direção preferencial assumida pelas partículas depositadas no colchão, durante a formação dos painéis na linha de produção. As faixas 2 e 4 apresentaram um comportamento semelhante e revelaram valores tanto do módulo de elasticidade como do módulo de ruptura inferiores às faixas 1 e 3, por utilizarem corpos-de-prova com umidade de equilíbrio média de 13%.

Santos (2013), em sua pesquisa de mestrado sobre a caracterização dos painéis desenvolvidos com fibras de curauá, estes de acordo com a sua densidade são classificados em painéis de alta densidade. Observou quanto aos ensaios físicos de inchamento e absorção de água, que os melhores resultados foram obtidos para o painel produzido com fibra de curauá e resíduo de louro, ressaltando-se que de acordo com a NBR 14810-2 (2006) o inchamento ficou abaixo do estabelecido e a absorção próxima ao limite máximo.

Santos (2013), levando-se em consideração a caracterização mecânica, observou-se que todos os painéis produzidos apresentaram MOR superior ao estabelecido pela NBR 14810-2 (18 MPa), sendo que aqueles produzidos somente com fibras de curauá foram os que apresentaram melhores resultados (33,37 MPa) em relação aos produzidos com fibras e resíduos de madeira (curauá: 24,48 MPa; louro: 26,62 MPa). Acrescenta-se que para os ensaios de arrancamento 112 de parafuso e adesão interna os painéis apresentaram valores superiores ao mínimo definido pela NBR 14810-2 (1.020 N; 0,40 MPa), exceção da placa produzida somente com fibra de curauá, que apresentou valor inferior para o ensaio de arrancamento de parafuso (662,5 N).

3.6. Adesivos

Segundo Bueno (2014), a mais de dois mil anos antes de Cristo, os adesivos eram utilizados pelo homem, sendo os egípcios os primeiros que empregavam a goma arábica retirada a essência de algumas arvores, do ovo e da borracha. Após a primeira guerra mundial começaram a surgir novos tipos de adesivos com características de ser empregada a temperatura ambiente e com resistência a água, sendo até hoje utilizados na colagem, de peças estruturais de madeira para uso interno.

O adesivo é o componente de maior custo na produção de painéis aglomerados e de fibras. Portanto, a quantidade a ser aplicada deve ser otimizada em função das propriedades requeridas para a finalidade a que se destina. A quantidade de adesivo a ser utilizada num painel, é determinada em função do conteúdo de sólido resinoso e com base no peso seco das partículas de madeira, podendo variar na faixa de 5 a 10%.

Os adesivos utilizados para a confecção de painéis podem ser classificados em função de sua origem: adesivos naturais e sintéticos. Nesse segundo grupo ainda existe uma subdivisão de adesivos termoplásticos e termo endurecedores (IWAKIRI, 2005).

Os adesivos termoplásticos que amolecem na presença de calor e endurecem ao se resfriar. Esses adesivos têm como base o cloreto polivinílico e poliacetato de vinila. O adesivo termoplástico mais utilizado no segmento de móveis, colagem de lâminas e junções de painéis é o PVA (poliacetato de vinila) (IWAKIRI *et al.*, 2005). Os adesivos termo endurecedores que possuem a capacidade de se solidificar através de algum procedimento químico, podendo ser ativado por calor ou catalisadores. Esses adesivos são representados, principalmente, por resinas à base de formaldeído (IWAKIRI *et al.*, 2005). Irle (2012) diz que os adesivos mais utilizados na produção de painéis de partículas são: ureia-formaldeído, seguido de melamina-formaldeído e de fenol-formaldeído.

- **Ureia-formaldeído (UF):** É o adesivo mais utilizado na produção de painéis de partículas aglomeradas, seu emprego é mais restrito a painéis para uso em ambientes internos e tem como vantagens um menor custo, facilidade no

manuseio, cura rápida e são incolores, não conferindo coloração desfavorável ao painel (IWAKIRI *et al.*, 2005). Além desses pontos positivos, também tem a vantagem de não ser inflamável. Porém, sua colagem não é resistente a água. Sua cura ocorre em meios ácidos, essa acidez pode ser conseguida através da utilização de catalisadores como sulfato de amônia ou cloreto de amônia, ou também por meio da acidez natural da madeira (FRIHART, 2012). A temperatura de cura desse adesivo no centro do painel é de 100 °C; já a temperatura das bordas deve ter entre 160 °C a 190 °C, para resinas ureia E - 1, mais atuais.

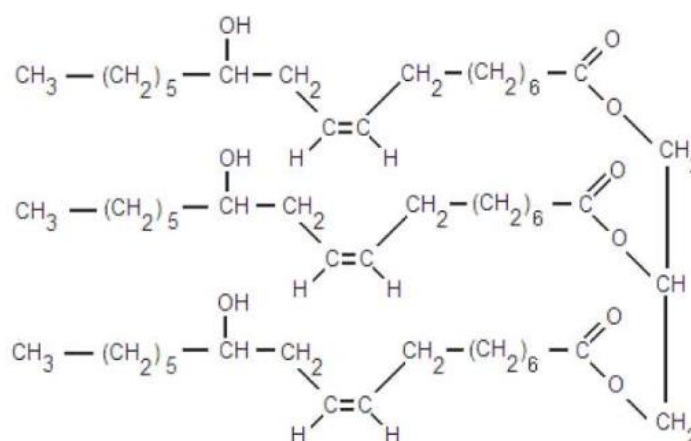
- **Fenol-formaldeído (FF):** É um adesivo classificado como de uso externo, possui coloração marrom avermelhada. É utilizado na produção de painéis estruturais que requerem alta resistência à umidade, como por exemplo, o OSB e o “waferboard”. Tem a desvantagem de ter um custo superior ao do UF (IWAKIRI *et al.*, 2005). Possui ótima durabilidade por apresentar boa adesão, alta resistência e estabilidade (FRIHART, 2012). A temperatura necessária para que ocorra a cura desse adesivo no centro do painel é de 121 °C a 160 °C, para isso as bordas devem estar a aproximadamente 200 °C (MALONEY, 1993).
- **Melamina-formaldeído (MF):** Possui boa resistência à água, portanto é mais utilizada na produção de painéis compensados e de uso exterior (FRIHART, 2012). Apresenta coloração branca leitosa, seu custo é maior do que UF e FF. O MF é mais resistente a água quando comparada com o adesivo UF e apresenta a cura mais rápida quando comparada com o FF (IWAKIRI, 2005). Segundo Maloney (1993), pode ser utilizada juntamente com UF em uma proporção de até 20 %, pois aumenta sua resistência a água.

3.6.1. Polióis derivado do óleo de vegetais

Óleos vegetais são fontes importantes de polióis e dentre os óleos utilizados para a síntese de poliuretanos, destacam-se aqueles altamente insaturados, que através de várias reações químicas, as duplas ligações são transformadas em

grupos hidroxila. Nesta categoria se encontram: o óleo de soja, óleo de girassol, óleo de milho, óleo de oliva, óleo de mamona, entre outros (IONESCU, 2005). O óleo de mamona é um triglicerídeo de ácido ricinoleico extraído de sementes da planta (*Ricinus communis* L.). O ácido ricinus possui 18 átomos de carbono, uma dupla ligação (C9 –C10) e um grupo hidroxila secundário. A sua estrutura é observada na Figura 13 a seguir citado em (AZEVEDO, 2009).

Figura 13: A estrutura do triglicerídeo de ácido ricinus

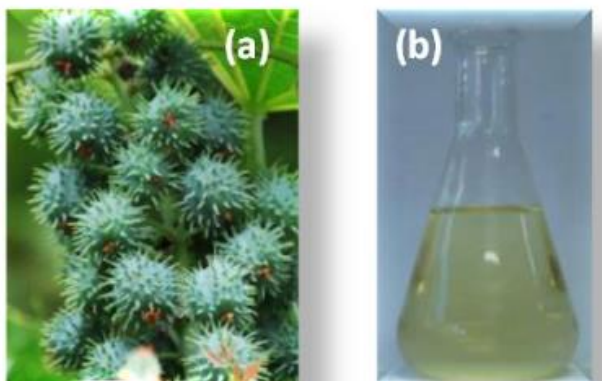


Fonte: AZEVEDO, 2009

3.6.2. Adesivos poliuretano a base de óleo de mamona

Conhecida internacionalmente como “Castor Oil” e, no Brasil, por “Caturra”, a mamona (*Ricinus communis*) Figura 14 (a), 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. O óleo é o mais importante constituinte da semente de mamona é conhecido também como óleo de rícino Figura 14 (b). A mamona é encontrada nas regiões tropicais e sub-tropicais sendo muita abundante no território brasileiro. A sintetização do polioli e do pré-polímero, quando misturadas, dão origem a um poliuretano, podendo variar a porcentagem do polioli, ao qual definirá maior ou menor dureza, podendo ser empregado catalisadores de forma a aumentar a velocidade da reação (DIAS, 2008).

Figura 14: (a) Planta da mamona "*Ricinus communis* L."; (b) Óleo de mamona

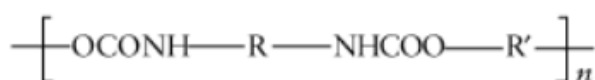


Fonte: Adaptado, CLARO NETO (1997).

A mamona é uma planta aparente de forma de arbusto, com sistema radicular que se estende nas laterais e na profundidade, tem a parte aérea ramificada, variando a coloração verde e vermelha, dependendo da variedade. As folhas são lobadas, com forma variadas, sua influência apresenta flores femininas, na parte superior, e masculina na parte inferior. O fruto é uma cápsula tricoca com espinhos, apresenta até cinco cocas, abrindo-se em cocas bivalves, possui sementes lisas, carúnculas, oval de diferentes tamanhos e coloração e contém albúmen abundante e oleoso, BRUNETON, (1991).

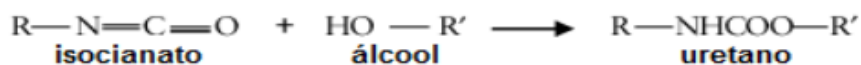
Segundo José, (2006), a extração das sementes de mamona tem com a finalidade de separar o óleo da matriz, que são os óleos vegetais, realizada através de prensa hidráulicas, são produzidos óleos de primeira qualidade e poucos corados. A Figura 15 ilustra a estrutura química do poliuretanos, pertencem a um grupo especial de polímeros heterogêneos caracterizados pela seguinte unidade estrutural:

Figura 15: Estrutura química poliuretanos



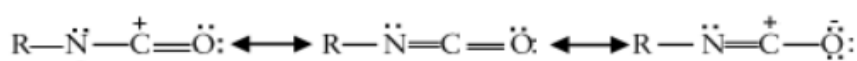
Fonte: IONESCU, 2005

Os grupos uretanos —NH —COO —são ésteres de ácido carbônico. Na Figura 16 ilustra a possível síntetização por diversos métodos, porém o mais importante é através da reação entre um isocianato e um álcool (IONESCU, 2005).

Figura 16: Sintetização ente isocianato e álcool

Fonte: IONESCU, 2005

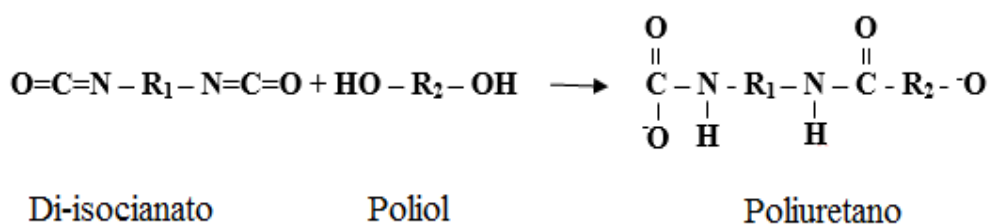
O grupo isocianato é altamente reativo com compostos ativos de hidrogênio e isto pode ser explicado na Figura 17, às seguintes estruturas ressonantes:

Figura 17: Grupo Isocianato

Fonte: IONESCU, 2005

O centro nucleófilo desses compostos ativos (o átomo de oxigênio dos grupos hidroxilas ou dos átomos de nitrogênio, no caso das aminas) ataca o átomo de carbono eletrofílico e o hidrogênio adiciona ao átomo de nitrogênio os grupos – NCO (IONESCU, 2015).

No processo de extração utilizando solventes orgânicos, temperatura e pressão, o rendimento é maior, mas, obtém-se uma coloração escura. A partir desse óleo 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 Figura 18. Esta 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.

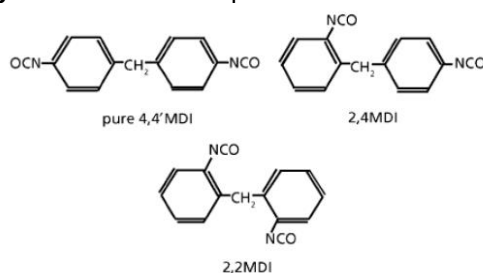
Figura 18: Representação química da formação de uma poliuretana.

Fonte: Adaptado de JOSÉ, (2006)

Em 1937, professor Otto Bayer, desenvolveu através de um processo a reação de isocianato (pré-polímero) com um poliól e com outros reagentes, tais como: agentes de cura, extensores de cadeia (contendo dois ou mais grupos reativos), catalisadores, agentes de expansão, surfactantes, cargas, etc. Os estudos desenvolvidos indicaram que chapas coladas com adesivos à base de poliuretana apresentavam propriedades superiores às das chapas coladas com adesivo fenólico. Possuíam a vantagem de não emanar formaldeído, além de apresentarem maior resistência à umidade JOSÉ, (1964).

Os isocianatos mais utilizados são aromáticos: o tolueno diisocianato (TDI) e o difenil metano diisocianato pode-se observar na Figura 17 a estrutura química de (MDI), (SZYCHER, 2012). Estes compostos são tóxicos. Portanto, após reação com álcool eles se tornam inertes. O adesivo de poliuretano derivado do óleo de mamona utiliza o MDI misto com o diisocianato. Este composto é uma mistura de 2,2 MDI com 2,4 MDI.

Figura 19 Estruturas químicas de MDI



Fonte: IONESCU, 2005 adaptado

3.7. Responsabilidade ambiental

O significado de responsabilidade ambiental é ter consciência com relação aos atos que é praticada voluntariamente, quando é uma aplicação do princípio do poluidor-pagador enunciado no Tratado que institui a Comunidade Europeia e está regulada pela Directiva 2004/35/CE3:

“Deve, portanto, ser o da responsabilização financeira do operador cuja atividade tenha causado danos ambientais ou a ameaça iminente de tais danos, a fim de induzir os operadores a tomarem medidas e a desenvolverem práticas por forma a reduzir os riscos de danos ambientais” (DIRECTIVA, 2004).

Todas as organizações independentes da sua atividade devem contribuir para melhorar a qualidade de vida e defender o meio ambiente. O mais importante documento da Legislação Brasileira (Constituição Federal Brasileira) diz em um dos seus capítulos, que:

“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 BRASILEIRA, cap. VI, Art. 225º, 5/10/1988)

Um dos maiores desafios que o mundo enfrentará neste novo milênio, é fazer com que as organizações passem a proteger e melhorar o meio ambiente, fazendo uso dos padrões baseados na gestão ambiental e no uso ideal de ferramentas econômicas dentro de regulamentações e normas. Segundo o autor Tachizawa (2002), o novo contexto econômico se efetiva nas organizações que sejam éticas, atuem com desempenho no mercado de forma ambientalmente responsável. Essa nova realidade implica em mudança radical de atitude por parte das organizações do setor privado e público da economia, considerando com veneração a opinião pública quando se trata de questões ambientais. Há algumas décadas, os empresários só pensavam em criar um negócio próspero que perpetuasse para ser passado de geração em geração, isso era a utopia de um futuro a respeito de qualquer empreendimento. Atualmente, essa longevidade depende principalmente da sustentabilidade do planeta e do conjunto da sociedade, como uma garantia de que o empreendimento que também tenha sustentabilidade a longo prazo. Ainda são poucas as empresas que estão atentas às mudanças cada vez mais iminentes.

“No início as organizações precisavam preocupar-se apenas com a eficiência dos sistemas produtivos”, à priori as organizações só pensavam em lucro benefício, através da padronização dos seus produtos e desempenho de produtividade dos funcionários, entretanto, ao longo dos anos esse aspecto taylorista idealizado, foi convertendo-se e tornando-se cada vez mais frágil”. Os administradores começaram a ver que suas organizações não se baseavam somente, nas responsabilidades referentes a resolver problemas econômicos fundamentais – o que produzir, como produzir e para que produzir, têm presenciado o surgimento de novos papéis que devem ser desempenhados, como resultado das alterações no ambiente em que operam. Donaire (1999, p.13).

Na década de 70, na Suécia – Estocolmo foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, acontecendo então a partida para o desenvolvimento progressivo no comportamento e no modo de pensar das organizações, que passaram a inserir a questão ambiental de forma decisiva, passando a fazer parte das responsabilidades sociais das empresas. Na década de 80, uma nova realidade socioambiental concretizou, com a mudança de atitudes das empresas que aboliram as velhas perspectivas e práticas reativas ao meio ambiente.

A responsabilidade ambiental passa, a ser encarada como uma necessidade de sobrevivência, constituindo um mercado promissor – um novo produto / serviço a ser vendido – diferenciando a política de marketing e de competitividade. Nessa mesma década, com o surgimento do movimento ambientalista, as empresas começaram a falar em meio ambiente e a repensar sobre os impactos dos seus processos e, impulsionadas pelas cadeias de negócios globais, elas começaram a se preocupar com aspectos ambientais.

Perante da necessidade de encontrar soluções para a situação do meio ambiente, nos anos 90 alguns marcos importantes surgiram como a ECO-92 que demonstrou preocupação mundial com o futuro do planeta, fazendo com que muitos países deixassem de ignorar as relações existentes entre desenvolvimento socioeconômico e modificações no meio ambiente. Durante este evento foi criada a agenda 21, documento que abrange estratégias que devem ser adotadas para o desenvolvimento sustentável e que foi assinado por 179 países; em 1997, o protocolo de Kyoto que foi elaborado como uma emergência ao tratado internacional impondo aos países signatários, metas obrigatórias de redução das emissões de gases que provocam o efeito estufa.

3.7.1. Agenda 21

O principal documento produzido na ECO-92, o "Agenda 21" é um programa de ação que viabiliza o novo padrão de desenvolvimento ambientalmente racional. Ele concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. Este documento está estruturado em quatro seções subdivididas num total de 40 capítulos temáticos. Eles tratam dos seguintes temas:

- Dimensões Econômicas e Sociais – enfocam as políticas internacionais que podem ajudar o desenvolvimento sustentável nos países em desenvolvimento, as estratégias de combate à pobreza e à miséria, as mudanças necessárias a serem introduzidas nos padrões de consumo, as inter-relações entre sustentabilidade e dinâmica demográfica, as propostas para a promoção da saúde pública e a melhoria da qualidade dos assentamentos humanos.
- Durante a participação das ONGS que participaram da ECO-21, desempenharam um papel fiscalizador, que pressionava os governos a cumprir as determinações da Agenda 21. Durante o período de 23 a 27 de junho de 1997, em Nova Iorque, foi realizada a 19ª Sessão Especial da Assembleia-Geral das Nações Unidas. Com o objetivo de avaliar os cinco primeiros anos de implementação da Agenda 21, o encontro identificou as principais dificuldades relacionadas à implementação do documento, priorizou a ação para os anos seguintes e conferiu impulso político às negociações ambientais em curso. Para os países em desenvolvimento, o principal resultado da Sessão Especial foi a preservação intacta do patrimônio conceitual originado na ECO-92. O documento final incorporou, assim, uma "Declaração de Compromisso", no qual os chefes de delegação reiteraram solenemente o compromisso de seus países com os princípios e programas contidos na Declaração do Rio e na Agenda 21, assim como o propósito de dar seguimento a sua implementação.

3.7.2. Relatório Brundtland

Em 1987 a primeira-ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, foi nomeada pela ONU para coordenar os debates ambientais na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O documento final desses estudos chamou-se Nosso Futuro Comum ou Relatório de Brundtland. A proposta era para o desenvolvimento sustentável definido como sendo aquele que atende às necessidades do momento sem, com tudo, comprometer as futuras gerações em suas necessidades. Nesta nova visão da relação homem/meio-ambiente fica claro que além do limite mínimo para o bem-estar da sociedade existe também um limite

máximo para a utilização dos recursos naturais de modo que sejam estes preservados e perpetuados.

Segundo o Relatório da Comissão Brundtland, uma série de medidas deve ser tomada pelos países para promover o desenvolvimento sustentável. Entre elas:

- limitação do crescimento populacional;
- garantia de recursos básicos (água, alimentos, energia) em longo prazo;
- preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias com uso de fontes energéticas renováveis;
- aumento da produção industrial nos países não-industrializados com base em tecnologias ecologicamente adaptadas;
- controle da urbanização desordenada e integração entre campo e cidades menores;
- atendimento das necessidades básicas (saúde, escola, moradia).

Algumas outras medidas para a implantação de um programa minimamente adequado de desenvolvimento sustentável são:

- uso de novos materiais na construção;
- reestruturação da distribuição de zonas residenciais e industriais;
- aproveitamento e consumo de fontes alternativas de energia, como a solar, a eólica e a geotérmica;
- reciclagem de materiais reaproveitáveis;
- consumo racional de água e de alimentos;
- redução do uso de produtos químicos prejudiciais à saúde na produção de alimentos.

3.8. Resíduos

Quirino (2003) define resíduo como sendo tudo aquilo que sobra de um processo de produção ou exploração, de transformação ou de utilização. O mesmo autor apresenta a seguinte classificação para os resíduos, definida pela Comunidade Europeia:

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, 2013, p.134).*

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).

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.

3.8.1 – Resíduos Lignocelulósico

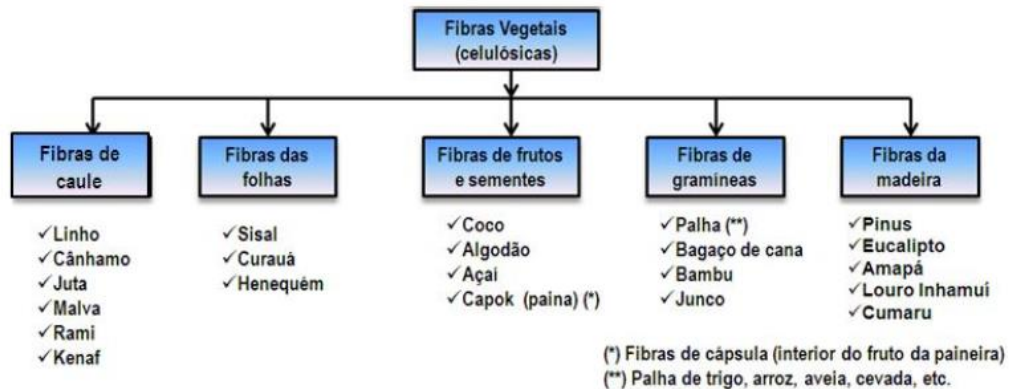
Segundo autor Quirino (2003), define resíduos lignocelulósico, como resíduos que apresentam em sua constituição lignina e celulose, juntamente com

outros componentes, como as hemiceluloses e os extrativos, podendo ser de origem das culturas florestais, do processamento da madeira ou da madeira em uso como postes, móveis, estacas, dormentes, paletes, moirões, etc.; além de resíduos de culturas agrícolas produzidos no cultivo da terra, resíduos agroindustriais como casca de arroz, palha de trigo, casca de café; cascas de amendoim, aveia, frutos; e ainda sabugos, bagaço de cana e folhas, gerados no beneficiamento destes.

Os resíduos resultantes da exploração florestal, são em geral produzidos durante o processo de retirada da madeira nativa ou áreas de cultivo, e posterior industrialização. Neste caso os resíduos deixados nas áreas exploradas não são aproveitados, podendo ocasionar problemas nos tratamentos culturais subsequentes. Da mesma forma, ocorre em culturas agrícolas onde um volume considerável de descarte das colheitas permanece no campo, assim como no beneficiamento do produto agrícola, onde as “sobras” dos resíduos potencialmente possível de ser utilizada, acabam descartadas. Segundo autor Pinto (2008), a fibra vegetal é um conjunto de filamentos individuais, formadas por fibrilas e unidas por espécies químicas orgânicas não cristalinas, as ligninas e as hemiceluloses. As fibrilas se orientam em ângulos distintos, unindo-se e formando as diversas camadas que compõem a macrofibra.

Segundo Trombeta (2010), apud George *et al.*(2001), as fibras vegetais ou lignocelulósicas são tiradas de suas diversas partes, como: caule (juta, banana, linho, cânhamo, kenaf, rami, malva); folha(abacaxi, sisal, henequém, curauá); fruto ou semente (algodão, mamona, coco e açaí). Na Figura 20 ilustra as principais categorias das fibras lignocelulósicas. Na Europa o linho é a fibra vegetal mais importante comercialmente, e no Brasil é o sisal (NEIS, 2008 apud YOUNG,1995).

A celulose é um polímero natural que reforça o material, sendo importante nas fibras vegetais, sua função estrutural é aumentar a resistência à tração. A cadeia de celulose forma microfibrilas que, juntamente com a hemicelulose, formam as fibrilas que são dispostas em várias camadas para construir a estrutura da fibra que são cimentadas dentro da planta por lignina, Pinto (2008) apud Arsene *et al.* (2003). Sendo assim, os resíduos provenientes de materiais lignocelulósicos, podem ser reutilizados como matéria prima em processo de fabricação de painéis à base de partículas de madeira, como combustível na produção de calor, vapor ou eletricidade em geradores, ou termelétricas.

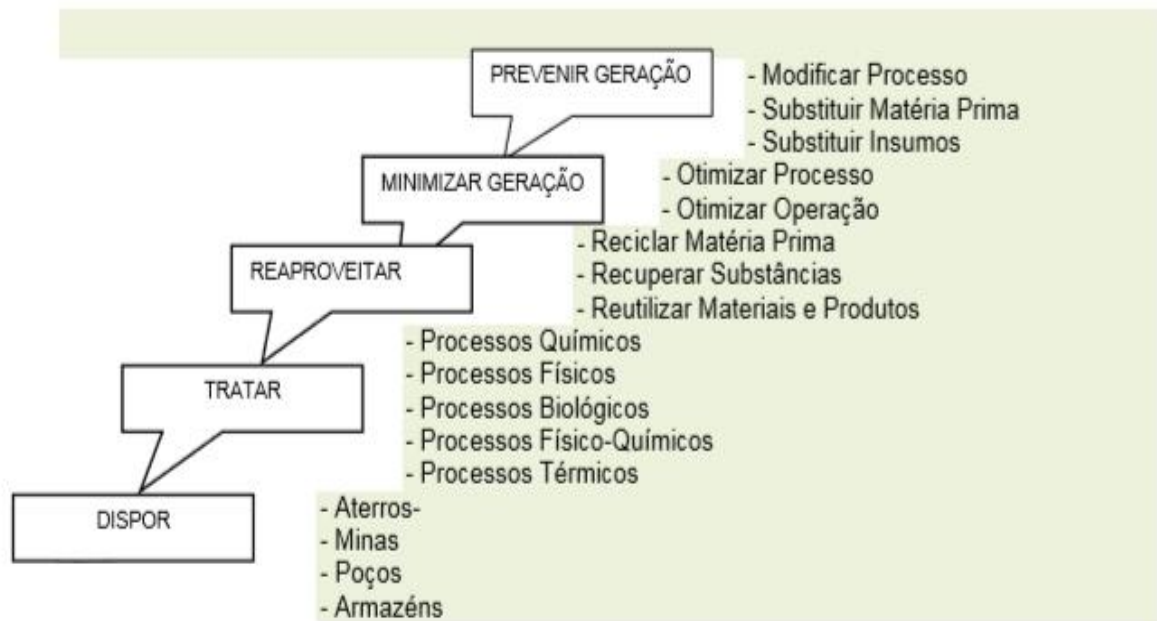
Figura 20 Classificação das fibras lignocelulósico

Fonte: Adaptado de NEIS (2008) apud YOUNG (1995)

A celulose é um polímero natural que reforça o material, sendo importante nas fibras vegetais, sua função estrutural é aumentar a resistência à tração. A cadeia de celulose forma microfibrilas que, juntamente com a hemicelulose, formam as fibrilas que são dispostas em várias camadas para construir a estrutura da fibra que são cimentadas dentro da planta por lignina, Pinto (2008) apud Arsene *et al.* (2003). Sendo assim, os resíduos provenientes de materiais lignocelulósicos, podem ser reutilizados como matéria prima em processo de fabricação de painéis à base de partículas de madeira, como combustível na produção de calor, vapor ou eletricidade em geradores, ou termelétricas.

3.8.2 – Gerenciamento de Resíduos na P + L

Segundo Gonçalves (1998), as principais metodologias baseiam-se uma abordagem preventiva, integrada e holística, contrapondo-se a abordagem no final da produção. Através de um sistema que as empresas produzem bens ou serviços, que interagem de forma equilibrada, com o meio ambiente, seus clientes, fornecedores, colaboradores e comunidade em geral, sustentando o conceito que visem uma ecologia globalizada. O que se determina que a metodologia P+L possui como princípio, agir em vários níveis, sempre respeitando a escala de prioridades no gerenciamento de resíduos. Na Figura 21 a seguir esquematiza essa escala de prioridades.

Figura 21: Escala de prioridades gerenciamento de Resíduos

Fonte: Valle (1996, p.56)

Assim sendo, a P+L aplica o indicador de desempenho ambiental para estabelecer a importância de um diagnóstico da sustentabilidade ambiental, em seguida indicar um padrão inicial que permita comparar e determinar a eficiência e a eficácia das medidas propostas e implantadas ao longo do tempo. A implementação de Programas de P+L possibilita também, a quantificação e mensuração dos benefícios ambientais, econômicos e tecnológicos (KRAEMER, 2003).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, apresenta-se o material utilizado e os procedimentos realizados no desenvolvimento da pesquisa. O material é listado abaixo e os procedimentos são descritos nos itens seguintes.

4.1. Materiais utilizados

Para a realização dos experimentos, foram utilizadas partículas de madeira teca, casca de arroz e a resina a base de mamona, relacionadas abaixo.

- Resina Poliuretana bi componente a base de óleo de mamona, fabricada pela Empresa Plural Industria e Comércio de Produtos Químicos Ltda, localizada no município de São Carlos/SP;
- Casca de Arroz de várias espécies, foi coletada em uma arrozeira da cidade da cidade de Santa Cruz do Rio Pardo interior do Estado de São Paulo;
- A madeira teca da espécie (*Tectona grandis L.F.*) foi coletada no laboratório de Processamento da madeira pertencente ao Departamento de Engenharia Mecânica/FEB – UNESP campus de Bauru.

4.1.1. Equipamentos utilizados:

Os equipamentos utilizados para a fabricação dos painéis de partículas, e os ensaios Físico e Mecânicos realizados no Laboratório de Processamento da Madeira, o qual pertence ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da UNESP, campus de Bauru. Todos os equipamentos estão relacionados abaixo como segue a a NBR 14.810-2(2013).

- Prensa hidráulica, fabricação PHS, modelo PHH 80T, com força máxima de 80 toneladas e temperatura máxima dos pratos de 200°C;
- Prensa manual de madeira (pré-prensagem à frio);
- Picador industrial fabricado pela LIPPEL Metal Mecânica, modelo TM 30.
- Estufa de secagem fabricação SOLAB, modelo 102/480, potência de 4000 W, com temperatura máxima de 200°C;

- Balança digital fabricação Toledo, carga máxima de 15 kg, modelo 9094C/1 com divisão mínima de 0,1 kg;
- Balança digital, fabricação Marte, modelo BL 3200, carga máxima de 3,2 kg com divisão de 0,01g;
- Balança digital fabricante Marte, modelo ID 200, carga máxima de 210 g com divisão de 0,01g;
- Paquímetro digital de fabricação Mitutoyo com resolução de 0,01 mm;
- Micrômetro digital de fabricação Mitutoyo com resolução de 0,001 mm;
- Serra circular esquadrejadeira fabricante Verry com mesa de 1,5 x 0,60 m equipada com serra circular de fabricação Leitz e especificação 250x2.8/e2.0x30 HW Z80/9.82;
- 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);
- Dessecador fabricante Arsec – controle de umidade;
- Caixas formadoras em madeira para moldagem do colchão de fibras;
- Tambor em plástico com capacidade volumétrica de 100 L;
- Furadeira industrial fabricante Makita modelo HP 2050 com 720 W de potência, acoplada com batedor de massa leve.

4.2. Metodologia

Neste item está descrita o processo de fabricação dos painéis de partículas homogêneas da madeira teca e adição de casca de arroz e resina poliuretana a base de óleo de mamona, assim como a metodologia dos ensaios dos corpos de prova, e os testes físicos e de resistência mecânica dos corpos de provas, para análise dos resultados obtidos.

4.2.1. Casca de Arroz e Madeira Teca

A casca de arroz sem especificação da espécie foi coletada na cidade de Santa Cruz do Rio Pardo – Estado de São Paulo, foi adquirida em uma arrozeira totalmente isento de umidade, e imediatamente acondicionado em sacos plásticos.

Em seguida foi transportado até o Laboratório de Processamento da Madeira do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia, UNESP, campus de Bauru.

A madeira teca da espécie *Tectona Grandis* foi coletado no Laboratório de Experimentação em madeira do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia Mecânica, UNESP campus de Bauru. Na Figura 22 é apresentada uma amostra de partículas de madeira teca(1) e casca de arroz(2).

Figura 22: Amostras de partículas, madeira Teca e Casca de arroz



Fonte: Autora

4.2.2. Resina Poliuretana a base de Óleo de Mamona

A resina do tipo bi componente foi preparada, misturando-se uma parte de polioliol (a base de óleo de mamona) e outra parte de pré polímero (isocianato). A proporção utilizada do polioliol e do pré polímero é que vai determinar a consistência do produto, aumentando a resistência à medida que se adiciona mais pré polímero à mistura.

Esta resina foi adquirida pela Empresa Plural Industria e Comércio de Produtos Químicos Ltda., localizada na cidade de São Carlos-SP, sendo o polioliol identificado por Lecopol E 0921 e o isocianato identificado por Lecopol F 0911.

Na preparação do adesivo, procedeu-se a mistura de uma parte de polioliol e uma de isocianato, apresentado na Tabela 1, de tal modo que a porcentagem de

adesivo foi determinada em 12% em relação ao peso total de material seco de cada painel.

Na Tabela 1 é apresentada a composição dos painéis fabricados de partículas aglomeradas com resina de mamona.

Tabela 1: Composição dos painéis fabricados de partículas aglomeradas com resina de mamona.

% Resina/Material	TE 100%	TE90%+CA10%	TE80%+CA20%	TE70%+CA30%	CA 100%
Partículas de Madeira Teca (TE)	1.312,70 g	1.181,40 g	1.050,10 g	918,90 g	1.312,70 g
Casca de Arroz (CA)	0 g	131,30 g	262,60 g	393,80 g	0 g
Adesivo Mamona E0921 (poliol)	78,76 g	78,76 g	78,76 g	78,76 g	78,76 g
Adesivo mamona F0911 (isocianato)	78,76 g	78,76 g	78,76 g	78,76 g	78,76 g
TOTAL	1.470,22 g	1.470,22 g	1.470,22 g	1.470,22 g	1.470,22 g

Fonte: Autora

4.2.3. Obtenção das partículas de madeira Teca e casca de arroz

A casca de arroz foi lavada manualmente para retirar as partículas indesejáveis e levada ao sol para uma pré secagem em seguida foi levada a uma estufa com temperatura de 65°C durante 24 horas para secagem completa. A madeira Teca foi picada e triturada em um picador industrial fabricado pela Lippel Metal Mecânica, modelo TM 30. Em seguida as partículas de madeira foram peneiradas em peneiras quadradas de aço com malha calibradas, com dimensão de 50 x 50 cm x 10 cm, montadas em agitador elétrico para facilitar a separação das partículas. As peneiras selecionadas foram no total de três, sendo a primeira (superior), a de malha 3,35 mm (mesh 6), a segunda peneira com malha 2 mm – (mesh 9) e finalmente a terceira peneira de 600 mm (mesh 28) e por fim o fundo o recipiente que serve de suporte das peneiras no agitador elétrico que também tem a finalidade de recolher os materiais finos que não foram utilizados. Utilizou-se para o experimento, as partículas que ficaram retidas nas peneiras de malha de mesh 9 e mesh 28. Pode-se verificar na Figura 23, o agitador elétrico e conjunto de peneiras utilizado na classificação das partículas. Após as partículas terem sido peneiradas, foram pesadas, em balança de fabricação Toledo, modelo 9094C/1, com capacidade

máxima de 15,0 Kg e resolução de 0,1 Kgf e separadas em quantidades próximas as que seriam utilizadas na pesquisa. Cada painel de partículas aglomeradas foi composto de 1.312,70 g de partículas em sua totalidade e que depois de prensadas resultariam em uma densidade de 850 Kg/m^3 (painel de alta densidade) e a porcentagem de adesivo presente em cada painel foi de 12% dessa massa de partículas, totalizando 157,52 g. como pode ser verificado na Tabela 1.

Figura: 23: Agitador elétrico e conjunto de peneiras.



Fonte: Autor

4.2.4. Preparo da resina

Depois das partículas estarem devidamente selecionadas, procedeu-se a pesagem em balança digital da marca Marte. Pesou-se o adesivo a base de óleo de mamona, poliuretana bi componente uma parte de poliol e outra de pré polímero, conforme apresenta a Figura 24.

Figura 24: Pesagem do adesivo na balança digital



Fonte: Autora

4.2.5. Mistura dos Componentes

Para uma boa obtenção na homogeneização das partículas na produção dos painéis a mistura foi realizada primeiramente de forma manual e depois utilizado a um recipiente com capacidade para 100 litros e uma furadeira industrial para que a mistura ficasse sem grumos. No mandril foi montada uma haste metálica cilíndrica, em cuja extremidade foi fixado um batedor de massa leve para melhor movimentação das partículas. O tempo de mistura foi de cinco minutos, para cada um dos painéis fabricados. Na Figura 25 pode-se visualizar o processo de homogeneização manual e o recipiente com partículas com capacidade de 100 Litros.

Figura 25: Homogeneização manual das partículas de teca e casca de arroz e em seguida com um batedor de massa leve.



1) Homogeneização Manual

2) Recipiente com partículas

Fonte: Autora

4.2.6. Formação do Colchão

Ao finalizar o processo de homogeneização, a mistura foi retirada do recipiente e levada para uma forma de madeira com dimensões 32x38x1,27cm, apoiada sobre uma chapa de aço inoxidável, revestida com filme plástico, para evitar adesão das partículas na chapa de aço inoxidável. A distribuição da mistura na forma foi de maneira manual e cuidadosa, para que se obtivesse um painel mais homogêneo possível. Em seguida foi colocada uma tampa de madeira sobre o colchão de partículas e realizada uma pré-prensagem, utilizando-se um dispositivo composto de um braço de alavanca construído em madeira, através do qual se

aplicou uma força considerável sobre o colchão de partículas, para que ficasse estável e consistente e encaminhado à prensa. Na Figura 26 pode-se visualizar a distribuição manual das partículas e a pré-prensagem do colchão de partículas com dispositivo de aplicação carga através de uma alavanca.

Figura 26: Distribuição manual das partículas de teca e palha de arroz(1) e Pré prensagem dos colchões (2)



Fonte – Autora

4.2.7- Prensagem

Para painéis de partículas é muito importante considerar o conjunto de condições sob o qual as partículas são prensadas e consolidadas, tais como: temperatura, pressão e tempo de prensagem. Esta fase do processo é conhecida como ciclo de prensagem, onde ocorre a consolidação do material no qual são definidas, em grande parte, as propriedades finais do produto (FPL, 1999; OLMOS,1992).

Após a pré-prensagem descrita no item anterior, o colchão foi colocado entre os pratos de uma prensa hidráulica com pratos aquecidos, ocorrendo a partir daí a prensagem. O colchão de partículas foi prensado com limitador de altura, medindo 12,7 mm, o que determinou a espessura final do painel. O tempo de prensagem foi de 10 min., sob uma pressão aproximada de 195 bar com temperatura dos pratos em 110°C. A quantidade de painéis fabricados foi de 25 unidades, sendo cinco unidades para cada um dos traços de acordo com a porcentagem de cada painel. Após a fabricação, os painéis de partículas permaneceram 72 horas em ambiente controlado para que se completasse a fase de cura da resina. Em seguida, os

painéis foram recortados numa Serra Circular esquadrejadeira, e retirados os corpos de prova, conforme orientação do documento normativo NBR 14810-2(2013).

4.2.8- Composição dos Painéis

Os painéis de partículas aglomeradas foram produzidos com partículas de madeira Teca e com adição de casca de arroz. A produção foi realizada em escala laboratorial, totalizando em 10 painéis de cada traço, não houve variação na porcentagem de resina. Para a produção dos painéis foi empregado o adesivo poliuretana bi-componente a base de óleo de mamona. Na tabela 2 é apresentada as amostras analisadas com as composições dos traços estudados nesta pesquisa.

Tabela 2 -Composições dos painéis de Partículas

TRAÇOS	COMPOSIÇÃO	
T1 100%	100% Teca	0% Casca de Arroz
T2 90% + 10% A	90% Teca	10% Casca de Arroz
T3 80% + 20% A	80% Teca	20% Casca de Arroz
T4 70% + 30% A	70% Teca	30% Casca de Arroz
T5 100%	0% Teca	100% Casca de Arroz

Fonte - autora

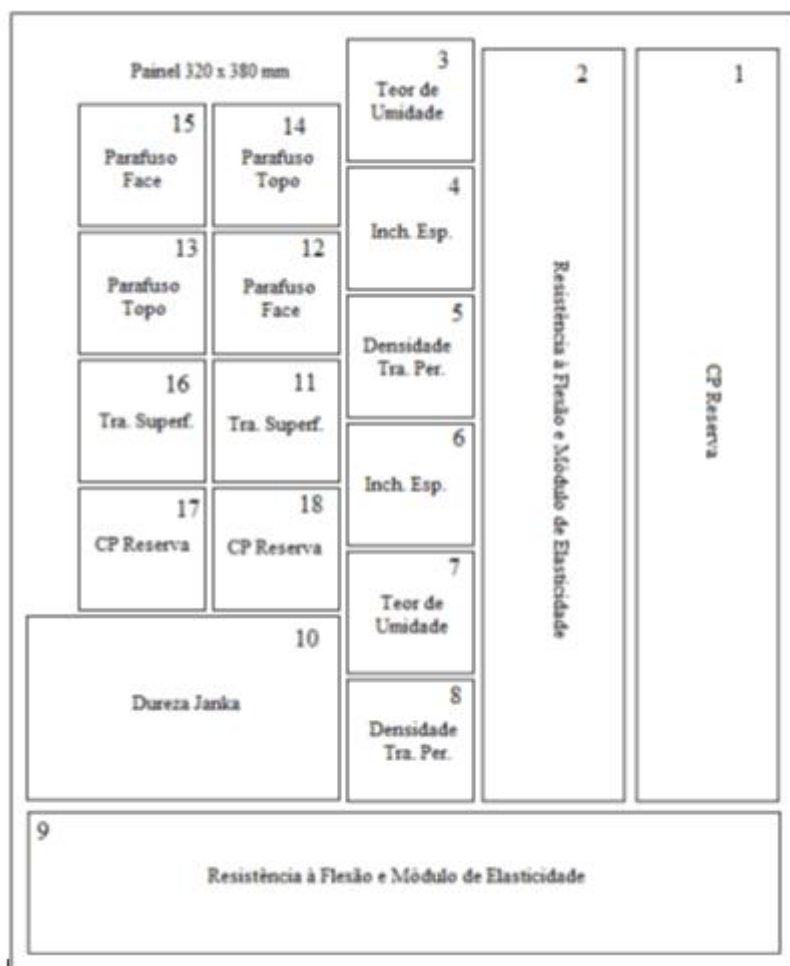
Tabela 3 -Dimensões e quantidade de corpos-de-prova para ensaios de avaliação dos painéis de partículas aglomeradas. (NBR 14810-2 de 2013)

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
Arrancamento de Parafuso (Topo)	13	50	50	10
Arrancamento de Parafuso (Face)	13	50	50	10
Dureza Janka	13	150	75	5

Fonte: Autora

Na Tabela 3 é apresentado os ensaios físicos e mecânicos, as quantidades de corpos de provas e suas dimensões. Na Figura 27, pode-se verificar a posição de cada corpo de prova no painel, sendo que de cada painel fabricado foi retirado dois corpos de prova.

Figura 27: Plano de corte conforme orientação da NBR 14810-2 (2013)



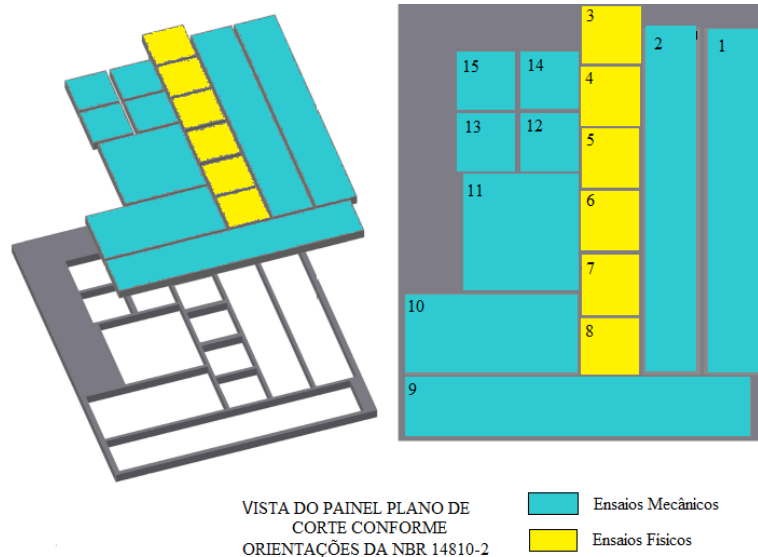
Fonte: Autora

4.3- Ensaios Físicos

Neste item estão descritos os ensaios físicos realizados nesta pesquisa. Conforme os procedimentos da NBR 14810-3/2006 e NBR 14810-2/2013 e foram executados no Laboratório de Processamento da Madeira, do Departamento de Engenharia Mecânica da UNESP – Bauru. As propriedades estudadas foram: densidade, teor de umidade, inchamento em espessura 24h, e absorção de água

24h. Os corpos de prova necessários para os ensaios físicos foram extraídos obedecendo ao mapeamento da Figura 28.

Figura 28: Mapeamento do Painel – Ensaios Físicos



Fonte: Autora

A Figura 28 ilustra a localização e identificação dos corpos de prova para os ensaios físicos sendo:

Posição 3 → Teor de Umidade

Posição 4 → Inchamento em Espessura e Absorção de água 24h

Posição 5 → Densidade

Posição 6 → Inchamento em Espessura e Absorção de água 24h

Posição 7 → Teor de Umidade

Posição 8 → Densidade

4.3.1. Determinação da Densidade

Neste ensaio foi avaliada a massa e medição dos corpos de prova retirados dos painéis com as diferentes composições em relação a porcentagem de resíduos

empregados, para determinar o valor da densidade média. As dimensões dos corpos de prova são apresentadas na Tabela 3.

Na Figura 29, podem-se visualizar as medições que foram realizadas com um paquímetro digital: as espessuras em cinco pontos dos corpos de prova, nas extremidades e uma na parte central, obtendo-se a espessura (E). Com o mesmo equipamento, determinou-se o comprimento (C) e a largura (L). A seguir, a pesagem em balança eletrônica de fabricação Marte que determinou a massa das amostras. Para o cálculo da densidade foram utilizadas das equações 1 e 2. (Equação 1. para Densidade do CP) e (Equação 2. Volume do CP)

$$D = \frac{M}{V} \times 1.000.000 \quad (1)$$

$$V = L \times C \times E \quad (2)$$

Onde:

D é a densidade do corpo de prova, em quilogramas por metro cúbico (kg/m³);

m é a massa do corpo de prova, expressa em gramas (g);

V é o volume do corpo de prova, expresso em milímetro cúbico (mm³);

L é a largura do corpo de prova, expresso em milímetros (mm);

C é o comprimento do corpo de prova, expresso em (mm);

E é a espessura do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

Figura 29: (1) Paquímetro digital de fabricação Mitutoyo (2) Balança eletrônica digital.



Fonte: Autora

4.3.2. Determinação do Inchamento em espessura 24h

Este ensaio fornece indicações referentes ao aumento linear da espessura do material em porcentagem, quando este permanece na presença de umidade. Inicialmente foram feitas medições da espessura no centro dos corpos de prova. Na Figura 30 pode-se visualizar as medições que onde utilizou-se um micrômetro, para a obtenção da espessura inicial E_0 .

Figura 30: Medição do CP com Micrometro digital



Fonte: Autora

Em seguida os corpos de prova foram imersos em um recipiente com água com temperatura controlada em $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, de forma que os CPs permanecessem 25 mm abaixo da linha d'água. Na Figura 31 pode-se visualizar um dos ensaios do inchamento em espessura.

Após período de $24\text{h} \pm 36\text{ min}$ de imersão, os corpos de prova foram retirados do recipiente. Removido o excesso de água e as espessuras dos corpos de prova foram analisadas (E_1). A equação (3) foi utilizada no cálculo do inchamento em espessura 24 horas. Esse ensaio determinou a capacidade dos painéis em absorverem umidade do meio ambiente, o que influencia diretamente a sua aplicação, sendo classificados como painéis para o uso em condições secas ou em condições úmidas.

Cálculo e expressão dos resultados:

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

I é o inchamento em espessura do corpo de prova, expresso em porcentagem (%);

E1 é a espessura do corpo de prova após imersão, expressa em milímetros (mm);
E0 é a espessura do corpo de prova antes da imersão, expresso em milímetros (mm).

Figura 31: Ensaio do Inchamento em espessura e Absorção após 24 horas



Fonte: Autora

4.3.3. Determinação da Absorção de Água 24h

Esse ensaio indica a capacidade referente a higroscopicidade do material conforme a (NBR 14819-3(2006)). Primeiramente foram realizadas as pesagens dos corpos de prova, utilizando-se uma balança eletrônica, para a obtenção da massa inicial M_0 .

Em um recipiente com água com temperatura controlada em $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, de forma que os corpos de prova permanecessem 25 mm abaixo da linha d'água. Após período de 24 ± 36 min de imersão, os corpos de prova foram retirados do recipiente e removidos o excesso de água e as massas dos corpos de prova (M_1) foram analisados. O valor da absorção de água foi calculado através da Equação 4.

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

A é a absorção de água, expresso em porcentagem (%);

M1 é a massa do corpo de prova após a imersão, expresso em gramas (g);

M0 é a massa do corpo de prova antes da imersão, expresso em gramas (g).

4.3.4. Determinação do Teor de Umidade

Para a realização desse ensaio, primeiramente foi obtida a massa úmida (MU) dos corpos de prova. Após realizar o procedimento de pesagem dos corpos de prova foram mantidos em estufa de secagem a uma temperatura de $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e permaneceram até que toda a água presente no corpo de prova fosse eliminada. Sendo assim essa massa do corpo de prova deve permanecer constante, ou que não apresente uma variação maior que 0,1%, entre as duas medições consecutivas realizadas dentro do período de seis horas.

Os corpos de prova foram pesados em balança eletrônica Marte de resolução 0,01g sucessivamente, até que se obtivesse a mesma massa seca (MS). O resultado do teor de Umidade (Umidade Residual) é dado em porcentagem e calculado através da equação 5.

$$U = \frac{MU - MS}{MS} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

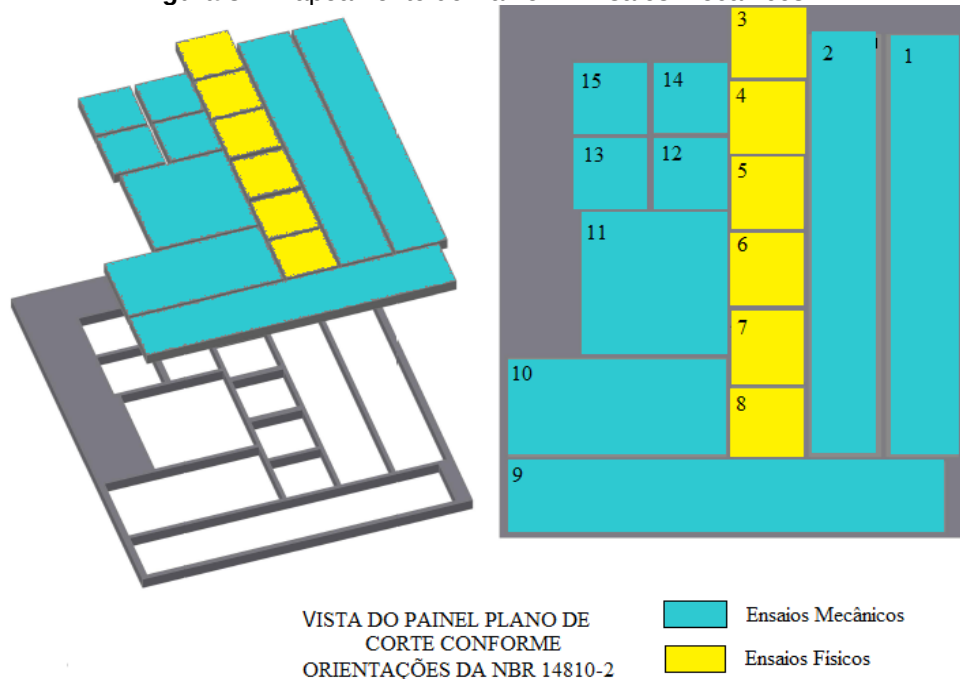
U é a umidade residual do CP, expressa em porcentagem (%);

MU é a massa úmida do CP, expressa em gramas (g);

MS é a massa seca do CP, expressa em gramas (g).

4.4. Ensaio mecânicos

Neste item estão descritos os procedimentos para a realização dos ensaios de resistência mecânica, realizados conforme os procedimentos da NBR 14810-2/2013. Sendo realizados no Laboratório de Construção Civil da Faculdade de Engenharia da UNESP – Bauru. As propriedades estudadas foram: resistência a flexão e módulo de elasticidade, resistência a tração perpendicular às faces, e resistência ao arrancamento de parafuso (topo e face). Os corpos de prova ensaiados foram extraídos obedecendo ao mapeamento na Figura 32.

Figura 32 Mapeamento do Pannel – Ensaios Mecânicos

Fonte: Autora

Na Figura 32, foram identificados na cor azul os ensaios mecânicos sendo:

Posição 2 → Resistência a flexão e módulo de elasticidade

Posição 9 → Resistência a flexão e módulo de elasticidade

Posição 8 → Resistência a Tração perpendicular

Posição 10 → Dureza Janka

Posição 11 → Abrasão

Posição 12 → Arrancamento de parafuso - face

Posição 13 → Arrancamento de parafuso - topo

Posição 14 → Arrancamento de parafuso – topo

Posição 15 → Arrancamento de parafuso – face

4.4.1. Determinação à Resistência a Tração Perpendicular as Faces

O ensaio de tração perpendicular as faces, também conhecido como adesão interna das partículas analisa a ligação interna entre partículas e adesivo, estando está 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.

Foram utilizados 10 corpos-de-prova de cada traço de painel preparados por meio da colagem destes em dois blocos de aço, sendo um na base e outro no topo do corpo de prova. O adesivo utilizado nessa colagem foi a base de epóxi e média fluidez marca vedacit adquirido em casas de materiais de construção, foram preparadas duas partes iguais homogeneizada manualmente e aplicada sobre as duas faces do corpo de prova com tempo de cura de 48 horas.

Para a realização desse ensaio foi necessário à utilização de um dispositivo para montagem e fixação das amostras a serem avaliadas, a fim de se fixar o dispositivo nas garras da máquina universal de ensaios. Na Figura 33 apresentou-se a montagem dos corpos de prova colocados entre os blocos de aço.

O dispositivo contendo os corpos de prova montado entre os blocos de aço foi colocado na máquina universal de ensaios vide Figura 34 e submetidos a carregamentos crescentes a tração, até que ocorresse à ruptura. A resistência a tração perpendicular as faces foi calculada através da equação 6.

$$TP = \frac{P}{S} \quad (6)$$

Onde:

TP é a resistência à tração perpendicular as faces, expresso em newtons por milímetro quadrado (N/mm²);

P é a carga na ruptura lida no indicador de cargas, expressa em Newtons (N);

S é a área da superfície do corpo-de-prova, expressa em milímetros quadrados (mm²).

Figura 33: (1) Aplicação do adesivo (2) Montagem do corpo de prova entre os blocos de aço



Fonte – Autora

Figura 34: Apresentação do corpo de prova colocado na máquina universal



Fonte: Autora

4.4.2. Determinação da Resistência à Flexão e Módulo de Elasticidade

O procedimento no 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 diâmetros de $30 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$. A aplicação da carga deve ser lenta e gradual. Todos estes requisitos foram atendidos.

Para o cálculo do módulo de elasticidade (MOE), utilizou-se a equação 7 e para o cálculo do módulo de ruptura (MOR), utilizou-se a equação 8. Na Figura 35, pode-se visualizar a utilização do gabarito para a marcação no centro e do corpo de prova e posicionamento dos roletes de apoio e na Figura 36, pode-se visualizar um exemplo de montagem do corpo de prova no dispositivo de ensaio.

4.4.2.1 Módulo de elasticidade (MOE)

Para o cálculo do módulo de elasticidade, aplicou-se a equação 7:

$$MOE = \frac{P1.D^3}{d.4.B.E^3} \quad (7)$$

Onde:

MOE é o módulo de elasticidade, em mega pascal (MPa);

P1 é a carga limite proporcional lida no indicador de cargas, expresso em newtons (N);

D é a distância entre os apoios do aparelho, em milímetros (mm);

d é a deflexão correspondente à carga P1, em milímetros (mm);

B é a largura do corpo-de-prova, em milímetros (mm);

E é a espessura média tomada em três pontos do corpo de prova, em milímetros (mm).

4.4.2.2 Módulo de ruptura (MOR)

Para o cálculo do módulo de ruptura, aplicou-se a equação 8:

$$MOR = \frac{1,5.(P.D)}{B.(E)^2} \quad (8)$$

Onde:

MOR é o módulo de ruptura, em mega pascals (MPa);

P é a carga de ruptura lida no indicador de cargas, expresso em newtons (N);

D é a distância entre os apoios do aparelho, expresso em milímetros (mm);

B é a largura do corpo-de-prova, expresso em milímetros (mm);

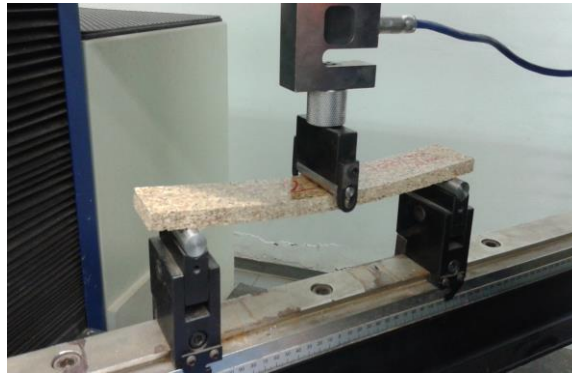
E é a espessura média tomada em três pontos do corpo-de-prova em milímetros (mm).

Figura 35: Gabarito para a marcação no centro do corpo de prova.



Fonte: Autora

Figura 36: Montagem do corpo de prova no dispositivo de ensaio.

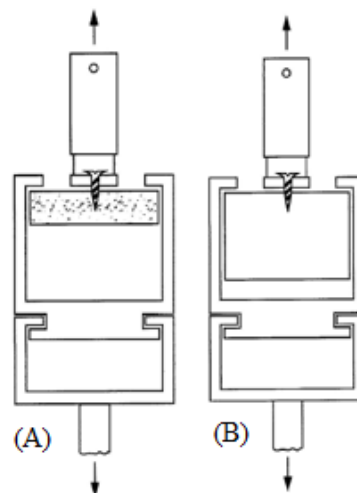


Fonte: Autora

4.4.2. Determinação à Resistência ao Arrancamento de Parafuso

Neste ensaio foram separados 20 corpos de prova medindo 50 mm x 50 mm, sendo 10 deles destinados para o ensaio de arranque na superfície e os outros para ensaio de arranque no topo. Os corpos de prova foram perfurados com o auxílio de uma broca helicoidal de $2,7 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$ de diâmetro, um orifício com profundidade de $15 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ centrado na superfície do corpo de prova, tanto de topo como na face. Com o auxílio de um guia, introduziu-se um parafuso nº 10 para madeira, auto-atarraxante, cabeça de panela com fenda tamanho 4,2 mm x 38 mm, passo da rosca de 1,4 mm, no centro do corpo de prova com auxílio de uma chave de fenda até a profundidade especificada apresentada na Figura 37.

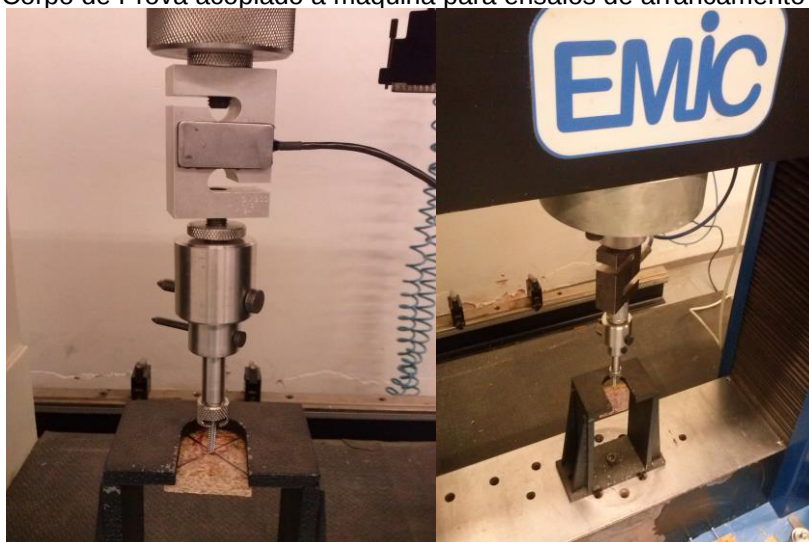
Figura 37: Esquema para ensaio de arranque de face (A) Esquema para ensaio de arranque de topo (B)



Fonte: Adaptado da NBR 14.810-2/2013

Acoplou-se o corpo-de-prova já com o parafuso fixado nos acessórios da máquina universal de ensaio e tracionou-se o conjunto a uma velocidade constante de 10 mm/min, anotando-se a leitura obtida no indicador de cargas, determinando-se assim os valores de arrancamento de parafuso tanto de face como de topo. Na Figura 38, ilustra o ensaio de arrancamento de parafuso.

Figura 38: Corpo de Prova acoplado a máquina para ensaios de arrancamento de parafuso.



1) Arrancamento por superfície

2) Arrancamento por topo

Fonte: Autora

4.4.4. Ensaio para a Determinação da Dureza Janka

Para realizar o ensaio de determinação da dureza pelo método de Janka, os corpos-de-prova foram retirados dos painéis de MDP de 13mm de espessura com as seguintes dimensões, 50x50 mm, dimensões obtidas através do plano de corte pela norma ANSI A208.1 (1999). Antes de serem ensaiados os corpos-de-prova, foram guardados por 72 horas a partir da produção, período necessário para que os painéis se estabilizassem.

Em seguida, os corpos-de-prova foram mantido em laboratório com temperatura 25°C até obter uma umidade relativa de relativa de $(65 \pm 5) \%$ e , assim considerada, quando o resultado de duas pesagens sucessivas, realizadas com um intervalo de 24 horas, não obteve diferença maior que 0,1% em relação ao peso inicial do corpo-de-prova .

Em seguida foi preparada a máquina de ensaio e acoplado o conjunto de acessórios para ensaio de dureza pelo método Janka na máquina universal de ensaios, regulada para que tenha uma velocidade de compressão de 6 mm/min.

O ensaio consistiu em verificar a força máxima para realizar duas penetrações em cada superfície da amostra até que a esfera de 11,3 mm de diâmetro, do equipamento Janka, penetrasse a metade de seu diâmetro, ou seja 5,65 mm e as duas penetrações em cada superfície da amostra com uma distância de 25 mm das laterais das amostras, separando-as o suficiente para que uma penetração não tenha nenhum efeito sobre a outra.

$$EL = L90 - L65 / L65 \times 100 \quad (9)$$

Onde:

EL é a expansão linear do corpo de prova, em porcentagem;

L90 é a medida do comprimento à umidade relativa de $(90 \pm 5) \%$;

L65 é a medida do comprimento à umidade relativa $(65 \pm 5) \%$;

4.4.5. Determinação da resistência à tração superficial

Neste ensaio foram separados um traço medindo 50 mm x 50 mm, sendo 10 corpos de prova destinados para o ensaio de resistência à tração superficial de painéis de partículas de média densidade. Os corpos de prova foram perfurados com o auxílio de uma serra-copo com diâmetro interno de 35,7 mm. Com auxílio de duas garras para fixar os discos metálicos circular de tração na célula e na base da máquina universal de ensaios, conforme apresentada na Figura 39.

Figura 39: Dispositivo circular metálico e serra-copo



Fonte: Autora

4.5. Análise Estatística

Depois de avaliados os resultados obtidos nos ensaios realizados, estes foram dispostos na forma de tabela e em gráficos e foram analisados estatisticamente, utilizando-se os softwares Microsoft Excel versão 2010, obtendo-se os valores médios, mínimos, máximos e desvios padrões. Foi aplicado o teste de Anova para análise da variância e existindo diferenças significativas nos valores analisados, foi aplicado o teste de Tukey mostrando as diferenças que serão significativas entre os grupos de painéis dentro de um nível de confiança de 95%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo contém os resultados obtidos ao longo deste trabalho, referentes a caracterização dos painéis P4 de partículas produzidos com alta densidade, estruturais para uso em condições secas. Os valores obtidos para as propriedades dos painéis foram comparados com os requisitos estabelecidos pelas normas NBR 14810-2(2013), ANSI A208.1 (1999) e norma para painéis de partículas da American National Standard. Entretanto dando ênfase a norma brasileira, já que os procedimentos de ensaio foram baseados nesta norma.

5.1. Resultados da Avaliação Física

5.1.1. Ensaio de Determinação da densidade

A NBR 14810-2(2013) estabelece painéis P4 valores acima de 800 kg/m³ de densidade. Como consta o traço T4 ficou dentro dessa especificação. Na Tabela 4 são apresentados os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de densidade de cada um dos traços, desvio padrão e coeficiente de variação.

Tabela 4 Resultados do ensaio de densidade

RESULTADOS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DENSIDADE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (Kg/m ³)	955,83	957,53	957,95	964,92	955,83
Valor Médio(Kg/m³)	852,11	772,52	791,02	800,54	727,60
Valor Mínimo (Kg/m ³)	860,57	864,41	865,37	886,41	860,57
Coeficiente Variação (%)	5,82	5,13	5,76	4,09	9,83
Desvio Padrão (Kg/m ³)	49,57	39,60	45,54	32,73	71,51

Fonte Autora

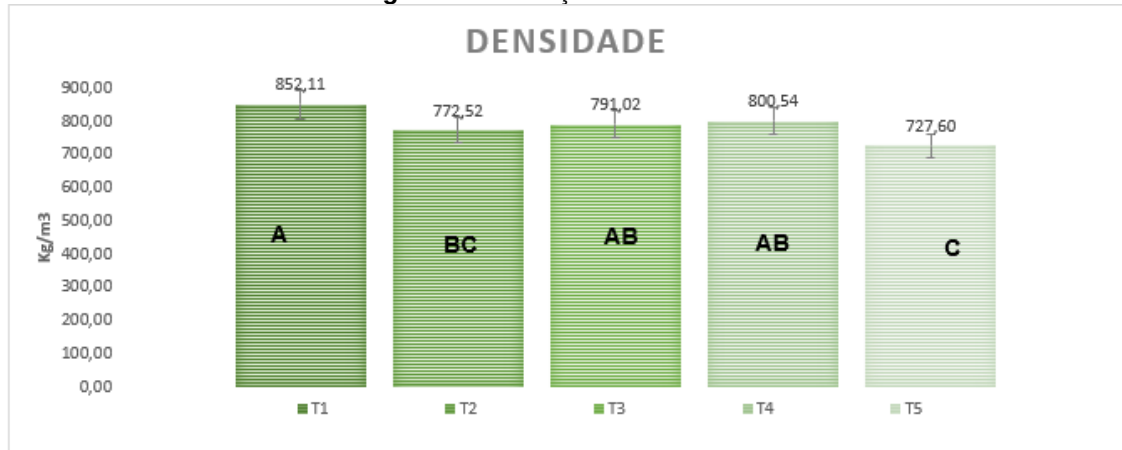
Na Figura 40 é apresentado o gráfico da densidade dos painéis, indicando o grupo de cada traço.

Na comparação estatística observou-se que, a variação das porcentagens de casca de arroz, aumenta a densidade do material quando comparado ao traço T1 (100% Teca) utilizado como parâmetro obteve-se densidade de 852,11 Kg/m³.

O teste de Tukey proporcionou grupo AB como melhor resultado para ensaio de densidade sendo os traço T3 (20% Teca e 80% casca de arroz) obteve valor de 791,02 e o traço T4 (30% Teca e 70% casca de arroz) com valor de 800,54 Kg/m³.

Os traços T2 (10% Teca e 90% casca de arroz) permanecendo no grupo BC e T5 (100% casca de arroz) permaneceu no grupo C com valores de 772,52 Kg/m³ e 727,60 Kg/m³ respectivamente, denotando painéis de alta densidade, recomendados para uso em estruturas quando em condições secas.

Figura 40 Avaliação de Densidade



Fonte: Autora

De acordo com a pesquisa Araujo (2015), os painéis de partículas de bambu com adição de casca de café obtiveram valor médio da densidade de 600 Kg/m³ a 800 Kg/m³, em conformidade com a ANSI A 208.1(1999).

5.1.2. Ensaio de teor de Umidade

Para o ensaio de teor de umidade a NBR 14810-2 (2013) estabelece valores mínimo de 5% e a máxima de 13% em painéis de espessura 12 mm, considerando-se os painéis com classificação P4 de alta densidade para uso de estruturas interna e em condições secas.

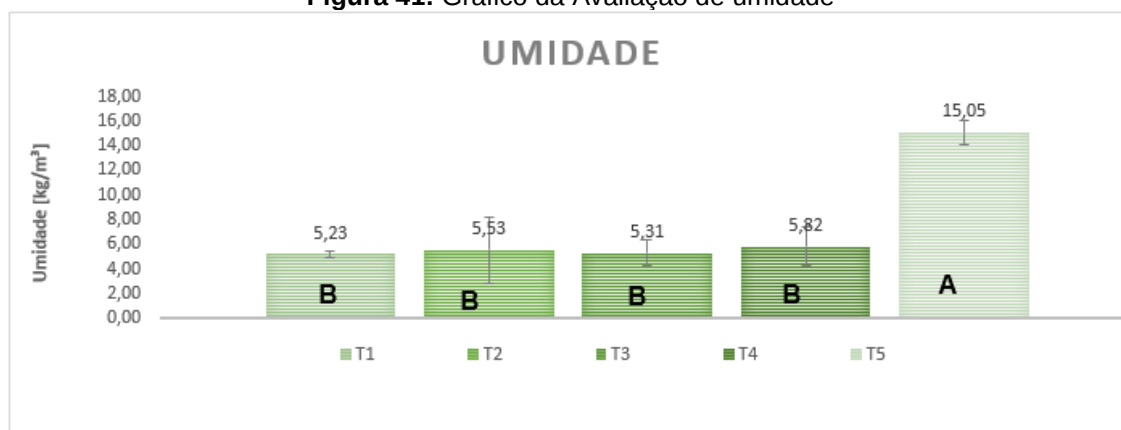
Na Tabela 5 é exibido os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de teor de umidade para cada traço estudado, indicando o desvio padrão e coeficiente de variação.

Da mesma forma, a Figura 41 apresenta o gráfico de teor de umidade dos painéis, indicando o grupo de cada traço, de acordo com os valores dos cálculos de Tukey.

Tabela 5: Avaliação de umidade

RESULTADOS DOS ENSAIOS DE UMIDADE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	5,49	12,97	13,84	7,89	22,97
Valor Médio (%)	5,23	5,53	5,31	5,82	15,05
Valor Mínimo (%)	4,82	0,07	3,79	1,98	4,69
Coef. Variação (%)	4,96	48,31	20,61	27,55	55,89
Desvio Padrão (%)	0,26	2,67	1,09	1,60	8,41

Fonte Autora

Figura 41: Gráfico da Avaliação de umidade

Fonte: Autora

Na análise estatística observou-se que existem diferenças significativas entre os traços de painéis produzidos. O teste de Tukey apresentou apenas um grupo com diferença significativa, o T5 (100% casca de arroz) pertencente ao grupo A. Os demais traços pertencem ao grupo B dentro dos parâmetros recomendados pela NBR 14810-2 (2013).

Segundo Araujo (2015), obteve resultados do ensaio de teor de umidade com diferença significativa apenas no painel de Traço 4, com 30% de café em relação aos outros. Portanto, todos os painéis apresentaram médias entre 5% e 13%, atendendo as especificações da NBR 14.810-2 (2013).

5.1.3. Ensaio de inchamento em espessura 24h

Para o resultado de inchamento em espessura após 24h de imersão em água, a NBR 14810-2 (2013) estabelece que a porcentagem máxima de 16% de

aumento sobre a espessura inicial do painel. O resultado médio obtido entre os traços T1, T2, T3, T4 e T5 de partícula de madeira Teca e adição a de casca de arroz todos ficaram acima de 5%, todos abaixo do índice recomendado pela a norma permitindo o uso deste em ambientes secos. Na Tabela 6 é apresentado os valores médios, máximo e mínimos de ensaio do inchamento em espessura 24h de cada um dos painéis, indicando o desvio padrão.

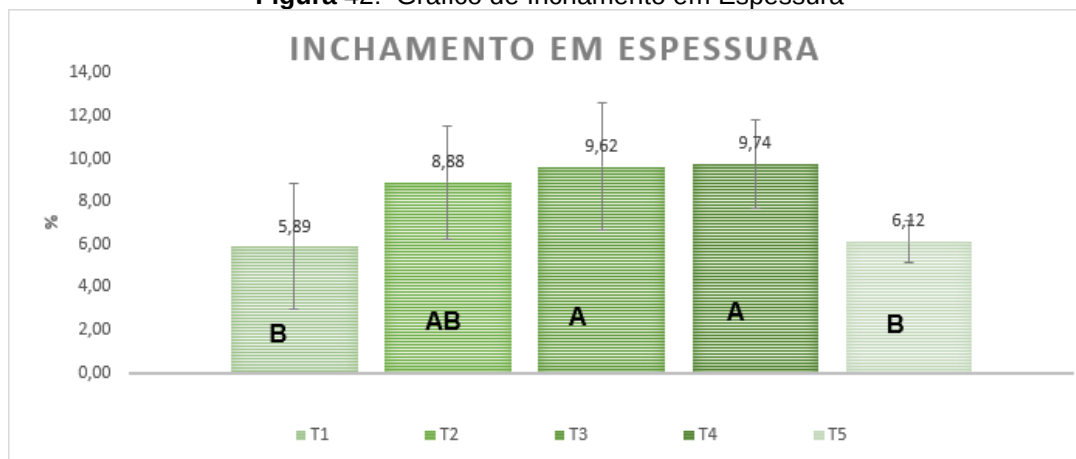
Tabela 6 Resultado Inchamento em espessura

RESULTADO DO ENSAIO DE INCHAMENTO EM ESPESSURA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	10,29	11,81	15,75	14,17	8,83
Valor Médio (%)	5,89	8,88	9,62	9,74	6,12
Valor Mínimo (%)	1,08	3,67	5,73	6,82	0,14
Coef. De Variação (%)	50,02	29,88	30,67	21,38	40,26
Desvio Padrão (%)	2,94	2,65	2,95	2,08	2,47

Fonte Autora

Na Figura 42 é apresentado o gráfico de Inchamento em Espessura dos painéis, indicando o grupo para cada traço o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Figura 42: Gráfico de Inchamento em Espessura



Fonte Autora

O teste de Tukey permitiu uma análise estatística observando os grupos como o traço T1 (100% Teca) e T5 (100% casca de arroz) ambos no mesmo grupo B. Os traços T2 com (10% Teca e 90% casca de arroz) permaneceu no grupo AB

com valor de 8,88, os traços T3 com 9,62 e T4 com 9,74 com variação de espessura. Através dos resultados obtidos, é possível concluir que a adição de casca de arroz favorece a absorção de água e consequentemente o inchamento em espessura do painel.

Calegari *et al.* (2007) produziu painéis de partículas de bambu e madeira, e 10% de adesivo ureia-formaldeído. Para o ensaio de inchamento em espessura durante 24 horas, o autor obteve valores variando de 18% a 45%.

5.1.4. Ensaio de absorção de água 24h

Para o ensaio de absorção de água em $24h \pm 36$ min em exposição, a NBR 14810-2 (2013) não apresenta valores de referência. No entanto todos os traços apresentaram valores acima de 10%.

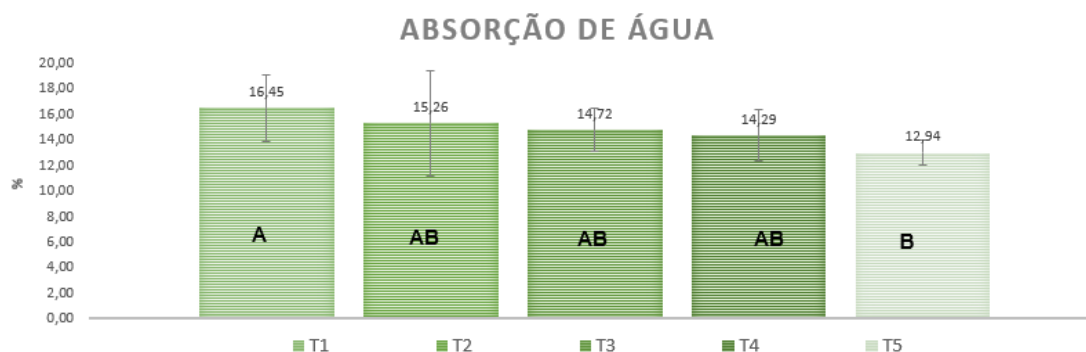
Na Tabela 7 são apresentados os resultados médios, máximo e mínimo do ensaio de absorção de água 24h de cada um dos traços dos painéis, indicando o desvio padrão. Da mesma forma, Figura 43 apresenta o gráfico de Absorção de Água dos painéis, indicando o desvio padrão e o coeficiente de variação.

Tabela 7: Resultado Absorção de água

RESULTADOS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	18,94	20,07	18,65	17,20	14,77
Valor Médio (%)	16,45	15,26	14,72	14,29	12,94
Valor Mínimo (%)	10,42	6,40	13,00	9,84	11,22
Coef. Variação (%)	15,87	27,09	11,47	14,10	10,80
Desvio Padrão (%)	2,61	4,14	1,69	2,02	1,40

Fonte: Autora

Figura 43 Avaliação Absorção de água



Fonte: Autora

A análise estatística sobre o efeito da adição de casca de arroz em relação a quantidade em massa de partículas de madeira teca sobre a variável absorção de água após 24h. Portanto os valores apresentados evidenciam a formação homogênea através do teste de Tukey, os traços com a adição da casca de arroz T2, T3 e T4 permaneceram no grupo AB e os Traços T1 (100% Teca) grupo A e T5 (100% casca de arroz) grupo B.

O pesquisador Melo (2009), obteve resultado de 20% de absorção de água para chapas com 100% partículas de casca de arroz e superior a literatura brasileira com chapas de madeira.

5.2. Resultados de Avaliação Mecânica

5.2.1. Ensaio de Tração Perpendicular

No ensaio de tração perpendicular, os traços fabricados em laboratório apresentaram variação significativa de 0,59 a 3,08 MPa, porém os resultados obtidos atingiram valores superiores ao mínimo exigido pela NBR 14810-2 (2013) que é de 0,40 MPa, sendo considerados como satisfatórios.

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 os traços de bambu e casca de arroz mantiveram-se abaixo do menor valor registrado pelos estudos de Valarelli, mas permanecendo acima do valor recomendado pela norma.

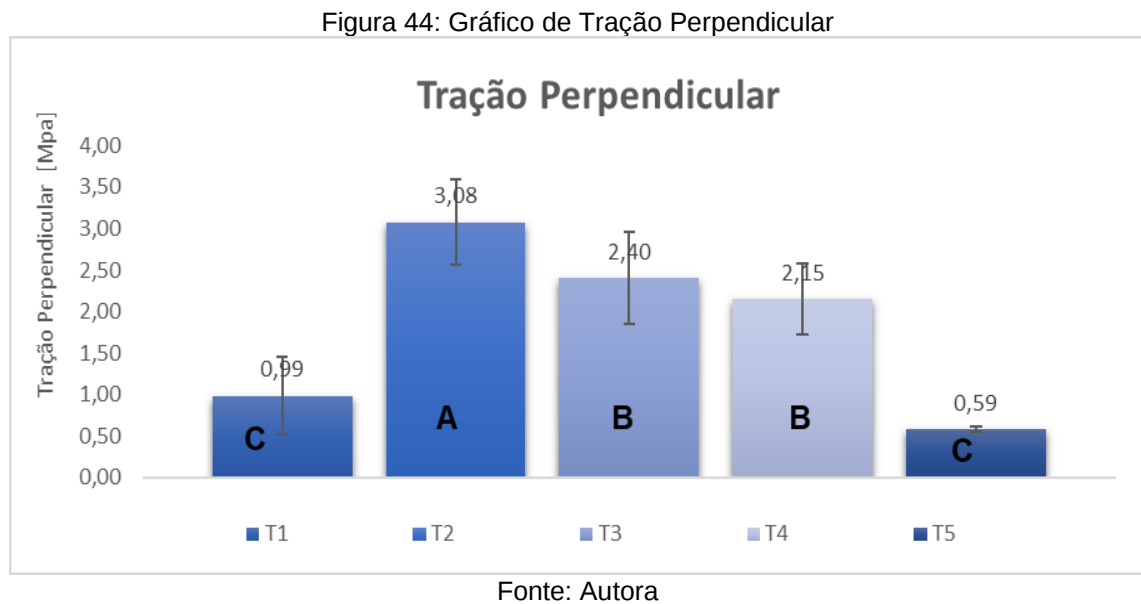
Na Tabela 8 é apresentado os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de tração perpendicular de cada traços de madeira teca e casca de arroz.

Tabela 8: Resultados ensaios de tração perpendicular

RESULTADOS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N/mm ²)	1,52	3,62	3,04	2,70	0,92
Valor Médio (N/mm²)	0,99	3,08	2,40	2,15	0,59
Valor Mínimo (N/mm ²)	0,15	2,08	1,67	1,52	0,39
Coef. Variação (%)	48,19	16,62	22,80	19,95	33,38
Desvio Padrão (N/mm ²)	0,48	0,51	0,55	0,43	0,20

Fonte: Autora

Na Figura 44 apresenta valores médios referente aos ensaios de tração perpendicular.



Para a análise estatística utilizou o teste de Tukey, observou-se os traços T3 e T4 pertencente ao grupo (B) que foram adicionados casca de arroz, em relação ao traço T1 (100% teca) e T5 (100% casca de arroz) permaneceram no mesmo grupo (C). O traço T2 apresentou maior valor no ensaio de tração perpendicular com média 3,08 MPa, mesmo assim permanecendo em conformidade.

5.2.2. Ensaio de Resistência à Flexão e Módulo de Elasticidade

a) Módulo de Elasticidade (MOE)

A NBR 14810-2 (2013) não estabelece limite mínimo de MOE flexão modulo de elasticidade. Desde modo os resultados foram confrontados com a ANSI 208.1 (1999) recomenda valores de MOE para painéis de alta densidade de 2750 MPa, desta forma os traços ensaiados com adição de casca de arroz, T2, T3 e T4 todos atendem aos padrões para ambas as normas citadas.

Na Tabela 9 são apresentados os resultados médios, máximos e mínimos para o modulo de elasticidade dos painéis.

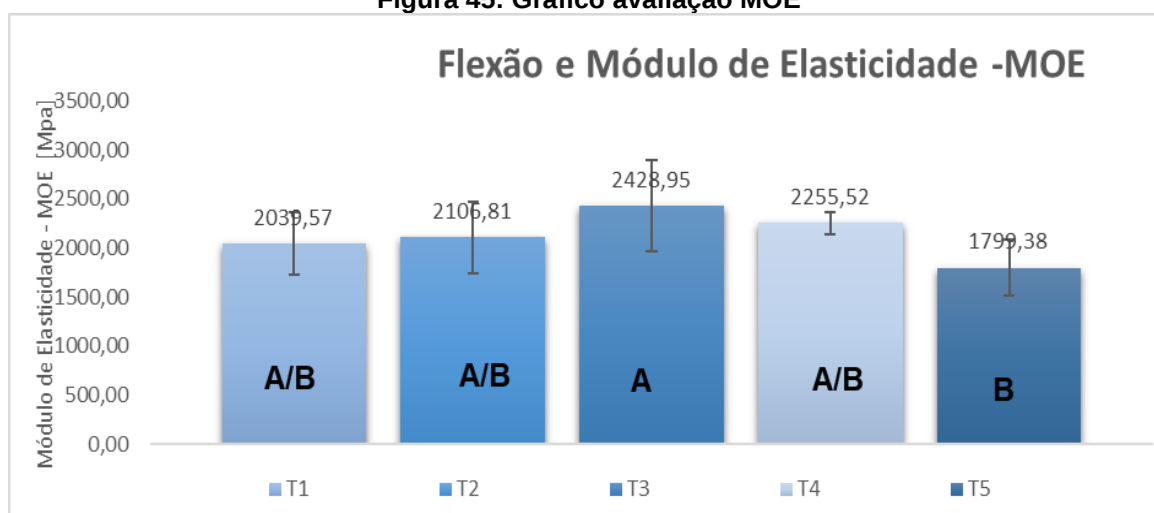
Tabela 9: Resultado ensaio de flexão e módulo de elasticidade

RESULTADOS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE - MOE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (Mpa)	2633,49	3378,19	3556,11	3424,90	3889,67
Valor Médio (Mpa)	2039,57	2106,81	2428,95	2255,52	1799,38
Valor Mínimo (Mpa)	1629,36	2290,84	2054,27	2509,56	2079,06
Coef. De Variação (%)	129,12	17,31	19,08	23,98	216,17
Desvio Padrão (Mpa)	318,94	364,67	463,54	540,96	290,14

Fonte: Autora

Na Figura 45 apresenta valores médios referente aos ensaios módulo de elasticidade – MOE.

Figura 45: Gráfico avaliação MOE



Fonte: Autora

Pela análise estatística, comprovou-se através do teste de Tukey que existem diferenças significativas entre os traços produzidos com resíduo de casca de arroz, onde o traço T1 (100% teca), T2 e T4 pertence ao grupo AB e o traço T5 (100% casca de arroz) pertence ao grupo B e finalmente o traço T3 com 2428,95 pertencente ao grupo A, sendo assim todos os traços obtiveram valores abaixo da norma.

Archangelo (2016), em sua pesquisa de painéis de bambu e casca de arroz apresentou valor médio para MOE 3464,44 Mpa, comparando-se os resultados dos compósitos com adição de casca de arroz ao traço T1 (100% bambu) com 3006,53 MPa para MOE, os primeiros apresentaram maior resistência.

b) Módulo de ruptura (MOR)

Para este ensaio a NBR 14810-2 (2013) apresenta valor mínimo de referência para tipo de painel P4 de 16 MPa, para a espessura variando de 10 a 13 mm. Para o módulo de ruptura o traço T3 (20% Teca e 80% casca de arroz) apresentou valor médio de 15,82 MPa para MOR. Os demais traços para o compósito de madeira Teca e adição de casca de arroz apresentaram valores próximos, variando de 14,26 MPa a 13,49 MPa. Quanto ao padrão estabelecido para este estudo sendo este o T1 com (100% teca) e T5 (100% casca de arroz), os valores médio obtidos pelos mesmos foram de 14,26 e 13,49 MPa, permanecendo este, com índice abaixo dos valores com relação aos traços T2, T3 e T4. Na Tabela 10 apresenta os resultados de modulo de Ruptura MOR.

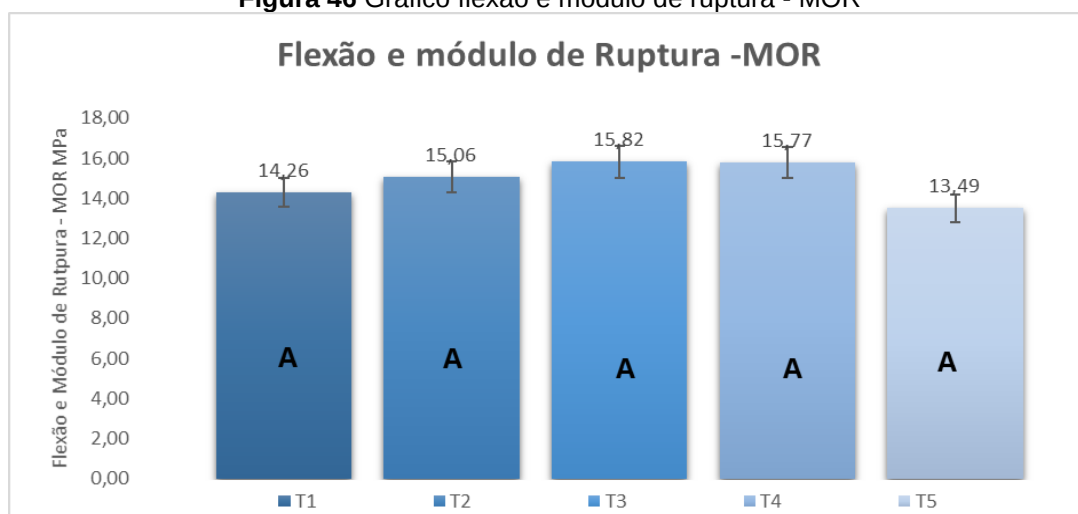
Tabela 10: Ensaio de Módulo de Ruptura - MOR

RESULTADOS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE RUPTURA - MOR					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (Mpa)	18,73	26,71	26,87	26,75	30,93
Valor Médio (Mpa)	14,26	15,06	15,82	15,77	13,49
Valor Mínimo (Mpa)	10,96	17,04	14,64	16,53	16,80
Coef. De Variação (%)	131,31	16,68	21,46	22,70	229,35
Desvio Padrão (Mpa)	2,99	2,51	3,39	3,58	2,11

Fonte: Autora

Na Figura 46 apresenta valores médios referente aos ensaios de módulo de ruptura – MOR

Figura 46 Gráfico flexão e módulo de ruptura - MOR



Fonte: Autora

Desta forma os testes de Tukey realizados para o compósito de madeira Teca com adição de casca de arroz todos pertencem ao grupo A e denotam que a resistência ao módulo de ruptura MOR, apresenta-se inferior ao recomendado pela NBR 14810-2 de 2013 16MPa.

No trabalho publicado por Iwakiri *et al.*(2000), com painéis produzidos a partir de resíduos de serrarias, provenientes do desdobro de três espécies de *Eucalyptus* (*E. maculata*, *E. grandis* e *E. tereticornis*), fabricados puros ou com estas espécies misturadas, com densidade nominal de 0,75 g/cm³ e duas proporções de resina UF (8 e 12%), constam valores entre 1194,34 e 2260,98 MPa para MOE, e 7,27 e 16,02 MPa para MOR.

5.2.3. Ensaio de Resistência Arrancamento de Parafuso

a) Topo

Para ensaio de resistência ao arrancamento de parafuso de topo os valores médios apresentaram variação entre 560 N a 1319 N, sendo respectivamente, T5 100% casca de arroz e T1 (100% Teca), a NBR 14810-2 (2013), não apresenta valor de referência para nenhum tipo de painel, no entanto a norma ANSI 208.1 (1999), recomenda valor mínimo de 1550 N.

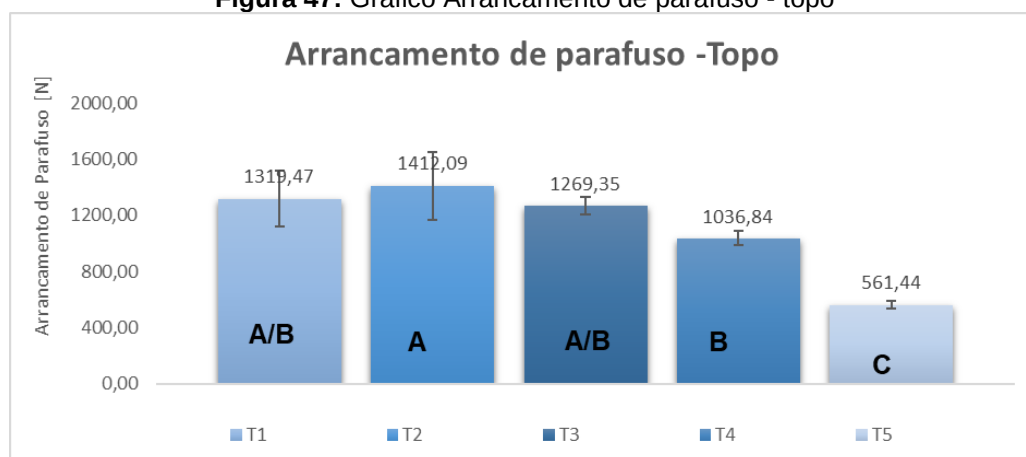
Na Tabela 11, observa-se os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de resistência ao arrancamento de parafuso de topo de cada um dos traços.

Tabela 11: Ensaio de arrancamento de parafuso - topo

RESULTADOS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	1645,43	1669,78	1486,30	1282,12	772,57
Valor Médio (N)	1319,47	1412,09	1269,35	1036,84	561,44
Valor Mínimo (N)	989,63	891,24	650,08	443,75	395,31
Coeficiente Variação (%)	15,01	17,17	21,14	28,24	22,60
Desvio Padrão (N)	198,05	242,40	268,30	292,80	126,89

Fonte: Autora

Na Figura 47, pode-se verificar o gráfico de resistência ao arrancamento de parafuso de topo dos painéis, indicando os grupos obtidos no teste de cálculos de Tukey.

Figura 47: Gráfico Arrancamento de parafuso - topo

Fonte: Autora

Estatisticamente os valores obtidos nos ensaios de arrancamento de parafuso nota-se uma heterogeneidade entre todos traços que estão abaixo de 1550 N, abaixo da média.

Desta forma o teste de Tukey realizados para o compósito de madeira teca com adição de casca de arroz denotam que a resistência ao arrancamento de parafuso para topo, apresenta-se inferior ao recomendado pela ANSI 208.1 (1999), no entanto abaixo da média.

O autor Valarelli (2016), ao estudar compósitos de bambu e pupunha com 12% de adesivo a base de mamona, alcançou resultados para ensaio de arrancamento de parafuso variando de 2.971,96 N a 2.669,25N, sendo o B90% + P10% alcançou o maior valor de 2.971,96N.

O pesquisador, Archangelo (2016) em sua pesquisa de bambu e cascas de arroz com 12% de adesivo a base de óleo de mamona, atingiu resultados de arrancamento de parafuso de 2337,56 N o traço B90% + A10% apresentando o valor acima das expectativas.

b) Superfície

Para este ensaio a NBR 14810-2 (2013) não apresenta valor de referência para nenhum tipo de painel. A norma ANSI A 208.1 de (1999) recomenda valores acima de 2000 N para painéis de alta densidade. Na Tabela 12 é possível a visualização dos resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de resistência ao arrancamento de parafusos de cada um dos traços.

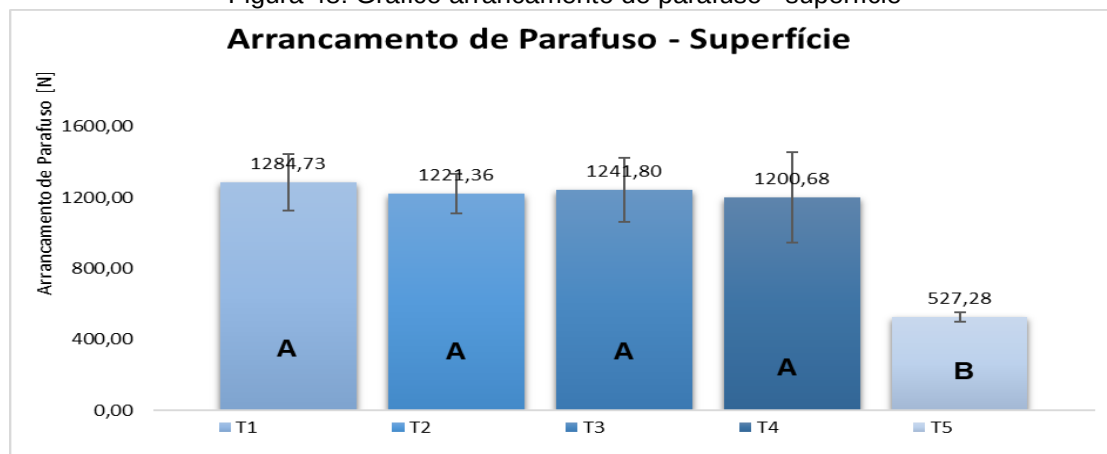
Tabela 12: Ensaio de arrancamento de parafuso - Superfície

RESULTADOS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	1543,04	2284,50	2470,72	2649,32	3070,66
Valor Médio (N)	1284,73	1221,36	1241,80	1200,68	527,28
Valor Mínimo (N)	1062,05	1633,76	1860,13	611,97	2285,83
Coef. Variação (%)	12,51	9,09	14,45	21,23	19,06
Desvio Padrão (N)	160,67	111,04	179,45	254,86	100,49

Fonte: Autora

Na Figura 48, denota o gráfico de arrancamento de parafuso dos painéis, indicando os grupos obtidos no teste de Tukey.

Figura 48: Gráfico arrancamento de parafuso - superfície



Fonte: Autora

Embora a análise estatística não apresentou diferença significativa entre os traços para os painéis produzidos com compósito de madeira Teca e adição de casca de arroz, todos permaneceram no grupo A com valores abaixo recomendados pela norma ANSI, considerando o painel T5 (100% casca de arroz) valor de 527,28 bem abaixo dos demais traços, permanecendo no Grupo B.

5.2.4. Ensaio de Dureza Janka

O ensaio para determinação de dureza janka foi norteado pela ANSI A 208.1 (1999) com parâmetros de máximo de 6675 N/cm², a resistência que a madeira oferece à penetração de outro corpo, ou seja, a força que é necessária aplicar para

fazer penetrar completamente na madeira uma semiesfera de aço cuja secção diametral tem uma superfície de 1 a 2 cm. Esse fator é que indicará se a espécie de madeira está mais suscetível ou não à aparição de marcas e arranhões e se é resistente para tráfego intenso.

Na Tabela 13 apresenta os resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de dureza janka em cada um dos traços.

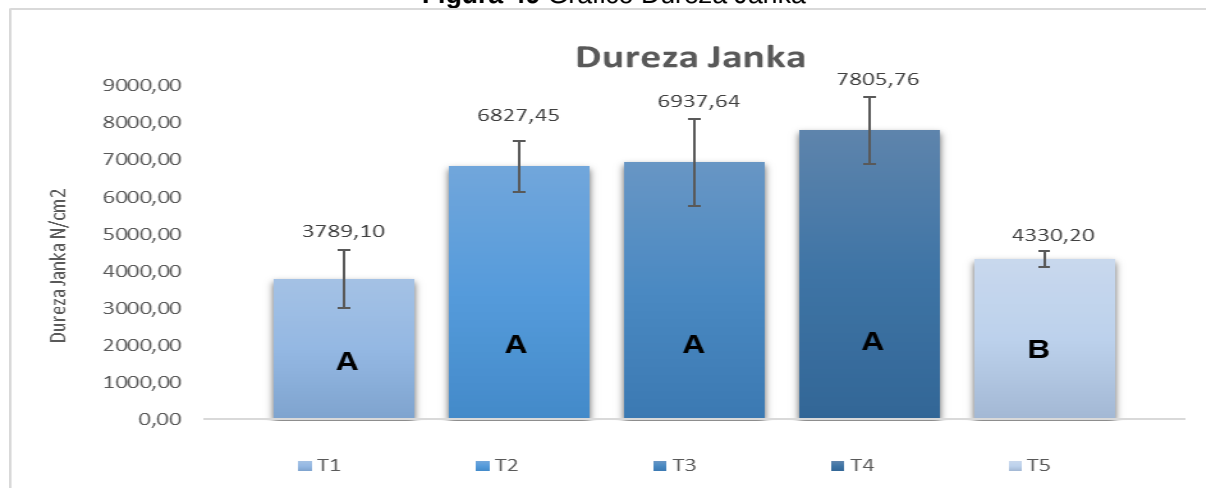
Tabela 13: Dureza Janka

RESULTADOS DAS AMOSTRAS - DUREZA JANKA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	8490,70	7242,70	8459,51	9040,16	6316,76
Valor Médio (N)	3789,10	6827,45	6937,64	7805,76	4330,20
Valor Mínimo (N)	6341,86	5686,29	5839,47	6504,65	2796,07
Coef. Variação (%)	20,51	10,11	16,93	11,57	53,42
Desvio Padrão (N)	777,29	689,99	1174,74	902,91	2313,24

Fonte: Autora

Na Figura 49, denota o gráfico de Dureza Janka dos painéis, indicando os grupos obtidos através do teste de Tukey.

Figura 49 Gráfico Dureza Janka



Fonte: Autora

A análise estatística através do teste de Tukey realizados para os painéis denotam homogeneidade entre os traços T2 (10% Teca e 90% casca de arroz), T3 (20% Teca e 80% cascas de arroz) e T4 (30% Teca e 70% casca de arroz) pertencendo ao grupo A. Sendo assim, os resultados obtidos para a dureza janka, apresenta-se em conformidade ao recomendado pela ANSI 208.1(1999).

Valarelli (2016), ao estudar compósitos de bambu e pupunha com 12% de adesivo a base de mamona, obteve para todos os traços resultados em conformidade com a NBR 14810-2 (2013) sendo assim o traço 90% bambu e 10% pupunha obteve o menor resultado 12395,61 Mpa.

5.2.5. Ensaio de Tração Superficial

Para este ensaio de tração superficial a NBR 14810-2 (2013) não apresenta valor referência para nenhum tipo de painel. A norma ANSI A 208.1(1999) recomenda valores acima de 2,0 N/mm² para painéis de alta densidade, que atenderam ao valor máximo exigido. Na Tabela 14 observa-se resultados médios, máximos e mínimos do ensaio de cada um dos traços; T1 (100% Teca), T2 (10% Teca e 90% casca de arroz), T3 (20% Teca e 80% casca de arroz), T4 30% Teca e 90% casca de arroz) e T5 (100% casca de arroz).

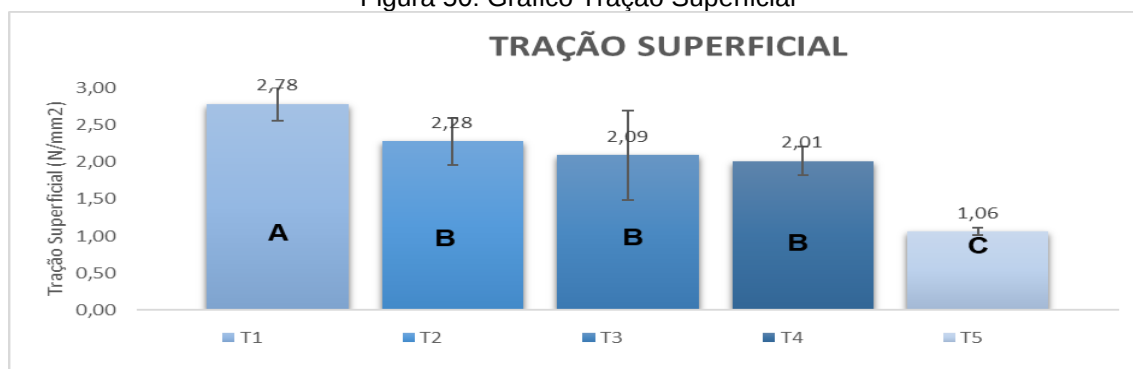
Tabela 14: Tração Superficial

RESULTADOS DAS AMOSTRAS – ENSAIO TRAÇÃO SUPERFICIAL					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N/mm ²)	3,25	3,07	2,66	2,29	1,74
Valor Médio (N/mm²)	2,78	2,28	2,09	2,01	1,06
Valor Mínimo (N/mm ²)	2,51	1,88	1,15	1,79	0,74
Coef. Variação (%)	8,01	14,06	28,75	1054,42	29,63
Desvio Padrão (N/mm ²)	0,22	0,32	0,60	0,19	0,31

Fonte: Autora

Na Figura 50, denota o gráfico de Tração Superficial dos painéis, indicando os grupos obtidos através do teste de Tukey.

Figura 50: Gráfico Tração Superficial



Fonte: Autora

Os valores apresentados através do teste de tukey a tração superficial, os traços T2 obteve valor de 2,28 MPa o traço T3 com valor de 2,09 MPa e o traço T4 com valor de 2,01 MPa, todos permaneceram no grupo B e o traço T1 100% Teca obteve resultado 2,78 MPa pertencendo ao grupo A, todos dentro da conformidade citado pela ANSI A 208.1(1999). Os valores médio para o traço T5 100% casca de arroz obteve resultado de 1,06 MPa permanecendo ao grupo C, portanto fora de conformidade.

Segundo autor Pierre (2019), ao pesquisar sobre Painéis Aglomerados de *Eucalyptus grandis* com adição de resíduos industriais madeireiros, obteve resultados de resistência a tração superficial na faixa de 0,82 a 1,57 MPa.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho avaliaram-se as propriedades físicas e mecânicas de painéis aglomerados com adição de resíduo da agroindústria, neste caso a casca de arroz. Por tanto, tem-se como principal conclusão, que os painéis estudados obtiveram bons desempenhos físico-mecânico, atendendo a todas as especificações técnicas estabelecidas pelas normas técnicas aplicáveis a este estudo, mesmo nos tratamentos com as maiores proporções de adições. Dessa forma, os resultados de desempenho obtidos permitiram a indicação de uso do resíduo em questão, na forma de adição, em escala industrial de produção desses painéis.

Neste trabalho avaliaram-se as propriedades físicas e mecânicas de painéis de aglomerados com partículas de madeira teca e adição de casca de arroz e utilizou o adesivo bi componente a base de óleo de mamona.

- Avaliação de determinação da densidade em painéis com espessura de 12,7 mm e 12% de teor de adesivo poliuretano a base de mamona, obteve o valor de 800,54 Kg/m³ o traço T4 (30% partícula teca e 70% adição de casca de arroz), recomendado pela NBR 14810-2 de 2013, sendo então denotado painéis de alta densidade, recomendados a utilização em estruturas em condições secas.
- Na avaliação de teor de umidade, obteve-se como melhor resultado o valor médio todos os traços atingiram resultados acima de 5% umidade, recomendado pela norma NBR 14810-2 (2013) indica como valor mínimo para teor de umidade 5% e o máximo de 13% para painéis com espessura variando de 10 a 13mm para classificação P4 (painel estrutural para uso em condições secas).
- Avaliação de Inchamento em espessura 24h, os painéis com adição de casca de arroz, onde todos os traços apresentaram valor médio entre 5,89 a 9,41% permanecendo acima de 5%, portanto dentro dos limites de tolerância estabelecidos pela NBR 14810-2 (2013) quanto ao percentual de inchamento em espessura não podendo este ultrapassar o valor 16%;
- Nos ensaios de Absorção de água 24h, os painéis apresentaram valores máximo de 14%, no entanto todos os traços obtiveram valores acima de 10%, sendo que a NBR 14810-2 (2013) não estabelece valor de referência;

- No ensaio de resistência mecânica de tração perpendicular os traços T2 (10%teca e 90% casca de arroz), T3 20% teca e 80% casca de arroz) e o traço T4 30% teca e 70% casca de arroz) que foram adicionados casca de arroz obtiveram resultados aceitáveis pela NBR 14810-2 de (2013).
- No ensaio de módulo de elasticidade (MOE) o traço P4, a NBR 14810-2 (2013) exige o mínimo 2300 MPa. O traço T3 (80% teca e 20% casca de arroz), superou as expectativas atingindo um valor médio de 2428,95 MPa;
- No ensaio de módulo de ruptura (MOR) o traço P4, a NBR 14810-2 (2013) exige o mínimo 16 MPa, portanto todos os traços ficaram abaixo das expectativas, somente o traço T3 atingiu o valor médio de 15,82 MPa;
- Para ensaio de resistência de arrancamento de parafuso de topo, a NBR14810-2 (2013) não apresenta valor de referência e a ANSI 208-1 (1999) recomenda valores mínimo de 1550 N. Portanto todos os traços apresentaram valores inferiores aos recomendados pela norma;
- Para ensaio de resistência de arrancamento de parafuso de superfície a NBR14810-2 de (2013) não apresenta valor de referência e a ANSI 208-1 (1999) recomenda valores acima de 2000N para painéis de alta densidade, portanto todos os traços apresentaram valores inferiores aos recomendados pela norma;
- Para ensaio de dureza Janka conforme a norma ANSI 208-1 (1999) recomenda valores máximo 6675 N para painéis de alta densidade, portanto os traços com adição de casca de arroz obtiveram os seguintes valores, T2 com valor de 6827,45N, T3 com valor de 6937,64 N e T4 com valor de 7805,76N todos apresentaram valores superiores ao recomendado;
- No ensaio de Tração Superficial os traços com adição de casca de arroz, apresentaram valores para T2 com 2,28 N, o traço T3 valor de 2,09 N e T4 com 2,01 N, atingiram as expectativas. Portanto o valor adotado como referência a ANSI A 208.1 de (1999) é acima de 2,0 N/mm² para painéis de alta densidade, que atenderam ao valor máximo exigido.

7. SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Uma proposta para continuar a pesquisa está de verificar se a resistência do material continuará atendendo as especificações normativas. Além disso, é importante destacar a diversidade dos compósitos lignocelulósicos, pois este material obteve resultados bastante satisfatórios, sem comprometer as propriedades físico-mecânicas dos painéis.

- Analisar painéis com teores de resinas diferentes como, 8%, 10% e 15%;
- Realizar ensaios de microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- Fazer ensaio de Isolamento Acústico ao Ruído Aéreo;
- Fazer ensaio de Condutividade Térmica;
- Realizar ensaios de durabilidade quando exposto ao ambiente externo, como, chuva e baixa temperatura;
- Pesquisar e confeccionar painéis com diferentes materiais lignocelulósicos de outra região como o bagaço de açaí, cortiça, fibra de banana etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE PAINÉIS DE MADEIRA – Relatório setorial 007, dezembro/2013. Disponível em: site www.abipa.gov.br acessado em 07 de fevereiro de 2019.

ABRAF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. Anuário Estatístico ABRAF 2013 com base 2012/ ABRAF -Brasília 2013. Acesso 30/03/2019 - www.abraflor.org.br/estatisticas.asp estão disponíveis para download, além da presente edição do Anuário 2013 – Ano base 2012, as edições de 2006 a 2012, todas nas versões em português e inglês.

ABIMÓVEL- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DO MOBILIÁRIO. Panorama do setor moveleiro no Brasil. Disponível em: <http://www.abimovel.com.br> disponível em junho de 2014. Acessado em 20 de outubro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15316: Chapas de fibra de média densidade: parte 3 métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2009. 73 pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15316: Chapas de fibra de média densidade: parte 2 requisitos. Rio de Janeiro, 2009. 15 pg.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS – Anuário estatístico da ABRAF - Ano base 2012. Brasília 2013, 142p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – BRACELPA. Disponível em:< <http://bracelpa.org.br/bra2/?q=node/136> >. Acesso em 25 de Outubro de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA – ABIPA. São Paulo, 2013. Disponível em:< <http://www.abipa.org.br/produtosMDF.php>>. Acesso em 25 junho de 2013.

ALONGE, A. F.; CHAMMA C.V.P.;ROCHA R.R. Produtos Eco eficientes na Arquitetura: A Produção de Painéis feitos a partir do compósito de plástico e casca de arroz. Artigo: (Forum Ambiental da Alta Paulista) V.10 n.1,2014.

ARAUJO, I.I. Caracterização físico- mecânica de Painéis de Partículas de Bambu com adição de casca de café. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia de Bauru, São Paulo,2015.

ARCHANGELO, A.; Pineis de bamu com adição de casca de arroz e adesivo a base de óleo de mamona, Dissertação de mestrado Universidade Estadual Paulista de Engenharia de Bauru, São Paulo, 2016.

ASKELAND, D.R.; PHULÉ, P.P. Ciência e Engenharia dos Materiais. São Paulo, 2008 Cengage Learning.

BARROS FILHO, R. M. Painéis aglomerados a base de bagaço de cana-de-açúcar e resinas uréia formaldeído e melanina formaldeído. 2009. 116 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais, Área de concentração análise e seleção de materiais) Universidade Federal Ouro Preto, Minas Gerais, 2009.

BATISTELLE, R. A. G.; MARCILIO, C.; LAHR, F. A. R.; Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas, Minerva, 5(3): 297-305, 2008.

BATISTELLE, R. A. G.; LAHR, F. A. R.; VARUM, H. S.; VALARELLI, I. D. caracterização física das chapas de partículas com rejeitos oriundos da cana-de-açúcar e das folhas de bambu, In encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras. Lavras,12p.2010.

BATISTELLE, R. A.G. Proposta de utilização do bagaço de cana de açúcar e folhas de bambu em chapas de partículas para diferentes aplicações. Tese Livre Docência. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Bauru. Bauru/SP 2011.

BEBARTA, K.C. 1999. Teak: Ecology, Silviculture, Management and profitability. International Book Distributors. Dehra Dum, India. Chapter 6. 1999. 379 p.

BELINI, U. L.; Caracterização tecnológica de painéis de fibras da madeira de *Eucalypto*, *Eucalyptus grandis* e de partículas do bagaço do colmo de cana de açúcar, *Saccharum* sp. 2012, 169p – Tese (Doutorado em Tecnologia de Produtos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BERLINI, U. L.; HEIN, P. R. G.; TOMAZELLO, M.; RODRIGUES, J. C.; CHAIX, G. Near infrared sepectroscopy for estimating sugarcance bagasse contente in médium density fiberboard. Bioresources, v.6, n.2,p.1818 – 1829,2011.

BERALDO, A. L.; RIVERO, L. A. Bambu Laminado Colado (BLC). Revista Floresta e Ambiente. Seropédica, RJ, v. 10, n. 2., p 36 – 46, 2003.

BERALDO, A. L.; FREIRE, W. J. Tecnologias e Materiais Alternativos de construção, Campinas SP: Editora da UNICAMP,2003.

BERMEJO, R. La Gran Ttransición Hacia la Sostenibilidad Principios y Estratégias de Economía Sostenible. Madrid-Es: Catarata, 2005.

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).

CALDEIRA, B. R. P. P. Caracterização das propriedades físico-mecânicas e determinação da percentagem de cerne da madeira de *Tectona grandis*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2004. 84 p

CALEGARI, P. E. et.al; Design e Materiais: Desenvolvimento de Biocompósitos a partir da casca de arroz e do resíduo de papel em matriz poliuretana vegetal a base de mamona. SBDS 15, 5ºSimposio Design Sustentável, Rio de Janeiro, 2015.

CALEGARI, L.; HASELEIN, C. R.; SCARAVELLI, T. L.; SANTINI, E. J.; STANGERLIN, D. M.; GATTO, D. A.; TREVISAN, R. Desempenho físico-mecânico de painéis fabricados com bambu (*Bambusa vulgaris Scchr.*) em combinação com madeira. Revista Cerne. Lavras, v. 13, n. 1, p. 57-63, 2007.

CALLISTER, JR.;William D. Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução.New York, EUA, 2000 LTC Editora S.A.

CLARO NETO, S. Caracterização físicos-químicas de um poliuretano derivado de óleo de mamona utilizado para implantes ósseos. São Carlos, 1997. 127f. Tese (Doutorado) –Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1997.

CHEN, T. Y. Studies on the manufacture of particleboard from rice hulls in industrial scale. K'o Hsueh Fa Chan Yueh K'an, China, v. 8, n. 5, p. 456-462, Aug. 1980.

Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, julho 2013 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2013.

CONTE, R. High-performance concrete with addition of active rice husk silica, and its utilization in parabolic solar collector coverage. Escola de Engenharia de Lorena EEL - USP, Polo Urbo-Industrial, s/no, B. Santa Lucrécia, 12602-810, Lorena, SP, Brazil

CORREA, L.R.; Sustentabilidade na Construção Civil; Monografia na Construção Civil, Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte MG Janeiro de 2009.

COSTA, L.P.E. et. al., Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduo do processamento mecânico da madeira. Ciência Florestal, Santa Maria, v.15, n.3, p 311-322, 2005.

DIAS, F.M. e LAHR, F.A.R. Estimativa de propriedades de resistência e rigidez da madeira através da densidade aparente. *Scientia Forestalis* n.65, p.102-113, jun. 2004.

DIAS, F. M. Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira compensada e aglomerada. 2005. 116 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Escola de Engenharia de São Carlos/ Instituto de Física de São Carlos/ Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005

DORNELLES, R. Plantas para exportar e preservar as florestas nativas. *Brazil Export*. São Paulo, nº 271, 1992.

FERREIRA, B. S. Propriedades físico-mecânicas de painéis particulados de *Eucalyptus saligna* com adição de casca de noz macadâmia. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UNESP – Campus de Itapeva, Itapeva, 2013.

FOLETTTO, E.; HOFFMANN R. & HOFFMANN, R. PORTUGAL, U & JAHN, S. Aplicabilidade das Cinzas da Casca de Arroz: *Revista Quim. Nova*, Vol. 28, n. 6, 2005.

FLÓREZ B.J; BLANCO Caracterização Tecnológica da madeira jovem teca (*Tectona grandis* L.f.) tese de mestrado Universidade Federal de Lavras, MG, 2012.

FRIHART, C. R. Wood Adhesion and Adhesives. In: ROWELL, M. R. *Handbook of wood chemistry and wood composites*. Boca Raton: CRC Press, 2012. Cap.9.

GARCIA-ESTEBAN, L.; GUINDEO-CASASÚS, A.; PERAZA-ORAMAS, C.; PALACIOS DE PALACIOS, P. *La madera y sus Tecnologias*. Ed. Mundi Prensa, Madrid, 2002.

GONÇALVES, M. T. T. *Processamento da Madeira*. Bauru, 2000. 242p.

GONÇALVES NETO, Wenceslau. *Estado e agricultura no Brasil; política agrícola e modernização econômica Brasileira*. São Paulo: Hucitec, 1997. 245 p

HASELEIN, C.R. et al. Resistência mecânica e à umidade de painéis aglomerados com partículas de madeira de diferentes dimensões. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 127-134, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE Av. Franklin Roosevelt, 166 - Centro 20021-120 - Rio de Janeiro, RJ – Brasil ISSN 0103-443X

IWAKIRI, S. *Painéis de madeira reconstituída*. Curitiba: FUPEF, 2005. 247p.

IWAKIRI, S. et al. Produção de chapas de madeira aglomerada de *Pinus elliotti* Engelm com inclusão laminar. *Cerne*, Lavras, v. 5, n. 2, p. 86-94, 1999.

IWAKIRI, S. et al. Produção de chapas de partículas de madeira aglomerada de *Pinus elliottii*(Engelm) e *Eucalyptus dunnii* (Maid). *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 33-41, 1996.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, n. 68, p. 39-43, ago. 2005.

JANSSEN, J.J.A. Designing and building with bamboo. Beijing, China: International Network for Bamboo and Rattan (INBAR), 2000, Technical report n.20.

JOSÉ, F.J. Chapa de Partículas Homogêneas de bambu Aglomeradas com resina Poliuretana Bi-componente a base de óleo de mamona. 2006. 102p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Unicamp, Campinas, 2006.

JR, P.R.L.; Utilização de Resíduos na Construção Habitacional, programa de Tecnologia de Habitação; Departamento de Engenharia civil da UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina. Acessado em 16.05.2016.

KRAEMER, M. E. P. Indicadores ambientais como sistema de informação contábil. 2003. Disponível em: <http://www.gestiopolis.com/recursos3/docs/fin/indamb.htm>. Acesso em 17.04.2019.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas – possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn. Dt. Ges. für. Techn. Zusammenarbeit (GTZ), GmbH.

LARA PALMA, H. A. Painéis de madeira. Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2009. 2009. 40 f. Apostila de aula.

LHAMBY, Andressa Rocha; SENNA, Ana Júlia Teixeira; CANES, Suzy Elizabeth. A Prática da Gestão Ambiental Agroindustrial: Um Estudo de Caso em uma Agroindústria que Produz Energia Elétrica a Partir da Casca do Arroz. Bauru, São Paulo, 2010, 5 p. Acesso em: abril de 2012. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/Congresso/Trabalhos2010/XI-001.pdf>>

LIESE, W. The anatomy of bamboo culms. INBAR – International Network for bamboo and rattan, 1998.China. Technical Report. 204 p.

MACIEL, A. da S. Chapas de partículas aglomeradas de madeira de *Pinus elliottii* ou *Eucalyptus grandis*, em mistura com poliestireno e polietileno tereftalato. 2001, 115p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MALONEY, T. M. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. San Francisco: Miller Freeman Inc., 1993. 689 p.

MAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/arroz>. Acesso em 29.12.2016.

MARINHO, Nelson Potenciano. Características das fibras do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e Potencial de aplicação em painéis de media densidade (MDF). 2012. 144p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MELO, R.R. Propriedades físico-mecânicas e resistências a biodeterioradores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz. 2009. 77f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MDF e MDP para produção de painéis aglomerados. Dissertação (pós-graduação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 13 p, 2011.

MINISTÉRIO da Agricultura e pecuária e Abastecimento. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf>. Acesso em 20.03.2019

MISKALO, P. E. Avaliação do Potencial de utilização de bambu (*Dendrocalamus giganteus*) na produção de painéis de partículas orientadas. Dissertação mestrado Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – Pr, 2009.

MORGANA, L. Estudo da Utilização da Casca de Arroz na Produção de Bioenergia no Município de Turvo/SC pdf – Artigo - Disponível em http://www.apec.unesc.net/VII_EEC/sesoes_tematicas acesso em 25.08.2016.

MOIZÉS, F. A. Painéis de bambu, uso e aplicações: uma experiência didática nos cursos de Design em Bauru. 113 p. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. Bauru, São Paulo. 2007.

MOURA, M.F.S.F.; MORAIS, A.B.; MAGALHÃES, A.G.; “Materiais Compósitos - materiais, fabrico e comportamento mecânico” Editora Publind stria, Ed. 1. Porto, 2005.

NASSER, M.S; Painéis de partículas de bambu e casca de amendoim com adesivo a base de mamona: Tese de mestrado Unesp campus de Bauru, São Paulo, 2016.

NETO, F.L.;PARDINI, L.C. Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia, 1ª Edição, Editora Edgard Blucher. São Paulo, 2006.

ORTIZ, L. S. Energias renováveis sustentáveis: uso e gestão participativa no meio rural. Porto Alegre: Núcleo Amigos da Terra Brasil, 2005. 67 p.

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

PAULESKI, D. T. Características de compósitos manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira.2005. 100 f. Dissertação (mestrado em engenharia florestal) –Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

PEREIRA, M. A. R.; BERALDO, A. L; Bambu de Corpo e Alma. Bauru-SP: Canal6,2007.240p.

PEREIRA, V. S. Indicadores de Sustentabilidade do Agro ecossistema Arroz Orgânico na Bacia do Araranguá (SC). 2008. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PIERRE, C.F. Caracterização Físico mecânica de Painéis Aglomerados de Eucalyptus grandis com adição de resíduos industriais madeireiros- Tese de Doutorado UNESP Campus de Botucatu-sp 2010.Disponível em acesso 07 de 1bril de 2019.

PINTO, S. M. Propriedades e Características da Madeira Teca em função da idade (SC). 2007.Tese (Doutorado Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

QURINO, W. F. Apostila: 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 04 jul. 2016.

QUIRINO, M.G. “Estudo de matriz polimérica produzida com resina natural e fibra da semente de açaí (Euterpe precatória)”. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2010.

RAUBER, R. Caracterização de Painéis Aglomerados com madeira de eucalipto e sólidos granulares de poliuretano. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria R.S, 2011.

ROSA, S. M. L.; Estudo das propriedades de Compósitos de Polipropileno com Casca de Arroz, Escola de Engenharia Programa de Pós-Graduação em Engenharia

de Minas, Metalúrgica e de Materiais – PPGEM; Dissertação Mestrado em Engenharia; Porta Alegre – RS, 2007.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and factors affecting fiber properties. In: NATURAL POLYMERS AND AGROFIBERS BASED COMPOSITES, 1., 2000, São Carlos. Anais. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2000. p. 115-134.

SANCHES F.L. Qualidade de Painéis Aglomerados Produzidos com mistura de madeira de quatro espécies Florestais. Dissertação (mestrado) INUCENTRO Universidade Estadual do Centro oeste, IRATI – PR -2012.

SANDOVAL,C.L; Efecto de la utilizacion de la cascarillas y almidon como ligante em la resistência de paneles aglomerados de uso em la construccion. Dissertação de mestrado, para optar el grado de maestro em tecnologia de la construccion – universidad Nacional de ingenieria , Lima-Peru 2015.

SANTOS,F.R.S; Desenvolvimento e aplicação de compósitos à base de matriz polimérica reforçado com fibras de curauá (Ananás erectifolius) e resíduos de madeiras amazônicas. Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Manaus, 2013.

SCHUCHARDT e Marcelo L. Ribeiro Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, CP 6154, 13083-970 Campinas – SP Adilson R. Gonçalves Departamento de Biotecnologia, Faculdade de Engenharia Química de Lorena, CP 116, 12600-000 Lorena – SP.

SHACKELFORD, J.F., Ciências dos Materiais, 6ª edição, Editora: Pearson Prentice Hall, São Paulo, 2008.

SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W.; SANSÍGOLO, C. A. Composição Química da Madeira de Eucalyptus citriodora em Função das Direções Estruturais. Silva Lusitana14(1): p. 113 -126., ed. ENF, Lisboa -Portugal, 2010

SILVA, A.L.C. Fabricação de painéis de partículas com material produzidos com material alternativo. Relatório final PIBIC/CPNq, processo 118005/2014-6. Faculdade de Engenharia de Bauru, Bauru-SP, 2015.

SILVA, M. A.; SANCHES, C.; AMANTE, E. R. Farelo de arroz: composição e propriedades. Óleos e Grãos, Julho/Agosto, 2001.

SHINEIDER, R.C.S.; Extração, Caracterização e Transformação do Óleo de Rícino; Tese de doutorado em química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande-RS.2002.

SOUZA, B. E. Estudo da viabilidade técnica para o cultivo de bambu gigante (*Dendrocalamus giganteus*) UPIS – Faculdades Integradas Departamento de Agronomia Rodovia BR 020, km 18 DF 335, km 4,8 em Planaltina-DF.;

SZYCHER, Michael. Szycher's handbook of polyurethanes. 2ª Edição. Editora CRC Press. 2012

TACHIZAWA, Takeshy. Gestão ambiental e responsabilidade social corporativa: estratégias de negócios focadas na realidade brasileira. São Paulo: Atlas, 2002
TINOCO, João E. P; Kraemer, Maria E. P. Contabilidade e Gestão Ambiental. São Paulo: Atlas, 2004.

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

VALARELLI I.D. Painéis de Partículas de Materiais alternativos: Produção e avaliação de desempenho. Tese (livre Docente) UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho -Bauru -SP – 2016.

WALTER, Melissa; composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, Aug. 2008.

WEAVER, P. L. *Tectona grandis* Linn f. Teak. New Orleans: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1993. 18 p.

WEBER, C. Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos e compensados, MDP e MDF para a produção de painéis aglomerados. Dissertação de mestrado UFPR Curitiba Pr – 211

WILCZAK, L. Avaliação do comportamento mecânico do adesivo poliuretano de óleo de mamona utilizado na produção de painéis compensados. Trabalho de conclusão de curso. UTFP - UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ Curitiba Pr – 2014.

WINDEISEN, E.; KLASSEN, A.; WEGENER, G. On the chemical characterisation of plantation teakwood from Panama. *Holz als Roh-und Werkstoff*, Berlin, n. 61, p. 416-418, Nov. 2003.

www.apec.unesc.net/VII_EEC/sesoes_tematicasEcontroRural/Estudo-da-utilizacao-da-casca-de-arroz-na-producao-de-bioenergia-no-municipio-de-turvo-sc. acesso 10 de outubro de 2016.

www.clubedamadeiranobre.com/artigo/tudo-sobre-a-teca. Acesso 28 de março de 2019.

APÊNDICE A – Ensaios físicos: dados de densidade

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE COMPOSIÇÃO: 100% (TE) TECA															
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA										PONTO 5	MASSA (GRS)	VOLUME (MM³)	DENSIDADE (KG/M³)
		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)					
PAINEL 1	P 5	CP1	50,79	51,18	51,08	50,19	14,52	13,91	12,98	13,10	12,99	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	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	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	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	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	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	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	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	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	12,98	27,04	33114,48	816,56

Onde:

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

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

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

Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa $\rightarrow$ Ch

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

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

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

RESULTADOS TECA (TE) 100%	
Valor Máximo (KG/M³)	955,83
Valor Médio (KG/M³)	852,11
Valor Mínimo (KG/M³)	860,57
Coef. Variação (%)	5,82
Desvio Padrão (KG/M³)	49,57

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE													
COMPOSIÇÃO: 90% (TE) TECA - 10%(AR) ARROZ													
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE LADO A LADO B LADO C LADO D PONTO 1 PONTO 2 PONTO 3 PONTO 4 PONTO 5 MASSA VOLUME DENSIDADE											
		PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	(MM³)	(KG/M³)
PAINEL 1	P 5	CP1	50,58	50,44	51,51	50,98	14,38	14,46	14,96	14,71	14,84	37967,17	744,59
	P 8	CP2	50,52	50,92	50,72	50,82	13,65	14,25	15,5	14,88	15,19	29,82	37833,99
PAINEL 2	P 5	CP3	50,38	50,86	50,62	50,74	13,79	14,23	15,91	15,07	15,49	30,42	38219,65
	P 8	CP4	51,00	50,78	50,89	50,84	13,17	13,7	14,41	14,06	14,23	27,03	36013,60
PAINEL 3	P 5	CP5	50,84	51,09	50,97	51,03	14,2	14,2	15,73	14,97	15,35	30,15	38695,57
	P 8	CP6	51,04	51,09	51,07	51,08	13,03	13,87	14,9	14,39	14,64	25,2	36942,96
PAINEL 4	P 5	CP7	50,60	51,14	50,87	51,01	13,5	13,83	15,26	14,55	14,90	30,11	37332,58
	P 8	CP8	50,94	50,89	50,92	50,90	13,38	13,67	15,12	14,40	14,76	28,28	36973,86
PAINEL 5	P 5	CP9	50,59	50,82	50,71	50,76	13,93	14,16	15,56	14,86	15,21	30,13	37928,27
	P 8	CP10	50,82	50,76	50,79	50,78	14,26	14,02	15,47	14,75	15,11	31,09	37967,75

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 TECA (TE) 70% E ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo (KG/M³)	957,53
Valor Médio (KG/M³)	772,52
Valor Mínimo (KG/M³)	864,41
Coef. Variação (%)	5,13
Desvio Padrão (KG/M³)	39,60

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE COMPOSIÇÃO: 80% (TE) TECA - 20%(AR) ARROZ													
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE	LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA	VOLUME DENSIDADE
		PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	(MM³) (KG/M³)
PAINEL 1	P 5	CP1	50,73	50,21	50,47	50,34	13,56	13,71	15,87	14,79	15,33	30,08	37273,81 807,00
	P 8	CP2	49,83	50,80	50,32	50,56	12,98	13,43	14,97	14,20	14,59	29,03	35611,54 815,19
PAINEL 2	P 5	CP3	50,23	50,78	50,51	50,64	13,7	13,74	15,12	14,43	14,78	31,19	36660,82 850,77
	P 8	CP4	50,56	50,73	50,65	50,69	13,53	13,76	15,27	14,52	14,89	26,2	36933,61 709,38
PAINEL 3	P 5	CP5	50,97	50,99	50,98	50,99	13,62	13,9	15,28	14,59	14,94	30,69	37595,81 816,31
	P 8	CP6	50,31	50,30	50,31	50,30	14,13	13,81	15,15	14,48	14,82	28,13	36634,48 767,86
PAINEL 4	P 5	CP7	49,90	50,38	50,14	50,26	13,54	13,87	14,74	14,31	14,52	29,94	35730,47 837,94
	P 8	CP8	50,33	50,34	50,34	50,34	13,19	13,7	15,03	14,37	14,70	26,88	35969,32 747,30
PAINEL 5	P 5	CP9	50,61	51,95	51,28	51,62	13,66	13,71	14,62	14,17	14,39	30,19	37224,08 811,03
	P 8	CP10	50,91	51,04	50,98	51,01	13,95	13,95	14,75	14,35	14,55	27,8	37195,68 747,40

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 TECA (TE) 80% E ARROZ (AR) 20%	
Valor Máximo (KG/M³)	957,95
Valor Médio (KG/M³)	791,02
Valor Mínimo (KG/M³)	865,37
Coef. Variação (%)	5,76
Desvio Padrão (KG/M³)	45,54

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE															
COMPOSIÇÃO: 70%(TE) TECA - 30%(AR) ARROZ															
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE		LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA	VOLUME DENSIDADE	
		PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	(MM³)	(KG/M³)
PAINEL 1	P 5	CP1	51,15	50,92	51,04	50,98	13,41	13,77	15,21	14,49	14,85	14,85	29,94	37344,13	801,73
	P 8	CP2	51,18	51,25	51,22	51,23	13,21	13,56	15,05	14,31	14,68	14,68	28,26	37149,00	760,72
PAINEL 2	P 5	CP3	50,67	50,45	50,56	50,51	13,19	13,4	14,6	14,00	14,30	14,30	28,72	35508,32	808,82
	P 8	CP4	50,63	50,76	50,70	50,73	13,68	13,95	14,94	14,45	14,69	14,69	28,3	36869,23	767,58
PAINEL 3	P 5	CP5	50,79	51,02	50,91	50,96	13,83	14,07	15,03	14,55	14,79	14,79	31,11	37476,08	830,13
	P 8	CP6	50,82	50,96	50,89	50,93	13,97	13,9	15,12	14,51	14,82	14,82	28,39	37469,04	757,69
PAINEL 4	P 5	CP7	50,82	50,53	50,68	50,60	13,41	13,48	14,85	14,17	14,51	14,51	30,12	36137,37	833,49
	P 8	CP8	50,71	50,79	50,75	50,77	13,83	13,86	15,24	14,55	14,90	14,90	28,99	37288,61	777,45
PAINEL 5	P 5	CP9	50,82	50,54	50,68	50,61	13,38	13,48	15,39	14,44	14,91	14,91	31,13	36753,70	846,99
	P 8	CP10	50,86	50,92	50,89	50,91	13,9	13,8	15,18	14,49	14,84	14,84	30,7	37404,70	820,75

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 TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo (KG/M³)	964,92
Valor Médio (KG/M³)	800,54
Valor Mínimo (KG/M³)	886,41
Coef. Variação (%)	4,09
Desvio Padrão (KG/M³)	32,73

PAINÉIS TESE DOUTORADO - DENSIDADE COMPOSIÇÃO: 100% (AR) ARROZ															
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE		LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	PONTO 4	PONTO 5	MASSA	VOLUME DENSIDADE	
		PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(GRS)	(MM³)	(KG/M³)
PAINEL 1	P 5	CP1	50,50	50,48	50,49	50,49	50,49	14,46	14,39	14,41	14,40	14,41	30,76	36740,38	837,23
	P 8	CP2	50,53	50,77	50,65	50,71	50,71	14,6	14,67	15,72	15,20	15,46	24,66	38833,98	635,01
PAINEL 2	P 5	CP3	50,83	49,94	50,39	50,16	50,16	14,41	14,59	15,58	15,09	15,33	28,43	37994,38	748,27
	P 8	CP4	49,91	50,62	50,27	50,44	50,44	14,21	14,44	15,58	15,01	15,30	24,63	37730,08	652,79
PAINEL 3	P 5	CP5	50,65	51,11	50,88	51,00	51,00	14,41	14,3	15,43	14,87	15,15	30,53	38436,21	794,30
	P 8	CP6	50,67	50,91	50,79	50,85	50,85	14,48	14,49	15,77	15,13	15,45	28,18	38882,41	724,75
PAINEL 4	P 5	CP7	50,58	50,80	50,69	50,75	50,75	14,29	14,25	14,98	14,62	14,80	30,04	37500,00	801,07
	P 8	CP8	50,13	50,97	50,55	50,76	50,76	14,65	14,54	15,55	15,05	15,30	25,38	38451,40	660,05
PAINEL 5	P 5	CP9	50,40	50,46	50,43	50,45	50,45	14,85	14,84	15,69	15,27	15,48	29,37	38724,48	758,44
	P 8	CP10	50,41	50,66	50,54	50,60	50,60	14,51	14,77	15,47	15,12	15,30	25,51	38414,81	664,07

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 ARROZ (B) 100%	
Valor Máximo (KG/M³)	955,83
Valor Médio (KG/M³)	727,60
Valor Mínimo (KG/M³)	860,57
Coef. Variação (%)	9,83
Desvio Padrão (KG/M³)	71,51

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DENSIDADE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (KG/M³)	955,83	957,53	957,95	964,92	955,83
Valor Médio (KG/M³)	852,11	772,52	791,02	800,54	727,60
Valor Mínimo (KG/M³)	860,57	864,41	865,37	886,41	860,57
Coef. Variação (%)	5,82	5,13	5,76	4,09	9,83
Desvio Padrão (KG/M³)	49,57	39,60	45,54	32,73	71,51

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)

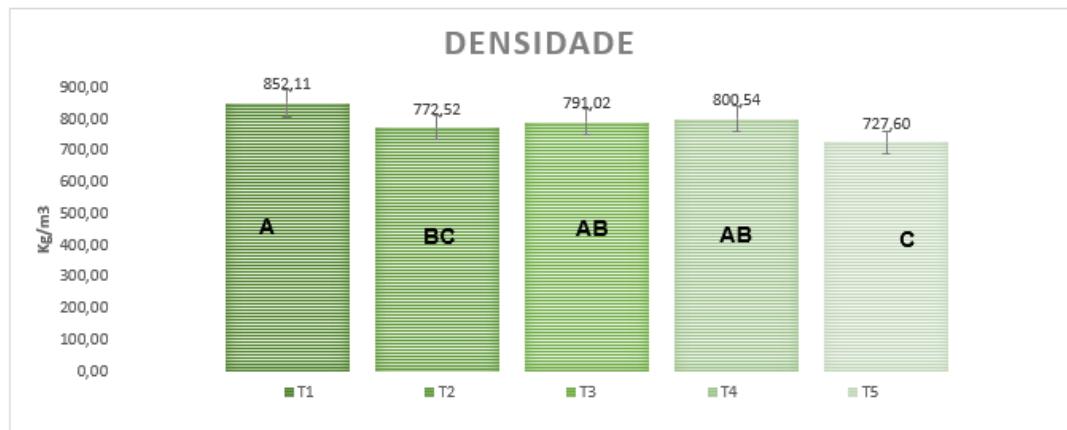
Volume = Comprimento x Largura x Espessura (m³)

Chapa → Ch

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

m = massa do corpo de prova → (grs)

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



APÊNDICE B – Ensaios físicos: dados de Inchamento em Espessura 24

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: 100% TECA						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
PAINE 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 inersão (mm)
E1 = Espessura em CP após inersão (mm)
I = Inchamento em espessura do CP em porcentagem (%) após 24 horas

RESULTADOS TECA (TE) 100%	
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 ESPESSURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: 90% (TE) TECA - 10%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 4	CP1	14,46	14,96	0,03	3,67
	P 6	CP2	14,25	15,5	0,09	8,77
PAINEL 2	P 4	CP3	14,23	15,91	0,12	11,81
	P 6	CP4	13,7	14,41	0,05	5,18
PAINEL 3	P 4	CP5	14,2	15,73	0,11	10,77
	P 6	CP6	13,87	14,9	0,07	7,43
PAINEL 4	P 4	CP7	13,83	15,26	0,10	10,34
	P 6	CP8	13,67	15,12	0,11	10,61
PAINEL 5	P 4	CP9	14,16	15,56	0,10	9,89
	P 6	CP10	14,02	15,47	0,10	10,34

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

RESULTADOS TECA (TE) 70% E ARROZ (AR) 30%	
Valor Máximo (%)	11,81
Valor Médio (%)	8,88
Valor Mínimo (%)	3,67
Coef. Variação (%)	29,88
Desvio Padrão (%)	2,65

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: 80% (TE) TECA - 20%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 4	CP1	13,71	15,87	0,16	15,75
	P 6	CP2	13,43	14,97	0,11	11,47
PAINEL 2	P 4	CP3	13,74	15,12	0,10	10,04
	P 6	CP4	13,76	15,27	0,11	10,97
PAINEL 3	P 4	CP5	13,9	15,28	0,10	9,93
	P 6	CP6	13,81	15,15	0,10	9,70
PAINEL 4	P 4	CP7	13,87	14,74	0,06	6,27
	P 6	CP8	13,7	15,03	0,10	9,71
PAINEL 5	P 4	CP9	13,71	14,62	0,07	6,64
	P 6	CP10	13,95	14,75	0,06	5,73

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

RESULTADOS TECA (TE) 80% E ARROZ (AR) 20%	
Valor Máximo	15,75
Valor Médio	9,62
Valor Mínimo	5,73
Coef. Variação (%)	30,67
Desvio Padrão	2,95

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESURA 24 h						
COMPOSIÇÃO: 70% (TE) TECA - 30%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
PAINE 1	P 4	CP1	13,77	15,21	0,10	10,46
	P 6	CP2	13,56	15,05	0,11	10,99
PAINEL 2	P 4	CP3	13,4	14,6	0,09	8,96
	P 6	CP4	13,95	14,94	0,07	7,10
PAINEL 3	P 4	CP5	14,07	15,03	0,07	6,82
	P 6	CP6	13,9	15,12	0,09	8,78
PAINEL 4	P 4	CP7	13,48	14,85	0,10	10,16
	P 6	CP8	13,86	15,24	0,10	9,96
PAINEL 5	P 4	CP9	13,48	15,39	0,14	14,17
	P 6	CP10	13,8	15,18	0,10	10,00

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

RESULTADOS TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo	14,17
Valor Médio	9,74
Valor Mínimo	6,82
Coef. Variação (%)	21,38
Desvio Padrão	2,08

PAINÉIS TESE DOUTORADO - INCHAMENTO EM ESPESSURA 24 h COMPOSIÇÃO: 100%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	E0 - (MM)	E1 - (MM)	ESPESSURA (MM)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 4	CP1	14,39	14,41	0,00	0,14
	P 6	CP2	14,67	15,72	0,07	7,16
PAINEL 2	P 4	CP3	14,59	15,58	0,07	6,79
	P 6	CP4	14,44	15,58	0,08	7,89
PAINEL 3	P 4	CP5	14,3	15,43	0,08	7,90
	P 6	CP6	14,49	15,77	0,09	8,83
PAINEL 4	P 4	CP7	14,25	14,98	0,05	5,12
	P 6	CP8	14,54	15,55	0,07	6,95
PAINEL 5	P 4	CP9	14,84	15,69	0,06	5,73
	P 6	CP10	14,77	15,47	0,05	4,74
			14,53			

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

RESULTADOS ARROZ (AR) 100%	
Valor Máximo	8,83
Valor Médio	6,12
Valor Mínimo	0,14
Coef. Variação (%)	40,26
Desvio Padrão	2,47

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE INCHAMENTO EM ESPESSURA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	10,29	11,81	15,75	14,17	8,83
Valor Médio (%)	5,89	8,88	9,62	9,74	6,12
Valor Mínimo (%)	1,08	3,67	5,73	6,82	0,14
Coef. De Variação (%)	50,02	29,88	30,67	21,38	40,26
Desvio Padrão (%)	2,94	2,65	2,95	2,08	2,47

Onde:

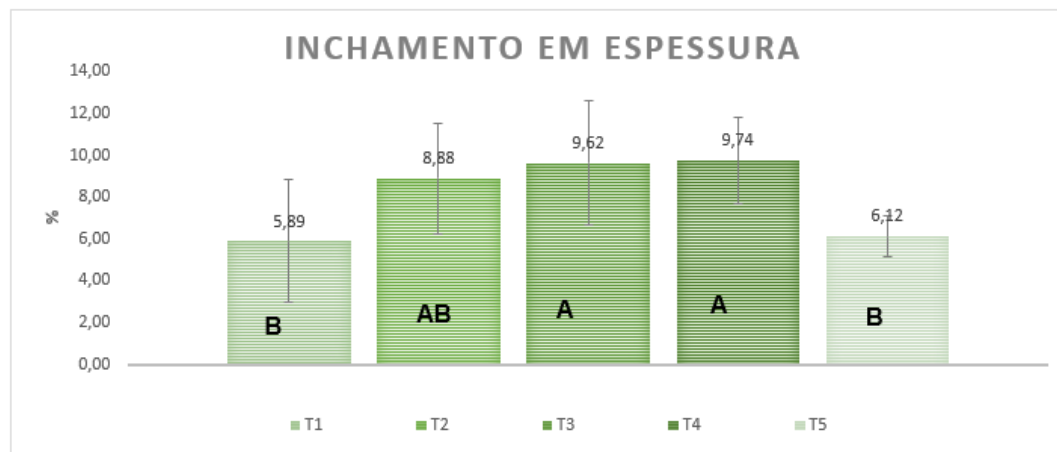
Chapa → Ch

$$I = [(E1 - E0) / E0] \times 100$$

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



APÊNDICE C – Ensaios físicos: dados de absorção de água 24H

PAINÉIS TESE DOUTORADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H						
COMPOSIÇÃO: 100% (TE) TECA						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 4	CP1	30,4	35,35	0,16	16,28
	P 6	CP2	32,31	35,70	0,10	10,49
PAINEL 2	P 4	CP3	30,07	34,52	0,15	14,80
	P 6	CP4	29,86	35,45	0,19	18,72
PAINEL 3	P 4	CP5	30,06	35,06	0,17	16,63
	P 6	CP6	28,91	34,47	0,19	19,23
PAINEL 4	P 4	CP7	30,14	35,85	0,19	18,94
	P 6	CP8	29,5	34,40	0,17	16,61
PAINEL 5	P 4	CP9	31,35	36,05	0,15	14,99
	P 6	CP10	29,75	35,04	0,18	17,78

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

RESULTADOS TECA (TE) 100%	
Valor Máximo (%)	18,94
Valor Médio (%)	16,45
Valor Mínimo (%)	10,42
Coef. Variação (%)	15,87
Desvio Padrão (%)	2,61

PAINÉIS TESE DOUTORADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H COMPOSIÇÃO: 80% (TE) TECA - 20%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 4	CP1	30,32	34,77	0,15	14,68
	P 6	CP2	29,39	33,50	0,14	13,98
PAINEL 2	P 4	CP3	30,14	34,39	0,14	14,10
	P 6	CP4	30,35	35,33	0,16	16,41
PAINEL 3	P 4	CP5	29,87	35,44	0,19	18,65
	P 6	CP6	31,86	36,03	0,13	13,09
PAINEL 4	P 4	CP7	30,7	34,69	0,13	13,00
	P 6	CP8	29,27	33,32	0,14	13,84
PAINEL 5	P 4	CP9	30,3	34,81	0,15	14,88
	P 6	CP10	30,43	34,86	0,15	14,56

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

RESULTADOS TECA (TE) 80% E ARROZ (AR) 20%	
Valor Máximo (%)	18,65
Valor Médio (%)	14,72
Valor Mínimo (%)	13
Coef. Variação (%)	11,47
Desvio Padrão (%)	1,69

PAINÉIS TESE DOUTORADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H						
COMPOSIÇÃO: 70% (TE) TECA - 30% (AR) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 4	CP1	31,28	36,25	0,16	15,89
	P 6	CP2	28,67	33,60	0,17	17,20
PAINEL 2	P 4	CP3	30,35	34,10	0,12	12,36
	P 6	CP4	31,41	34,50	0,10	9,84
PAINEL 3	P 4	CP5	30,71	34,99	0,14	13,94
	P 6	CP6	30,88	35,24	0,14	14,12
PAINEL 4	P 4	CP7	29,7	34,07	0,15	14,71
	P 6	CP8	30,26	34,64	0,14	14,47
PAINEL 5	P 4	CP9	30,64	35,33	0,15	15,31
	P 6	CP10	31,75	36,53	0,15	15,06

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

RESULTADOS TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo (%)	17,2
Valor Médio (%)	14,29
Valor Mínimo (%)	9,84
Coef. Variação (%)	14,10
Desvio Padrão (%)	2,02

PAINÉIS TESE DOUTORADO - ABSORÇÃO DE ÁGUA 24H						
COMPOSIÇÃO: 100% (AR) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G)	M1 - (G)	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 4	CP1	29,17	32,61	0,12	11,79
	P 6	CP2	30,49	33,91	0,11	11,22
PAINEL 2	P 4	CP3	27,89	31,51	0,13	12,98
	P 6	CP4	26,68	30,62	0,15	14,77
PAINEL 3	P 4	CP5	28,85	32,41	0,12	12,34
	P 6	CP6	30,68	34,29	0,12	11,77
PAINEL 4	P 4	CP7	29,86	33,91	0,14	13,56
	P 6	CP8	28,97	32,34	0,12	11,63
PAINEL 5	P 4	CP9	28,93	33,26	0,15	14,97
	P 6	CP10	28,77	32,90	0,14	14,36

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

RESULTADOS ARROZ (AR) 100%	
Valor Máximo (%)	14,77
Valor Médio (%)	12,94
Valor Mínimo (%)	11,22
Coef. Variação (%)	10,80
Desvio Padrão (%)	1,40

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	18,94	20,07	18,65	17,20	14,77
Valor Médio (%)	16,45	15,26	14,72	14,29	12,94
Valor Mínimo (%)	10,42	6,40	13,00	9,84	11,22
Coef. Variação (%)	15,87	27,09	11,47	14,10	10,80
Desvio Padrão (%)	2,61	4,14	1,69	2,02	1,40

Onde:

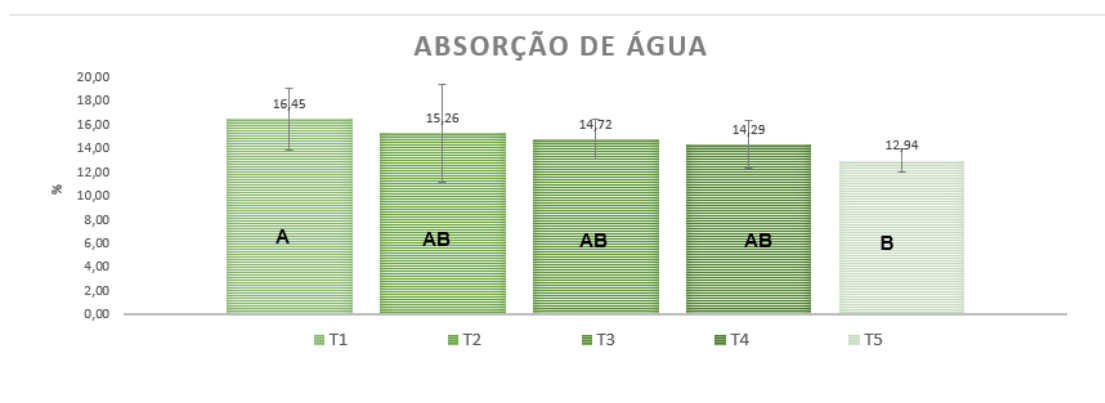
Chapa → Ch

$$A = [(M1 - M0) / M0] \times 100$$

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



APÊNDICE D – Ensaios físicos: dados ensaio de UMIDADE

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
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	

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 - UMIDADE COMPOSIÇÃO: 90% (TE) TECA - 10%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 3	CP1	29,79	28,49	0,05	4,56
	P 7	CP2	28,59	28,51	0,00	0,28
PAINEL 2	P 3	CP3	29,15	27,46	0,06	6,15
	P 7	CP4	28,44	27,48	0,03	3,49
PAINEL 3	P 3	CP5	29,56	27,34	0,08	8,12
	P 7	CP6	29,77	27,77	0,07	7,20
PAINEL 4	P 3	CP7	28,9	27,88	0,04	3,66
	P 7	CP8	30,11	27,55	0,09	9,29
PAINEL 5	P 3	CP9	28,9	26,89	0,07	7,47
	P 7	CP10	29,97	28,53	0,05	5,05

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 TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo (%)	12,97
Valor Médio (%)	5,53
Valor Mínimo (%)	0,07
Coef. Variação (%)	48,31
Desvio Padrão (%)	2,67

PAINÉIS TESE DOUTORADO - UMIDADE						
COMPOSIÇÃO: 80% (TE) TECA - 20%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 3	CP1	29,86	28,23	0,06	5,77
	P 7	CP2	28,25	26,80	0,05	5,41
PAINEL 2	P 3	CP3	25,84	24,61	0,05	5,00
	P 7	CP4	27,96	26,94	0,04	3,79
PAINEL 3	P 3	CP5	29,75	28,38	0,05	4,83
	P 7	CP6	29,21	27,47	0,06	6,33
PAINEL 4	P 3	CP7	29,77	28,64	0,04	3,95
	P 7	CP8	28,85	27,47	0,05	5,02
PAINEL 5	P 3	CP9	31,09	29,47	0,05	5,50
	P 7	CP10	30,89	28,73	0,08	7,52

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 TECA (TE) 80% E ARROZ (AR) 20%	
Valor Máximo	13,84
Valor Médio	5,31
Valor Mínimo	3,79
Coef. Variação	20,61
Desvio Padrão	1,09

PAINÉIS TESE DOUTORADO - UMIDADE						
COMPOSIÇÃO: 70% (TE) TECA - 30%(AR) AMENDOIM						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 3	CP1	30,24	29,76	0,02	1,61
	P 7	CP2	30,32	28,46	0,07	6,54
PAINEL 2	P 3	CP3	29,16	27,16	0,07	7,36
	P 7	CP4	30,87	29,29	0,05	5,39
PAINEL 3	P 3	CP5	30,55	28,87	0,06	5,82
	P 7	CP6	29,89	28,28	0,06	5,69
PAINEL 4	P 3	CP7	30,75	29,06	0,06	5,82
	P 7	CP8	31,25	29,19	0,07	7,06
PAINEL 5	P 3	CP9	30,84	28,95	0,07	6,53
	P 7	CP10	30,13	28,32	0,06	6,39

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 TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo	7,89
Valor Médio	5,82
Valor Mínimo	1,98
Coef. Variação	27,55
Desvio Padrão	1,60

PAINÉIS TESE DOUTORADO - UMIDADE COMPOSIÇÃO: 100% (AR) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	M0 - (G) ÚMIDA	M1 - (G) SECA	MASSA (G)	RESULTADO 24H (%)
PAINEL 1	P 3	CP1	28,95	22,45	0,29	28,95
	P 7	CP2	29,24	26,89	0,09	8,74
PAINEL 2	P 3	CP3	28,77	24,33	0,18	18,25
	P 7	CP4	29,75	26,44	0,13	12,52
PAINEL 3	P 3	CP5	29,93	24,34	0,23	22,97
	P 7	CP6	28,27	27,90	0,01	1,33
PAINEL 4	P 3	CP7	30,95	26,61	0,16	16,31
	P 7	CP8	29,76	25,48	0,17	16,80
PAINEL 5	P 3	CP9	30,18	25,15	0,20	20,00
	P 7	CP10	30,14	28,79	0,05	4,69

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 ARROZ (AR) 100%	
Valor Máximo	22,97
Valor Médio	15,05
Valor Mínimo	4,69
Coef. Variação	55,89
Desvio Padrão	8,41

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE UMIDADE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (%)	5,49	12,97	13,84	7,89	22,97
Valor Médio (%)	5,23	5,53	5,31	5,82	15,05
Valor Mínimo (%)	4,82	0,07	3,79	1,98	4,69
Coef. Variação (%)	4,96	48,31	20,61	27,55	55,89
Desvio Padrão (%)	0,26	2,67	1,09	1,60	8,41

Onde:

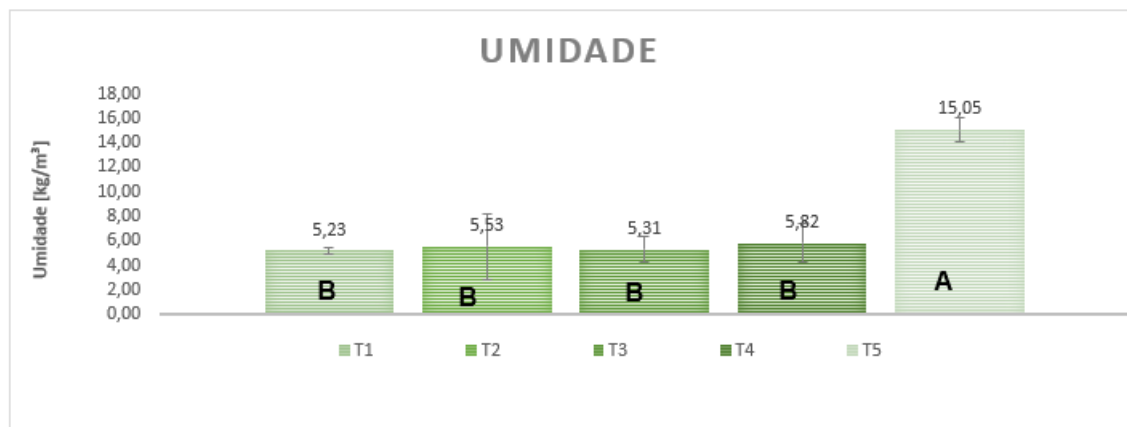
Chapa → Ch

$$U = [(M1 - M0) / M0] \times 100$$

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 (%).



APÊNDICE E – Ensaios mecânicos: dados de resistência a flexão e módulo de elasticidade (MOE/MOR)

TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 100% (TE) TECA						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Ch 1	P 2	CP1	50,48	13,94	1629,36	10,96
	P 9	CP2	50,33	13,63	2633,49	18,29
Ch 2	P 2	CP3	50,96	13,70	2018,77	13,54
	P 9	CP4	49,32	13,40	2122,61	13,91
Ch 3	P 2	CP5	50,73	14,10	2351,68	19,73
	P 9	CP6	50,48	13,72	1994,82	13,17
Ch 4	P 2	CP7	50,53	13,78	1671,16	11,37
	P 9	CP8	50,71	13,99	2154,33	13,80
Ch 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 TECA (TE) 100%	
Valor Máximo (MPa)	2633,49
Valor Médio (MPa)	2039,57
Valor Mínimo (MPa)	1629,36
Coef. Variação (%)	129,12
Desvio Padrão (MPa)	318,94
MOR - RESULTADOS TECA (TE) 100%	
Valor Máximo (MPa)	18,73
Valor Médio (MPa)	14,26
Valor Mínimo (MPa)	10,96
Coef. Variação (%)	131,31
Desvio Padrão (MPa)	2,99

TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 70% (TE) TECA - 30%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Ch 1	P 2	CP1	50,42	14,13	2590,92	16,31
	P 9	CP2	50,53	13,37	2927,32	18,12
Ch 2	P 2	CP3	50,57	13,82	2223,97	16,82
	P 9	CP4	50,66	14,24	1808,82	12,02
Ch 3	P 2	CP5	51,00	13,51	2714,72	18,73
	P 9	CP6	50,75	14,51	1513,01	10,80
Ch 4	P 2	CP7	50,86	13,45	2430,03	14,83
	P 9	CP8	50,64	13,75	2232,25	14,63
Ch 5	P 2	CP9	50,70	13,81	2142,97	14,06
	P 9	CP10	50,68	13,35	2122,50	14,24

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 TECA (TE) 70% E ARROZ (A) 30%	
Valor Máximo (Mpa)	3378,19
Valor Médio (Mpa)	2106,81
Valor Mínimo (Mpa)	2290,84
Coef. Variação (%)	17,31
Desvio Padrão (Mpa)	364,67

MOR - RESULTADOS TECA (TE) 70% E ARROZ (AR) 30%	
Valor Máximo (MPa)	26,71
Valor Médio (MPa)	15,06
Valor Mínimo (MPa)	17,04
Coef. Variação (%)	16,68
Desvio Padrão (MPa)	2,51

TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 80% (TE) TECA - 20%(AR) ARROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS	B - LARGURA	E - ESPESSURA	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
		DE PROVA	(MM)	(MM)		
Ch 1	P 2	CP1	50,51	13,61	1936,21	13,33
	P 9	CP2	50,24	13,36	2905,41	21,24
Ch 2	P 2	CP3	50,87	13,62	2857,06	18,91
	P 9	CP4	50,55	13,58	2974,13	18,69
Ch 3	P 2	CP5	50,19	13,58	2474,56	17,29
	P 9	CP6	50,86	13,51	3015,07	18,23
Ch 4	P 2	CP7	50,77	13,59	2049,85	13,14
	P 9	CP8	50,14	14,00	2013,62	11,67
Ch 5	P 2	CP9	50,53	13,96	1976,33	12,58
	P 9	CP10	50,73	13,76	2087,21	13,09

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 TECA (B) 80% E ARROZ (AR) 20%

Valor Máximo (Mpa)	3556,11
Valor Médio (Mpa)	2428,95
Valor Mínimo (Mpa)	2054,27
Coef. Variação (%)	19,08
Desvio Padrão (Mpa)	463,54

MOR - RESULTADOS TECA (TE) 80% E ARROZ (AR) 20%

Valor Máximo (MPa)	26,87
Valor Médio (MPa)	15,82
Valor Mínimo (MPa)	14,64
Coef. Variação (%)	21,46
Desvio Padrão (MPa)	3,39

TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 90% (TE) TECA - 10%(AR) AROZ						
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Ch 1	P 2	CP1	51,20	14,01	1696,89	12,29
	P 9	CP2	50,82	13,31	3231,38	23,58
Ch 2	P 2	CP3	50,53	13,45	2278,06	13,36
	P 9	CP4	50,50	13,51	2629,76	17,45
Ch 3	P 2	CP5	50,82	13,77	2710,96	18,07
	P 9	CP6	50,67	13,82	2294,51	16,59
Ch 4	P 2	CP7	50,51	13,52	2290,62	15,70
	P 9	CP8	50,67	13,78	2248,61	16,50
Ch 5	P 2	CP9	50,53	13,58	1336,88	11,80
	P 9	CP10	50,60	13,77	1837,53	12,40

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 TECA (TE) 90% ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo (Mpa)	3424,9
Valor Médio (Mpa)	2255,52
Valor Mínimo (Mpa)	2509,56
Coef. Variação (%)	23,98
Desvio Padrão (Mpa)	540,96

MOR - RESULTADOS TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo (MPa)	26,75
Valor Médio (MPa)	15,77
Valor Mínimo (MPa)	16,53
Coef. Variação (%)	22,70
Desvio Padrão (MPa)	3,58

TESE DE DOUTORADO - FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE						
COMPOSIÇÃO: 100% (AR) CASCA DE ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	B - LARGURA (MM)	E - ESPESSURA (MM)	MOE (Mpa)	MOR (Mpa)
Ch 1	P 2	CP1	50,61	14,66	2183,08	14,50
	P 9	CP2	50,48	14,39	1684,66	13,42
Ch 2	P 2	CP3	50,74	14,37	2098,06	14,51
	P 9	CP4	50,50	14,31	1766,36	14,52
Ch 3	P 2	CP5	50,41	14,74	1473,64	11,60
	P 9	CP6	50,40	14,04	1511,57	10,54
Ch 4	P 2	CP7	50,78	14,38	2097,24	16,58
	P 9	CP8	50,77	13,57	1975,00	15,23
Ch 5	P 2	CP9	50,25	14,46	1356,54	10,02
	P 9	CP10	50,42	14,49	1847,60	13,94

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 CASCA DE ARROZ (B) 100%	
Valor Máximo (MPa)	3889,67
Valor Médio (MPa)	1799,38
Valor Mínimo (MPa)	2079,06
Coef. Variação (%)	216,17
Desvio Padrão (MPa)	290,14

MOR - RESULTADOS CASCA DE ARROZ (B) 100%	
Valor Máximo (MPa)	30,93
Valor Médio (MPa)	13,49
Valor Mínimo (MPa)	16,8
Coef. Variação (%)	229,35
Desvio Padrão (MPa)	2,11

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE FLEXÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE - MOE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (Mpa)	2633,49	3378,19	3556,11	3424,90	3889,67
Valor Médio (Mpa)	2039,57	2106,81	2428,95	2255,52	1799,38
Valor Mínimo (Mpa)	1629,36	2290,84	2054,27	2509,56	2079,06
Coef. De Variação (%)	129,12	17,31	19,08	23,98	216,17
Desvio Padrão (Mpa)	318,94	364,67	463,54	540,96	290,14

Onde:

MOE = Módulo de Elasticidade em (Mpa)

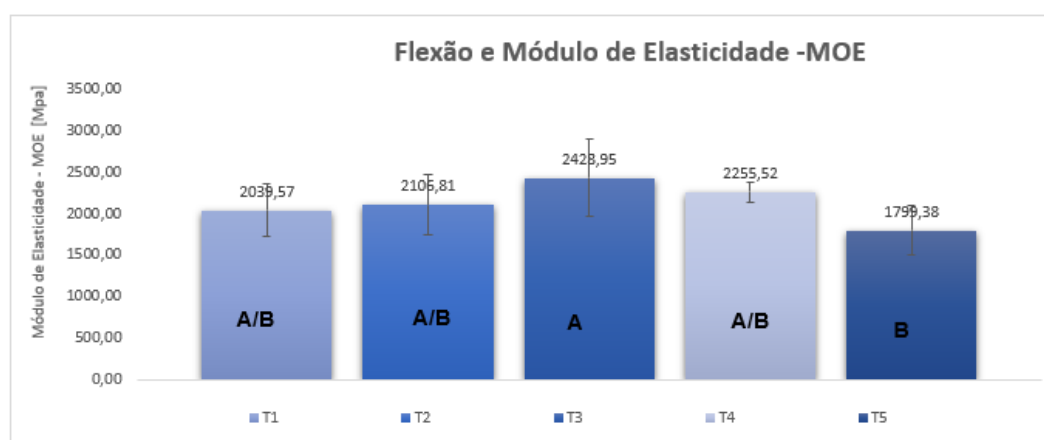
P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

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 RUPTURA - MOR					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (Mpa)	18,73	26,71	26,87	26,75	30,93
Valor Médio (Mpa)	14,26	15,06	15,82	15,77	13,49
Valor Mínimo (Mpa)	10,96	17,04	14,64	16,53	16,80
Coef. De Variação (%)	131,31	16,68	21,46	22,70	229,35
Desvio Padrão (Mpa)	2,99	2,51	3,39	3,58	2,11

Onde:

MOR = Módulo de Ruptura em (Mpa)

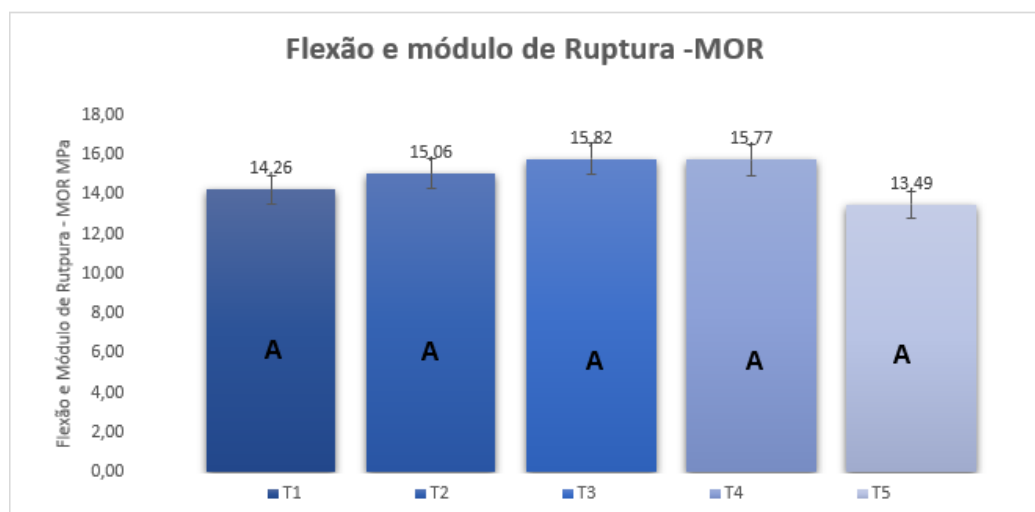
P1 = Carga limite proporcional → lida no indicador de cargas (N)

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)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

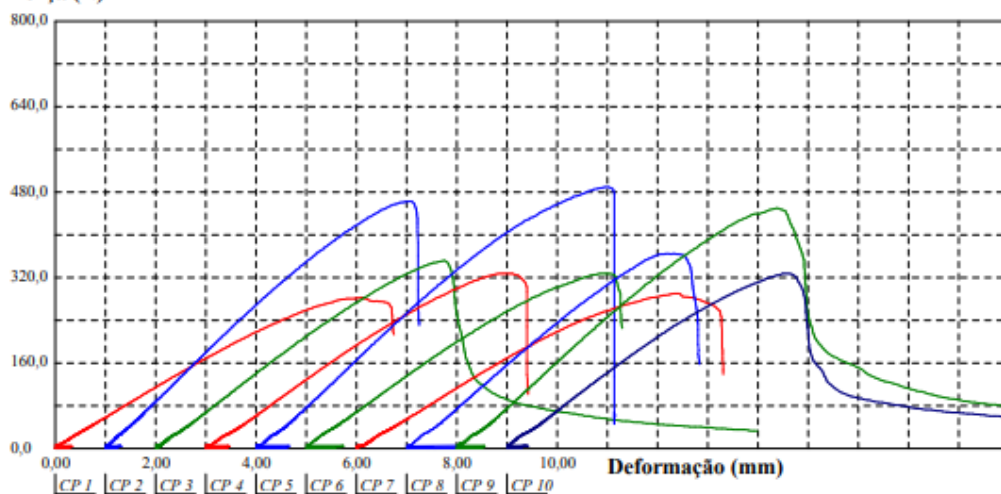
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **14:07:43** TRB: **3247**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **TECA (100 %)** Traço: **T1** Projeto de Pesquisa: **DOC. ANDREIA ARCHANGELO**

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

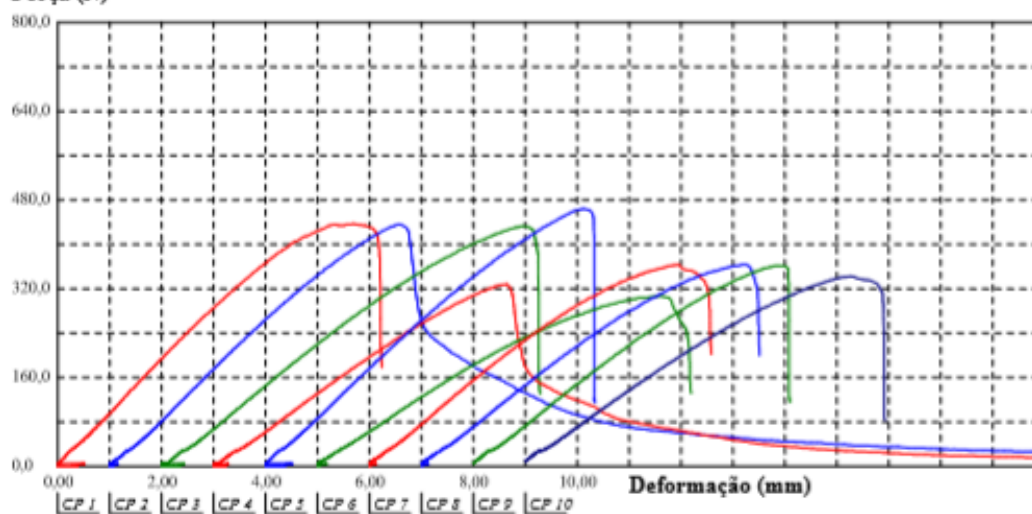
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **17:25:33** TRB: **3257**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T2** Projeto de Pesquisa: **DOC. – ANDREIA ARCHANGELO AR (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	14,13	50,42	322,20	7	437,94	16,31	2590,92
CP 2	13,37	50,53	322,20	7	436,55	18,12	2927,32
CP 3	13,82	50,57	322,20	7	433,09	16,82	2223,97
CP 4	14,24	50,66	322,20	7	329,15	12,02	1804,82
CP 5	13,51	51,00	322,20	7	464,97	18,73	2714,72
CP 6	14,51	50,75	322,20	7	307,67	10,80	1513,01
CP 7	13,45	50,86	322,20	7	363,80	14,83	2430,03
CP 8	13,57	50,64	322,20	7	363,80	14,63	2232,25
CP 9	13,81	50,70	322,20	7	362,41	14,06	2142,97
CP 10	13,35	50,68	322,20	7	343,01	14,24	2122,50
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	13,78	50,68	322,2	7,000	384,2	15,06	2270
Desv.Padrão	0,4011	0,1648	0,0000	0,0000	54,20	2,514	420,2
Coef.Var.(%)	2,912	0,3251	0,0000	0,0000	14,10	16,70	18,51
Mínimo	13,35	50,42	322,2	7,000	307,7	10,80	1513
Máximo	14,51	51,00	322,2	7,000	465,0	18,73	2927

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

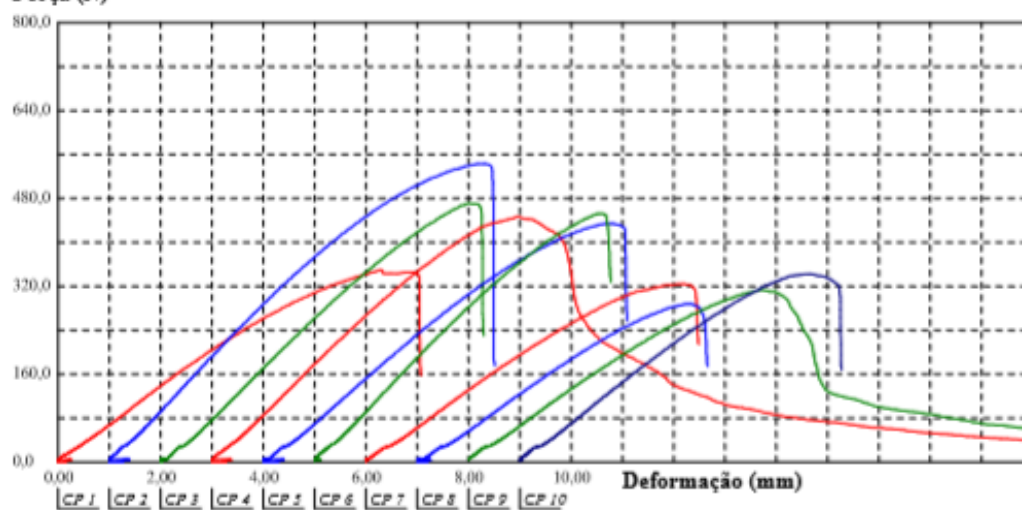
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **17:26:00** TRB: **3258**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **TECA (80 %)** Traço: **T3** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO AR (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	13,96	50,53	410,70	7	349,94	13,33	1936,21
CP 2	13,76	50,73	410,70	7	543,96	21,24	2905,41
CP 3	13,61	50,51	410,70	7	471,89	18,91	2857,06
CP 4	13,36	50,24	410,70	7	446,95	18,69	2974,13
CP 5	13,62	50,87	410,70	7	435,17	17,29	2474,56
CP 6	13,58	50,55	410,70	7	453,19	18,23	3015,07
CP 7	13,58	50,19	410,70	7	324,30	13,14	2049,85
CP 8	13,51	50,86	410,70	7	288,96	11,67	2013,62
CP 9	13,59	50,77	410,70	7	314,60	12,58	1976,33
CP 10	14,00	50,14	410,70	7	343,01	13,09	2087,21
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	13,66	50,54	410,7	7,000	397,2	15,82	2429
Desv. Padrão	0,1971	0,2736	0,0000	0,0000	83,79	3,394	463,5
Coef. Var. (%)	1,444	0,5414	0,0000	0,0000	21,10	21,46	19,08
Mínimo	13,36	50,14	410,7	7,000	289,0	11,67	1936
Máximo	14,00	50,87	410,7	7,000	544,0	21,24	3015

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

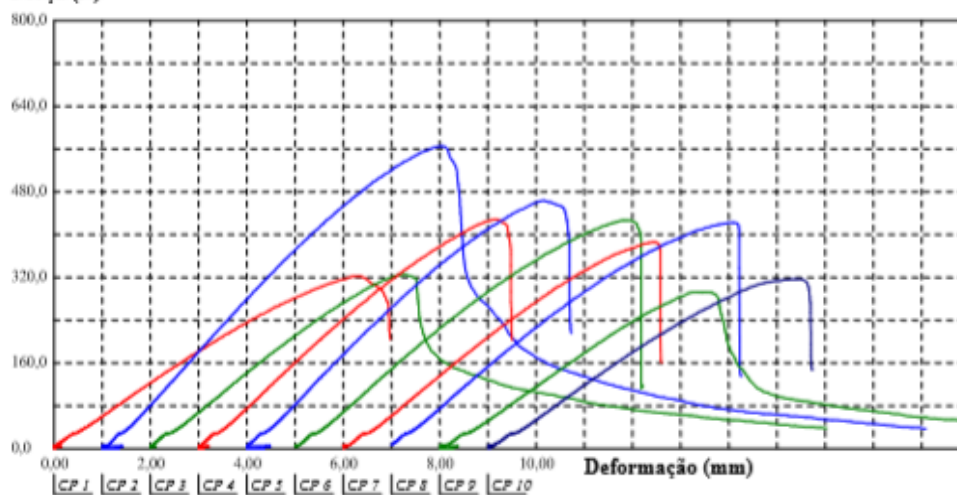
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **17:26:32** TRB: **3259**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **TECA (70 %)** Traço: **T4** Projeto de Pesquisa: **DOC. – ANDREIA ARCHANGELO AR (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	14,01	50,20	425,70	7	322,91	12,29	1696,89
CP 2	13,31	50,82	425,70	7	566,14	23,58	3231,38
CP 3	13,45	50,53	425,70	7	325,68	13,36	2278,06
CP 4	13,51	50,50	425,70	7	428,93	17,45	2629,76
CP 5	13,77	50,82	425,70	7	464,27	18,07	2710,96
CP 6	13,82	50,60	425,70	7	427,55	16,59	2294,51
CP 7	13,52	50,51	425,70	7	386,66	15,70	2290,62
CP 8	13,78	50,67	425,70	7	423,39	16,50	2248,61
CP 9	13,58	50,53	425,70	7	293,12	11,80	1936,88
CP 10	13,77	50,60	425,70	7	317,37	12,40	1837,53
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	13,65	50,58	425,7	7,000	395,6	15,77	2316
Desv. Padrão	0,2111	0,1779	0,0000	0,0000	84,05	3,580	454,0
Coef. Var. (%)	1,546	0,3517	0,0000	0,0000	21,25	22,70	19,61
Mínimo	13,31	50,20	425,7	7,000	293,1	11,80	1697
Máximo	14,01	50,82	425,7	7,000	566,1	23,58	3231

Força (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

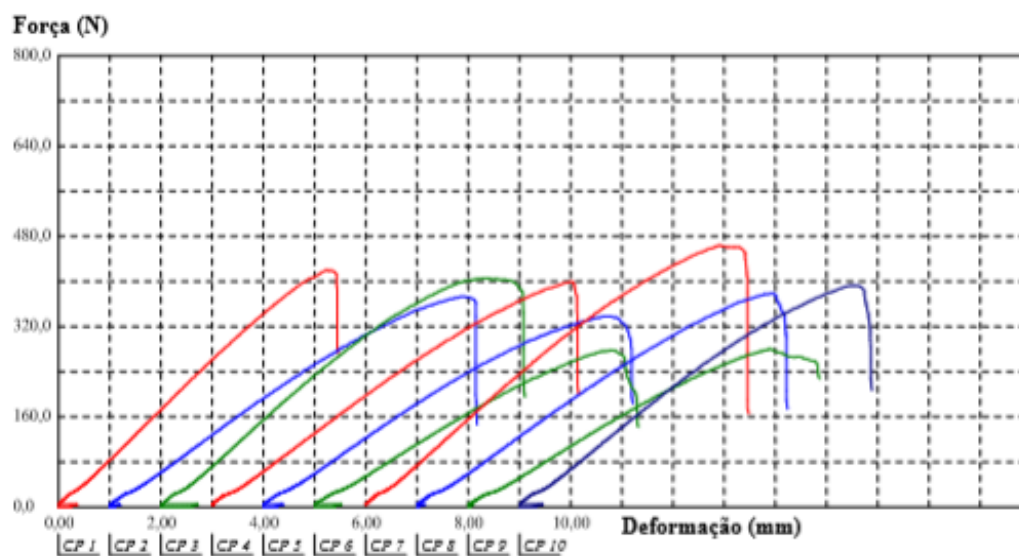
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **11/04/18** Hora: **14:09:16** TRB: **3249**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Flexão estática MOR/MOE**

Material: **AR (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

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	14,66	50,61	440,30	7	420,62	14,50	2183,08
CP 2	14,39	50,48	440,30	7	374,19	13,42	1684,66
CP 3	14,37	50,74	440,30	7	405,37	14,51	2098,06
CP 4	14,31	50,50	440,30	7	400,52	14,52	1766,36
CP 5	14,74	50,41	440,30	7	338,85	11,60	1473,64
CP 6	14,04	50,40	440,30	7	279,26	10,54	1511,57
CP 7	14,38	50,78	440,30	7	464,27	16,58	2097,24
CP 8	13,57	50,77	440,30	7	379,73	15,23	1975,00
CP 9	14,46	50,25	440,30	7	280,64	10,02	1356,54
CP 10	14,49	50,42	440,30	7	393,59	13,94	1847,60
Número CPs	10	10	10	10	10	10	10
Média	14,34	50,54	440,3	7,000	373,7	13,49	1799
Desv. Padrão	0,3313	0,1812	0,0000	0,0000	59,02	2,115	290,1
Coef. Var. (%)	2,310	0,3585	0,0000	0,0000	15,79	15,68	16,12
Mínimo	13,57	50,25	440,3	7,000	279,3	10,02	1357
Máximo	14,74	50,78	440,3	7,000	464,3	16,58	2183



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				CARGA DE RUPTURA (N)	TRACÇÃO PERPENDICULAR (MPa)
		PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	LADO C	LADO D	COMPRIMENTO	LARGURA		
Painel 1	P 5	CP1	50,79	51,18	51,08	50,19	50,99	50,64	2581,63	3959,79	1,53
	P 8	CP2	50,87	50,84	50,87	50,28	50,86	50,58	2571,99	397,36	0,15
Painel 2	P 5	CP3	51,05	50,82	50,98	50,42	50,94	50,70	2582,40	3165,76	1,23
	P 8	CP4	51,17	51,12	51,08	50,63	51,15	50,86	2600,98	2116,97	0,81
Painel 3	P 5	CP5	50,64	50,18	50,76	50,44	50,41	50,60	2550,75	3812,34	1,49
	P 8	CP6	50,72	50,67	51,23	50,39	50,70	50,81	2575,81	902,03	0,35
Painel 4	P 5	CP7	50,58	50,95	50,43	50,41	50,77	50,42	2559,57	3252,29	1,27
	P 8	CP8	50,52	50,71	50,67	50,39	50,62	50,53	2557,58	2164,73	0,85
Painel 5	P 5	CP9	50,79	51,15	51,13	50,71	50,97	50,92	2595,39	3624,04	1,40
	P 8	CP10	51,10	51,13	51,08	50,23	51,12	50,66	2589,23	2094,81	0,81

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

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)

TESE DOUTORADO - TRAÇÃO PERPENDICULAR										
COMPOSIÇÃO: 70% (TE) TECA - 30%(AR) ARROZ										
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE				LADO D		LARGURA	ÁREA	CARGA DE TRAÇÃO PERPENDICULAR (N/mm ²)
		PROVA	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM ²)	
PAINEL 1	P 5	CP1	50,58	50,44	50,51	50,48	50,51	50,49	2550,38	8280,95
	P 8	CP2	50,52	50,92	50,72	50,82	50,72	50,77	2575,05	9127,60
PAINEL 2	P 5	CP3	50,38	50,86	50,62	50,74	50,62	50,68	2565,42	9110,29
	P 8	CP4	51,00	50,78	50,89	50,84	50,89	50,86	2588,39	9358,82
PAINEL 3	P 5	CP5	50,84	51,09	50,97	51,03	50,97	51,00	2599,02	8578,63
	P 8	CP6	51,04	51,09	51,07	51,08	51,07	51,07	2607,95	5427,41
PAINEL 4	P 5	CP7	50,60	51,14	50,87	51,01	50,87	50,94	2591,19	6740,65
	P 8	CP8	50,94	50,89	50,92	50,90	50,92	50,91	2592,02	6679,03
PAINEL 5	P 5	CP9	50,59	50,82	50,71	50,76	50,71	50,73	2572,45	7563,76
	P 8	CP10	50,82	50,76	50,79	50,78	50,79	50,78	2579,24	8525,32

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 TECA (B) 70% E ARROZ (A) 30%

Valor Máximo (MPa)	3,62
Valor Médio (MPa)	3,08
Valor Mínimo (MPa)	2,08
Coef. Variação (%)	16,62
Desvio Padrão (MPa)	0,51

TESE DOUTORADO - TRAÇÃO PERPENDICULAR														
COMPOSIÇÃO: 80% (TE) TECA - 20%(AR) ARROZ														
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE				LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	COMPRIMENTO	LARGURA	ÁREA	CARGA DE	TRAÇÃO PERPENDICULAR
		PROVA		(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM)	(MM²)	RUPTURA (N)	(N/mm²)
PAINEL 1	P 5	CP1	50,73	50,21	50,47	50,34	50,41	50,47	50,32	50,41	2543,94	7280,62	2,86	
	P 8	CP2	49,83	50,80	50,32	50,56	50,44	50,32	50,44	2537,70	7419,76	2,92		
PAINEL 2	P 5	CP3	50,23	50,78	50,51	50,64	50,57	50,51	50,65	2554,23	5189,96	2,03		
	P 8	CP4	50,56	50,73	50,65	50,69	50,67	50,65	50,67	2565,99	7617,06	2,97		
PAINEL 3	P 5	CP5	50,97	50,99	50,98	50,99	50,98	50,98	50,99	2599,09	5178,19	1,99		
	P 8	CP6	50,31	50,30	50,31	50,30	50,30	50,31	50,30	2530,53	4658,29	1,84		
PAINEL 4	P 5	CP7	49,90	50,38	50,14	50,26	50,20	50,14	50,34	2517,03	4256,78	1,69		
	P 8	CP8	50,33	50,34	50,34	50,34	50,34	50,34	50,34	2533,68	7675,90	3,03		
PAINEL 5	P 5	CP9	50,61	51,95	51,28	51,62	51,45	51,28	51,45	2638,23	5063,96	1,92		
	P 8	CP10	50,91	51,04	50,98	51,01	50,99	50,98	50,99	2599,28	7251,54	2,79		

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 TECA (TE) 80% E ARROZ (A) 20%

Valor Máximo (MPa)	3,04
Valor Médio (MPa)	2,40
Valor Mínimo (MPa)	1,67
Coef. Variação (%)	22,80
Desvio Padrão (MPa)	0,55

TESE DOUTORADO - TRAÇÃO PERPENDICULAR													
COMPOSIÇÃO: 90% (TE) TECA - 10% (AR) ARROZ													
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE										CARGA DE	TRAÇÃO PERPENDICULAR
		LADO A	LADO B	LADO C	LADO D	COMPRIMENTO	LARGURA	ÁREA	(MM)	(MM)	(N/mm ²)		
PAINEL 1	P 5	CP1	51,15	50,92	51,04	50,98	51,04	51,01	2603,10	6576,58	2,53		
	P 8	CP2	51,18	51,25	51,22	51,23	51,22	51,22	2623,42	6918,56	2,64		
PAINEL 2	P 5	CP3	50,67	50,45	50,56	50,51	50,56	50,53	2554,92	6544,04	2,56		
	P 8	CP4	50,63	50,76	50,70	50,73	50,70	50,71	2570,81	6307,28	2,45		
PAINEL 3	P 5	CP5	50,79	51,02	50,91	50,96	50,91	50,93	2592,78	4976,54	1,92		
	P 8	CP6	50,82	50,96	50,89	50,93	50,89	50,91	2590,68	4855,59	1,87		
PAINEL 4	P 5	CP7	50,82	50,53	50,68	50,60	50,68	50,64	2566,12	3933,49	1,53		
	P 8	CP8	50,71	50,79	50,75	50,77	50,75	50,76	2576,07	5135,96	1,99		
PAINEL 5	P 5	CP9	50,82	50,54	50,68	50,61	50,68	50,65	2566,69	3962,56	1,54		
	P 8	CP10	50,86	50,92	50,89	50,91	50,89	50,90	2590,17	6466,51	2,50		

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)
- 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 TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10%	
Valor Máximo (MPa)	2,7
Valor Médio (MPa)	2,15
Valor Mínimo (MPa)	1,52
Coef. Variação (%)	19,95
Desvio Padrão (MPa)	0,43

PAINÉIS TESE DOUTORADO - TRAÇÃO PERPENDICULAR											
COMPOSIÇÃO: 100% (AR)											
PAINEL	POSICÃO	CORPOS DE				LADO D	COMPRIMENTO	LARGURA	ÁREA	CARGA DE	TRAÇÃO PERPENDICULAR
		PROVA	(MM)	(MM)	(MM)						
PAINEL 1	P 5	CP1	50,50	50,48	50,49	50,49	50,49	50,49	2549,11	1066,69	0,42
	P 8	CP2	50,53	50,77	50,65	50,71	50,65	50,68	2566,94	1005,18	0,39
PAINEL 2	P 5	CP3	50,83	49,94	50,39	50,16	50,39	50,27	2533,04	2158,50	0,85
	P 8	CP4	49,91	50,62	50,27	50,44	50,27	50,35	2531,03	2330,19	0,92
PAINEL 3	P 5	CP5	50,65	51,11	50,88	51,00	50,88	50,94	2591,70	1447,54	0,56
	P 8	CP6	50,67	50,91	50,79	50,85	50,79	50,82	2581,15	1796,44	0,70
PAINEL 4	P 5	CP7	50,58	50,80	50,69	50,75	50,69	50,72	2570,87	1799,91	0,70
	P 8	CP8	50,13	50,97	50,55	50,76	50,55	50,66	2560,61	1157,48	0,45
PAINEL 5	P 5	CP9	50,40	50,46	50,43	50,45	50,43	50,44	2543,56	1196,24	0,47
	P 8	CP10	50,41	50,66	50,54	50,60	50,54	50,57	2555,37	1002,41	0,39

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 ARROZ (AR) 100%	
Valor Máximo (MPa)	0,92
Valor Médio (MPa)	0,59
Valor Mínimo (MPa)	0,39
Coef. Variação (%)	33,38
Desvio Padrão (MPa)	0,20

ANOVA**TUKEY**

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N/mm	1,52	3,62	3,04	2,70	0,92
Valor Médio (N/mm ²	0,99	3,08	2,40	2,15	0,59
Valor Mínimo (N/mm ²	0,15	2,08	1,67	1,52	0,39
Coef. Variação (%)	48,19	16,62	22,80	19,95	33,38
Desvio Padrão (N/mm	0,48	0,51	0,55	0,43	0,20

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)

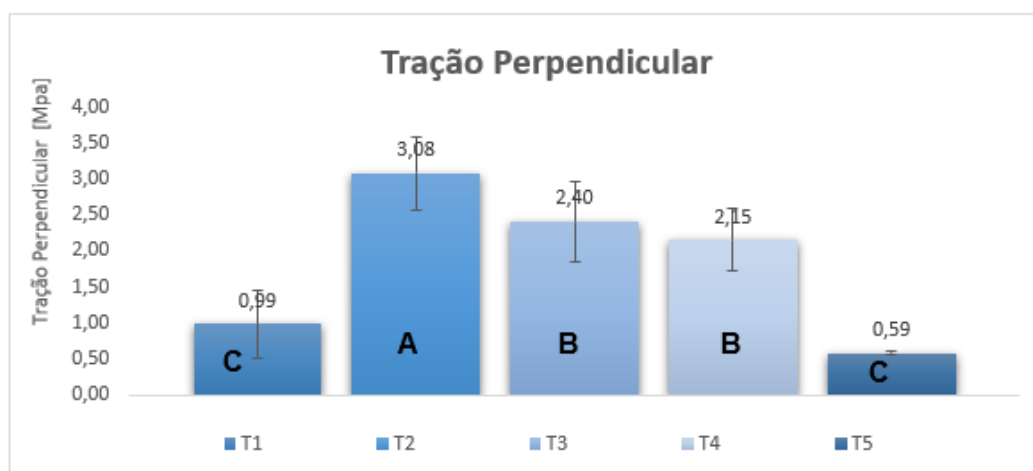
Área = Comprimento x Largura → Área do CP espessura em (mm)

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)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

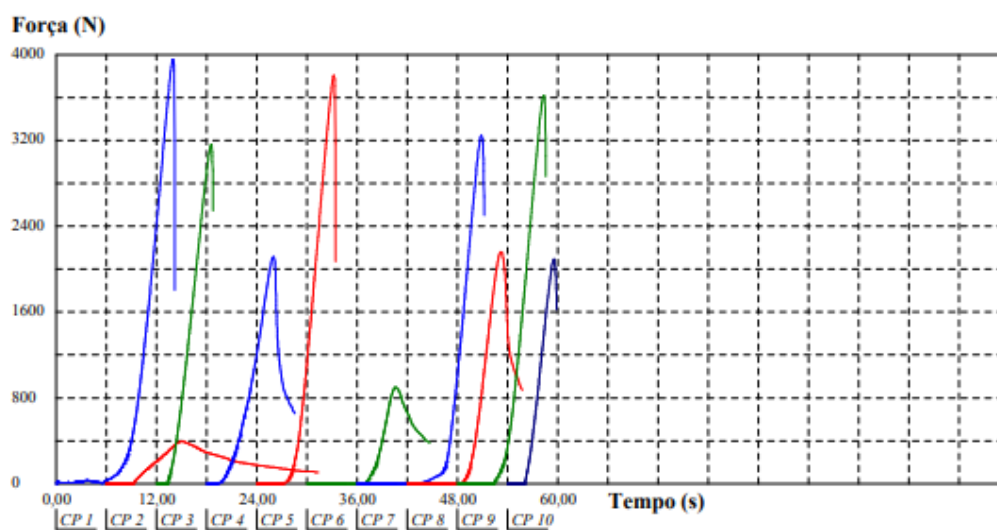
Relatório de Ensaio

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: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

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



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

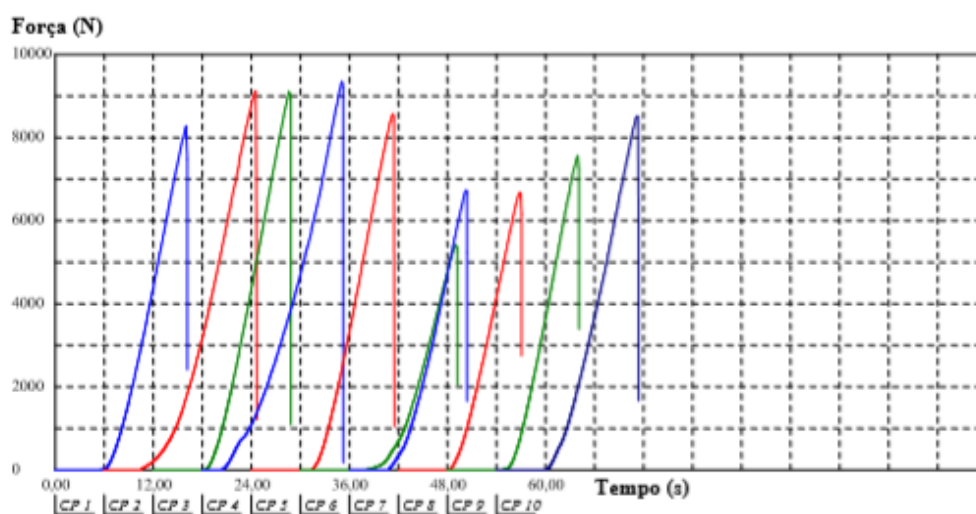
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:56:38** TRB: **3381**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T2** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO AR (10 %)**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,58	50,44	2551,26	8280,95	3,25
CP 2	50,52	50,92	2572,48	9127,60	3,55
CP 3	50,38	50,86	2562,33	9110,29	3,56
CP 4	51,00	51,78	2640,78	9358,82	3,54
CP 5	50,54	51,20	2587,65	8578,63	3,32
CP 6	51,04	51,09	2607,63	5427,41	2,08
CP 7	50,60	51,14	2587,68	6740,65	2,60
CP 8	50,94	50,89	2592,34	6679,03	2,58
CP 9	50,59	50,82	2570,98	7563,76	2,94
CP 10	50,82	50,76	2579,62	8525,32	3,30
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,70	50,99	2585	7939	3,072
Desv.Padrão	0,2296	0,3523	25,22	1297	0,5043
Coef.Var.(%)	0,4529	0,6908	0,9757	16,34	16,42
Mínimo	50,38	50,44	2551	5427	2,081
Máximo	51,04	51,78	2641	9359	3,555



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

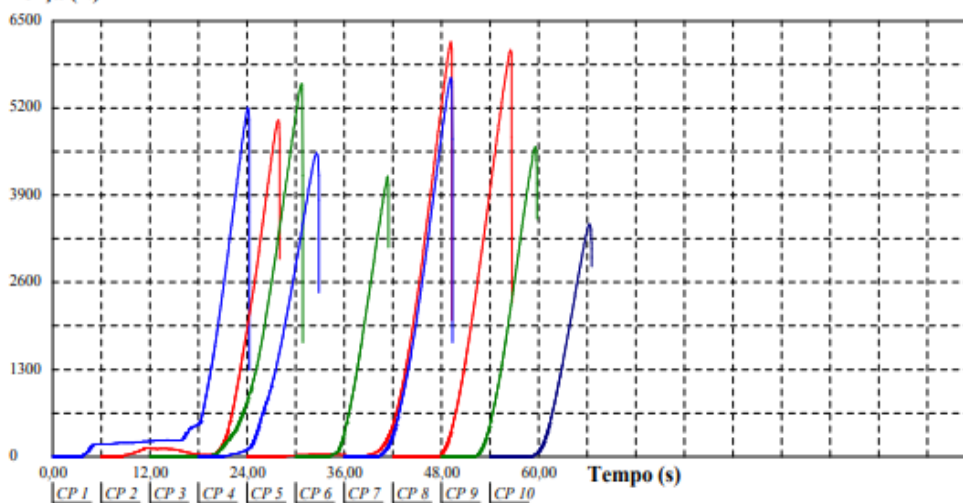
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:57:19** TRB: **3382**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **TECA (80 %)** Traço: **T3** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO AR (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

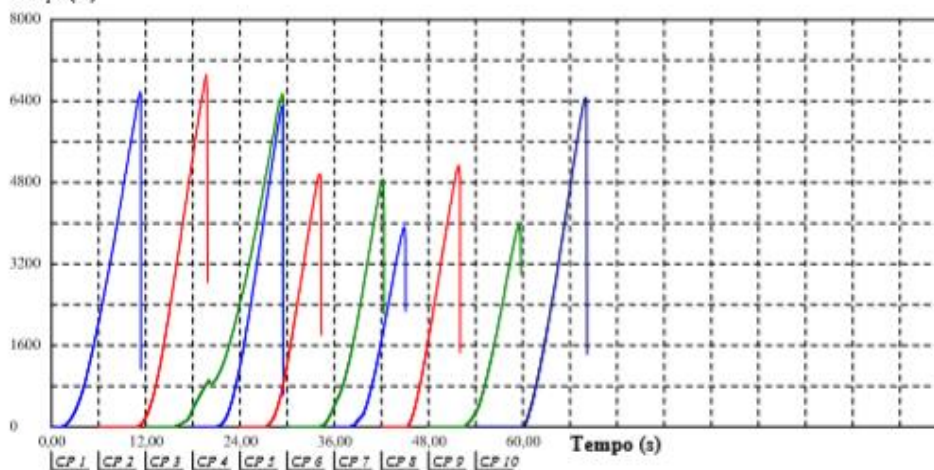
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:57:43** TRB: **3383**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **TECA (70 %)** Traço: **T4** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO AR (30 %)**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	51,18	51,25	2622,98	6576,58	2,51
CP 2	50,67	50,45	2556,30	6918,56	2,71
CP 3	50,63	50,76	2569,98	6544,04	2,55
CP 4	50,79	51,02	2591,31	6307,28	2,43
CP 5	50,82	50,96	2589,79	4976,74	1,92
CP 6	50,85	50,53	2569,45	4855,59	1,89
CP 7	50,71	50,79	2575,56	3933,49	1,53
CP 8	50,82	50,54	2568,44	5135,96	2,00
CP 9	50,86	50,92	2589,79	3962,56	1,53
CP 10	51,15	50,92	2604,56	6466,51	2,48
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,85	50,81	2584	5568	2,155
Desv. Padrão	0,1840	0,2512	19,86	1127	0,4346
Coef. Var. (%)	0,3619	0,4944	0,7687	20,25	20,17
Mínimo	50,63	50,45	2556	3933	1,527
Máximo	51,18	51,25	2623	6919	2,706

Força (N)



Observação: Obs. CP 10 é o CP 01 da relação original...

UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

Relatório de Ensaio

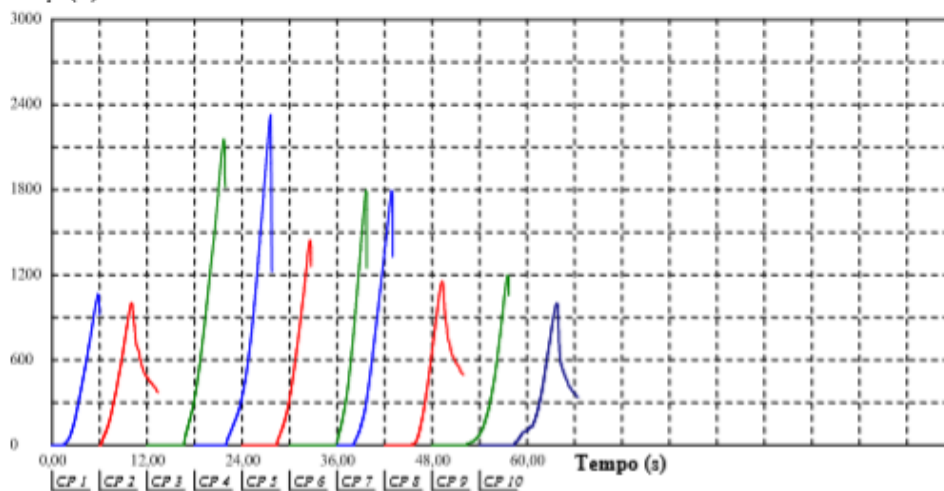
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 29** Data: **25/04/18** Hora: **14:54:31** TRB: **3384**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Perpendicular**

Material: **AR (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

Corpo de Prova	L (mm)	C (mm)	S (mm ²)	P (N)	TP (MPa)
CP 1	50,50	50,48	2549,24	1066,79	0,42
CP 2	50,53	50,77	2565,41	1005,18	0,39
CP 3	50,83	49,94	2538,45	2158,50	0,85
CP 4	49,91	50,62	2526,44	2330,19	0,92
CP 5	50,65	51,11	2588,72	1447,54	0,56
CP 6	50,67	50,91	2579,61	1796,44	0,70
CP 7	50,58	50,80	2569,46	1799,91	0,70
CP 8	50,13	50,97	2555,13	1157,48	0,45
CP 9	50,40	50,46	2543,18	1196,24	0,47
CP 10	50,41	50,66	2553,77	1002,41	0,39
Número CPs	10	10	10	10	10
Média	50,46	50,67	2557	1496	0,5855
Desv. Padrão	0,2699	0,3306	19,11	493,6	0,1953
Coef. Var. (%)	0,5348	0,6525	0,7473	32,99	33,36
Mínimo	49,91	49,94	2526	1002	0,3918
Máximo	50,83	51,11	2589	2330	0,9223

Força (N)



APÊNDICE G – Ensaio mecânico: dados de resistência a tração superficial

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - TRACÃO SUPERFICIAL									
COMPOSIÇÃO: T1 - 100% (T) TECA									
PAINEL	POSICÃO	CORPOS	RAIO DA RANHURA DE		ÁREA (MM²)	KGF→N	CARGA DE RUPTURA		TRAÇÃO PERPENDICULAR (MPa)
			DE PROVA	CENTRO			(Kgf)	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 TRACÃO 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

TESE DOUTORADO - TRAÇÃO SUPERFICIAL							
COMPOSIÇÃO: 70% (TE) TECA - 30% (AR) ARROZ							
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE		ÁREA	KGf - N	CARGA DE	TRAÇÃO
		PROVA	RANHURA	(MM ²)		RUPTURA (N)	SUPERFICIAL
PAINEL 1	P 5	CP1	17,85	1000,98	9,81	215,02	2109,35
	P 8	CP2	17,85	1000,98	9,81	222,93	2186,94
PAINEL 2	P 5	CP3	17,85	1000,98	9,81	191,94	1882,93
	P 8	CP4	17,85	1000,98	9,81	213,54	2094,83
PAINEL 3	P 5	CP5	17,85	1000,98	9,81	313,15	3072,00
	P 8	CP6	17,85	1000,98	9,81	266,77	2617,01
PAINEL 4	P 5	CP7	17,85	1000,98	9,81	230,20	2258,26
	P 8	CP8	17,85	1000,98	9,81	210,29	2062,94
PAINEL 5	P 5	CP9	17,85	1000,98	9,81	236,91	2324,09
	P 8	CP10	17,85	1000,98	9,81	223,71	2194,60

Onde:

Area = $A = \pi r^2$

r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2mm)

Tração Perpendicular (RS)→ É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = R/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do CP em (mm²)

70% (TE) TECA - 30% (AR) ARROZ	
Valor Máximo (N/mm ²)	3,07
Valor Médio (N/mm ²)	2,28
Valor Mínimo (N/mm ²)	1,88
Coef. Variação (%)	14,06
Desvio Padrão (N/mm ²)	0,32

TESE DOUTORADO - TRAÇÃO SUPERFICIAL						
COMPOSIÇÃO: 80% (TE) TECA- 20% (AR) ARROZ						
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE		ÁREA	KGf - N	TRAÇÃO SUPERFICIAL (N/mm²)
		RAIO DA	PROVA	RANHURA (MM²)	CARGA DE RUPTURA (N)	
PAINEL 1	P 5	CP1	17,85	1000,98	9,81	2163,40
	P 8	CP2	17,85	1000,98	9,81	1225,07
PAINEL 2	P 5	CP3	17,85	1000,98	9,81	1148,16
	P 8	CP4	17,85	1000,98	9,81	1283,93
PAINEL 3	P 5	CP5	17,85	1000,98	9,81	2673,81
	P 8	CP6	17,85	1000,98	9,81	2596,90
PAINEL 4	P 5	CP7	17,85	1000,98	9,81	2659,20
	P 8	CP8	17,85	1000,98	9,81	2486,84
PAINEL 5	P 5	CP9	17,85	1000,98	9,81	2586,21
	P 8	CP10	17,85	1000,98	9,81	2092,77

Onde:

Area = $A = \pi r^2$

r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2mm)

Tração Perpendicular (RS)→ É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = R/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do CP em (mm²)

80% (TE) TECA- 20% (AR) ARROZ	
Valor Máximo (N/mm²)	2,66
Valor Médio (N/mm²)	2,09
Valor Mínimo (N/mm²)	1,15
Coef. Variação (%)	28,75
Desvio Padião (N/mm²)	0,60

TESE DOUTORADO - TRAÇÃO SUPERFICIAL								
COMPOSIÇÃO: 90% (TE) TECA - 10% (AR) ARROZ								
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE		RAIO DA	ÁREA	KGF - N	CARGA DE	TRAÇÃO SUPERFICIAL (N/mm²)
		PROVA	RANHURA					
PAINEL 1	P 5	CP1	17,85	1000,98	9,81	233,73	2292,89	2,29
	P 8	CP2	17,85	1000,98	9,81	182,41	1789,44	1,79
PAINEL 2	P 5	CP3	17,85	1000,98	9,81	233,66	2292,20	2,29
	P 8	CP4	17,85	1000,98	9,81	195,54	1918,25	1,92
PAINEL 3	P 5	CP5	17,85	1000,98	9,81	216,58	2124,65	2,12
	P 8	CP6	17,85	1000,98	9,81	188,41	1848,30	1,85
PAINEL 4	P 5	CP7	17,85	1000,98	9,81	206,27	2023,51	2,02
	P 8	CP8	17,85	1000,98	9,81	219,54	2153,69	2,15
PAINEL 5	P 5	CP9	17,85	1000,98	9,81	186,79	1832,41	1,83
	P 8	CP10	17,85	1000,98	9,81	190,39	1867,73	1,87

Onde:

Area = $A = \pi r^2$

r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2mm)

Tração Perpendicular (RS)→ É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

RS = R/S

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do CP em (mm²)

90% (TE) TECA - 10% (AR) ARROZ	
Valor Máximo (N/mm ²)	2,29
Valor Médio (N/mm ²)	2,01
Valor Mínimo (N/mm ²)	1,79
Coef. Variação (%)	1054,42
Desvio Padrão (N/mm ²)	0,19

TESE DOUTORADO - TRAÇÃO SUPERFICIAL COMPOSIÇÃO: 100% (AR) ARROZ							
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE		ÁREA	KGF - N	CARGA DE RUPTURA (N)	TRAÇÃO SUPERFICIAL (N/mm²)
		PROVA	RANHURA				
PAINEL 1	P 5	CP1	17,85	1000,98	9,81	177,40	1740,29
	P 8	CP2	17,85	1000,98	9,81	124,31	1219,48
PAINEL 2	P 5	CP3	17,85	1000,98	9,81	75,18	737,52
	P 8	CP4	17,85	1000,98	9,81	93,89	921,06
PAINEL 3	P 5	CP5	17,85	1000,98	9,81	155,23	1522,81
	P 8	CP6	17,85	1000,98	9,81	95,86	940,39
PAINEL 4	P 5	CP7	17,85	1000,98	9,81	81,46	799,12
	P 8	CP8	17,85	1000,98	9,81	102,50	1005,53
PAINEL 5	P 5	CP9	17,85	1000,98	9,81	81,18	796,38
	P 8	CP10	17,85	1000,98	9,81	96,92	950,79

Onde:
Area = $A = \pi r^2$
r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova (17,85 ± 0,2mm)
Tração Perpendicular (RS) → É a resistência a tração superficial em (N/mm²)
RS = R/S
L → Carga de ruptura em Newtons (N)
S = Área de rompimento do CP em (mm²)

ARROZ (AR) 100%	
Valor Máximo (N/mm ²)	1,74
Valor Médio (N/mm ²)	1,06
Valor Mínimo (N/mm ²)	0,74
Coef. Variação (%)	29,63
Desvio Padrão (N/mm ²)	0,31

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO SUPERFICIAL					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N/mm ²)	3,25	3,07	2,66	2,29	1,74
Valor Médio (N/mm ²)	2,78	2,28	2,09	2,01	1,06
Valor Mínimo (N/mm ²)	2,51	1,88	1,15	1,79	0,74
Coef. Variação (%)	8,01	14,06	28,75	1054,42	29,63
Desvio Padrão (N/mm ²)	0,22	0,32	0,60	0,19	0,31

Onde:

$$\text{Area} = A = \pi r^2$$

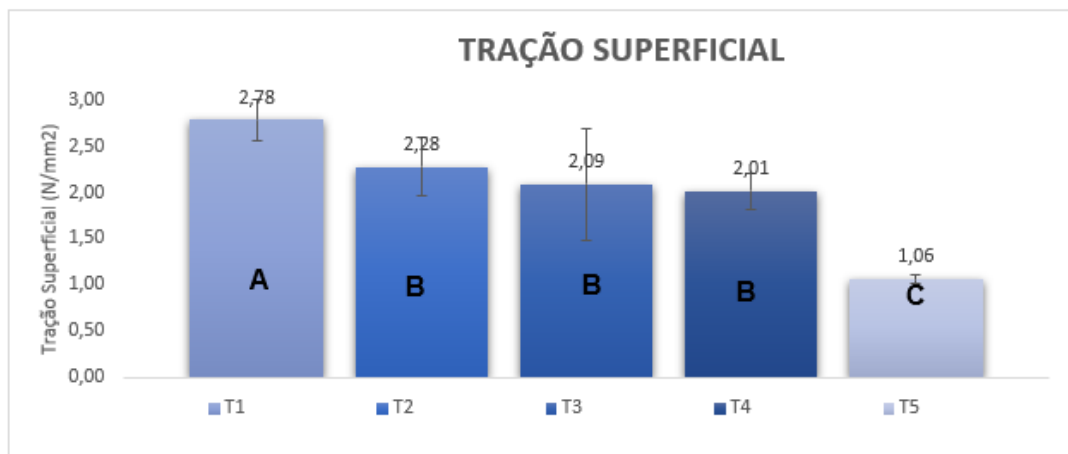
r = Raio da ranhura anelar tendo como ponto central o centro geométrico do corpo de prova ($17,85 \pm 0,2\text{mm}$)

Tração Perpendicular (RS) → É a resistência a tração superficial em (N/mm²)

$$RS = R/S$$

L → Carga de ruptura em Newtons (N)

S = Área de rompimento do CP em (mm²)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

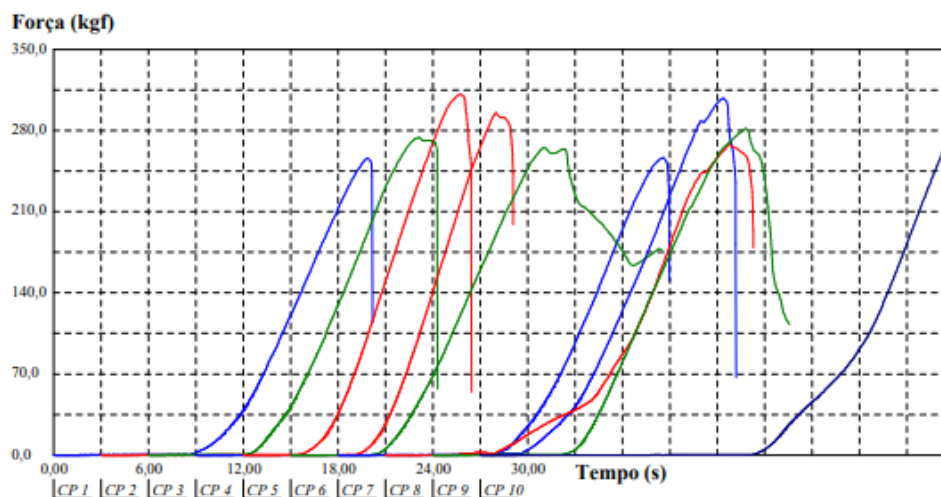
Relatório de Ensaio

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: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

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

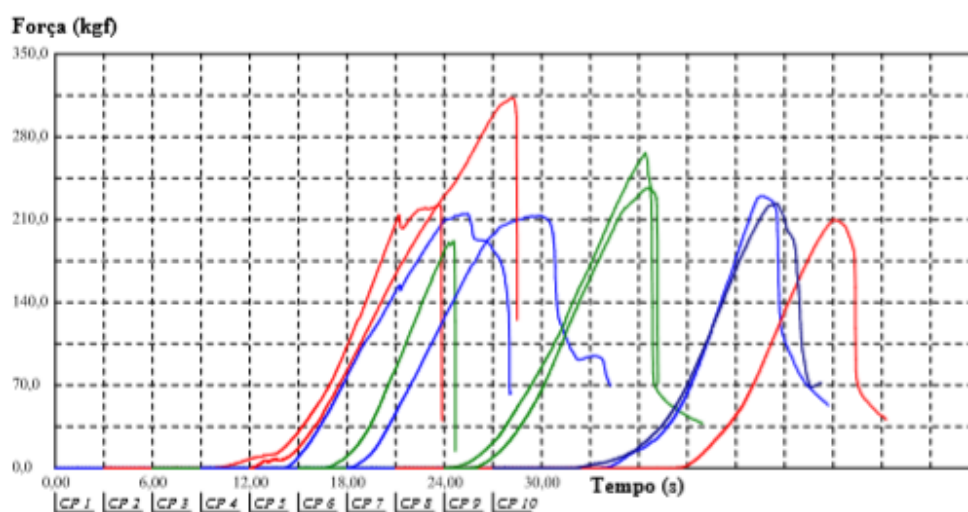
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **30/04/18** Hora: **12:17:43** TRB: **3399**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T3** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (10 %)

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	215,02	21,48
CP 2	35,7	222,93	22,27
CP 3	35,7	191,94	19,18
CP 4	35,7	213,54	21,33
CP 5	35,7	313,15	31,28
CP 6	35,7	266,77	26,65
CP 7	35,7	230,20	23,00
CP 8	35,7	210,29	21,01
CP 9	35,7	236,91	23,67
CP 10	35,7	223,71	22,35
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	232,4	23,22
Desv. Padrão	0,0000	34,44	3,441
Coef. Var. (%)	0,0000	14,82	14,82
Mínimo	35,70	191,9	19,18
Máximo	35,70	313,1	31,28



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

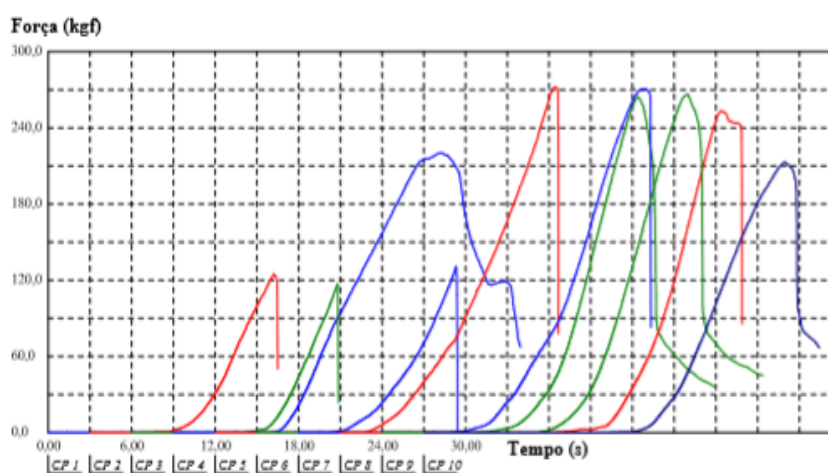
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **30/04/18** Hora: **12:07:14** TRB: **3398**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **TECA (80 %)** Traço: **T3** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO AR (20 %)**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	220,53	22,03
CP 2	35,7	124,58	12,45
CP 3	35,7	117,04	11,69
CP 4	35,7	130,58	13,07
CP 5	35,7	272,56	27,23
CP 6	35,7	264,72	26,45
CP 7	35,7	271,07	27,08
CP 8	35,7	253,50	25,32
CP 9	35,7	266,63	26,64
CP 10	35,7	213,33	21,31
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	213,5	21,33
Desv. Padrão	0,0000	64,55	6,481
Coef. Var. (%)	0,0000	30,39	30,39
Mínimo	35,70	117,0	11,69
Máximo	35,70	272,6	27,23



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

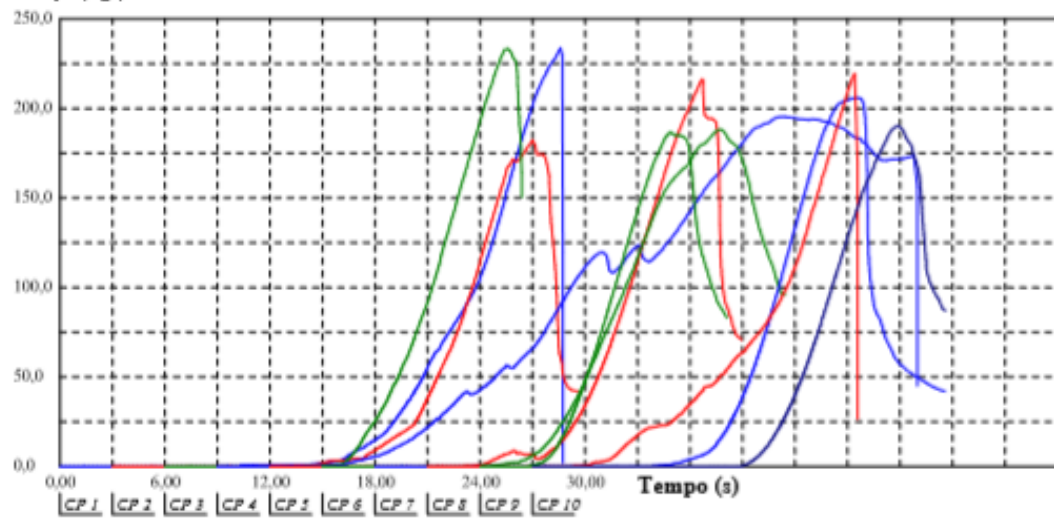
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **29/04/18** Hora: **18:09:15** TRB: **3397**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **TECA (70 %) AR (30 %)** Traço: **T4** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	233,73	23,35
CP 2	35,7	182,41	18,22
CP 3	35,7	233,66	23,34
CP 4	35,7	195,54	19,53
CP 5	35,7	216,58	21,64
CP 6	35,7	188,41	18,82
CP 7	35,7	206,27	20,61
CP 8	35,7	219,54	21,93
CP 9	35,7	186,79	18,66
CP 10	35,7	190,39	19,02
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	205,3	20,51
Desv.Padrão	0,0000	19,47	1,945
Coef.Var.(%)	0,0000	9,484	9,484
Mínimo	35,70	182,4	18,22
Máximo	35,70	233,7	23,35

Força (kgf)

UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

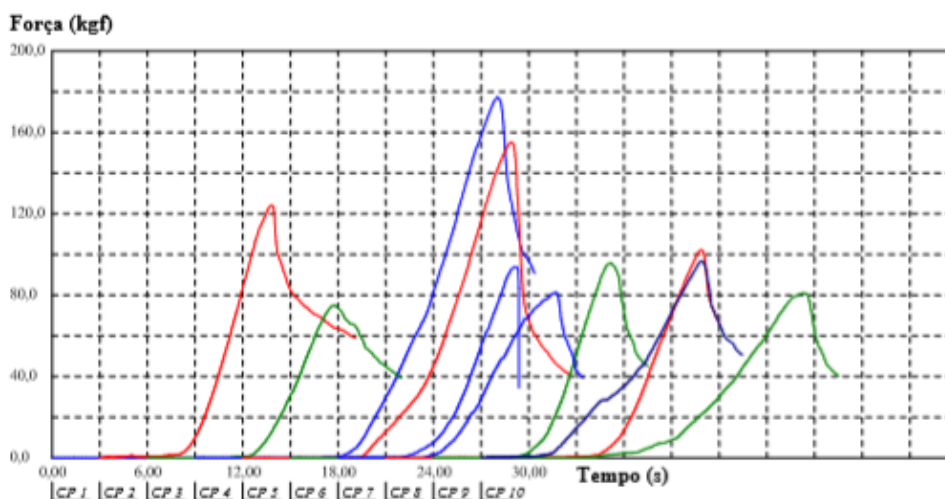
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **29/04/18** Hora: **17:43:55** TRB: **3396**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Tração Superficial**

Material: **AR (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

Corpo de Prova	"diâmetro dispositivo" (mm)	Força máxima (kgf)	RS (kgf/cm ²)
CP 1	35,7	177,40	17,72
CP 2	35,7	124,31	12,42
CP 3	35,7	75,18	7,51
CP 4	35,7	93,89	9,38
CP 5	35,7	155,23	15,51
CP 6	35,7	95,86	9,58
CP 7	35,7	81,46	8,14
CP 8	35,7	102,50	10,24
CP 9	35,7	81,18	8,11
CP 10	35,7	96,92	9,68
Número CPs	10	10	10
Média	35,70	108,4	10,83
Desv. Padrão	0,0000	33,85	3,382
Coef. Var. (%)	0,0000	31,23	31,23
Mínimo	35,70	75,18	7,511
Máximo	35,70	177,4	17,72



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

TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO PARAFUSO TOPO				
COMPOSIÇÃO: 70% (TE) TECA - 30% (AR) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA NEWTONS (N)
PAINEL 1	P 13	CP1	143,02	1402,55
	P 14	CP2	170,27	1669,78
PAINEL 2	P 13	CP3	168,64	1653,79
	P 14	CP4	158,83	1557,59
PAINEL 3	P 13	CP5	133,28	1307,03
	P 14	CP6	165,96	1627,51
PAINEL 4	P 13	CP7	128,83	1263,39
	P 14	CP8	152,34	1493,95
PAINEL 5	P 13	CP9	90,85	890,93
	P 14	CP10	127,91	1254,37

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS TECA (TE) 70% E ARROZ (AR) 30% EM (N)	
Valor Máximo (N)	1669,78
Valor Médio (N)	1412,09
Valor Mínimo (N)	891,24
Coef. Variação (%)	17,17
Desvio Padrão (N)	242,40

TESE DOUTORADO - ARRANCAMENTO PARAFUSO TOPO				
COMPOSIÇÃO: 80% (TE) TECA - 20% (AR) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA NEWTONS (N)
PAINEL 1	P 13	CP1	142,46	1397,06
	P 14	CP2	131,09	1285,55
PAINEL 2	P 13	CP3	151,56	1486,30
	P 14	CP4	136,88	1342,33
PAINEL 3	P 13	CP5	127,98	1255,06
	P 14	CP6	160,60	1574,95
PAINEL 4	P 13	CP7	66,29	650,08
	P 14	CP8	112,52	1103,44
PAINEL 5	P 13	CP9	113,09	1109,03
	P 14	CP10	151,91	1489,73

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS TECA (TE) 80% E ARROZ (AR) 20% EM (N)	
Valor Máximo (N)	1486,30
Valor Médio (N)	1269,35
Valor Mínimo (N)	650,08
Coef. Variação (%)	21,14
Desvio Padrão (N)	268,30

TESE DOUTORADO - ARRANCAMENTO PARAFUSO TOPO				
COMPOSIÇÃO: 90% (TE) TECA - 10% (AR) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA NEWTONS (N)
PAINEL 1	P 13	CP1	130,74	1282,12
	P 14	CP2	113,87	1116,68
PAINEL 2	P 13	CP3	148,46	1455,90
	P 14	CP4	104,19	1021,75
PAINEL 3	P 13	CP5	45,25	443,75
	P 14	CP6	121,56	1192,10
PAINEL 4	P 13	CP7	115,28	1130,51
	P 14	CP8	76,95	754,62
PAINEL 5	P 13	CP9	82,88	812,78
	P 14	CP10	118,10	1158,17

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10% EM (N)	
Valor Máximo (N)	1282,12
Valor Médio (N)	1036,84
Valor Mínimo (N)	443,75
Coef. Variação (%)	28,24
Desvio Padrão (N)	292,80

TESE DOUTORADO - ARRANCAMENTO PARAFUSO TOPO				
COMPOSIÇÃO: 100% (AR) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA NEWTONS (N)
PAINEL 1	P 13	CP1	55,84	547,60
	P 14	CP2	64,45	632,04
PAINEL 2	P 13	CP3	71,02	696,47
	P 14	CP4	40,31	395,31
PAINEL 3	P 13	CP5	42,43	416,10
	P 14	CP6	57,04	559,37
PAINEL 4	P 13	CP7	53,01	519,85
	P 14	CP8	43,34	425,02
PAINEL 5	P 13	CP9	78,78	772,57
	P 14	CP10	66,29	650,08

Onde:

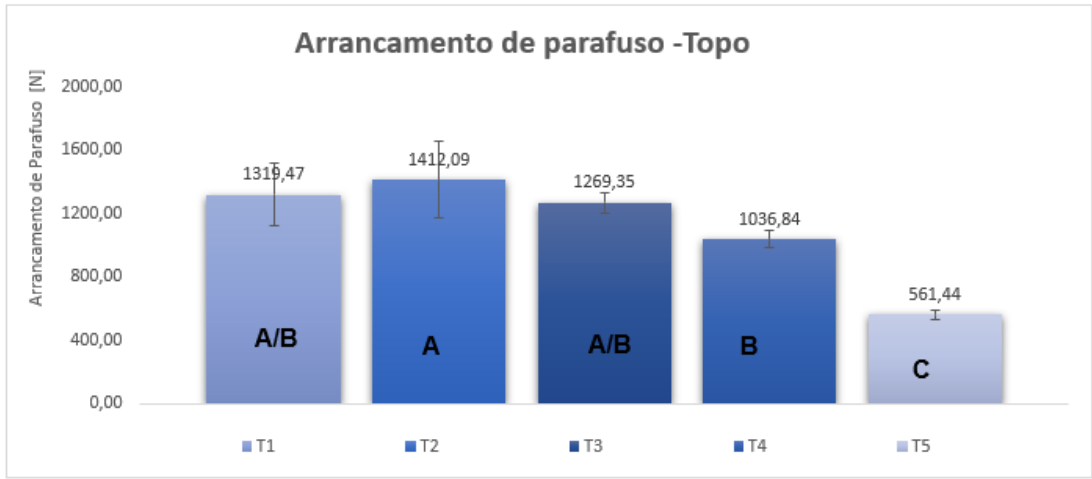
1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARROZ (AR) 100%	
Valor Máximo (N)	772,57
Valor Médio (N)	561,44
Valor Mínimo (N)	395,31
Coef. Variação (%)	22,60
Desvio Padrão (N)	126,89

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	1645,43	1669,78	1486,30	1282,12	772,57
Valor Médio (N)	1319,47	1412,09	1269,35	1036,84	561,44
Valor Mínimo (N)	989,63	891,24	650,08	443,75	395,31
Coef. Variação (%)	15,01	17,17	21,14	28,24	22,60
Desvio Padrão (N)	198,05	242,40	268,30	292,80	126,89

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

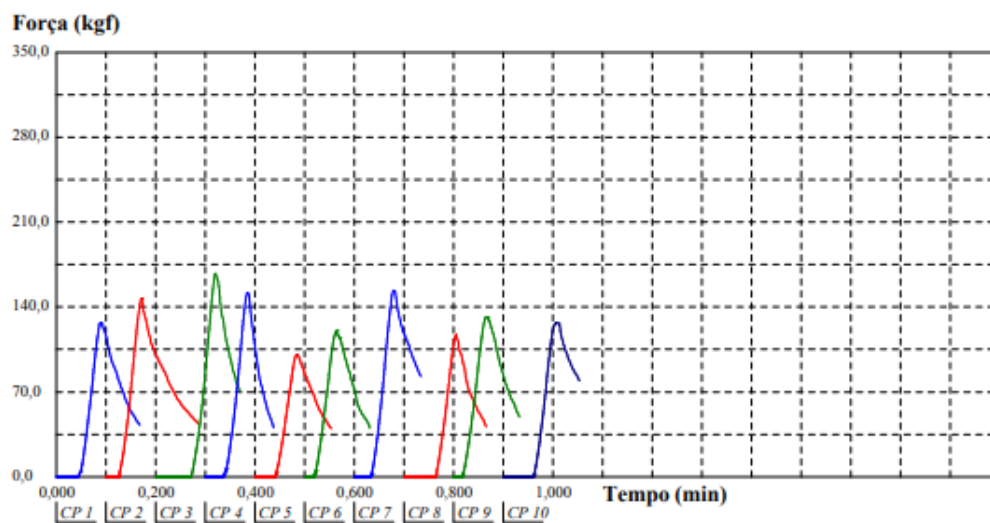
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **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: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

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

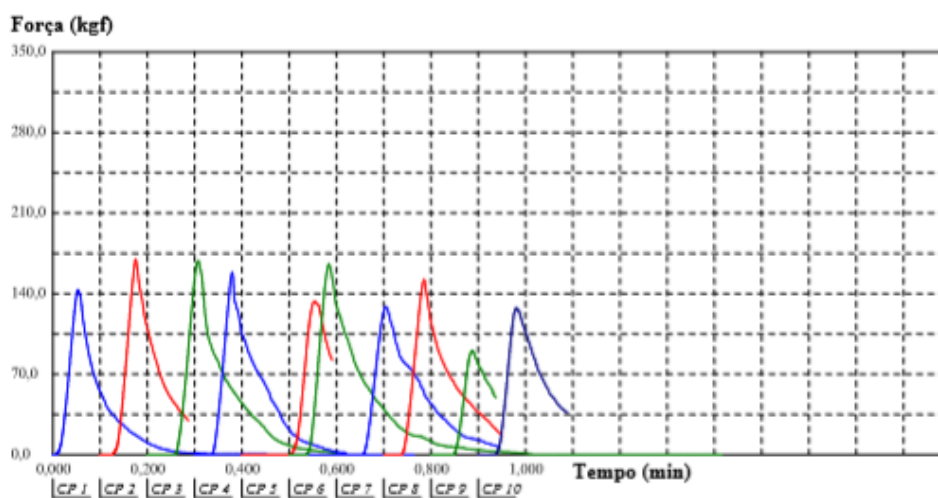
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:29:07** TRB: **3371**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T2** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (10 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	143,02
CP 2	170,27
CP 3	168,64
CP 4	158,83
CP 5	133,28
CP 6	165,96
CP 7	128,83
CP 8	152,34
CP 9	90,85
CP 10	127,91
Número CPs	10
Média	144,0
Desv. Padrão	24,72
Coef. Var. (%)	17,17
Mínimo	90,85
Máximo	170,3



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

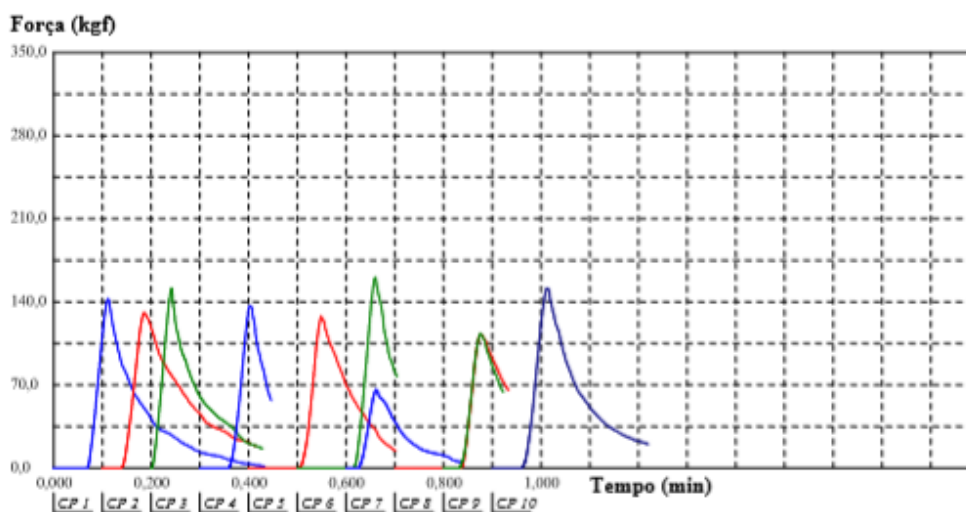
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:29:39** TRB: **3372**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **TECA (80 %)** Traço: **T3** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (20 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	142,46
CP 2	131,09
CP 3	151,56
CP 4	136,88
CP 5	127,98
CP 6	160,60
CP 7	66,29
CP 8	112,52
CP 9	113,09
CP 10	151,91
Número CPs	10
Média	129,4
Desv. Padrão	27,36
Coef. Var. (%)	21,14
Mínimo	66,29
Máximo	160,6



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

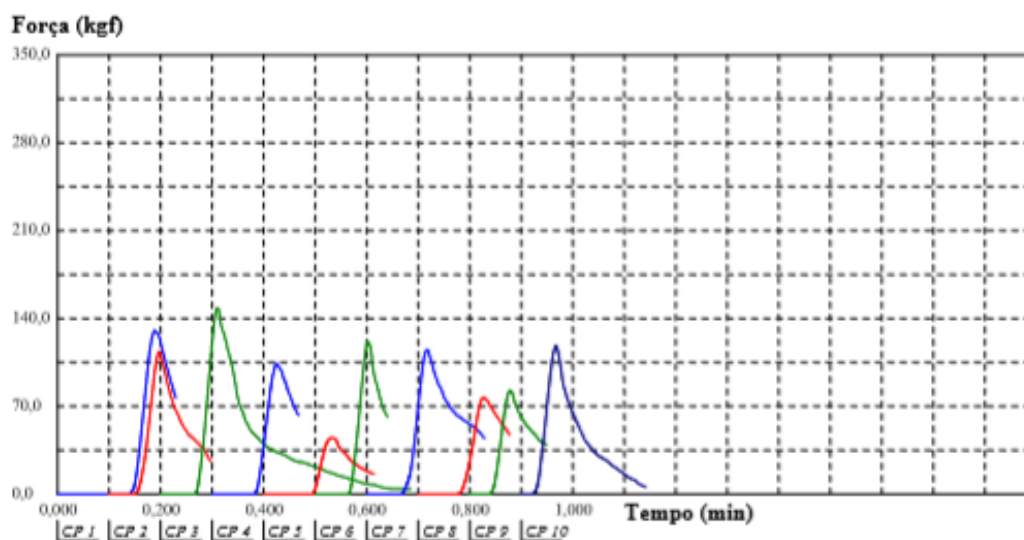
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:30:09** TRB: **3373**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **TECA (70 %)** Traço: **T4** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (30 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	130,74
CP 2	113,87
CP 3	148,46
CP 4	104,19
CP 5	45,25
CP 6	121,56
CP 7	115,28
CP 8	76,95
CP 9	82,88
CP 10	118,10
Número CPs	10
Média	105,7
Desv. Padrão	29,86
Coef. Var. (%)	28,24
Mínimo	45,25
Máximo	148,5



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

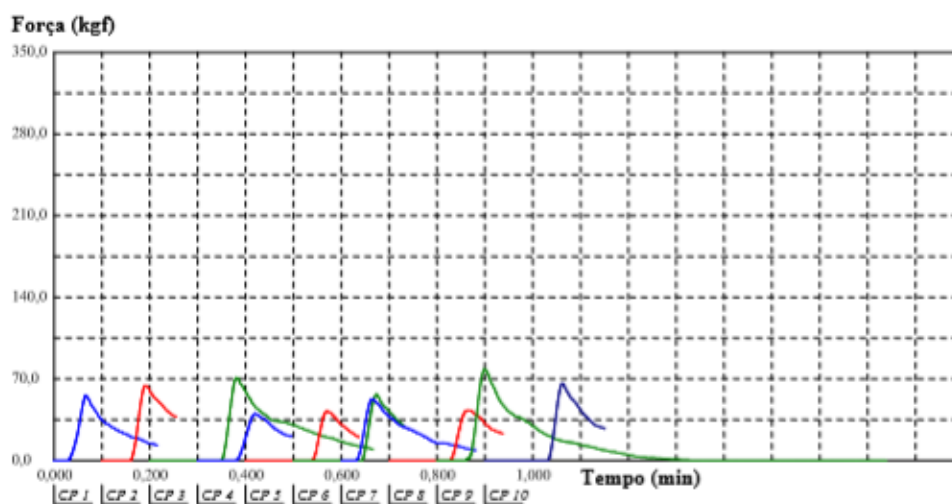
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:30:39** TRB: **3374**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Topo**

Material: **AR (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	55,84
CP 2	64,45
CP 3	71,02
CP 4	40,31
CP 5	42,43
CP 6	57,04
CP 7	53,01
CP 8	43,34
CP 9	78,78
CP 10	66,29
Número CPs	10
Média	57,25
Desv. Padrão	12,94
Coef. Var. (%)	22,60
Mínimo	40,31
Máximo	78,78



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

TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
COMPOSIÇÃO: 70% (T) TECA - 30% (AR) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA NEWTONS (N)
PAINEL 1	P 13	CP1	119,44	1171,31
	P 14	CP2	145,77	1429,52
PAINEL 2	P 13	CP3	116,69	1144,34
	P 14	CP4	126,92	1244,66
PAINEL 3	P 13	CP5	132,50	1299,38
	P 14	CP6	116,62	1143,65
PAINEL 4	P 13	CP7	139,56	1368,62
	P 14	CP8	120,85	1185,13
PAINEL 5	P 13	CP9	114,71	1124,92
	P 14	CP10	112,38	1102,07

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS TECA (TE) 70% E ARROZ (AR) 30% EM (N)	
Valor Máximo (N)	2284,5
Valor Médio (N)	1221,36
Valor Mínimo (N)	1633,76
Coef. Variação (%)	9,09
Desvio Padrão (N)	111,04

TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
COMPOSIÇÃO: 80% (B) TECA - 20%(A) ARROZ T3				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA NEWTONS (N)
PAINEL 1	P 13	CP1	158,48	1554,16
	P 14	CP2	144,86	1420,59
PAINEL 2	P 13	CP3	108,78	1066,77
	P 14	CP4	135,75	1331,25
PAINEL 3	P 13	CP5	120,36	1180,33
	P 14	CP6	122,48	1201,12
PAINEL 4	P 13	CP7	126,92	1244,66
	P 14	CP8	104,05	1020,38
PAINEL 5	P 13	CP9	140,48	1377,64
	P 14	CP10	104,12	1021,07

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS TECA (TE) 80% E ARROZ (AR) 20% EM (N)	
Valor Máximo (N)	2470,72
Valor Médio (N)	1241,80
Valor Mínimo (N)	1860,13
Coef. Variação (%)	14,45
Desvio Padrão (N)	179,45

TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
COMPOSIÇÃO: 90% (B) TECA - 10%(A) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA NEWTONS (N)
PAINEL 1	P 13	CP1	124,60	1221,91
	P 14	CP2	87,11	854,26
PAINEL 2	P 13	CP3	164,20	1610,25
	P 14	CP4	118,88	1165,81
PAINEL 3	P 13	CP5	100,45	985,08
	P 14	CP6	96,92	950,46
PAINEL 4	P 13	CP7	129,75	1272,41
	P 14	CP8	143,37	1405,98
PAINEL 5	P 13	CP9	155,44	1524,35
	P 14	CP10	103,63	1016,26

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS TECA (TE) 90% E ARROZ (AR) 10% EM (N)	
Valor Máximo (N)	2649,32
Valor Médio (N)	1200,68
Valor Mínimo (N)	611,97
Coef. Variação (%)	21,23
Desvio Padrão (N)	254,86

TESE DE DOUTORADO - ARRANCAMENTO PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
COMPOSIÇÃO: 100% (AR) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA NEWTONS (N)
PAINEL 1	P 13	CP1	47,23	463,17
	P 14	CP2	50,12	491,51
PAINEL 2	P 13	CP3	60,00	588,40
	P 14	CP4	64,17	629,29
PAINEL 3	P 13	CP5	49,20	482,49
	P 14	CP6	63,74	625,08
PAINEL 4	P 13	CP7	42,14	413,25
	P 14	CP8	37,34	366,18
PAINEL 5	P 13	CP9	55,34	542,70
	P 14	CP10	68,40	670,77

Onde:

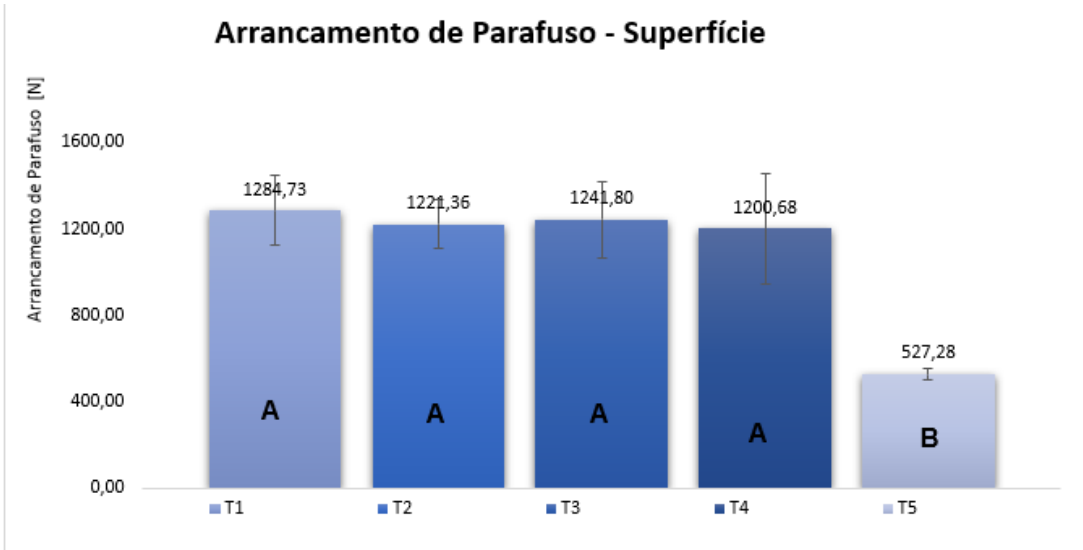
1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS ARROZ (AR) 100%	
Valor Máximo (N)	3070,66
Valor Médio (N)	527,28
Valor Mínimo (N)	2285,83
Coef. Variação (%)	19,06
Desvio Padrão (N)	100,49

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFICIE					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	1543,04	2284,50	2470,72	2649,32	3070,66
Valor Médio (N)	1284,73	1221,36	1241,80	1200,68	527,28
Valor Mínimo (N)	1062,05	1633,76	1860,13	611,97	2285,83
Coef. Variação (%)	12,51	9,09	14,45	21,23	19,06
Desvio Padrão (N)	160,67	111,04	179,45	254,86	100,49

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

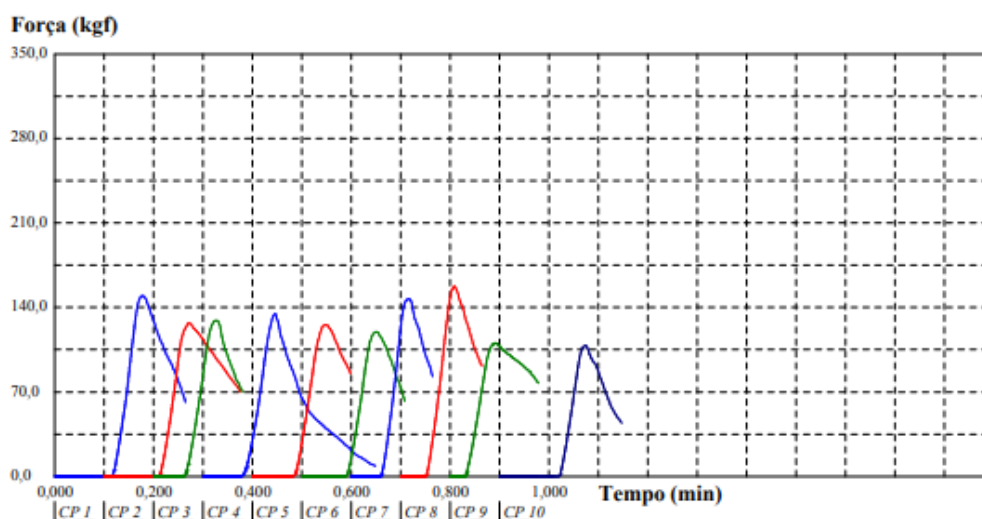
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **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: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

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

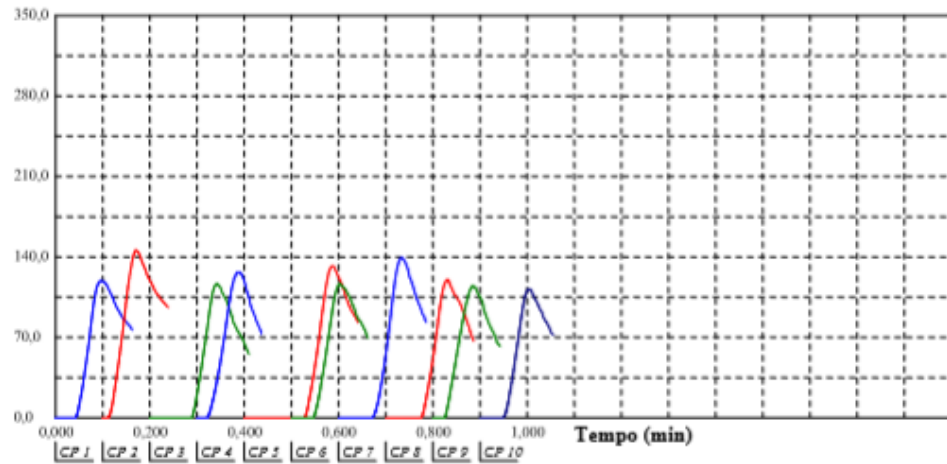
Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:19:21** TRB: **3360**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T2** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (10 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	119,44
CP 2	145,77
CP 3	116,69
CP 4	126,92
CP 5	132,50
CP 6	116,62
CP 7	139,56
CP 8	120,85
CP 9	114,71
CP 10	112,38
Número CPs	10
Média	124,5
Desv. Padrão	11,32
Coef. Var. (%)	9,091
Mínimo	112,4
Máximo	145,8

Força (kgf)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

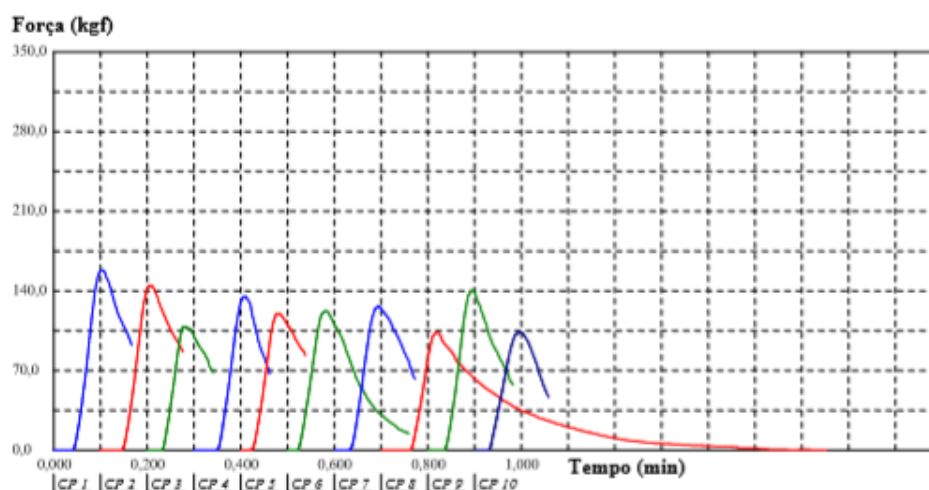
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:19:59** TRB: **3361**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **TECA (80 %)** Traço: **T3** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (20 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	158,48
CP 2	144,86
CP 3	108,78
CP 4	135,75
CP 5	120,36
CP 6	122,48
CP 7	126,92
CP 8	104,05
CP 9	140,48
CP 10	104,12
Número CPs	10
Média	126,6
Desv. Padrão	18,30
Coef. Var. (%)	14,45
Mínimo	104,1
Máximo	158,5



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

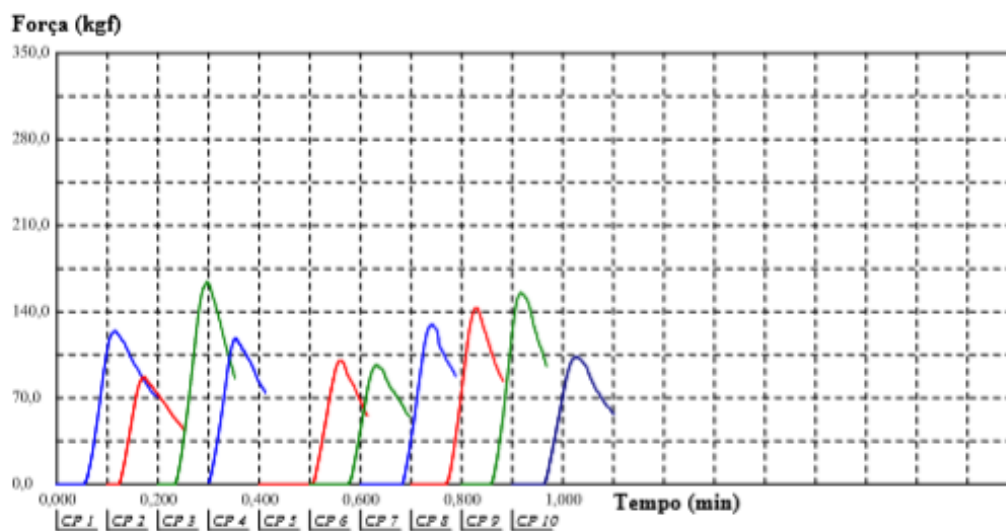
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:21:00** TRB: **3363**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **TECA (70 %)** Traço: **T4** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (30 %)

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	124,60
CP 2	87,11
CP 3	164,20
CP 4	118,88
CP 5	100,45
CP 6	96,92
CP 7	129,75
CP 8	143,37
CP 9	155,44
CP 10	103,63
Número CPs	10
Média	122,4
Desv. Padrão	25,99
Coef. Var. (%)	21,23
Mínimo	87,11
Máximo	164,2



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

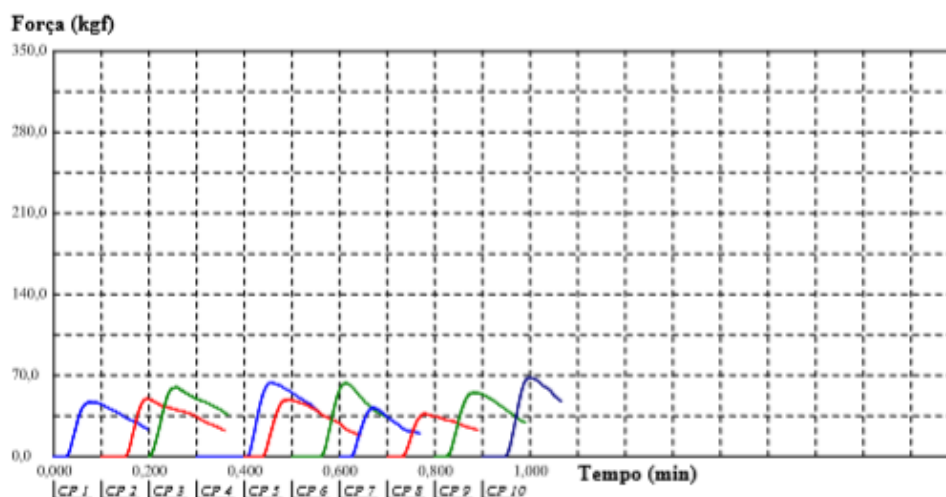
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **25/04/18** Hora: **10:21:33** TRB: **3364**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Arrancamento Superfície**

Material: **AR (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

Corpo de Prova	Força Máxima (kgf)
CP 1	47,23
CP 2	50,12
CP 3	60,00
CP 4	64,17
CP 5	49,20
CP 6	63,74
CP 7	42,14
CP 8	37,34
CP 9	55,34
CP 10	68,40
Número CPs	10
Média	53,77
Desv. Padrão	10,25
Coef. Var (%)	19,06
Mínimo	37,34
Máximo	68,40



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 - 70% (T) TECA - 30% (AR) ARROZ

PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	738,55	7242,70
Painel 2	P 10	CP2	736,57	7223,28
Painel 3	P 10	CP3	679,33	6661,95
Painel 4	P 10	CP4	746,74	7323,02
Painel 5	P 10	CP5	579,84	5686,29

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T2

Valor Máximo (N)	7242,70
Valor Médio (N)	6827,45
Valor Mínimo (N)	5686,29
Coef. Variação (%)	10,11
Desvio Padrão (N)	689,99

PAINÉIS TESE DE DOUTORADO - DUREZA JANKA
COMPOSIÇÃO: T3 - 80% (T) TECA - 20% (AR) ARROZ

PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	796,42	7810,21
Painel 2	P 10	CP2	595,46	5839,47
Painel 3	P 10	CP3	595,95	5844,27
Painel 4	P 10	CP4	862,63	8459,51
Painel 5	P 10	CP5	686,75	6734,72

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T3

Valor Máximo (N)	8459,51
Valor Médio (N)	6937,64
Valor Mínimo (N)	5839,47
Coef. Variação (%)	16,93
Desvio Padrão (N)	1174,74

TESE DE DOUTORADO - DUREZA JANKA				
COMPOSIÇÃO: T4 - 90% (T) TECA - 10% (A) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	785,47	7702,83
Painel 2	P 10	CP2	921,84	9040,16
Painel 3	P 10	CP3	663,29	6504,65
Painel 4	P 10	CP4	814,65	7988,99
Painel 5	P 10	CP5	794,58	7792,17

Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T4	
Valor Máximo (N)	9040,16
Valor Médio (N)	7805,76
Valor Mínimo (N)	6504,65
Coef. Variação (%)	11,57
Desvio Padrão (N)	902,91

TESE DE DOUTORADO - DUREZA JANKA				
COMPOSIÇÃO: T5 - 100% (A) ARROZ				
PAINEL	POSIÇÃO	CORPOS DE PROVA	FORÇA (Kgf)	FORÇA (N)
Painel 1	P 10	CP1	415,63	4075,94
Painel 2	P 10	CP2	421,35	4132,03
Painel 3	P 10	CP3	285,12	2796,07
Painel 4	P 10	CP4	644,13	6316,76
Painel 5	P 10	CP5	0,00	0,00
			441,56	4330,20

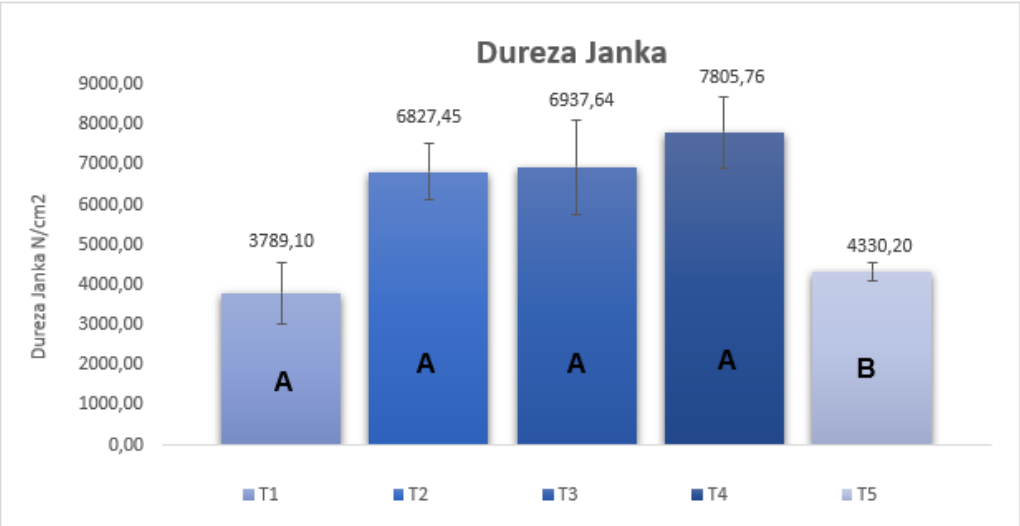
Onde:

1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)

RESULTADOS DUREZA JANKA - T5	
Valor Máximo (N)	6316,76
Valor Médio (N)	4330,20
Valor Mínimo (N)	2796,07
Coef. Variação (%)	53,42
Desvio Padrão (N)	2313,24

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - DUREZA JANKA					
Valores	T1	T2	T3	T4	T5
Valor Máximo (N)	8490,70	7242,70	8459,51	9040,16	6316,76
Valor Médio (N)	3789,10	6827,45	6937,64	7805,76	4330,20
Valor Mínimo (N)	6341,86	5686,29	5839,47	6504,65	2796,07
Coef. Variação (%)	20,51	10,11	16,93	11,57	53,42
Desvio Padrão (N)	777,29	689,99	1174,74	902,91	2313,24

Onde:
1 Quilograma Força (Kgf) = 9,80665 Newtons (N)



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

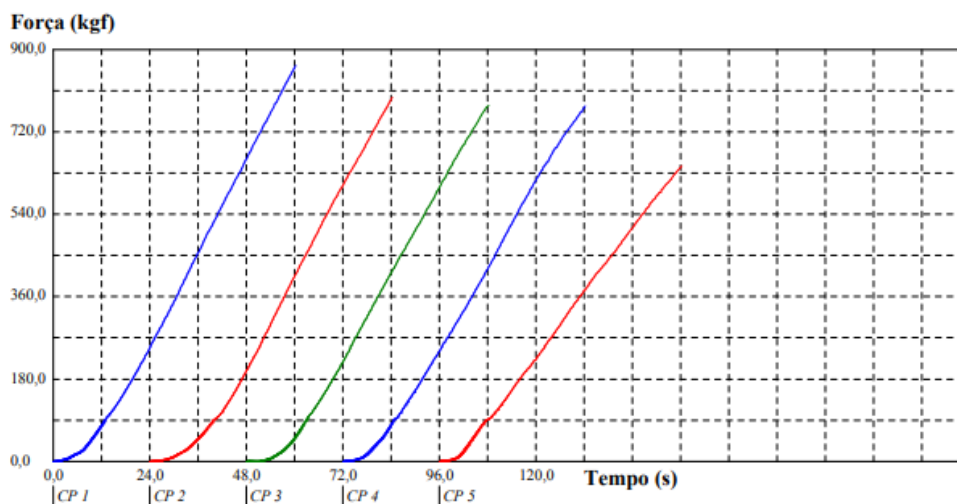
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **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: **DOUT Andreia Archangelo**

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



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

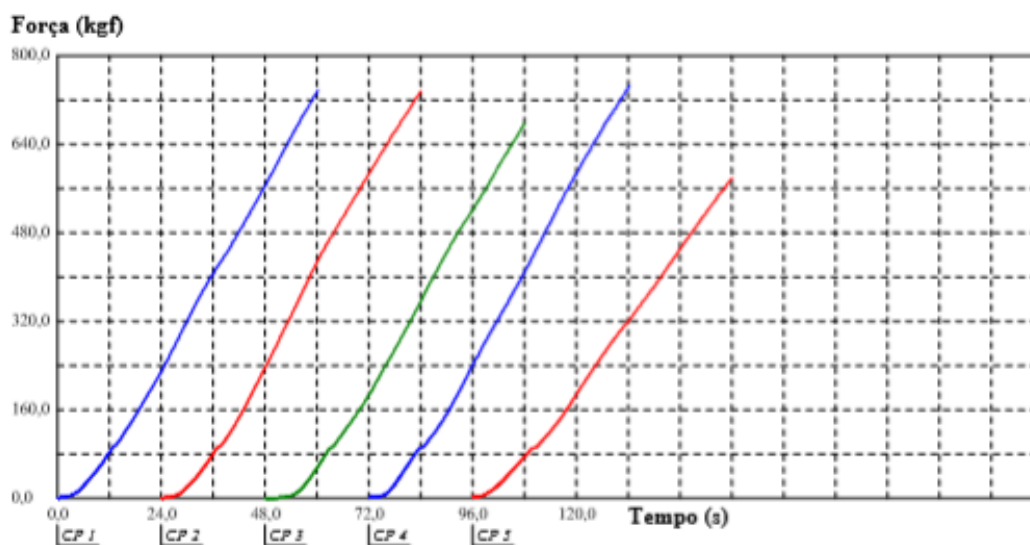
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **19/04/18** Hora: **10:41:18** TRB: **3331**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **TECA (90 %)** Traço: **T2** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (10 %)

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (kgf/cm ²)
CP 1	1,00	738,55	738,52
CP 2	1,00	736,57	736,54
CP 3	1,00	679,33	679,31
CP 4	1,00	746,74	746,72
CP 5	1,00	579,84	579,82
Número CPs	5	5	5
Média	1,000	696,2	696,2
Desv. Padrão	0,0000	70,36	70,36
Coef. Var. (%)	0,0000	10,11	10,11
Mínimo	1,000	579,8	579,8
Máximo	1,000	746,7	746,7



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

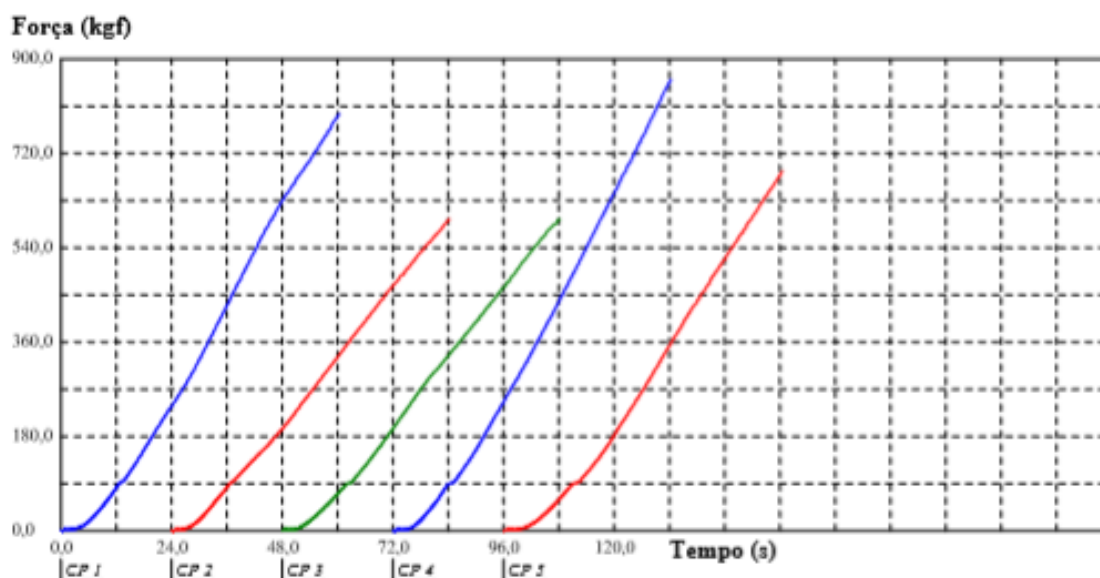
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **20/04/18** Hora: **12:28:46** TRB: **3332**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **TECA (80 %)** Traço: **T3** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (20 %)

Corpo de Prova	seção (cm ²)	F _{cd,max} (kgf)	f _{cd} (kgf/cm ²)
CP 1	1,00	796,42	796,39
CP 2	1,00	595,46	595,44
CP 3	1,00	595,95	595,93
CP 4	1,00	862,63	862,60
CP 5	1,00	686,75	686,73
Número CPs	5	5	5
Média	1,000	707,4	707,4
Desv. Padrão	0,0000	119,8	119,8
Coef. Var. (%)	0,0000	16,93	16,93
Mínimo	1,000	595,5	595,4
Máximo	1,000	862,6	862,6



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

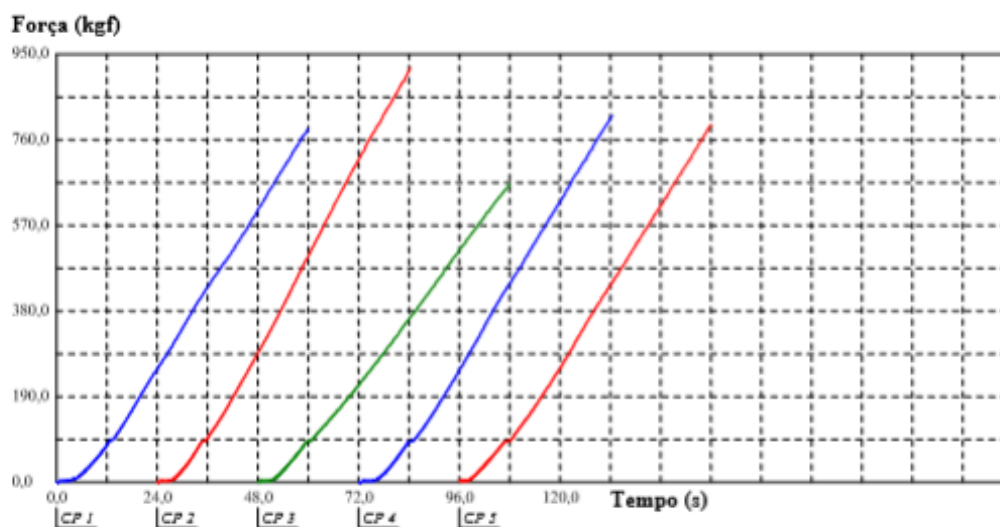
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **20/04/18** Hora: **12:30:33** TRB: **3333**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **TECA (70 %)** Traço: **T4** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**
AR (30 %)

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (kgf/cm ²)
CP 1	1,00	785,47	785,44
CP 2	1,00	921,84	921,81
CP 3	1,00	663,29	663,27
CP 4	1,00	814,65	814,62
CP 5	1,00	794,58	794,55
Número CPs	5	5	5
Média	1,000	796,0	795,9
Desv. Padrão	0,0000	92,07	92,07
Coef. Var. (%)	0,0000	11,57	11,57
Mínimo	1,000	663,3	663,3
Máximo	1,000	921,8	921,8



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Faculdade de Engenharia de Bauru – Laboratório de Construção Civil

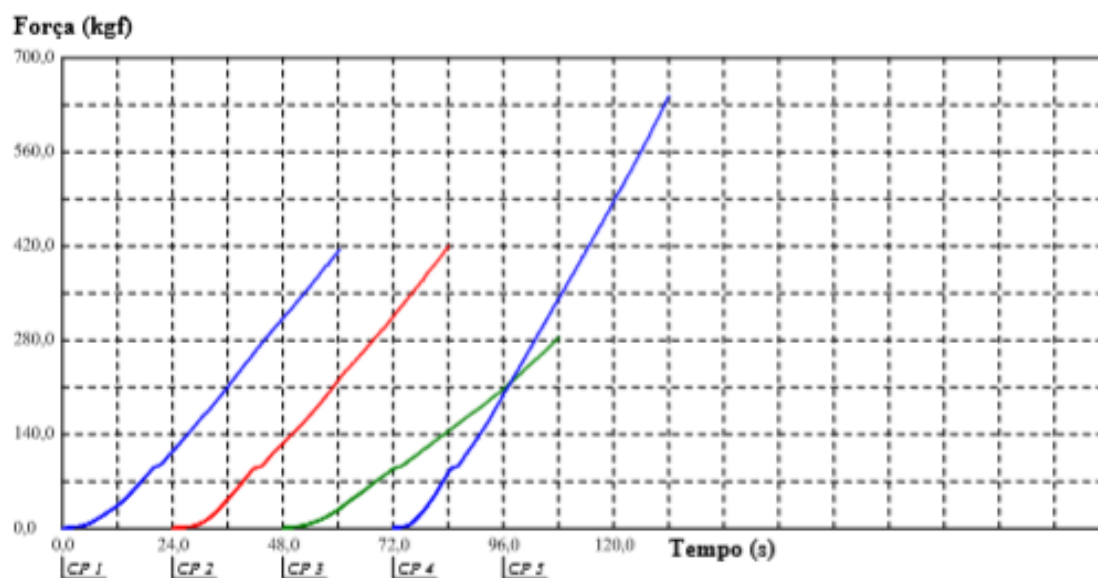
Relatório de Ensaio

Máq: **Emic DL 30000N** Célula: **Trd 26** Data: **18/04/18** Hora: **12:31:26** TRB: **3334**

Programa: **Tesc versão 1.13** Método de Ensaio: **Painel Homogêneo Dureza Janka**

Material: **AR (100 %)** Traço: **T5** Projeto de Pesquisa: **DOC – ANDREIA ARCHANGELO**

Corpo de Prova	seção (cm ²)	Fc0,max (kgf)	fc0 (kgf/cm ²)
CP 1	1,00	415,63	415,61
CP 2	1,00	421,35	421,34
CP 3	1,00	285,12	285,11
CP 4	1,00	644,14	644,12
Número CPs	4	4	4
Média	1,000	441,6	441,5
Desv.Padrão	0,0000	149,0	149,0
Coef.Var.(%)	0,0000	33,74	33,74
Mínimo	1,000	285,1	285,1
Máximo	1,000	644,1	644,1



UNESP – Universidade Estadual Paulista

Anexo: ANOVA e TUKEY – Ensaios Físicos

1) Anova: fator único				
RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DENSIDADE				T4
T1	T2	T3	T4	T5
850,74	744,59	807,00	801,73	837,23
800,89	788,18	815,19	760,72	635,01
891,20	795,93	850,77	808,82	748,27
828,99	750,55	709,38	767,58	652,79
914,99	779,16	816,31	830,13	794,30
781,59	682,13	767,86	757,69	724,75
894,13	806,53	837,94	833,49	801,07
822,25	764,86	747,30	777,45	660,05
919,80	794,39	811,03	846,99	758,44
816,56	818,85	747,40	820,75	664,07
Anova: fator único				
RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	8521,129832	852,1129832	2457,548754
T2	10	7725,183972	772,5183972	1567,837576
T3	10	7910,185766	791,0185766	2074,110354
T4	10	8005,354276	800,5354276	1070,933773
T5	10	7275,975207	727,5975207	5113,129181

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	81620	20405	8,31	0,000
Error	45	110552	2457		
Total	49	192172			

S = 49,57 R-Sq = 42,47% R-Sq(adj) = 37,36%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	Lower CI	Upper CI
T1	10	852,11	49,57	750,00	954,22
T2	10	772,52	39,60	700,00	845,04
T3	10	791,02	45,54	700,00	882,04
T4	10	800,54	32,73	750,00	851,08
T5	10	727,60	71,51	584,08	871,12

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 99,33%

TRAÇO	GRUPO
T1	A
T2	BC
T3	AB
T4	AB
T5	C

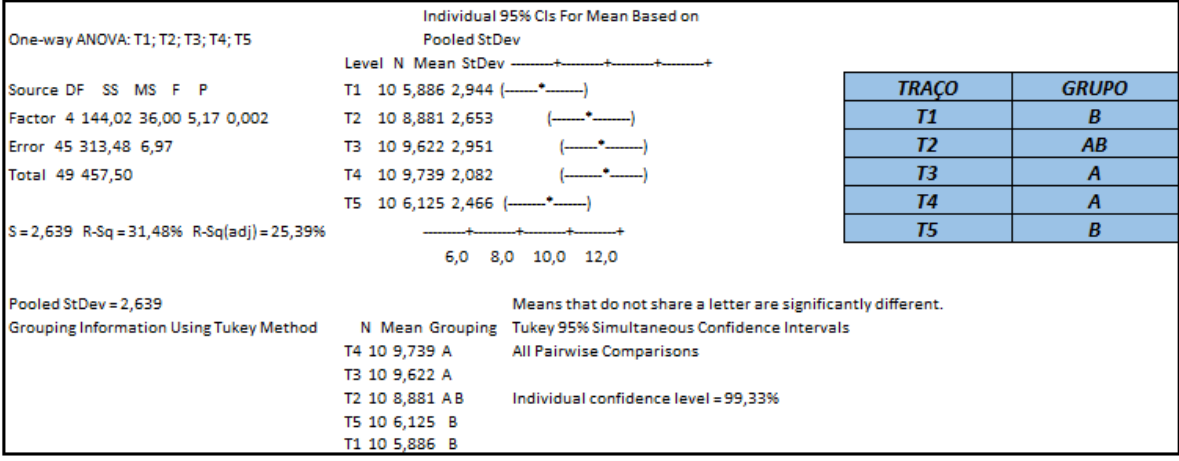
Pooled StDev = 49,57

Grouping Information Using Tukey Method

2) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO PARA INCHAMENTO EM ESPESSURA				
T1	T2	T3	T4	T5
7,07	3,67	15,75	10,46	0,14
2,70	8,77	11,47	10,99	7,16
6,90	11,81	10,04	8,96	6,79
7,11	5,18	10,97	7,10	7,89
7,26	10,77	9,93	6,82	7,90
1,08	7,43	9,70	8,78	8,83
1,97	10,34	6,27	10,16	5,12
7,76	10,61	9,71	9,96	6,95
6,73	9,89	6,64	14,17	5,73
10,29	10,34	5,73	10,00	4,74

Anova: fator único				
RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	58,86321107	5,886321107	8,668607495
T2	10	88,80758613	8,880758613	7,039943531
T3	10	96,22328296	9,622328296	8,707335067
T4	10	97,38677531	9,738677531	4,335823653
T5	10	61,24869346	6,124869346	6,079825814



3) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO PARA ABSORÇÃO DE ÁGUA				
T1	T2	T3	T4	T5
16,28	6,40	14,68	15,89	11,79
10,49	13,25	13,98	17,20	11,22
14,80	17,91	14,10	12,36	12,98
18,72	14,08	16,41	9,84	14,77
16,63	20,07	18,65	13,94	12,34
19,23	12,00	13,09	14,12	11,77
18,94	19,99	13,00	14,71	13,56
16,61	16,09	13,84	14,47	11,63
14,99	17,74	14,88	15,31	14,97
17,78	15,12	14,56	15,06	14,36

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	164,4886326	16,44886326	6,814392746
T2	10	152,6402109	15,26402109	17,10234287
T3	10	147,1824694	14,71824694	2,851949754
T4	10	142,8841661	14,28841661	4,061143332
T5	10	129,3816325	12,93816325	1,952647794

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	66,45470507	4	16,61367627	2,53392636	0,053172132	2,578739184
Dentro dos grupos	295,0422885	45	6,5564953			
Total	361,4969936	49				

Welcome to Minitab, press F1 for help.						Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev								
						Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----				
One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5						T1	10	16,449	2,610	(-----*-----)				
						T2	10	15,264	4,135	(-----*-----)				
						T3	10	14,718	1,689	(-----*-----)				
						T4	10	14,288	2,015	(-----*-----)				
						T5	10	12,938	1,397	(-----*-----)				
Source						DF	SS	MS	F	P				
Factor						4	66,45	16,61	2,53	0,053				
Error						45	295,04	6,56						
Total						49	361,50							
											12,0	14,0	16,0	18,0
S = 2,561						R-Sq = 18,38%		R-Sq(adj) = 11,13%		Pooled StDev = 2,561				
						Grouping Information Using Tukey Method								
						Means that do not share a letter are significantly different.								
						Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals								
						All Pairwise Comparisons								
						Individual confidence level = 99,33%								
N						Mean		Grouping						
T1						10 16,449		A						
T2						10 15,264		AB						
T3						10 14,718		AB						
T4						10 14,288		AB						
T5						10 12,938		B						

TRAÇO	GRUPO
T1	A
T2	AB
T3	AB
T4	AB
T5	B

4) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE UMIDADE				
T1	T2	T3	T4	T5
5,45	4,56	5,77	1,61	28,95
5,48	0,28	5,41	6,54	8,74
5,40	6,15	5,00	7,36	18,25
4,88	3,49	3,79	5,39	12,52
5,18	8,12	4,83	5,82	22,97
5,02	7,20	6,33	5,69	1,33
5,14	3,66	3,95	5,82	16,31
4,82	9,29	5,02	7,06	16,80
5,49	7,47	5,50	6,53	20,00
5,45	5,05	7,52	6,39	4,69

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	52,29879048	5,229879048	0,067335118
T2	10	55,28640029	5,528640029	7,133815335
T3	10	53,11471503	5,311471503	1,197986398
T4	10	58,21125894	5,821125894	2,572344945
T5	10	150,5492735	15,05492735	70,80745693

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	66,45470507	4	16,61367627	2,53392636	0,053172132	2,578739184
Dentro dos grupos	295,0422885	45	6,5564953			
Total	361,4969936	49				

S = 4,044 R-Sq = 50,02% R-Sq(adj) = 45,58%										TRAÇO		GRUPO			
Welcome to Minitab, press F1 for help.										T1		B			
Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev										T2		B			
One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5										T3		B			
Level N Mean StDev										T4		B			
T1 10 5,230 0,259 (-----*)										T5		B			
Source DF SS MS F P										T2 10 5,529 2,671 (-----*)		T4		B	
Factor 4 736,6 184,2 11,26 0,000										T3 10 5,311 1,095 (-----*)		T5		A	
Error 45 736,0 16,4										T4 10 5,821 1,604 (-----*)		Grouping Information Using Tukey Method Pooled StDev = 4,044			
Total 49 1472,6										T5 10 15,055 8,415 (-----*)					
										-----*					
										4,0 8,0 12,0 16,0 N Mean Grouping					
Means that do not share a letter are significantly different.										T5 10 15,055 A					
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals										T4 10 5,821 B					
All Pairwise Comparisons										T2 10 5,529 B					
										T3 10 5,311 B					
Individual confidence level = 99,33%										T1 10 5,230 B					

UNESP – Universidade Estadual Paulista

Anexo: ANOVA e TUKEY – Ensaios Mecânicos

1) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE TRAÇÃO PERPENDICULAR

T1	T2	T3	T4	T5
1,52	3,25	2,86	2,53	0,42
0,15	3,54	2,92	2,64	0,39
1,22	3,55	2,03	2,56	0,85
0,81	3,62	2,97	2,45	0,92
1,50	3,30	1,99	1,92	0,56
0,35	2,08	1,84	1,87	0,70
1,26	2,60	1,69	1,53	0,70
0,84	2,58	3,03	1,99	0,45
1,39	2,94	1,92	1,54	0,47
0,80	3,31	2,79	2,50	0,39

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	9,859648739	0,985964874	0,225715345
T2	10	30,76404741	3,076404741	0,261305245
T3	10	24,04930832	2,404930832	0,300742422
T4	10	21,53903593	2,153903593	0,184694802
T5	10	5,852068889	0,585206889	0,038157379

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	42,50252523	4	10,62563131	52,57011466	2,13881E-16	2,57874
Dentro dos grupos	9,095536731	45	0,202123038			
Total	51,59806196	49				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5						Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev		Traços	Grupos
Source	DF	SS	MS	F	P	Level	N	Mean	StDev
Factor	4	42,503	10,626	52,57	0,000	T1	10	0,9860	0,4751
Error	45	9,096	0,202			T2	10	3,0764	0,5112
Total	49	51,598				T3	10	2,4049	0,5484
						T4	10	2,1539	0,4298
						T5	10	0,5852	0,1953

S = 0,4496 R-Sq = 82,37% R-Sq(adj) = 80,81%

Pooled StDev = 0,4496

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 99,33%

2) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE RUPTURA - MOR

T1	T2	T3	T4	T5
10,96	16,31	13,33	12,29	14,50
18,29	18,12	21,24	23,58	13,42
13,54	16,82	18,91	13,36	14,51
13,91	12,02	18,69	17,45	14,52
19,73	18,73	17,29	18,07	11,60
13,17	10,80	18,23	16,59	10,54
11,37	14,83	13,14	15,70	16,58
13,80	14,63	11,67	16,50	15,23
16,49	14,06	12,58	11,80	10,02
11,38	14,24	13,09	12,40	13,94

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Coluna 1	10	142,64	14,264	8,96796
Coluna 2	10	150,56	15,056	6,310204444
Coluna 3	10	158,17	15,817	11,52064556
Coluna 4	10	157,74	15,774	12,81720444
Coluna 5	10	134,86	13,486	4,468871111

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	40,308712	4	10,077178	1,142928906	0,34863	2,57874
Dentro dos grupos	396,76397	45	8,816977111			
Total	437,072682	49				

S = 2,969 R-Sq = 9,22% R-Sq(adj) = 1,15%

Welcome to Minitab, press F1 for help.

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
T1	10	14,264	2,995
T2	10	15,056	2,512
T3	10	15,817	3,394
T4	10	15,774	3,580
T5	10	13,486	2,114

Source DF SS MS F P

Factor 4 40,31 10,08 1,14 0,349

Error 45 396,76 8,82

Total 49 437,07

Traços	Grupos
T1	A
T2	A
T3	A
T4	A
T5	A

Pooled StDev = 2,969

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons

Individual confidence level = 99,33%

3) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ELASTICIDADE - MOE				
T1	T2	T3	T4	T5
1629,36	2590,92	1936,21	1696,89	2183,08
2633,49	2927,32	2905,41	3231,38	1684,66
2018,77	2223,97	2857,06	2278,06	2098,06
2122,61	1808,82	2974,13	2629,76	1766,36
2351,68	2714,72	2474,56	2710,96	1473,64
1994,82	1513,01	3015,07	2294,51	1511,57
1671,16	2430,03	2049,85	2290,62	2097,24
2154,33	2232,25	2013,62	2248,61	1975,00
2139,06	2142,97	1976,33	1336,88	1356,54
1680,46	2122,50	2087,21	1837,53	1847,60

Anova: fator único				
RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	20395,74	2039,574	101723,416
T2	10	22706,51	2270,651	176177,5574
T3	10	24289,45	2428,945	214865,5645
T4	10	22555,2	2255,52	292641,6119
T5	10	17993,75	1799,375	84180,33029

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítica
Entre grupos	2382448,945	4	595612,2362	3,42467874	0,015815421	2,5787392
Dentro dos grupos	7826296,322	45	173917,696			
Total	10208745,27	49				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	2382449	595612	3,42	0,016
Error	45	7826296	173918		
Total	49	10208745			

S = 417,0 R-Sq = 23,34% R-Sq(adj) = 16,52%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
T1	10	2039,6	318,9	(-----+)
T2	10	2270,7	419,7	(-----+)
T3	10	2428,9	463,5	(-----+)
T4	10	2255,5	541,0	(-----+)
T5	10	1799,4	290,1	(-----+)

Pooled StDev = 417,0

1800 2100 2400 2700

Traços	Grupos
T1	A/B
T2	A/B
T3	A
T4	A/B
T5	B

4) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - SUPERFÍCIE				
T1	T2	T3	T4	T5
149,59	119,44	158,48	124,60	47,23
127,21	145,77	144,86	87,11	50,12
129,18	116,69	108,78	164,20	60,00
135,04	126,92	135,75	118,88	64,17
125,87	132,50	120,36	100,45	49,20
119,80	116,62	122,48	96,92	63,74
147,11	139,56	126,92	129,75	42,14
157,35	120,85	104,05	143,37	37,34
110,55	114,71	140,48	155,44	55,34
108,36	112,38	104,12	103,63	68,40

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	1310,06	131,006	268,4410489
T2	10	1245,44	124,544	128,20096
T3	10	1266,28	126,628	334,8389733
T4	10	1224,35	122,435	675,3992278
T5	10	537,68	53,768	105,0062622

ANOVA						
Fonte da variação	SS	gl	MS	F	valor-P	Fcritico
Entre grupos	42318,89173	4	10579,72293	34,98848335	2,78127E-13	2,578739184
Dentro dos grupos	13606,97825	45	302,3772944			
Total	55925,86998	49				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5				Grouping Information Using Tukey Method		
Source DF SS MS F P				Traços		Grupos
Factor 4 42319 10580 34,99 0,000				T1		A
Error 45 13607 302				T2		A
Total 49 55926				T3		A
				T4		A
				T5		B

S = 17,39 R-Sq = 75,67% R-Sq(adj) = 73,51%				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev		
				Level N Mean StDev		
				T1 10 131,01 16,38		
				T2 10 124,54 11,32		
				T3 10 126,63 18,30		
				T4 10 122,43 25,99		
				T5 10 53,77 10,25		

5) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE ARRANCAMENTO DE PARAFUSO - TOPO

T1	T2	T3	T4	T5
1244,66	1402,55	1397,06	1282,12	547,60
1443,34	1669,78	1285,55	1116,68	632,04
1644,87	1653,79	1486,30	1455,90	696,47
1491,89	1557,59	1342,33	1021,75	395,31
989,29	1307,03	1255,06	443,75	416,10
1183,76	1627,51	1574,95	1192,10	559,37
1505,71	1263,39	650,08	1130,51	519,85
1150,52	1493,95	1103,44	754,62	425,02
1292,52	890,93	1109,03	812,78	772,57
1248,19	1254,37	1489,73	1158,17	650,08

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
T1	10	13194,74951	1319,474951	39224,96642
T2	10	14120,88953	1412,088953	58757,82242
T3	10	12693,53163	1269,353163	71982,46788
T4	10	10368,37491	1036,837491	85730,91548
T5	10	5614,405192	561,4405192	16101,15871

ANOVA						
Fonte da variação	SS	gl	MQ	F	valor-P	Fcritico
Entre grupos	4663171,469	4	1165792,867	21,4459955	5,91986E-10	2,5787
Dentro dos grupos	2446175,978	45	54359,46618			
Total	7109347,447	49				

One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5				Grouping Information Using Tukey Method		
Source	DF	SS	MS	F	P	
Factor	4	4663171	1165793	21,45	0,000	
Error	45	2446176	54359			
Total	49	7109347				

S = 233,2 R-Sq = 65,59% R-Sq(adj) = 62,53%

N Mean Grouping

T2 10 1412,1 A

T1 10 1319,5 A B

T3 10 1269,4 A B

T4 10 1036,8 B

T5 10 561,4 C

Pooled StDev = 233,2

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
T1	10	1319,5	198,1	(----*----)
T2	10	1412,1	242,4	(----*----)
T3	10	1269,4	268,3	(----*----)
T4	10	1036,8	292,8	(----*----)
T5	10	561,4	126,9	(----*----)

600 900 1200 1500

6) Anova: fator único

RESULTADOS FINAIS DAS AMOSTRAS - ENSAIO DE DUREZA JANKA				
T1	T2	T3	T4	T5
8490,70	7242,70	7810,21	7702,83	4075,94
7803,25	7223,28	5839,47	9040,16	4132,03
7630,06	6661,95	5844,27	6504,65	2796,07
7625,16	7323,02	8459,51	7988,99	6316,76
6341,86	5686,29	6734,72	7792,17	0,00

Anova: fator único

RESUMO				
Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
8490,695637	4	29400,3367	7350,084175	458641,8581
7242,701358	4	26894,54149	6723,635373	562934,2865
7810,212193	4	26877,96825	6719,492063	1522782,299
7702,829376	4	31325,97049	7831,492624	1082578,994
4075,93794	4	13244,86149	3311,215373	6978847,685

ANOVA						
Fonte da variação	SS	df	MS	F	valor-P	Fcritico
Entre grupos	50793661,28	4	12698415,32	5,986551289	0,004377913	3,0556
Dentro dos grupos	31817355,37	15	2121157,024			
Total	82611016,65	19				

Grouping Information Using Tukey Method					Tracos	Grupos
One-way ANOVA: T1; T2; T3; T4; T5					T1	A
					T2	A
					T3	A
					T4	A
					T5	B

Source DF SS MS F P

Factor 4 61900240 15475060 8,97 0,00

Error 20 34506515 1725326

Total 24 96406755

S = 1314 R-Sq = 64,21% R-Sq(adj) = 57,05%

Means that do not share a letter are significantly different.

Pooled StDev = 1314

Individual confidence level = 99,28%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
T1	5	7578	777	(-----*-----)
T2	5	6827	690	(-----*-----)
T3	5	6938	1175	(-----*-----)
T4	5	7806	903	(-----*-----)
T5	5	3464	2313	(-----*-----)

4000 6000 8000 10000

