

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PABLO WOLSKI GABARDO

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO PISO ENGENHEIRADO EM
DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS**

CURITIBA

2012

PABLO WOLSKI GABARDO

**AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO DO PISO ENGENHEIRADO EM
DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Industrial Madeireira, do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de “Engenheiro Industrial Madeireiro”.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Klitzke

CURITIBA

2012

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre abençoar a mim e minha família.

Ao professor Dr. Ricardo Jorge Klitzke, pelos ensinamentos ao longo do curso, pelo estágio desenvolvido junto ao laboratório de Secagem de Madeiras e orientação no presente trabalho.

A toda a equipe da Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda, pela oportunidade de estágio e fornecimento do material necessário ao estudo.

Aos professores e coordenadores Alan Sulato de Andrade e Umberto Klock, pelo incentivo e apoio nesta conquista, dedicados desde os primeiros dias de aula.

A minha família, em especial minha mãe Eliane do Rocio Wolski, e meus avós, Edithe e Antônio Vitor Wolski.

A meu pai Fioravante Gabardo Neto e meus avós paternos (*in memorium*).

A todos os amigos que estiveram comigo nesta caminhada, sempre me encorajando a acreditar e seguir em frente, impulsionando-me a alcançar meus objetivos.

RESUMO

Na presente pesquisa foi avaliado o comportamento do piso de madeira engenheirado lamela, exposto a diferentes condições climáticas. A Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda comercializa seus produtos em diversas regiões do mundo, gerando a necessidade de um produto adequado aos ambientes onde este é instalado. Portanto, conhecer o local onde o piso é destinado, bem como seu comportamento ao permanecer exposto as condições do local, são fatores determinantes para garantir satisfatória utilização do piso. Mantendo uma temperatura de 28°C na câmara de aclimatação, a umidade relativa do ar foi condicionada de forma a manter a umidade de equilíbrio da madeira em valores determinados (20%, 15%, 10% e 5%). Quatro situações diferentes foram analisadas, o piso formado por compensado de lâminas de folhosas com duas espessuras de lamela (2 e 3mm) e também o compensado formado por lâminas de *Pinus spp.* denominado "*finestrip*" com duas dimensões de perfil (10x120mm e 14x140mm) e lamela de 3mm. Os parâmetros de qualidade do produto avaliado levam em consideração a estabilidade dimensional, o surgimento e magnitude de defeitos como empenamentos, rachaduras, trincas e descolamento de lâminas. O empenamento foi mensurado em sua posição de flecha máxima de afastamento com a normal, em três níveis de intensidade (moderado, médio e alto) estabelecidos por critérios adotados pela empresa. Outros defeitos foram avaliados de forma visual. Os resultados mostraram que o piso "*finestrip*" apresentou maior tendência a aproximar a umidade com a umidade de equilíbrio do ambiente. Todos os pisos apresentaram desempenho satisfatório ao permanecerem expostos ao ambiente com umidade de equilíbrio da madeira próximo a 10 e 15%, porém, em ambientes de condições extremas apenas o piso "*tropical*" apresentou desempenho satisfatório, com presença de defeitos considerados aceitáveis.

Palavras-chave: Piso engenheirado. Umidade de equilíbrio. Estabilidade dimensional.

ABSTRACT

In this study was analyzed the behavior of engineered wood floor, exposed to different climatic conditions. The "Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda" markets its products around the world, creating the need for a adequate product to the places where it are installed. Therefore, knowing the place where the floor is will be installed, and how they remain exposed to the local conditions are crucial factors to ensure satisfactory use of the floor. Maintaining a temperature of 28 ° C in the acclimatization chamber, the air relative humidity was conditioned to maintain the equilibrium moisture content of the timber in the determined values (20%, 15%, 10% and 5%). Four different situations were analyzed. Initially the wood floor made of hardwood veneers plywood, with two thicknesses of slices (2 and 3 mm). Finally, the plywood formed by veneers of pine, called "finestrip" with two-dimensional types (10x120mm and 14x140mm). The quality parameters of the product analyzed, take into account the values of contraction and expansion, besides the appearance and magnitude of defects such as warping, cracking, cracks and the move of the veneer. The warp was measured in its position of maximum deflection of removal with the normal, in three levels of intensity (mild, moderate and high) established by the company acceptable. Other defects were evaluated visually. The results showed that the floor "finestrip" showed a greater tendency to approach the moisture equilibrium with the humidity of the environment. All floors showed satisfactory performance to remain exposed to the environment with equilibrium moisture content of timber close to 10 and 15%. But only in extreme environmental conditions the hardwood floor showed satisfactory performance, with acceptable defect rate.

Key-words: Engineered wood floor. Equilibrium moisture content. Dimensional stability.

LISTA DE ILUTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - PISO ENGENHEIRADO LAMELA.....	15
FIGURA 02 - DIRECIONAMENTO DAS FIBRAS PARA JUNÇÃO DAS LÂMINAS NA FORMAÇÃO DE UM PAINEL COMPENSADO.....	16
FIGURA 03 - CÂMARA CLIMATIZADORA.....	36
FIGURA 04 - AMOSTRAS NO INTERIOR DA CÂMARA.....	36
FIGURA 5A - BALANÇA DIGITAL.....	37
FIGURA 5B - AMOSTRA DE PISO SOBREA A BALANÇA.....	37
FIGURA 06 - ESTUFA UTILIZADA NA PESQUISA.....	37
FIGURA 07 - MEDIÇÃO DA ESPESSURA NA AMOSTRA.....	38
FIGURA 08 - MEDIÇÃO DE LARGURA NA DEMARCAÇÃO DA AMOSTRA.....	39

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01 - MEDIÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS REALIZADAS NA ETAPA 1.....	40
GRÁFICO 02 – CONTRAÇÃO(%) DA LARGURA E ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO <i>TROPICAL</i> – LAMELA 3MM.....	42
GRÁFICO 03 - CONTRAÇÃO(%) DA LARGURA E ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO <i>TROPICAL</i> - LAMELA 2MM.....	42
GRÁFICO 04 - CONTRAÇÃO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO <i>FINESTRIP</i> (10X120MM).....	45
GRÁFICO 05. CONTRAÇÃO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO <i>FINESTRIP</i> (14X140MM).....	46
GRÁFICO 06 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO <i>TROPICAL</i> COM LAMELA 3MM.....	48

GRÁFICO 07 - COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO <i>TROPICAL</i> COM LAMELA 2MM.....	49
GRÁFICO 08 - COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO <i>FINESTRIP</i> DE 10X120MM.....	49
GRÁFICO 09 - COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO <i>FINESTRIP</i> DE 14X140MM.....	50
GRÁFICO 10 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ ENCANOAMENTOS MÁXIMOS NO PISO <i>TROPICAL</i> NO FIM DO PRIMEIRO CICLO.....	51
GRÁFICO 11 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ ENCANOAMENTOS MÁXIMOS NO PISO <i>FINESTRIP</i> NO FIM DO PRIMEIRO CICLO.....	51
GRÁFICO 12 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ ENCANOAMENTOS MÁXIMOS NO PISO <i>TROPICAL</i> NO FIM DO SEGUNDO CICLO.....	52
GRÁFICO 13 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ ENCANOAMENTOS MÁXIMOS NO PISO <i>FINESTRIP</i> NO FIM DO SEGUNDO CICLO.....	52
GRÁFICO 14 - MEDIÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS REALIZADAS NA ETAPA 2.....	53
GRÁFICO 15 – INCHAMENTO(%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO <i>TROPICAL</i> – LAMELA - 3MM.....	55
GRÁFICO 16 - INCHAMENTO(%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO <i>TROPICAL</i> – LAMELA 2MM.....	56
GRÁFICO 17 - INCHAMENTO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO <i>FINESTRIP</i> (10X120MM).....	59
GRÁFICO 18 - INCHAMENTO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO <i>FINESTRIP</i> (14X140MM).....	59
GRÁFICO 19 - COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO <i>TROPICAL</i> COM LAMELA 3MM.....	61
GRÁFICO 20 - COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO <i>TROPICAL</i> COM LAMELA 2MM.....	61
GRÁFICO 21 - COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO <i>FINESTRIP</i> DE 10X120MM.....	62

GRAFICO 22 - COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO <i>FINESTRIP</i> DE 14X140MM.....	63
GRÁFICO 23 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ ENCANOAMENTOS MÁXIMOS PARA PISO <i>TROPICAL</i> NO FIM DO TERCEIRO CICLO.....	64
GRÁFICO 24 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ ENCANOAMENTOS MÁXIMOS PARA PISO <i>FINESTRIP</i> NO FIM DO TERCEIRO CICLO.....	64
GRÁFICO 25 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ ENCANOAMENTOS MÁXIMOS PARA PISO <i>TROPICAL</i> NO FIM DO QUARTO CICLO.....	65
GRÁFICO 26 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ ENCANOAMENTOS MÁXIMOS PARA PISO <i>FINESTRIP</i> NO FIM DO QUARTO CICLO.....	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – CLASSIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DOS DEFEITOS DE EMPENAMENTOS E RACHADURAS.....	39
TABELA 02 – AVALIAÇÃO DE UMIDADE(%) E DE CONTRAÇÃO(MM) DO PISO <i>TROPICAL</i> APÓS ACONDICIONAMENTO EM 10 E 5% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	41
TABELA 03 – QUALIDADE DO PISO <i>TROPICAL</i> APÓS ACONDICIONAMENTO EM 10 E 5% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	43
TABELA 04 – AVALIAÇÃO DE UMIDADE(%) E DE CONTRAÇÃO(MM) DO PISO <i>FINESTRIP</i> APÓS ACONDICIONAMENTO EM 10 E 5% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	44
TABELA 05 – QUALIDADE DO PISO <i>FINESTRIP</i> APÓS ACONDICIONAMENTO EM 10 E 5% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	47
TABELA 06 - AVALIAÇÃO DE UMIDADE(%) E DE INCHAMENTO(MM) DO PISO <i>TROPICAL</i> APÓS ACONDICIONAMENTO EM 15 E 20% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	54
TABELA 07 - QUALIDADE DO PISO <i>TROPICAL</i> APÓS ACONDICIONAMENTO EM 15 E 20% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	57

TABELA 08 - AVALIAÇÃO DE UMIDADE(%) E DE INCHAMENTO(MM) DO
PISO *FINESTRIP* APÓS ACONDICIONAMENTO EM 15 E 20%
DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....58

TABELA 09 - QUALIDADE DO PISO *FINESTRIP* APÓS ACONDICIONAMENTO
EM 15 E 20% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
2. A EMPRESA	11
2.1 PRINCIPAIS PRODUTOS.....	12
2.1.1 Piso Maciço	12
2.1.2 Piso Engenheirado	12
3. REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 PRODUTO	14
3.1.1 Piso engenheirado	15
3.1.2 Resina	15
3.1.3 Compensado de madeira	16
3.1.4 Defeitos mais frequentes decorrentes do uso de piso de madeira	17
3.2 FATORES INERENTES A MADEIRA QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DO PRODUTO	18
3.2.1 Espécie.....	18
3.2.2 Massa específica.....	22
3.2.3 Teor de umidade	23
3.2.4 Ponto de saturação das fibras	26
3.2.5 Água livre ou capilar	26
3.2.6 Água de adesão ou higroscópica	27
3.2.7 Umidade de equilíbrio.....	28
3.2.8 Contração e inchamento	29
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 AMOSTRAGEM	32
4.2 ETAPA 1.....	33
4.3 ETAPA 2.....	34
4.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	34
4.4.1 Gerador de Vapor.....	34
4.4.2 Câmara de aclimação.....	35
4.4.3 Balança	37
4.4.4 Estufa	37
4.4.5 Dessecador	38
4.5 AVALIAÇÕES DE DEFEITOS.....	38
5 ANÁLISES DOS RESULTADOS.....	40
5.1 ETAPA 1.....	40
5.1.1 Resultados obtidos nos pisos “ <i>tropicais</i> ”	41
5.1.2 Resultados obtidos nos pisos “ <i>finestrip</i> ”	44
5.1.3 Comparação dos resultados obtidos na Etapa 1	48
5.2 ETAPA 2.....	53

5.2.1 Resultados obtidos nos pisos “ <i>tropicais</i> ”	54
5.2.2 Resultados obtidos nos pisos “ <i>finestrip</i> ”	58
5.2.3 Comparação dos resultados obtidos na Etapa 2	61
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	67
REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de desenvolver alternativas viáveis para suprimento de madeira através de uma exploração racional cresce em função do aumento da demanda por madeira e produtos madeiráveis de qualidade. Neste ponto os produtos engenheirados apresentam grande potencial, por aumentar a produtividade do setor madeireiro e melhorar propriedades importantes do produto. Além de utilizar como base um compensado de maior resistência e estabilidade dimensional, o piso engenheirado abre a possibilidade de inserir espécies de rápido crescimento no processo produtivo de pisos de alto padrão.

A matéria prima tem um papel fundamental em qualquer processo industrial e devemos, portanto, ter um cuidado especial quando tratamos de suas características e especificações. A forte pressão ambiental na utilização sustentada da floresta gera a necessidade do melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, tornando essenciais estudos técnicos e científicos buscando colaborar com o setor industrial.

Neste estudo, realizado no laboratório de Secagem de Madeiras da Universidade Federal do Paraná, em parceria com a Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda, foi avaliado o comportamento do piso engenheirado “*tropical*” e “*finestrip*” em quatro condições climáticas distintas, sendo analisado o teor de umidade de estabilização da madeira, os níveis de contração e inchamento e surgimento de defeitos. O piso permaneceu em ambiente controlado por um período de sete dias em cada ciclo efetuado, cada um remetendo a madeira a determinada umidade de equilíbrio, de 20, 15, 10 e 5%. Os produtos empregados na pesquisa foram o piso formado por compensado tropical com lamelas de 2 e 3mm e o piso constituído por compensado de *Pinus spp.*(“*finestrip*”) com lamela de 3mm. Devido à necessidade de otimizar o uso de madeira tropical, a empresa produz o piso denominado “*finestrip*”, que é obtido a partir de madeira reflorestada, de rápido crescimento, e que se apresenta como excelente alternativa para reduzir os impactos nas florestas tropicais.

Portanto, este estudo tem a finalidade de determinar o comportamento do piso engenheirado “*tropical*” e “*finestrip*” em diferentes condições climáticas, incluindo ambientes extremamente seco e úmido, com o intuito de averiguar se a qualidade do

produto atende aos requisitos estabelecidos pela empresa para os diferentes mercados consumidores ou locais em que o piso seja instalado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar o comportamento do piso engenheirado em diferentes condições climáticas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a estabilidade dimensional do piso engenheirado de diferentes tipos contrutivos;
- Avaliar a qualidade do produto em diferentes ambientes, considerando os defeitos de maior relevância estabelecidos pela empresa: empenamentos, rachaduras, trincas e descolamento das lâminas;
- Avaliar a influência das espécies utilizadas na lamela na qualidade do produto;
- Comparar os resultados obtidos no piso engenheirado com base “*tropical*” e “*finestrip*”.

2. A EMPRESA

A Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda é uma empresa de considerável importância no cenário nacional na produção de pisos de madeira, abrangendo uma grande diversidade de produtos nesta área. A empresa produz pisos de alto padrão, visando excelência em qualidade, e seus produtos tem como destino os mercados interno e externo. Este fato acarreta em uma série de dificuldades na produção, principalmente por produzir pisos para diferentes regiões do mundo, sujeito a variações no ambiente, além do alto padrão de exigência dos clientes, principalmente do mercado europeu e norte-americano.

A empresa atua no ramo madeireiro há cerca de 30 anos, e hoje em dia, com a sede situada na capital paranaense, está presente em cinco estados brasileiros.

Com cerca de 500 mil hectares sob sua administração, as unidades florestais e industriais estão localizadas no norte do país, o que facilita o escoamento de seus produtos para países da América e Europa.

O Grupo Cikel, num período de grande demanda do mercado consumidor, chega a contar com cerca de 2.500 funcionários, produzindo anualmente mais de 120.000m³ de madeiras serradas e beneficiadas. A empresa se dedica a produção de pisos, compensados e lâminas, utilizando como matéria prima espécies de madeira tropical.

Os clientes da empresa são compostos por distribuidores e revendedores de madeira, empresas ferroviárias, indústrias de construção civil, moveleira, naval, de embalagens, e de componentes e artefatos de madeira. Os produtos produzidos pela Cikel abastecem, não só ao mercado brasileiro, como ao estrangeiro, a partir de exportações para Europa, EUA, Caribe, Oceania e Ásia.

Preocupada com a biodiversidade e com a sustentabilidade, a Cikel possui cinco selos de certificação concedidos pela FSC® (Forest Stewardship Council®), três deles relacionados à industrialização de produtos de maneira certificada e dois ligados ao manejo florestal. Possuir certificação significa que a empresa, na fabricação de seus produtos, está preocupada com a preservação da biodiversidade, logo realiza suas atividades a partir de padrões reconhecidos internacionalmente, visando a utilização dos recursos naturais de modo sustentável.

2.1 PRINCIPAIS PRODUTOS

2.1.1 Piso Maciço

O piso maciço trata-se de uma peça única de madeira maciça usinada nos topos e nos lados, geralmente com a presença de chanfros nas quatro laterais. Esse tipo de piso possui uma grande demanda nos mercados europeu e americano.

A comercialização do piso maciço se dá a partir de medidas variadas. A espessura pode medir desde 8 até 19mm, as larguras de 90 a 180mm, enquanto os comprimentos de 304,8 a 2200mm.

2.1.2 Piso Engenheirado

O uso do piso engenheirado vem ganhando grande destaque recentemente. Os pisos engenheirados apresentam maior estabilidade do que os pisos de madeira maciça, e ainda contam com a qualidade estética semelhante à destes. Além disso, em função da estabilidade que oferecem, possibilitam a sua utilização em locais que apresentam maior variação de umidade.

2.1.2.1 Piso Engenheirado Multilaminado

Conhecidos internacionalmente como *engineered hardwood flooring*, o piso multilaminado conta com uma base, geralmente, composta de *Pinus spp.*, e com uma lâmina de madeira de maior valor comercial na capa. A espessura desta capa pode variar de 1,4 a 1,6mm. Já a espessura total do piso multilaminado varia de 8,5 a 10mm.

2.1.2.2 Piso Engenheirado Lamela

Conta com uma base de compensado de *Pinus spp.* e uma lamela com espessura de 2 a 4 mm, produzida a partir de espécies de madeiras nobres. Os pisos lamela possuem espessuras de comercialização que variam de 8 a 14mm.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 PRODUTO

Piso pode ser definido, de acordo com Silva e Bittencourt (2002), como uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, elaborada com o intuito de permitir o trânsito pesado ou leve. Desta forma, existem inúmeros tipos de pisos, uma vez que variam de acordo com o ambiente e com o tipo de uso que o piso estará sujeito. Portanto, a escolha de um piso deve levar em conta algumas considerações:

- O pavimento deve ser adequado ao ambiente, bem como compatível com seu acabamento;
- Precisa proporcionar o atrito necessário ao trânsito;
- Deve apresentar resistência ao desgaste natural ocasionado pelo trânsito;
- Não deve permitir alteração em sua cor e dimensões naturais;
- É necessário, ainda, considerar fatores como aquisição, instalação e conservação.

A partir de uma pesquisa realizada nos Estados Unidos, foi constatado que 90% dos corretores imobiliários pesquisados, relataram que imóveis com piso de madeira são vendidos mais rapidamente e com preço mais alto em relação ao demais imóveis. Um piso de madeira oferece, além de uma qualidade estética ao ambiente, aconchego e valor agregado ao imóvel. Além disso, por serem de origem natural, e em muitos casos, produzidos a partir de madeira de reflorestamento, podem ser considerados produtos com baixo impacto sobre o meio ambiente. (REMADE, 2009).

Considerando a resistência, bem como o longo período de tempo que mantém sua qualidade estética, o custo-benefício dos pisos de madeira acaba sendo satisfatório. Outrossim, quanto à manutenção, este tipo de piso não exige nenhum processo específico ou elaborado. (MORIKAWA, 2003).

3.1.1 Piso engenheirado

O processo de fabricação do “piso engenheirado” se dá a partir de painéis compensados ou painéis de fibras de alta densidade (HDF – *high density fiberboard*) revestidos com lâminas decorativas de madeira ou papéis melamínicos. Em tal processo, lâminas de madeira que estão coladas constituem a base do piso. Numa fase posterior, para que ocorra o ajustamento da espessura do produto, o compensado é submetido a um processo de calibração e lixamento, recebendo em seguida na superfície de cima uma camada de lâminas de madeira decorativa. São realizados ainda, cortes longitudinais em larguras finas do piso, e por último o perfilamento longitudinal e transversal, o que possibilita o encaixe e a aplicação de material de acabamento superficial. (IWAKIRI, 2005).

O piso engenheirado, uma vez que é composto por lâminas sobrepostas com fibras cruzadas, adquire uma significativa estabilidade dimensional. Ao passo que o piso de madeira maciça, por sofrer variações de umidade, está sujeito a mudanças consideráveis de dimensões. (ABIMCI, 2003). A Figura 01 demonstra a aparência lateral de um piso engenheirado.



FIGURA 01 - PISO ENGENHEIRADO LAMELA.
FONTE: CIKEL, 2010.

3.1.2 Resina

No processo de fabricação do piso engenheirado, a resina apresenta-se como um elemento primordial, sendo essencial na garantia da durabilidade do produto.

Utiliza-se, para a produção de pisos engenheirados, a resina E.P.I (Emulsão Polimerizada com Isocianato). Tal resina é resistente e também apresenta flexibilidade, além disso, proporciona uma colagem intensa, oferecendo resistência ao calor, à água e a solventes. Outra vantagem proporcionada por essa resina é o curto período de tempo necessário para cura, o que influencia diretamente na produtividade. Outrossim, o adesivo E.P.I pode ainda ser aplicado tanto a frio quanto a quente em prensas, e tem como benefício emissão zero de formaldeído e demais componentes nocivos a saúde ao ar. (REMADE, 2006).

3.1.3 Compensado de madeira

O princípio básico utilizado na fabricação de compensados é a laminação cruzada, de tal forma que as lâminas são sobrepostas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes. A Figura 02 aponta uma sugestão de direcionamento das fibras na montagem do compensado. (SELLERS, 1985).

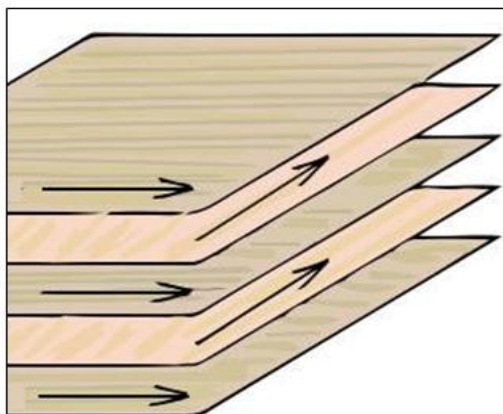


FIGURA 02 - DIRECIONAMENTO DAS FIBRAS PARA JUNÇÃO DAS LÂMINAS NA FORMAÇÃO DE UM PAINEL COMPENSADO.
FONTE: AUTOR (2010).

Dentre as vantagens apresentadas no uso da madeira compensada em relação à madeira maciça, Pfeil e Pfeil (2003) destacam como principais:

- Contração ou inchamento mais uniforme;

- Coeficiente de resistência elevado, distribuído de maneira mais uniforme pela chapa;
- Não há restrições de tamanho das chapas, exceto pela tecnologia empregada;
- Aumento da eficiência do processo, é produzido a partir de diâmetros de toras menores quando comparado ao processo de obtenção de madeira maciça.
- O preço compensa todo o trabalho de obtenção das chapas de madeira compensada.

3.1.4 Defeitos mais frequentes decorrentes do uso de piso de madeira

De acordo com estatísticas realizadas pela empresa, o defeito mais comum observado em pisos de madeira é o empenamento, definido pela deformação causada por uma curvatura nos eixos longitudinal, transversal ou ambos. Os tipos de empenamentos foram relacionados por Klitzke (2007), sendo:

1. Encanoamento. Caracterizado por apresentar, ao colocar a peça de madeira sobre uma superfície plana, a região central da tábua apoiada, permanecendo as bordas da peça levantadas. Apresenta um aspecto curvo;
2. Arqueamento. Caracterizado por apresentar, ao colocar a peça de madeira sobre uma superfície plana, uma distância entre a face da largura da tábua e a superfície de apoio;
3. Encurvamento. Caracterizado por apresentar, ao colocar a peça de madeira sobre uma superfície plana, distância entre a espessura da peça de madeira e a superfície de apoio;
4. Torcimento e encurvamento complexo. Podem ocorrer tanto no comprimento como na largura da peça, caracterizados por apresentarem, ao colocar a peça de madeira sobre uma superfície plana, distância entre a face da madeira e a superfície em diferentes direções.

3.2 FATORES INERENTES A MADEIRA QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DO PRODUTO

3.2.1 Espécie

A espécie de madeira utilizada influi diretamente nos procedimentos adotados e qualidade do piso. (ABIMCI, 2009). Nove espécies diferentes de madeira foram utilizadas na presente pesquisa.

3.2.1.1 Cumaru

A madeira de Cumaru pode ser classificada como de alto peso específico, baixa retratibilidade e alta resistência mecânica. Apresenta massa específica básica de 820kg/m³.

Cientificamente é conhecido por *Dipteryx odorata* (Aubl. Wild., Leguminosae), é também popularmente conhecido por Cumaru-de-folha-grande, Cumbaru-roxo ou Cumbaru. Pode ser encontrado principalmente nas Guianas, Venezuela, Colômbia e região Amazônica, e apresenta bom desenvolvimento em solos com boa drenagem.

O Camuru possui coloração marrom-claro ou marrom-amarelado, sendo seu alburno distinto. A sua superfície é pouco lustrosa, de aparência cerosa, e em geral, é lisa.

Em função da natureza oleosa, a colagem da madeira exige maior esforço. A sua perfuração é difícil. Pode ser submetida a polimento, pintura, verniz, lustre e emassamento. (REMADE, 2009).

3.2.1.2 Eucalipto

Madeira de rápido crescimento considerada de média massa específica, apresenta boas propriedades de resistência mecânica, porém, a grã e tensões de

crescimento implicam em dificuldades no seu uso. A massa específica básica gira em torno de 600kg/m³.

Cientificamente denominado *Eucalyptus citriodora*, é plantado no Brasil principalmente nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Pernambuco, Bahia, Maranhão e Ceará. Naturalmente, ocorre na África do Sul, Zimbábue, Ruanda, Tanzânia, Quênia, Tailândia, Indonésia, China e Portugal.

Madeira excelente para serraria, com boas características de aplainamento, lixamento, furação e bom acabamento. É frequentemente utilizada na fabricação de mobiliários, cabos de ferramentas e assoalhos. É utilizada ainda na construção civil pesada marítima, pesada externa, leve externa e leve interna estrutural, e indústria naval. (REMADE, 2009).

3.2.1.3 Jatobá

A madeira de Jatobá pode ser classificada como de alto peso específico, baixa retratibilidade e alta resistência. Apresenta massa específica básica próxima a 750kg/m³.

Conhecida cientificamente por *Hymenaea sp. Leguminosae*, é ainda reconhecida vulgarmente por Jatobá, Jataí e Jutaí. Encontrado naturalmente em toda a extensão do sul do México até a Bahia.

Apresenta coloração róseo-pardacento ao pardo-avermelhado, alborno espesso, branco-amarelado. Superfície pouco lustrosa, textura lisa a grossa. Gosto e odor indistintos. De trabalhabilidade geralmente difícil, aceita pinturas, verniz e emassamento. (EMBRAPA, 2010).

3.2.1.4 Sucupira

Madeira pesada, dura e compacta, de alta resistência mecânica e média retratibilidade. Muito resistente ao apodrecimento. Massa específica básica em torno de 740kg/m³.

De nome científico *Bowdichia virgilioides* H.B.K., a madeira de Sucupira é ainda conhecida por Sucupira-parda, Sapupira, Sucupira-do-igapó, Cutiúba e Sapupira-da-mata. A espécie é própria da mata firme, ocorrendo nos estados do Amazonas, Rondônia e, com maior frequência, no Pará.

Cerne na tonalidade chocolate ao marrom-escuro, com alburno estreito e acinzentado. Textura entre média e grossa, sendo comum grã irregular e ondulada. Superfície irregularmente lustrosa, de aspecto fibroso e entrelaçado. Madeira apresenta cheiro e gosto imperceptível. Moderadamente difícil de trabalhar, recebe bom acabamento. (REMADE, 2009).

3.2.1.5 Timborana

Madeira dura, com alta resistência mecânica. Massa específica básica média próxima a 720kg/m³.

Seu nome científico é *Piptadenia suaveolens* (Mcq), conhecida ainda por Fava-folha-fina, Faveira-folha-fina, Paricá-branco, Paricá-grande-da-terra-firme, Angico, Angico-vermelho e Timbaúba. Espécie comum no Amazonas, Amapá, Pará e Rondônia.

Cor castanha pálida, textura média e grã direta, com gosto e cheiro indistintos. Resistente ao ataque de fungos e insetos. Trabalhabilidade difícil com cerne bastante impermeável. (EMBRAPA, 2010).

3.2.1.6 Muiracatiara

A espécie Muiracatiara possui madeira muito pesada, de alta resistência mecânica e baixa retratibilidade. Massa específica básica comumente próxima a 800kg/m³.

Cientificamente conhecida por *Astronium lecointei* Ducke. É ainda conhecida por Aroeira, Maracatiara, Sanguessungueira, Aroeirão e Juiraquatiara. Encontrada na região Amazônica, nos estados do Acre, Amazonas, Rondônia e Roraima, podendo ser encontrada ainda, com frequência, nos estados do Pará e Maranhão.

Possui cerne de cor castanho-avermelhado, grã regular, textura média, cheiro e gosto imperceptíveis. A madeira desta espécie é fácil de trabalhar e propicia excelente acabamento. Recebe bem pintura, verniz, lustro e emassamento. (EMBRAPA, 2010).

3.2.1.7 Ipê

Madeira muito pesada, impermeável, resistente ao ataque de organismos xilófagos e resistente também ao corte. Apresenta massa específica básica próxima a 800kg/m³.

Cientificamente conhecido por *Tabebuia impetiginosa*, apresenta também muitos nomes populares, como Ipê-da-mata, Ipê-una ou Pau D'arco.

A coloração do cerne é pardo acastanhado ou pardo-alva-claro, geralmente uniforme, textura fina a média, grã direita ou revessa, superfície pouco lustrosa e medianamente lisa ao tato. Não apresenta cheiro e gosto. A madeira é muito valorizada na construção civil, por apresentar grande durabilidade. (REMADE, 2009).

3.2.1.8 Amêndola

Está espécie apresenta durabilidade e resistência. Considerada uma espécie moderadamente densa, a massa específica básica varia em torno de 560kg/m³.

Cientificamente denominada *Mimosa scabrella*, é conhecida industrialmente por Amêndola ou Bracatinga. Encontrada com frequência no Sul do Brasil, principalmente nos estados do Paraná e de Santa Catarina, regiões de clima, em geral, frio.

O cerne, de coloração bege-rosada, é irregular, com nuances mais escuras, textura grosseira, superfície um pouco áspera e de grã direita. A durabilidade natural da madeira é muito baixa, contudo, é permeável aos tratamentos preservantes. (EMBRAPA, 2010).

3.2.1.9 Pinus

O *Pinus spp.* vem crescendo muito em importância na produção do setor madeireiro, à medida que crescem as áreas de florestas plantadas, objetivando a produção de madeira sustentada. A espécie vem buscando substituir madeiras de comercialização restrita no mercado, porém, algumas restrições quanto à qualidade dos produtos de *Pinus spp.* ainda são barreiras a quebrar. Considerada uma madeira leve, de baixa resistência mecânica e pouca durabilidade, sua massa específica básica gira em torno de 400kg/m³.

Conhecido popularmente por Pinus, Pinheiro ou Pinheiro-americano. A região natural desta espécie situa-se no Canadá e parte dos Estados Unidos. No Brasil vem apresentando excelentes índices de crescimento e adaptação, sendo plantado em larga escala no Sul e Sudeste, além do Mato Grosso do Sul.

Apresenta cerne e alburno indistintos pela cor, branco-amarelado, brilho moderado, cheiro e gosto distintos e característicos, grã direita, textura fina, densidade baixa, macia ao corte. Madeira fácil de ser trabalhada, fácil de desdobrar, aplinar, desenrolar, lixar, tornear, furar, fixar, colar e permite bom acabamento. A madeira é considerada de baixa durabilidade natural, porém, é altamente permeável, aceitando tratamentos com produtos preservantes. (EMBRAPA, 2011).

3.2.2 Massa específica

A massa específica é uma propriedade da madeira de grande relevância em qualquer estudo proposto, e é geralmente utilizada para classificar o material. Esta propriedade consiste basicamente na relação entre o peso e o volume ocupado por uma peça de madeira a um determinado teor de umidade, podendo ser expresso em g/cm³ ou kg/m³. (KLITZKE, 2007).

Segundo Klock (2000) as espécies de maior massa específica possuem maior quantidade de parede celular por volume e, conseqüentemente, menos espaços vazios, por onde a água pode se movimentar de maneira mais rápida. Uma concentração maior de massa lenhosa em um determinado volume implica também

em maior variação das dimensões do material, fatos que implicam em um processo mais lento e com maior tendência ao surgimento de defeitos nestas espécies.

A resistência da madeira está diretamente ligada à massa específica. Madeiras de maior peso, por exemplo, geralmente são mais resistentes, elásticas e duras. Ao passo que madeiras mais leves, normalmente, apresentam menor resistência mecânica. (KLOCK, 2000).

Existem inúmeros fatores que exercem influência sob a massa específica, tanto internos quanto externos à madeira. O aspecto do local de crescimento das árvores, tais como, clima, solo, altitude, umidade do solo, declividade, vento, poda, desbaste, entre outros, aparecem como sendo fatores externos. Já a estrutura anatômica do lenho constitui-se como um dos fatores internos. (KLOCK, 2000).

Embora a massa específica sofra influência de diversos fatores, ela também influencia a anisotropia da madeira. Kollmann e Cotê (1968) explicam que a proporção da contração e do inchamento volumétricos da madeira estão relacionados a sua massa específica, existindo uma relação linear entre estas propriedades. Quanto maior a massa específica da madeira, maior será a contração e o inchamento.

Hart (1975) afirmou que o tempo demandado para a retirada da água superficial é diretamente proporcional à massa específica, já o tempo necessário para a retirada da água presente no interior da madeira, pelo processo de difusão, é proporcional a raiz quadrada do mesmo.

3.2.3 Teor de umidade

O teor de umidade de uma árvore, quando passada pelo processo de corte, é bastante variável. Uma árvore quando cortada, embora apresente uma quantidade significativa de água em sua estrutura, está sujeita a apresentar variações em tal quantidade, devido à região de procedência, da espécie florestal, bem como da época do ano no qual se deu o corte. Madeiras leves, por exemplo, apresentam uma quantidade maior de água em sua estrutura por serem mais porosas que as madeiras com maior peso. Neste contexto, cabe ressaltar, que o teor de umidade, além de variar de uma espécie para outra, apresenta ainda variações dentro da

própria espécie e até mesmo dentro do próprio tronco de árvore. Ou seja, é possível observar que o alburno apresenta um conteúdo de umidade maior que o cerne. O cerne, em virtude de substâncias fenólicas encontradas em suas células, não concentra um alto teor de umidade. Já no que tange o alburno, devido as suas funções de movimentação da seiva, pode reter até quatro vezes o seu peso seco em água. (KLITZKE, 2007).

A porcentagem de umidade presente em uma madeira recém-cortada, em geral, varia de 35% a 200%, o que diversifica de uma espécie para outra. Nestas condições, a madeira, na maioria dos casos, tem seus vasos, canais, meatos e o lúmen das células cheios de água, o que ocorre também nos espaços vazios que se encontram no interior da parede celular. (KLOCK, 2000).

O método gravimétrico é conhecido como mais simples e preciso de determinação do teor de umidade da madeira, como afirma Skaar (1972), contudo, o mesmo apresenta como desvantagem o fato de ser destrutivo, demandar muito tempo para conhecimento dos resultados, e é inviável para espécies com componentes voláteis.

As amostras são levadas a estufa a uma temperatura de $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até atingir peso constante ao longo do tempo. É considerado que a amostra atingiu peso constante quando este não difere em mais de 0,1% do peso em relação à massa seca durante um período. O período de tempo decorrido entre as pesagens é de seis horas. Os corpos de prova devem ser manuseados com uma pinça metálica, não havendo contato com as mãos durante as pesagens. Os corpos de prova retirados da aclimação para a pesagem devem permanecer no dessecador, sendo pesados somente quando atingirem temperatura próxima a do ambiente. (SKAAR, 1972).

A umidade da madeira é dada pela relação entre a massa da água removida e a massa absolutamente seca da amostra.

O teor de umidade é obtido através da Equação 01 abaixo:

$$\%U = \frac{Pu - Po}{Po} \times 100 \text{ (Equação 01)}$$

Onde:

%U = Teor de umidade (%);

Pu = Peso úmido (g);

Po = Peso seco (g).

A massa específica da madeira e a estrutura celular desta constituem-se como sendo fatores que contribuem com a variação da relação existente entre o peso de água e o peso da madeira seca. (SKAAR, 1972).

O tempo de secagem da madeira está relacionado à diferença que se dá entre o teor de umidade inicial e o teor de umidade final. Quanto maior a diferença que se dá entre o primeiro em relação ao segundo, maior é o tempo de secagem da madeira. (SKAAR, 1972).

Muitas vezes, o teor de umidade da madeira produz interferência sobre inúmeros fatores inerentes ao processo de tratamento, como por exemplo, a secagem, o curvamento, a preservação, a colagem, e entre outros. (GALVÃO e JANKOWSKI, 1985).

Kollmann e Cotê (1968) apontam que a água está presente em quatro diferentes formas na madeira recém-cortada: água capilar ou livre; água higroscópica ou de adesão; água de constituição, fazendo parte das moléculas de celulose, hemicelulose e lignina; e por último vapor de água, localizado nas aberturas naturais da madeira e movimentando-se por difusão.

De acordo com Kollmann e Cotê (1968), o movimento da água se dá no sentido longitudinal, tangencial e radial, sendo que o fluxo de água capilar no sentido das fibras é, no mínimo, cinquenta vezes maior que perpendicular às mesmas.

Além do mais, segundo Kollmann e Cotê (1968), abaixo do Ponto de Saturação das Fibras (PSF), a velocidade de difusão no sentido longitudinal caracteriza-se com sendo, em média, de dez a quinze vezes maiores que na transversal. Já no que tange a difusão radial, esta é cerca de 20 a 50% maior que na tangencial.

Segundo Skaar (1972), a madeira, após passada pelo processo de corte e exposta ao ambiente, contém o mesmo teor de umidade de quando ainda viva - igual ou superior a 30% - e passa a perder umidade para a atmosfera circundante.

3.2.4 Ponto de saturação das fibras

Em relação ao Ponto de Saturação das Fibras (PSF), cabe destacar que este se caracteriza como sendo um elemento de grande importância em função das alterações na resistência mecânica e nas propriedades físicas que ocorrem na madeira a partir deste ponto. Tais alterações surgem a partir da retirada da água que está presente nos espaços submicroscópicos da parede celular da madeira, o que faz com que ocorra a aproximação entre as micelas, e conseqüentemente confira maior rigidez. (GALVÃO e JANKOWSKI, 1985).

No momento em que a madeira conta somente com a presença de água de adesão, ou seja, após a água livre ou de capilaridade ter sido dela retirada, ela atingiu sua umidade de saturação do ar (USA) ou seu Ponto de Saturação das Fibras (PSF). Geralmente, o PSF está situado numa zona que varia de 22 e 30% de umidade, índice que varia de uma espécie para outra. (GALVÃO e JANKOWSKI, 1985).

De acordo com Kollmann e Cotê (1968), nas espécies de coníferas que apresentam um alto teor de resina, bem como nas folhosas com cerne distinto e que possuem porosidade em anel circular, o PSF varia de 22 a 24%. Já nas espécies de folhosas com porosidade difusa, cerne indistinto, alborno com porosidade em anel circular, folhosas com cerne distinto e porosidade em anel semicircular, este índice é maior, variando de 32 a 35%.

Acerca dos valores obtidos para o ponto de saturação das fibras da madeira de *Pinus taeda*, de acordo com Zaderenko (2000) o valor médio é de 27,9%. Segundo o mesmo, os valores obtidos para o ponto de saturação das fibras em média se encontra entre 25% e 35% de umidade, em relação ao peso seco do material, variando conforme a espécie, teor de extrativos, temperatura, e etc.

3.2.5 Água livre ou capilar

Em relação à água livre Kollmann e Cotê (1968) e Skaar (1972), definem como aquela que está presente na madeira quando o teor de umidade desta encontra-se acima do ponto de saturação das fibras. Nestes casos, a água encontra-

se na forma líquida, o que permite que ela ocupe o lúmen dos elementos vasculares. A água livre, movimentando-se nos espaços “vazios”, principalmente por capilaridade, se desloca de modo rápido e sem que as dimensões da madeira sejam alteradas. Deste modo, a quantidade de água livre é limitada pelo volume e quantidade de poros.

A água livre, assim que a secagem da madeira é iniciada, a partir da evaporação, vai saindo facilmente, até o momento em que se esgota, uma vez que é mantida na madeira por forças capilares muito frágeis. Quando atinge esta etapa, a madeira encontrar-se-á num ponto denominado “ponto de saturação das fibras” (PSF), o que corresponde a um teor de umidade que varia entre 28 e 32%. As paredes da madeira, quando está atingido tal ponto, estão completamente saturadas, ao passo que suas cavidades (lumens) encontram-se vazias. (KLOCK, 2000).

A retirada da água capilar na forma líquida das cavidades das células da madeira constitui-se como sendo um dos fatores limitantes na secagem da madeira. Em virtude dos riscos que estão associados à remoção rápida da água a altas temperaturas, normalmente é recomendado que seja utilizadas temperaturas baixas durante as etapas iniciais da secagem. (GALVÃO e JANKOWSKI, 1985).

Além disso, deve-se elaborar curvas específicas de secagem, desenvolvidas para cada espécie de madeira, e até mesmo para uma mesma espécie, visto que o uso final do produto a ser gerado pode não ser o mesmo. Cabe lembrar, que durante essa fase de secagem, a madeira não sofre alterações em suas propriedades mecânicas, e ainda não ocorrem variações em suas dimensões. (KLITZKE, 2007).

3.2.6 Água de adesão ou higroscópica

Acerca da quantidade de água higroscópica presente na madeira, de acordo com Siau (1995), é limitada pela quantidade de sítios de sorção disponíveis, bem como pelo número de moléculas de água que podem ser retiradas em cada sítio de sorção. Neste contexto, Skaar (1972) aponta que as moléculas de água que são absorvidas junto à parede celular da madeira, necessitam de uma quantidade menor de energia para se locomoverem para regiões com um teor de umidade menor, se

comparada a energia necessária para se deslocarem para locais de maior teor de umidade.

Quando a madeira está abaixo do ponto de saturação, a água higroscópica, que está presente nas paredes celulares, movimenta-se por elas a partir de um processo denominado difusão. Cabe ressaltar que é em combinação com a difusão do vapor de água que a difusão da água higroscópica ocorre. A água no estado de vapor, enquanto percorre em direção à superfície da madeira, é novamente absorvida na parede de outra célula. A partir disso, ocorre o mecanismo de difusão da água higroscópica, sendo que tal ordenação de mecanismos torna a se repetir até que a molécula de água alcance a superfície da madeira. (JANKOWSKI, 1992).

Cabe lembrar que a saída da água de impregnação causa alterações na estrutura da madeira, visto que aproxima as células lenhosas e lhes confere maior rigidez. Isto explica a contração da madeira, que se manifesta entre 6% e 28% do teor de umidade. (KOLLMANN, 1951).

3.2.7 Umidade de equilíbrio

A madeira que está sujeita a se expor às variações da atmosfera, está de modo constante adquirindo ou perdendo moléculas de água, propriedade da madeira denominada higroscopicidade. Para Oliveira (1998), um fator muito importante para que a madeira seja bem utilizada, é que se tenha o conhecimento das propriedades higroscópicas.

De acordo com Tsoumis (1991), a umidade de equilíbrio caracteriza-se como sendo uma medida da higroscopicidade da madeira, sendo expressa a partir de uma porcentagem da massa seca da madeira.

Quando a madeira não perde, e nem absorve água do ambiente, ou ainda, quando a umidade da madeira está em consonância com a umidade relativa do ar, define-se como umidade de equilíbrio da madeira. Skaar (1972) denomina umidade de equilíbrio àquela quando a madeira encontra-se em equilíbrio higroscópico com o meio, isto é, não doa ou recebe umidade da atmosfera circundante.

Neste contexto, os problemas que estão relacionados à umidade podem ser minimizados, ou até eliminados definitivamente se a madeira for seca a um teor de

umidade igual ou próximo a aquele de equilíbrio com as suas condições de uso. (SKAAR, 1972).

Tsoumis (1991) lembra que não é possível que a madeira alcance a umidade de equilíbrio, pelo fato, de encontrar-se num ambiente não controlado, onde a temperatura e a umidade relativa do ar são fatores que apresentam variações constantemente.

De acordo com Siau (1995) um fator de primordial importância em relação à umidade de equilíbrio é a umidade relativa do ar, todavia ressalta que existem ainda outros fatores, como por exemplo, esforços mecânicos, espécie, temperatura do ar, massa específica e o teor de extrativos que também são importantes.

3.2.8 Contração e inchamento

A madeira é um material peculiar, se diferencia dos metais e dos plásticos, por exemplo, por possuir uma propriedade física singular, a qual pode ser caracterizada como uma movimentação desigual das diferentes direções estruturais da madeira. (KLOCK, 2000).

Segundo Kollmann e Cotê (1968) a propensão da madeira contrair e inchar com trocas de umidade (higroscopicidade) constitui-se como sendo uma das propriedades mais desfavoráveis desse tipo de material. Desta forma, a busca pela estabilidade dimensional da madeira torna-se um desafio constante nos segmentos que utilizam como matéria-prima a madeira maciça.

Um fator que deve ser considerado em relação à contração e ao inchamento da madeira, aponta Tsoumis (1991), é a umidade, que quando se encontra abaixo do ponto de saturação das fibras acaba exercendo influência no inchamento e na contração do material.

Segundo Hillis e Brow (1978), em função da contração excessiva que a madeira do gênero *Eucalyptus* apresenta, e que posteriormente leva ao surgimento de defeitos, como empenamentos e rachaduras, a utilização dessa madeira como matéria prima torna-se mais complexa. Em virtude da elevada anisotropia dimensional que a maior parte das madeiras desta espécie apresenta, tal

conhecimento serve como instrumento para que ocorra a correta condução do processo de secagem e de utilização final.

O conhecimento dos mecanismos físicos que regem os fenômenos de retratibilidade está ligado à obtenção de um produto final de qualidade, uma vez que com ele torna-se possível a minimização ou até mesmo eliminação de defeitos que a madeira costuma apresentar. Desta forma, Hillis e Brown (1978) apontam a utilização da madeira de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* como matéria prima para a fabricação de assoalhos industriais e residenciais, mesmo considerando os elevados coeficientes de contração apresentados por tais espécies.

De modo geral, a contração e o inchamento dizem respeito às alterações que ocorrem em relação à quantidade de água de impregnação, ou seja, a secagem ou o ganho de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras. (SKAAR, 1972).

Panshin e De Zeeuw (1980) explicam que são desiguais às variações dimensionais sofridas pela madeira ao longo das três direções estruturais, frutos de sua característica anisotrópica. É no sentido tangencial aos anéis de crescimento que ocorre a maior modificação dimensional da madeira. Além disso, na dimensão radial, em um grau menor, também é possível observar alterações, enquanto no sentido longitudinal, as mudanças são praticamente nulas. De modo geral, constata-se que a contração que ocorre na direção tangencial em relação à direção radial é cerca de duas vezes maior. Desta forma, o coeficiente ou fator anisotrópico, que é caracterizado pela relação que se dá entre as contrações tangencial e radial (T/R), aparece como um índice bastante útil para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira.

Segundo estudiosos, é necessário que se tenha um fator anisotrópico baixo para se atingir a obtenção de produtos finais de alta estabilidade, fabricados a partir da utilização da madeira.

É a partir da influência restritiva que os raios exercem na direção radial, bem como do arranjo helicoidal diferente das microfibrilas que se encontram nas paredes tangenciais e radiais, que segundo Kollmann e Cotê (1968), pode-se explicar a diferença entre a retratibilidade tangencial e a radial.

A orientação das micelas, das fibrilas, bem como das fibras que formam o tecido lenhoso, constituem-se, como “causas” das propriedades anisotrópicas da madeira. (KOLLMANN e COTÊ, 1968).

É em função das características anatômicas, apontam Masseran e Mariaux (1985), que existem as maiores diferenças entre a retratibilidade tangencial e a radial em grande parte das folhosas. Além disso, de acordo com tais autores a anisotropia da madeira está diretamente ligada ao volume dos raios, a dimensão radial das fibras e as diferenciações químicas que se dá entre as paredes radiais e tangenciais.

Torna-se maior, lembra Tsoumis (1991), a magnitude da contração e da expansão da madeira, a partir do aumento da densidade. Neste contexto, Hillis e Brown (1978), a partir de análises realizadas na Austrália, observaram que a madeira obtida a partir de árvores de *Eucalyptus spp.* que passaram por um processo de rápido de crescimento, na maior parte dos casos, acaba sofrendo contração excessiva, além disso, costuma apresentar alguns defeitos de secagem, os quais em madeiras de menor densidade (abaixo de 650kg/m³) tendem a serem piores.

Foi a partir de estudos realizados sobre a madeira de *Eucalyptus microcorys*, de 20 anos de idade, que Lima (1999) constatou que a contração volumétrica total e parcial estava de modo significativo, positivamente correlacionada a massa específica básica.

Os coeficientes de contração das madeiras comerciais brasileiras, segundo dados do IPT (1995), variam de 3,5 a 8,6% na direção radial; de 7,8 a 21,9% na direção tangencial; e de 13,2 a 35,7% na contração volumétrica total.

A partir de estudos a respeito de sete espécies de *Eucalyptus spp.* com 16 anos de idade, Oliveira (1998) obteve valores de coeficientes de contração volumétrica que variam de 15,9 a 27,2%. O mesmo pesquisador encontrou ainda, valores T/R, que variam de 1,4 a 2,1.

Carmo (1996), ao realizar análises a respeito do comportamento da madeira *Eucalyptus saligna* com 21 anos de idade, chegou a valores para as contrações volumétricas, tangencial e radial de 23,5, 16,9 e 9,7%, respectivamente, o que gerou um fator anisotrópico igual a 1,74.

A estabilização por aquecimento constitui-se como sendo uma das técnicas utilizadas para que a higroscopicidade da madeira seja reduzida. Atualmente tal técnica tem estado em evidência, sendo inclusive um tema estudado por pesquisadores brasileiros contemporâneos (PINCELLI, 2002; BORGES e QUIRINO, 2004; BRITO, 1993).

4 MATERIAL E MÉTODOS

A empresa Cikel Brasil Verde Madeiras Ltda, com necessidade de conhecer o comportamento dos seus produtos em diferentes condições de umidade, estabeleceu uma parceria junto ao laboratório de Secagem de Madeiras do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da Universidade Federal do Paraná para o desenvolvimento desse estudo. Amostras de piso cedidas pela empresa foram mantidas em diferentes condições climáticas, e o comportamento dos pisos foi avaliado ao final de cada ciclo efetuado. Foram realizados quatro ciclos de aclimatação, com duração de sete dias cada, onde o ambiente controlado manteve a umidade de equilíbrio da madeira próximo a um valor específico, de 5, 10, 15 e 20% respectivamente, divididos em duas etapas:

1. As amostras foram acondicionadas em aproximadamente 10 e 5% de umidade de equilíbrio por sete dias em cada condição, totalizando 15 dias de testes.
2. Acondicionamento das amostras de pisos a aproximadamente 15 e 20% de umidade de equilíbrio, durante sete dias a cada condição, totalizando também 15 dias de testes.

4.1 AMOSTRAGEM

Foram experimentadas 126 amostras de pisos, de quatro produtos diferentes. Três amostras foram retiradas de cada piso, e o resultado exposto consiste na média aritmética das três peças. O piso com base de compensado de madeira tropical foi chamado de piso “*tropical*”.

A fim de avaliar o comportamento destes pisos “*tropicais*” foram utilizadas três amostras com lamela de cinco espécies de madeira diferentes, com 2mm de espessura, totalizando 15 amostras deste produto para primeira etapa, 30 no total. Também do piso “*tropical*” foram obtidas três amostras de piso com lamela de cinco espécies diferentes, com 3mm de espessura, perfazendo um total de 15 amostras deste produto por etapa, 30 ao todo. A dimensão nominal utilizada nas amostras do piso “*tropical*” foi de 8,75 x 82,55mm. O piso “*finestrip*” foi mantido no mesmo

ambiente que o piso “*tropical*”, permitindo um resultado comparativo entre os produtos. Para avaliar o comportamento do piso “*finestrip*” foram utilizadas três amostras com lamela de quatro espécies diferentes de madeira, com dimensão nominal de 10 x 120mm, deste produto foi utilizado doze amostras por etapa, totalizando vinte e quatro corpos de prova. O piso “*finestrip*” também foi avaliado com dimensão nominal de 14 x 140mm, através de três amostras de piso com lamela de sete espécies diferentes de madeira, resultando em vinte e uma amostras deste produto por etapa, num total de quarenta e dois corpos de prova. Em todas as amostras do piso “*finestrip*” a espessura da lamela utilizada como capa foi de 3mm. Vale ressaltar ainda, que o comprimento das peças empregadas neste estudo foi fixado em 400mm, tanto nos pisos “*tropicais*” quanto nos pisos “*finestrip*”.

As espécies de madeira utilizadas na obtenção das lamelas dos pisos avaliados neste estudo foram: *Muiracatiara*, *Cumaru*, *Ipê*, *Sucupira*, *Jatobá*, *Timborana*, *Eucalyptus spp.* e *Amêndola*. O comportamento da massa das amostras foi acompanhado com auxílio de uma balança de precisão e o teor de umidade obtido através do método de determinação gravimétrico (teor de umidade real).

O teor de umidade foi medido três vezes por etapa, apontando a umidade inicial da madeira, a umidade após o primeiro ciclo e a umidade ao término da etapa. Foram comparados os resultados médios de contração e inchamento, das flechas de empenamento, surgimento de aberturas no topo ou superfície e também presença de trincas nos pisos. A variação nas dimensões, bem como os empenamentos foram medidos com auxílio de um paquímetro digital, defeitos de abertura de topo ou superfície e surgimento de trincas foram avaliados de maneira visual.

4.2 ETAPA 1

Inicialmente as amostras de pisos foram mantidas em uma câmara de climatização, em um ambiente com temperatura de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $57 \pm 5\%$ de umidade relativa do ar. Esta condição foi mantida por um período de sete dias. Este ambiente foi escolhido por manter o piso em aproximadamente 10% de umidade de equilíbrio. Em seguida as amostras foram avaliadas. Esta condição é comum em diversas regiões, este teor de umidade representa grande parte da produção da empresa.

Após este período, foi alterada a condição da câmara para $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $23 \pm 5\%$ de umidade relativa do ar. Esta condição foi mantida por mais sete dias, resultando numa umidade de equilíbrio de aproximadamente 5%. Esta condição é considerada extrema, a madeira para atingir este teor de umidade sofre grande alteração dimensional, não sendo obtida com facilidade. O piso comercializado a este teor de umidade exige cuidados, já que permanece sujeito a ganhar umidade e inchar, em contato com a maioria dos ambientes naturais.

4.3 ETAPA 2

Na segunda etapa a condição da câmara foi ajustada para uma temperatura de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $75 \pm 5\%$ de umidade relativa do ar. Esta condição foi mantida por mais sete dias, resultando numa umidade de equilíbrio de aproximadamente 15%. Por último, o ambiente criado na câmara, com intuito de manter a umidade de equilíbrio em 20%, manteve temperatura de $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ de umidade relativa do ar. Esta condição foi mantida até totalizar 15 dias de duração dos testes. A condição de 20% de umidade de equilíbrio é considerada extrema, sujeitando o piso a elevado ganho de umidade e conseqüentemente ocorre inchamento.

4.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

4.4.1 Gerador de Vapor

Características técnicas:

- Tipo: resistência de imersão;
- Capacidade (prod.de vapor): 40kg/h;
- Potência elétrica/tensão: 40kw-220/380v;
- Pressão máxima de trabalho admissível: 4kgf/cm²;
- Pressão de prova hidrostática: 6kgf/cm²;
- Volume de água em operação: 200litros;

- Ano de fabricação: 1997.

O gerador de vapor do laboratório não fornece energia térmica para a câmara de aclimatação, o aquecimento é realizado através de um par de resistências elétricas. O vapor tem por objetivo controlar a umidade do ambiente, obtido através de resistências elétricas imersas no gerador.

O gerador de vapor é composto por um manômetro (kg/cm^2), que deve operar sempre na posição especificada de trabalho. O reservatório para alimentar a caldeira está instalado na parte externa ao laboratório e apresenta uma capacidade em volume de 1.000 litros. O gerador de vapor conta com um dispositivo de segurança, a válvula de segurança, que é responsável por abrir e reduzir a pressão interna quando está excede o valor máximo.

4.4.2 Câmara de aclimatação

As condições climáticas desejadas foram mantidas durante o ciclo em um ambiente controlado, gerado no interior de uma câmara de aclimatação do tipo Grallinger – GW Dataloger.

A câmara climática controla a temperatura com uma incerteza de 2°C . A umidade relativa é controlada com uma precisão de $\pm 5\%$. Além do controle das variáveis do ambiente a câmara conta com um dispositivo de alerta para qualquer problema com o ambiente interno e uma saída de dados, que permite a leitura das variáveis através de um software instalado no computador do laboratório. As Figuras 03 e 04 mostram a estrutura da câmara externamente e internamente, respectivamente



FIGURA 03 – CÂMARA CLIMATIZADORA.
FONTE: AUTOR (2010).



FIGURA 04 – AMOSTRAS NO INTERIOR DA CÂMARA.
FONTE: AUTOR (2010).

4.4.3 Balança

A balança utilizada é profissional, da marca digimed, modelo KN- 500Z, com precisão de 0,5g. Permite “pesar” até 500g, sendo o mínimo de carga a medir com precisão 10g. As Figuras 05A e 05B ilustram a balança empregada neste estudo.

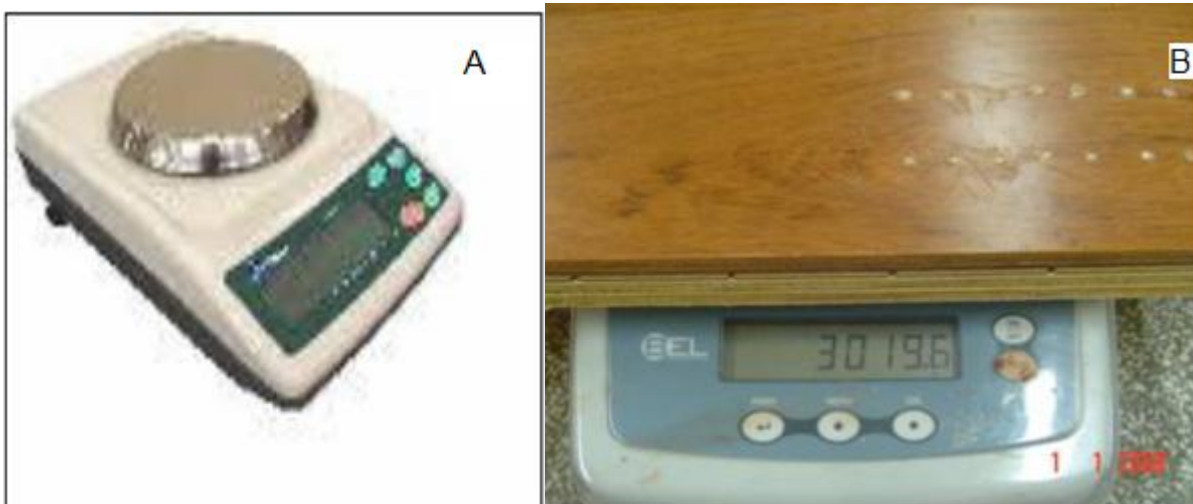


FIGURA 05A – BALANÇA DIGITAL.
FIGURA 05B – AMOSTRA DE PISO SOBRE A BALANÇA.
FONTE: AUTOR (2010).

4.4.4 Estufa

Estufa de secagem a alta temperatura de pequeno tamanho, utilizada geralmente para secar corpos de prova a 0% de umidade. A Figura 06 apresenta a estufa utilizada no laboratório.



FIGURA 06 – ESTUFA UTILIZADA NA PESQUISA.
FONTE: AUTOR (2010).

4.4.5 Dessecador

Utilizado para resfriamento das amostras sem que ocorra troca de umidade entre o ambiente e as peças, contém no seu interior sílica, reduzindo as trocas de umidade durante o resfriamento. Este procedimento garante valores de umidade calculados próximos aos reais.

4.5 AVALIAÇÕES DE DEFEITOS

Com auxílio de um paquímetro digital de alta precisão foram medidas as amostras antes e depois da aclimação, além da dimensão de alguns dos defeitos decorrentes do tempo exposto em ambiente controlado na câmara. As Figuras 07 e 08 demonstram as medições efetuadas nos pisos.



FIGURA 07 – MEDIÇÃO DA ESPESSURA NA AMOSTRA.
FONTE: AUTOR (2010).



FIGURA 08 – MEDIÇÃO DE LARGURA NA DEMARCAÇÃO DA AMOSTRA.
FONTE: AUTOR (2010).

Ao término de cada ciclo de aclimação as amostras foram medidas e avaliadas, de acordo com a Tabela 01.

TABELA 01 - CLASSIFICAÇÃO DA INTENSIDADE DOS DEFEITOS DE EMPENAMENTOS E RACHADURAS.

Intensidade	Empenamentos e Rachaduras (mm)
Moderado	$> 0 < 1,0$
Médio	$>1,0 < 2,0$
Alto	$>2,1$

FONTE: AUTOR (2010).

Ficou estabelecido que os empenamentos na forma de “n” serão positivos e quando estiverem na forma de “u” serão negativos. Empenamentos na forma de “u” são considerados indesejáveis por inviabilizar a instalação do piso. Foram relatados de maneira visual trincas e aberturas nas superfícies.

Deve ser levado em consideração que as amostras apresentavam 400mm de comprimento, quando o ideal seria testar amostras de até 4 pés (aproximadamente 1200mm) de comprimento, simulando a situação real de uso.

5 ANÁLISES DOS RESULTADOS

5.1 ETAPA 1

As amostras de piso selecionadas e analisadas na primeira etapa do estudo foram mantidas por quatorze dias a temperatura de $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, nos sete primeiros dias com umidade de equilíbrio próximo a 10%, e outros sete dias com umidade de equilíbrio próxima a 5%. No Gráfico 01 pode ser observado o comportamento das condições climáticas mantidas na câmara.

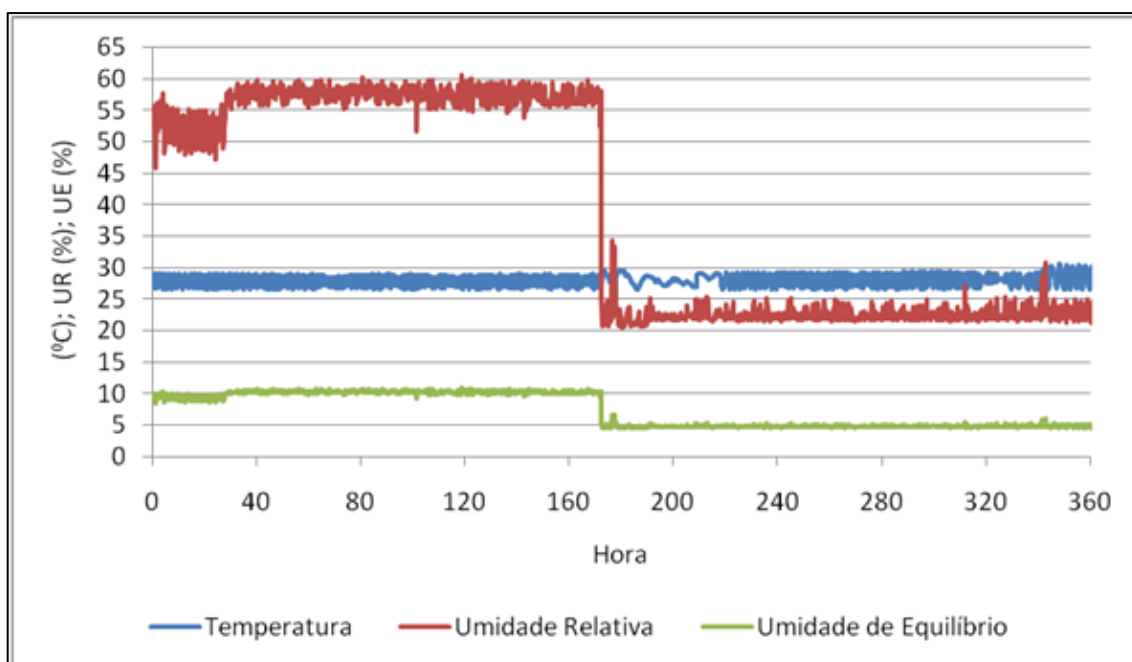


GRÁFICO 01 - MEDIÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS REALIZADAS NA ETAPA 1.
FONTE: AUTOR (2010).

O gráfico 01 demonstra que o equipamento manteve as condições desejadas pelo período estabelecido no teste. Após cada ciclo de sete dias as amostras foram avaliadas e então expostas a um novo ambiente na câmara por mais sete dias, completando a primeira etapa dos testes.

5.1.1 Resultados obtidos nos pisos “tropicais”

Na Tabela 02 são apresentados os resultados médios obtidos nos pisos analisados, denominados na pesquisa como piso “tropical” devido espécie que compõe o miolo. Foi determinado o teor de umidade no qual o piso se estabilizou após sete dias de aclimação, avaliando sua variação dentre os ciclos. Também foram analisadas as variações das contrações em largura e espessura das amostras de piso “tropical” com 82,55mm de largura.

TABELA 02 - AVALIAÇÃO DE UMIDADE(%) E DE CONTRAÇÃO(mm) DO PISO TROPICAL APÓS ACONDICIONAMENTO EM 10 E 5% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.

Espécie (3mm)	TU Inicial	TU 10%	TU 5%	Perda TU (10%)	- Perda TU (5%)	Cont. Larg. (10%)	Cont. Larg. (5%)	Cont. Esp. (10%)	Cont. Esp. (5%)
Muiracatiara	15,5	15,2	12,6	0,3	2,6	0,040	0,333	0,097	1,103
Sucupira	13,5	12,6	10,3	0,9	2,3	0,097	0,436	-0,956	0,170
Jatobá	13,3	13,0	10,6	0,3	2,4	0,022	0,379	-0,833	0,249
Cumaru	15,2	14,9	12,3	0,3	2,6	0,083	0,446	-0,215	0,673
Timborana	11,6	11,2	8,7	0,4	2,5	0,073	0,468	-0,706	0,348

Espécie (2mm)	TU Inicial	TU 10%	TU 5%	Perda TU (10%)	- Perda TU (5%)	Cont. larg. (10%)	Cont. larg. (5%)	Cont. Esp. (10%)	Cont. Esp. (5%)
Muiracatiara	17,1	16,2	13,0	0,8	3,2	0,050	0,303	0,675	1,313
Sucupira	13,5	12,9	10,7	0,5	2,2	0,079	0,373	0,326	0,438
Jatobá	8,0	9,1	7,4	-1,1	1,7	-0,044	0,109	-0,939	0,251
Cumaru	15,5	14,9	12,3	0,6	2,7	0,127	0,405	0,278	0,727
Timborana	15,7	15,1	12,3	0,6	2,8	0,071	0,419	-0,363	0,741

TU – teor de umidade; Cont.Larg. – contração largura; Cont. Esp. – contração espessura.

FONTE: AUTOR (2010).

As amostras apresentaram um comportamento similar para as duas espessuras de lamelas para o piso de 82,55mm de largura. Todas as espécies apresentaram perdas de umidade após 14 dias de testes. Interessante ressaltar que a amostra de Jatobá para lamela de 2mm foi a única que obteve ganho de umidade na primeira fase desta etapa e a que apresentou menor perda de umidade. Este resultado era esperado, pois o teor de umidade inicial era abaixo da condição exposta que foi de 10% de UE. Por outro lado, a amostra de Muiracatiara com 2mm apresentava teor de umidade inicial mais elevado (17,1%) e foi a madeira que obteve maior perda de umidade com 3,2%. Em geral, pode-se observar que ocorreu

uma tendência nas amostras, demonstrando que quanto maior o teor de umidade do piso maior será a perda quando exposto a baixas umidades de equilíbrio. Somente a amostra de Timborana 3mm não seguiu esta tendência. O tempo necessário de exposição ao ambiente para que a madeira estabilize sua umidade pode não ter sido alcançado.

Nos Gráficos 02 e 03 são demonstrados as contrações na largura e espessura dos pisos engenheirados “tropicais” com lamelas de 3 e 2mm respectivamente.

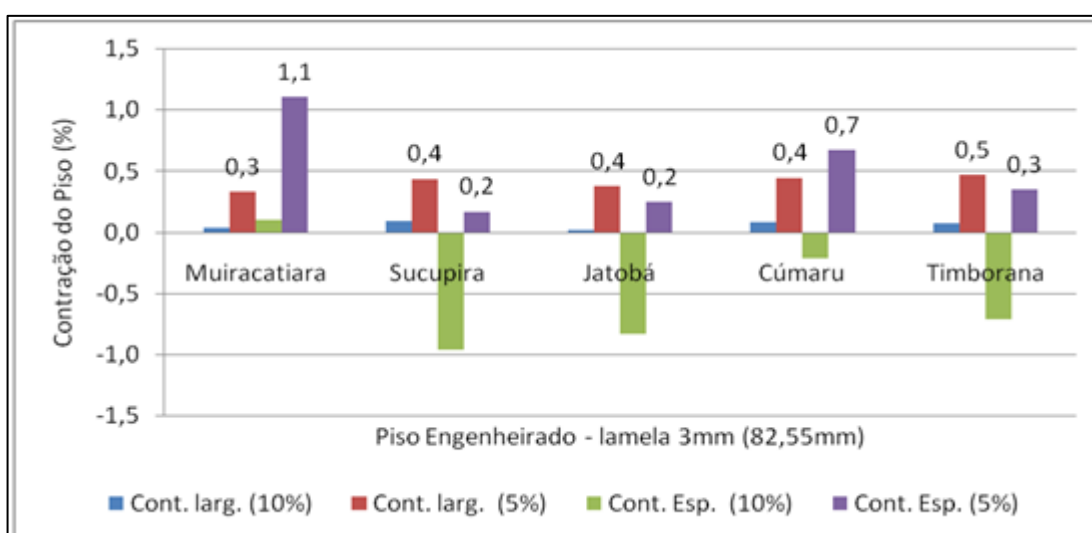


GRÁFICO 02 - CONTRAÇÃO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO TROPICAL - LAMELA DE 3mm.

Cont. – contração.

FONTE: AUTOR (2010).

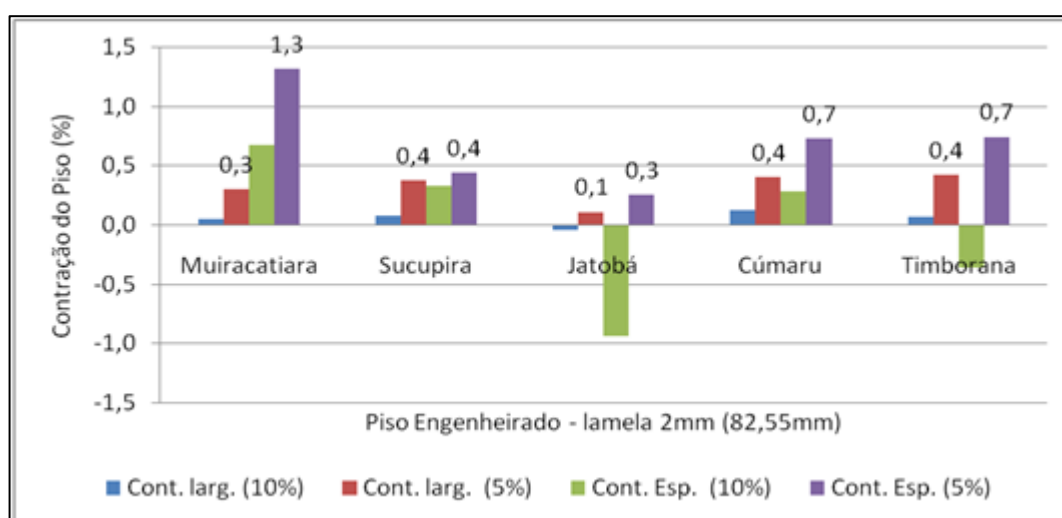


GRÁFICO 03 - CONTRAÇÃO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO TROPICAL - LAMELA DE 2mm.

Cont. – contração.

FONTE: AUTOR (2010).

Ao analisar as amostras de piso engenheirado “*tropical*” quanto a sua estabilidade dimensional, pode ser observado baixos valores de contração, principalmente em largura, que é considerado como o fator que apresenta maior influência no comportamento do piso após a sua instalação. A amostra de Muiracatiara foi a que apresentou maiores valores de contração, chegando a 1,3% em espessura, que apresenta menor influência na qualidade do piso. Em geral, as amostras apresentaram uma contração em torno de 0,4% na largura do piso, fato muito relevante, por influenciar diretamente na instalação do piso. Os resultados revelam uma tendência, em relação ao comportamento em termos de contração, de tal forma que é estimado aproximadamente 4mm de contração na largura a cada metro de piso instalado.

O comportamento de qualidade do piso engenheirado de compensado “*tropical*”, obtido após acondicionamento em câmara climática com 10 e 5% de umidade de equilíbrio, pode ser observado na Tabela 03.

TABELA 03 - QUALIDADE DO PISO *TROPICAL* APÓS ACONDICIONAMENTO EM 10 E 5% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.

Espécie (lamela 3mm)	UE 10%	UE 5%
Muiracatiara	Nada	Emp. Moderado (+) Enc Moderado (-)
Sucupira	Emp. Moderado (+)	Emp. Médio (+) Enc. Moderado (-)
Jatobá	Emp. Moderado (+)	Emp. Alto (+) Enc.Moderado (-)
Cumaru	Emp. Moderado (-)	Emp. Moderado (+) Enc Moderado (-)
Timborana	Emp. Moderado (-) Moderado (+)	Emp. Moderado (+) Enc. Moderado (-)
Espécie (lamela 2mm)	UE 10%	UE 5%
Muiracatiara	Nada	Emp. Moderado (+)
Sucupira	Nada	Em. Alto (+) Enc. Moderado (-)
Jatobá	Emp. Alto (-)	Emp. Médio (-) Enc. Moderado (-)
Cumaru	Emp. Moderado (+ e -)	Emp. Moderado (+) Enc.. Moderado (-)
Timborana	Emp. Moderado (+ e -)	Emp. Moderado (+) Enc. Moderado (-)

Emp. – empenamentos; Enc. – encanoamentos.

FONTE: AUTOR (2010).

Na aclimatação do piso “*tropical*” ao ambiente que tende a aproximar o teor de umidade a 10% os índices não foram acentuados, apresentando valores moderados de empenamentos (até 1mm), que é considerado aceitável. As amostras de Jatobá e Sucupira foram aquelas que apresentaram maiores índices de empenamentos (alto, maior de 2mm), quando os pisos foram submetidos a um ambiente com 5% de umidade de equilíbrio. Em termos de superfície não foi observado nenhum problema de descolamento ou trinca de verniz nos pisos “*tropicais*”.

5.1.2 Resultados obtidos nos pisos “*finestrip*”

Na Tabela 04 são apresentados os resultados médios obtidos nos pisos engenheirados do tipo “*finestrip*” analisados, com relação ao teor de umidade de estabilização e valores de contração na largura e espessura das amostras.

TABELA 04 - AVALIAÇÃO DE UMIDADE(%) E DE CONTRAÇÃO(mm) DO PISO *FINESTRIP* APÓS ACONDICIONAMENTO EM 10 E 5% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.

<i>Finestrip</i> (10 x 120mm)	TU inicial	UE 10%	UE 5%	Cont. larg. (10%)	Cont. larg. (5%)	Cont. Esp. (10%)	Cont. Esp. (5%)	Perda - UE (10%)	Perda - UE (5%)
Cumarú	13,5	12,6	10,0	0,136	0,559	0,774	1,295	0,9	2,7
Eucaliptos	12,4	11,6	8,5	0,046	0,492	0,784	1,567	0,8	3,2
Amêndola	12,9	12,3	8,7	0,014	0,531	0,569	1,288	0,6	3,6
Timborana	13,2	12,3	9,1	0,094	0,529	0,485	1,355	0,8	3,2

<i>Finestrip</i> (14 x 140mm)	TU inicial	UE 10%	UE 5%	Cont. larg. (10%)	Cont. larg. (5%)	Cont. Esp. (10%)	Cont. Esp. (5%)	Perda - UE (10%)	Perda - UE (5%)
Eucaliptos	15,5	15,0	9,4	0,078	0,615	0,108	1,470	0,5	5,6
Amêndola	15,4	14,9	10,2	-0,003	0,634	-0,574	1,219	0,5	4,8
Cumarú	12,7	12,1	8,4	0,064	0,446	-0,639	1,492	0,6	3,7
Timborana	14,3	13,0	8,0	0,119	0,552	1,173	2,488	1,3	5,0
Jatobá	17,0	15,1	10,7	0,235	0,842	0,565	2,188	1,9	4,4
Muiracatiara	12,8	12,7	8,5	0,019	0,518	0,922	2,765	0,1	4,2
Ipê	14,7	14,2	8,7	0,025	1,061	0,531	0,708	0,5	5,5

TU – teor de umidade; Cont.Larg. – contração largura; Cont. Esp. – contração espessura
 FONTE: AUTOR (2010).

O piso do tipo “*finestrip*” apresentou um comportamento similar aos pisos anteriores. O piso com 14mm de espessura apresentou maiores perdas de umidade quando exposto em 5% de umidade de equilíbrio. Os resultados médios obtidos de umidade para os pisos “*finestrip*” ficaram mais próximos da umidade de equilíbrio controlada, quando comparados com os resultados obtidos pelo piso “*tropical*”.

As espécies Timborana, Eucalipto e Ipê apresentaram as maiores perdas de umidade num ambiente com umidade de equilíbrio de 5%, porém, todas as espécies utilizadas demonstraram comportamento similar, ou seja, a perda de umidade foi significativa para todas. Dentre as amostras com 14mm de espessura, o Cumaru e a Muiracatiara apresentaram menores perdas de umidade, isso é devido ao baixo teor de umidade inicial dessas espécies.

Nos Gráficos 04 e 05 são apresentados os resultados médios na contração em largura e espessura dos pisos “*finestrip*” analisados.

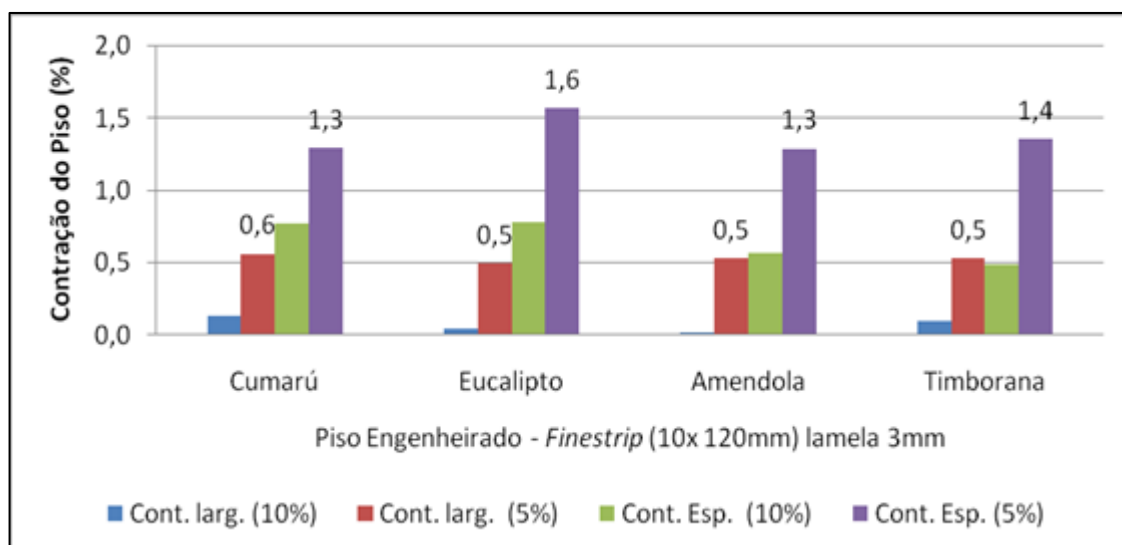


GRÁFICO 04 - CONTRAÇÃO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO *FINESTRIP* (10X120mm).

Cont. – contração.

FONTE: AUTOR (2010).

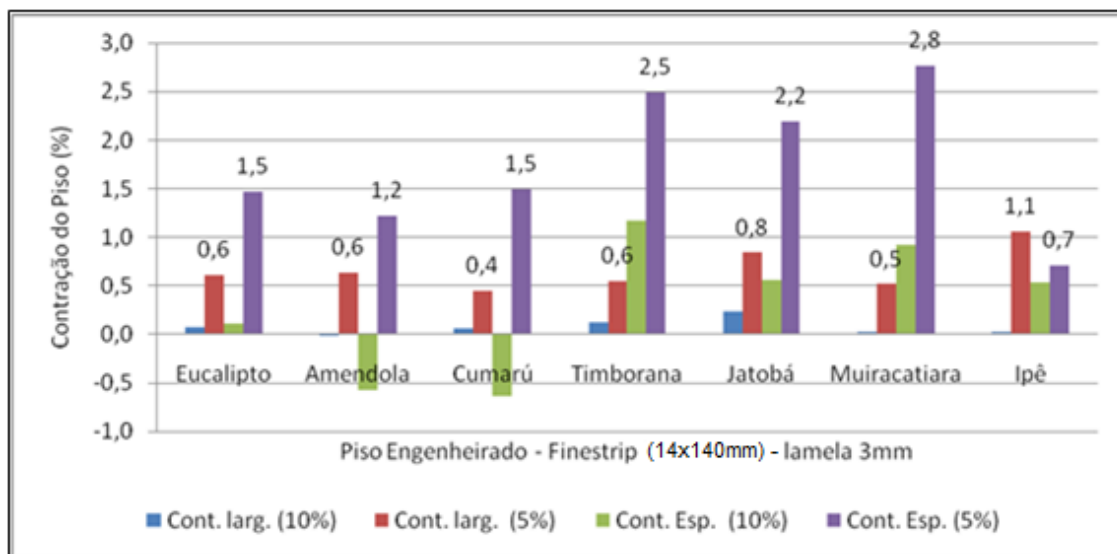


GRÁFICO 05 - CONTRAÇÃO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO *FINESTRIP* (14 X 140mm).

Cont. – contração.

FONTE: AUTOR (2010).

Foram obtidos valores elevados de contração em espessura e em largura dos pisos “*finestrip*”. Estes resultados servem de base e poderão simular o comportamento após a instalação em ambientes que apresentam elevada variação climática. Pelo fato de ser considerada de maior relevância a contração na largura do piso, é possível observar uma contração média de 0,5% em todas as espécies. Estes resultados indicam que a contração na largura pode ser maior que 5mm por metro de piso instalado. A qualidade do material após os ciclos foi analisada e os resultados são apresentados na Tabela 05.

TABELA 05 - QUALIDADE DO PISO *FINESTRIP* APÓS ACONDICIONAMENTO EM 10 E 5% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.

<i>Finestrip</i> (10 x 120mm)	UE 10%	UE 5%
Cumarú	Enc. Moderado (+) e (-)	Abertura de topo e superfície; Enc. Moderado (-)
Eucalipto	Enc. Moderado (-) e (+)	Abertura de topo; Emp. Médio (+) Enc. Moderado (-)
Amêndola	Enc. Moderado (+)	Abertura de topo; Emp. Moderado (+) Enc. Moderado (-)
Timborana	Nada	Abertura de topo; Emp. Médio (+) Enc. Moderado (-)
<i>Finestrip</i> (14 x 140mm)	UE 10%	UE 5%
Eucalipto	Nada	Emp. Médio (+) Enc. Moderado (-)
Amêndola	Emp. Médio (+) Enc. Moderado (-)	Emp. Moderado (+) Enc. Moderado (-)
Cumarú	Enc. Moderado (-)	Superfície aberta
Timborana	Enc. Moderado (+)	Superfície aberta
Jatobá	Enc. Moderado (+)	Enc. Moderado (-)
Muiracatiara	Enc. Moderado (-)	Superfície aberta
Ipê	Enc. Moderado (-)	Enc. Médio (-)

Emp. – empenamentos; Enc. encanoamentos.

FONTE: AUTOR (2010).

O piso “*finestrip*” apresentou problemas em algumas espécies. Foram observados aberturas de juntas nas superfícies com grande intensidade, principalmente na espécie Cumaru, seguida em menor intensidade por Timborana e Muiracatiara. Este defeito compromete o produto afetando a qualidade do piso. A espécie Ipê apresentou maior índice de encanoamento, quando exposta ao ambiente com 5% de UE, de intensidade média, necessitando de cuidados. No ambiente de exposição com teor de umidade de equilíbrio próxima a 10%, os empenamentos apresentaram-se com baixos índices, considerados aceitáveis (até 1mm). No ambiente com umidade de equilíbrio de 5% foi observado grande quantidade de casos de aberturas no topo e superfície, bem como empenamentos, geralmente de magnitude moderada.

5.1.3 Comparação dos resultados obtidos na Etapa 1

Os Gráficos 06 e 07 demonstram o comportamento do teor de umidade do piso “*tropical*” em diferentes teores de umidade de equilíbrio, considerando as lamelas de 3 e 2mm respectivamente.

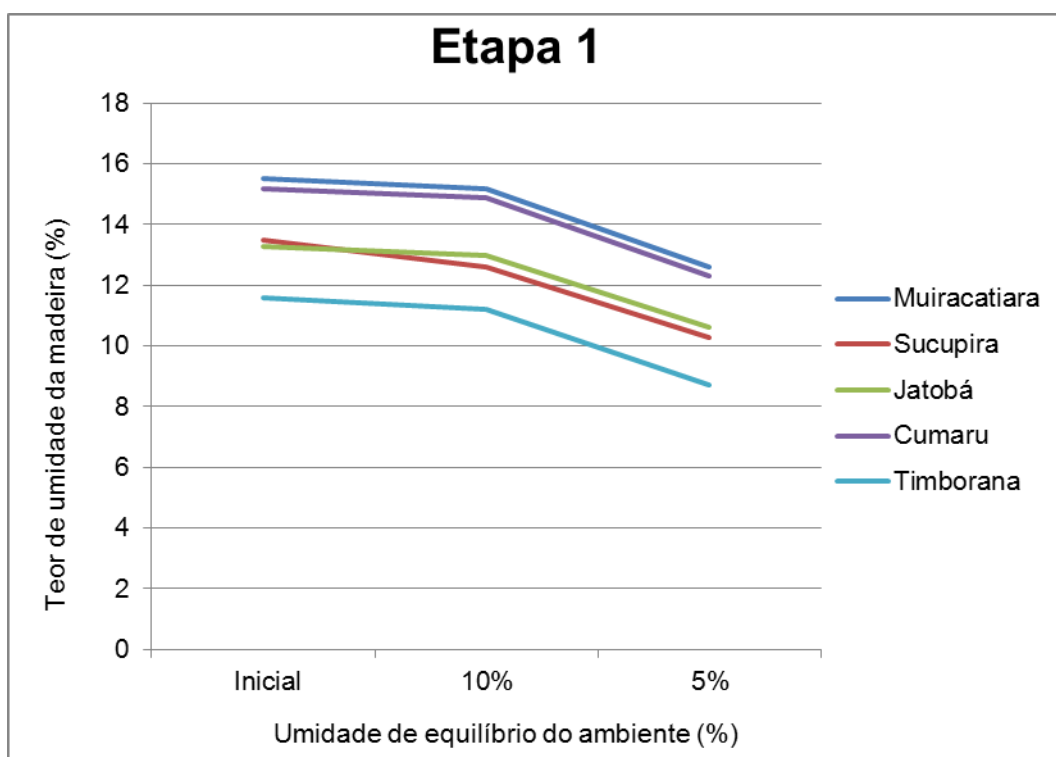


GRÁFICO 06 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO *TROPICAL* COM LAMELA DE 3mm.
FONTE: AUTOR (2010).

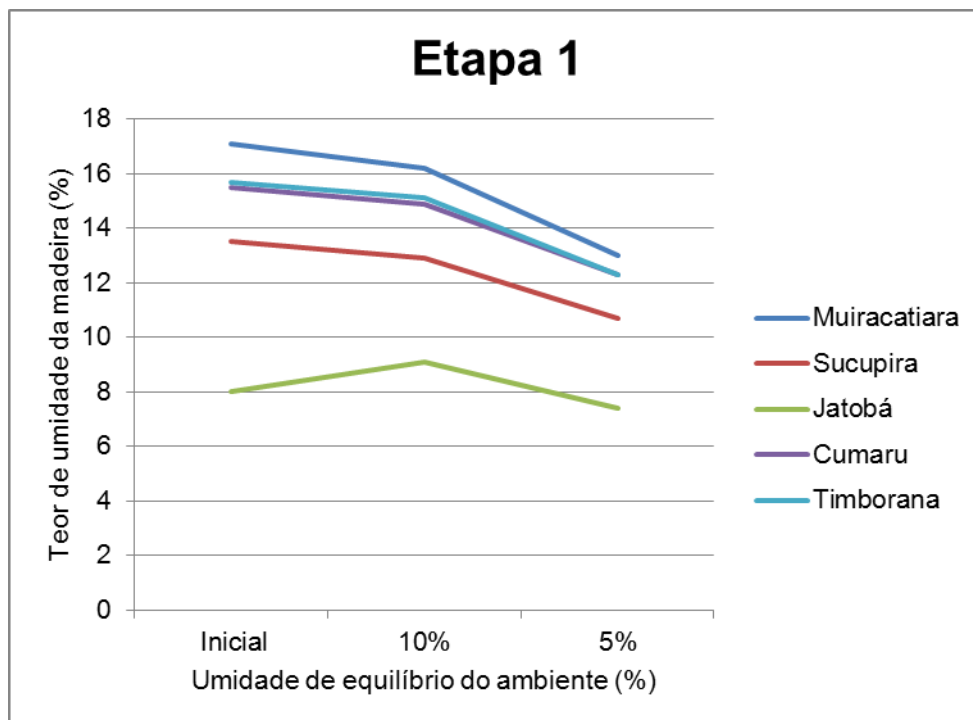


GRÁFICO 07 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO *TROPICAL* COM LAMELA DE 2mm.
 FONTE: AUTOR (2010).

Nos Gráficos 08 e 09 são demonstrados o comportamento do teor de umidade do piso “*finestrip*” em diferentes teores de umidade de equilíbrio, de acordo com as dimensões dos pisos, respectivamente 10x120 e 14x140mm.

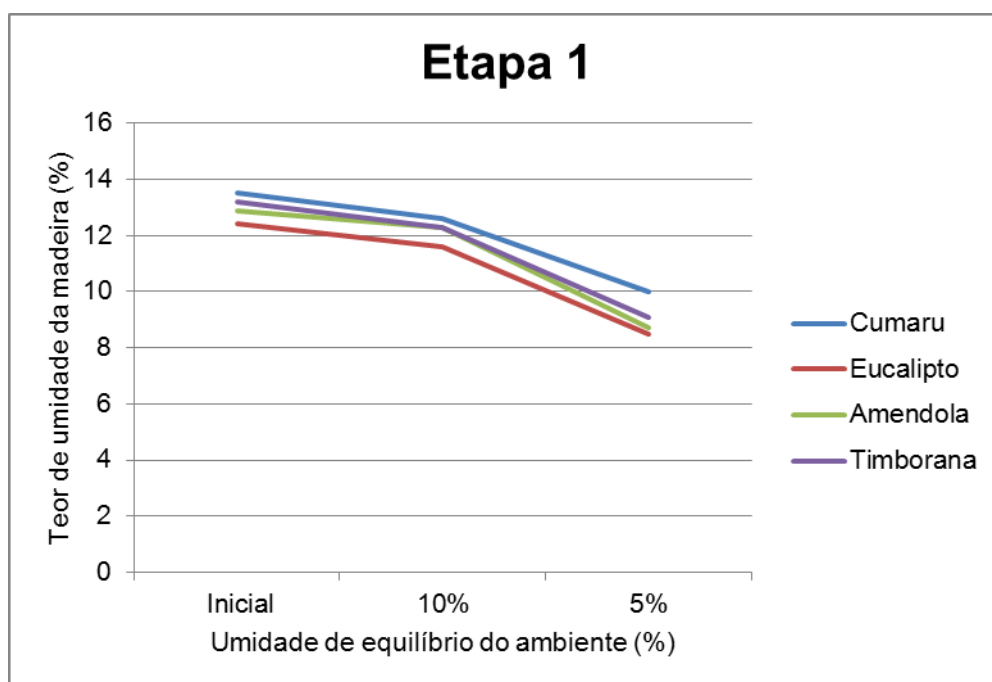


GRÁFICO 08 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO *FINESTRIP* DE 10X120mm.
 FONTE: AUTOR (2010).

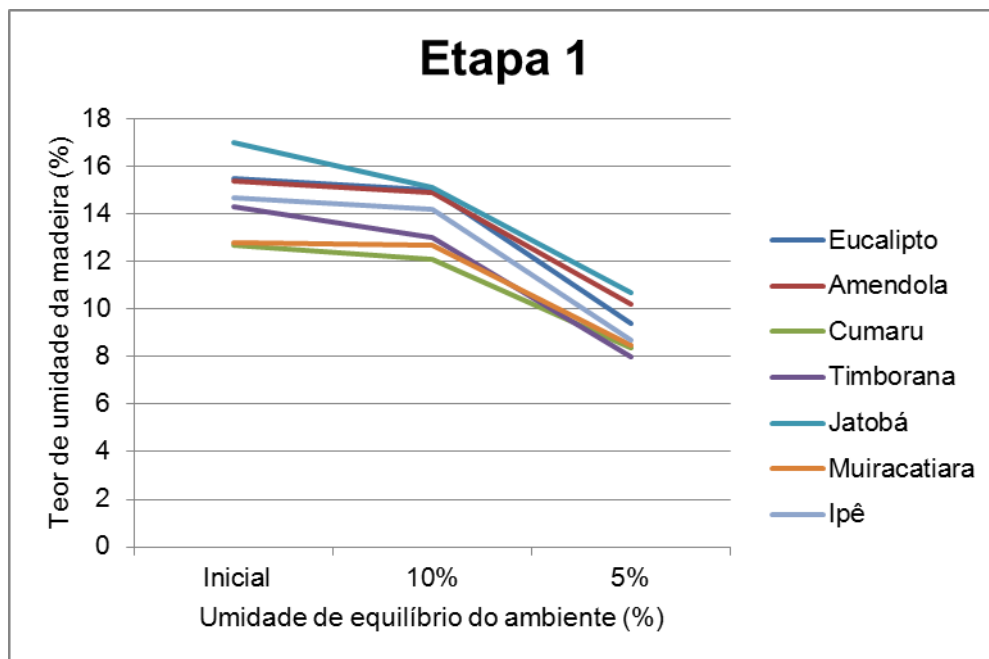


GRÁFICO 09 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO *FINESTRIP* DE 14X140mm.
 FONTE: AUTOR (2010).

Nos gráficos apresentados nota-se uma grande variação no teor de umidade inicial, dificultando a visualização dos resultados e comparações. Porém, o piso “*finestrip*” de 14x140mm apresenta uma tendência a curvas mais inclinadas que o piso de 10x120mm, possivelmente pela maior área do piso exposto ao ambiente e maior volume de madeira de *Pinus spp.*, que aumenta a velocidade e quantidade de troca de moléculas de água entre o ambiente e o piso. É possível notar, do mesmo modo, que na comparação com o piso “*tropical*”, o “*finestrip*” de ambas as dimensões apresenta maior tendência de perda de umidade, fato também relacionado com a dimensão reduzida do “*piso tropical*”, que dificulta a troca de umidade com o ambiente. Outro fator relevante é a espécie de madeira utilizada para compor o compensado de miolo, sendo o piso “*tropical*” produzido com espécies de madeiras nobres, consequentemente mais duras e menos permeáveis, de tal forma que implica em maior dificuldade para ganhar e perder moléculas de água.

Nos Gráficos 10, 11, 12 e 13 que indicam a ocorrência de defeitos nos pisos testados, foram relacionados apenas o tipo de piso (“*tropical*” ou “*finestrip*”), não distinguindo a espessura da lamela e dimensões. Não houve também distinção do defeito entre empenamento e encanoamento, levando em consideração apenas a

magnitude do defeito de maior dimensão, ou seja, não considerando os casos em que ocorreram mais de um defeito.

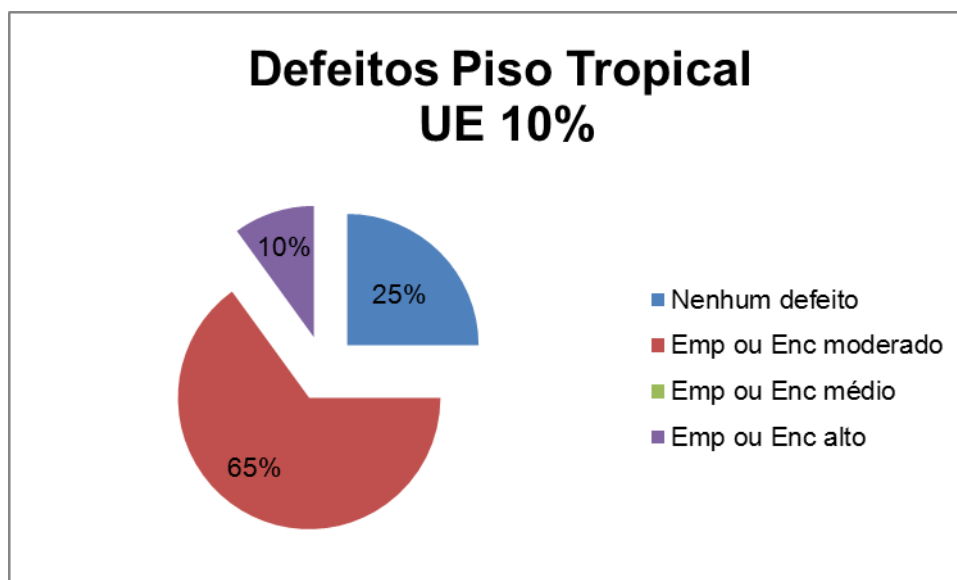


GRÁFICO 10 – OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ENCANOAMENTOS MÁXIMOS NO PISO *TROPICAL* NO FIM DO PRIMEIRO CICLO.

Emp. – empenamentos; Enc. – encanoamentos.

FONTE: AUTOR (2010).

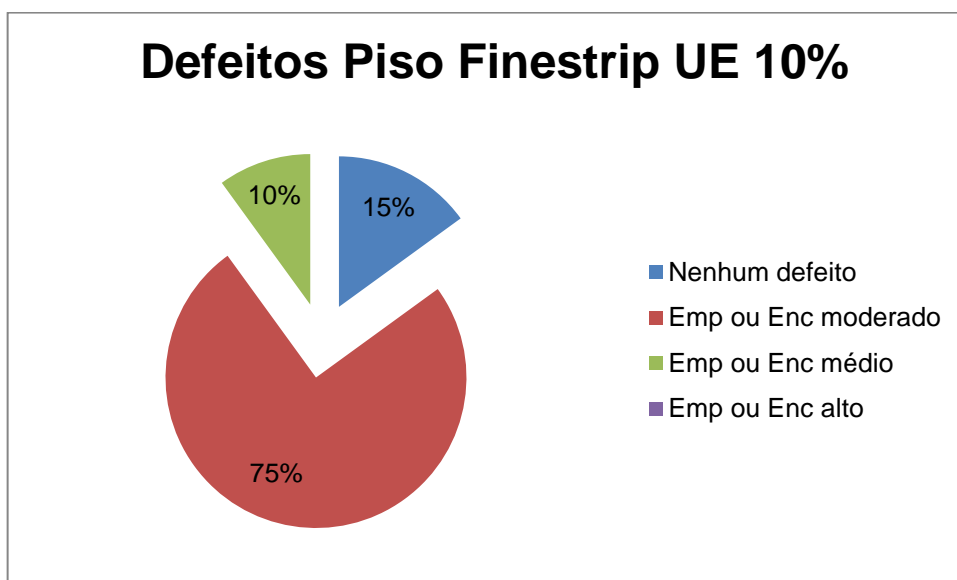


GRÁFICO 11 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ENCANOAMENTOS MÁXIMOS NO PISO *FINESTRIP* NO FIM DO PRIMEIRO CICLO.

Emp. – empenamentos; Enc. – encanoamentos

FONTE: AUTOR (2010).

É possível observar que para ambos os pisos o ambiente com teor de umidade de equilíbrio de 10% não acarretou grandes defeitos, em geral, ocorreram empenamentos e encanoamentos moderados, não resultando em problemas graves de instalação do piso.

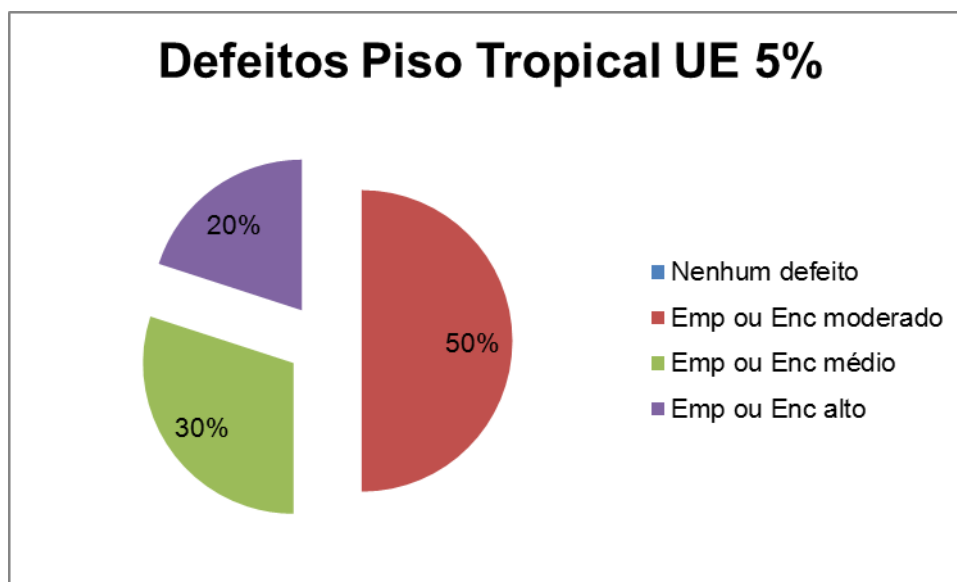


GRÁFICO 12 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ENCANOAMENTOS MÁXIMOS NO PISO *TROPICAL* NO FIM DO SEGUNDO CICLO.

Emp. – emepenamentos; Enc. – encanoamentos

FONTE: AUTOR (2010).

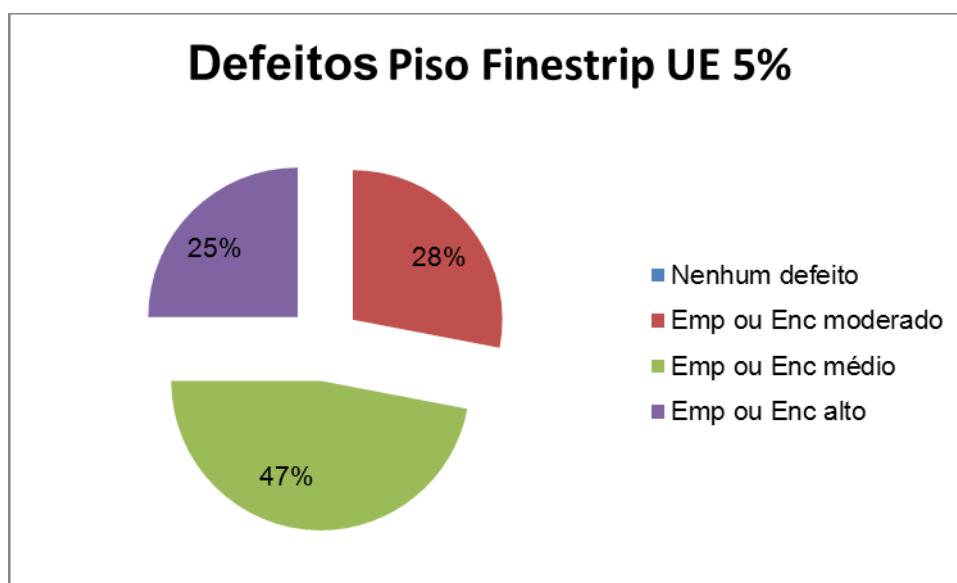


GRÁFICO 13 - OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ENCANOAMENTOS MÁXIMOS NO PISO *FINESTRIP* NO FIM DO SEGUNDO CICLO.

Emp. – emepenamentos; Enc. – encanoamentos

FONTE: AUTOR (2010).

Nos gráficos 12 e 13 onde o teor de umidade de equilíbrio foi de 5%, ambos os pisos apresentaram níveis de defeitos preocupantes, de tal forma que a distância elevada entre o teor de umidade inicial e o teor de umidade de equilíbrio do ambiente pode explicar tal fato. Nos países em que a umidade de equilíbrio no interior das residências é muito baixa o piso deverá ser produzido com a mínima diferença entre sua umidade e a umidade de equilíbrio do ambiente, com o objetivo de evitar a instabilidade dimensional.

Cabe ressaltar que defeitos como aberturas de topo e de superfície foram observados apenas nos pisos “*finestrip*” quando expostos a um ambiente de umidade de equilíbrio de 5%. Esta condição causou algum tipo de abertura, superfície, topo ou ambas, em aproximadamente 64% das amostras analisadas, sendo que este valor elevado inviabiliza a utilização do piso em tal ambiente.

5.2 ETAPA 2

No Gráfico 14 pode ser observado o comportamento das condições climáticas mantidas na câmara.

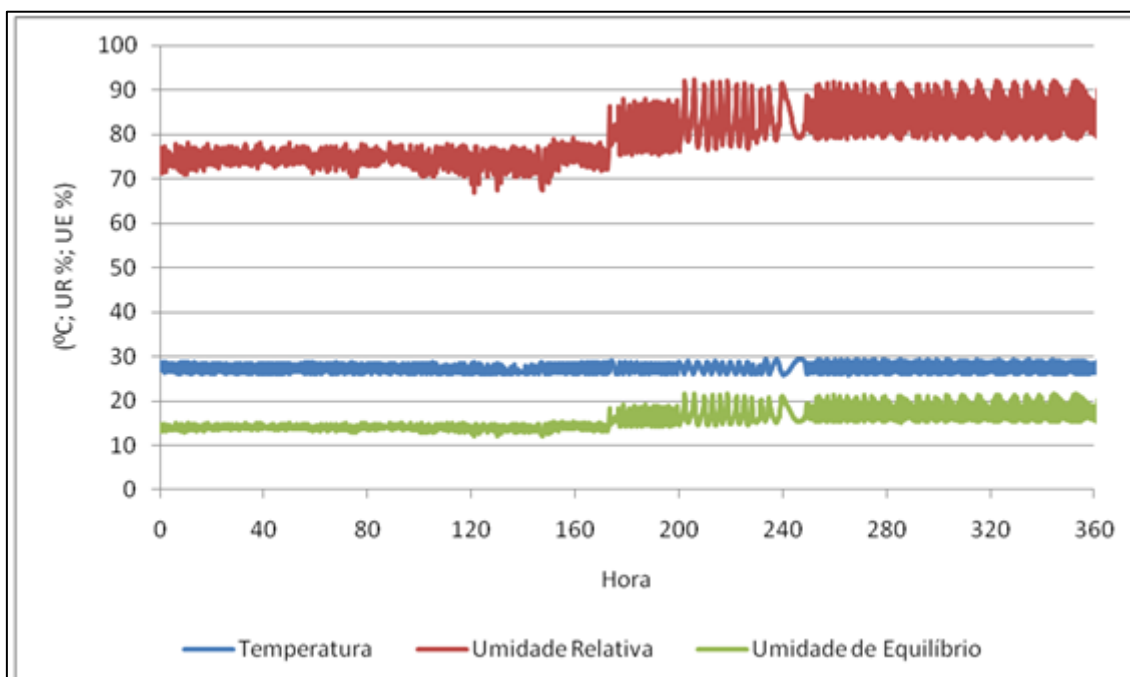


GRÁFICO 14 - MEDIÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS REALIZADAS NA ETAPA 2.
FONTE: AUTOR (2010).

O gráfico 14 demonstra que o equipamento manteve as condições consideradas adequadas pelo período estabelecido no teste. Encerrado o terceiro ciclo, com o piso exposto a um ambiente de umidade de equilíbrio de 15% por um período de sete dias, as amostras foram medidas, pesadas e avaliadas, retornando para a câmara a fim de serem submetidas a outro ambiente por mais sete dias. A segunda condição, com umidade de equilíbrio de 20%, apresentou maior dificuldade de controle, ocorrendo variações dentro da faixa aceitável. Esta dificuldade pode ser explicada pela condição climática drástica em uma câmara com bastante volume de amostras.

5.2.1 Resultados obtidos nos pisos “tropicais”

Nesta etapa foi avaliado o teor de umidade de estabilização da madeira em cada ambiente, bem como a variação deste. O inchamento em largura e espessura das amostras também foram analisados. Os resultados médios obtidos estão descritos na Tabela 06.

TABELA 06 - AVALIAÇÃO DE UMIDADE(%) E DE INCHAMENTO(mm) DO PISO TROPICAL APÓS ACONDICIONAMENTO EM 15 E 20% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.

Lamela (3mm)	TU inicial (%)	UE 15%	UE 20%	Inch. Larg. (15%)	Inch. Larg. (20%)	Inch. Esp. (15%)	Inch. Esp. (20%)	Ganho UE (15%)	Ganho UE (20%)
Muiracatiara	11,4	15,0	18,4	0,097	0,345	0,658	1,941	3,5	6,9
Sucupira	9,9	12,4	17,8	0,087	0,282	0,904	1,633	2,5	7,8
Jatobá	16,2	15,9	18,5	0,196	0,295	1,250	1,617	-0,3	2,3
Cumaru	15,8	16,3	19,6	0,105	0,394	1,044	1,934	0,5	3,8
Timborana	13,9	15,8	18,4	0,109	0,282	0,575	1,377	1,9	4,5

Lamela (2mm)	TU inicial (%)	UE 15%	UE 20%	Inch. Larg. (15%)	Inch. Larg. (20%)	Inch. Esp. (15%)	Inch. Esp. (20%)	Ganho UE (15%)	Ganho UE (20%)
Muiracatiara	16,0	17,5	19,8	0,107	0,284	0,987	2,012	1,4	3,8
Sucupira	16,2	17,0	17,5	0,085	0,283	1,035	1,909	0,8	1,4
Jatobá	9,8	13,8	17,1	0,165	0,202	2,082	2,852	3,9	7,3
Cumaru	15,2	16,0	17,7	0,059	0,172	1,060	2,849	0,7	2,4
Timborana	14,0	16,0	18,0	0,210	0,262	0,988	1,843	2,0	4,0

TU – teor de umidade; Inch.Larg. – inchamento largura; Inch.Esp. – inchamento espessura.
 FONTE: AUTOR (2010).

As amostras apresentaram um comportamento diferenciado nas duas espessuras de lamelas. Os pisos com lamelas de 3mm apresentaram um maior ganho de umidade quando expostos a 20% de umidade de equilíbrio, provavelmente por apresentarem menor teor de umidade inicial. Todas as espécies apresentaram ganhos de umidade após 14 dias de testes. Importante observar que a amostra de Jatobá com lamela de 3mm foi a única que diminuiu seu teor de umidade no terceiro ciclo, pelo fato que apresentou alto teor de umidade inicial, acima da umidade de equilíbrio de 15%.

Nos Gráficos 15 e 16 estão demonstrados os resultados médios de inchamento em largura e espessura das diferentes espécies utilizadas neste estudo, respectivamente lamelas de 3 e 2mm.

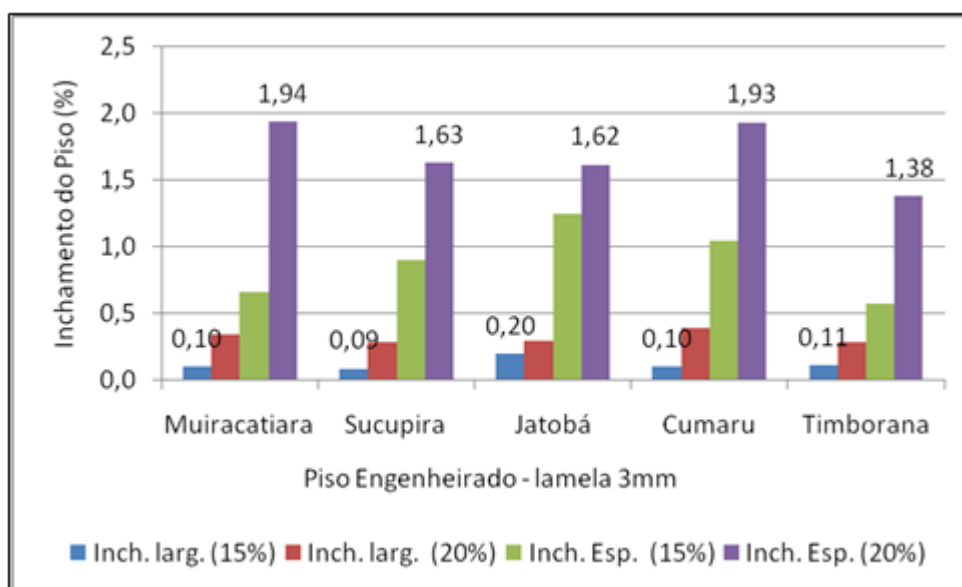


GRÁFICO 15 - INCHAMENTO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO *TROPICAL* - LAMELA DE 3mm.

Inch. – inchamento.

FONTE: AUTOR (2010).

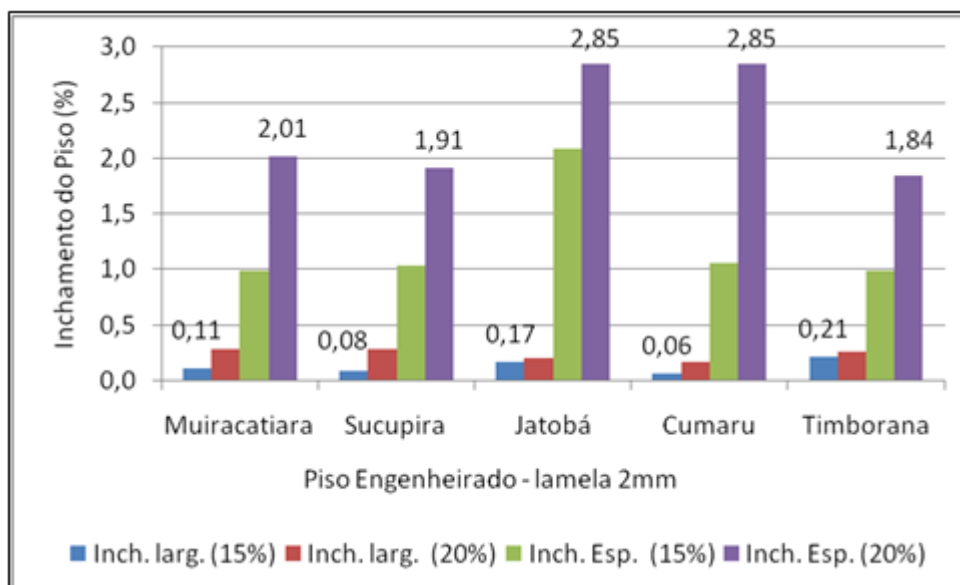


GRÁFICO 16 - INCHAMENTO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO TROPICAL - LAMELA DE 2mm.

Inch. – inchamento.

FONTE: AUTOR (2010).

Ao analisar as amostras de piso “tropical” de 82,55mm de largura, com relação a sua estabilidade dimensional, podem ser observados baixos valores de inchamento, principalmente em largura. Este resultado é satisfatório, pelo fato que o inchamento em largura é considerado como fator de maior relevância para determinação da qualidade do piso e para garantir a utilização adequada do produto.

As amostras apresentaram valores de inchamento em espessura de no máximo 2,85%. O percentual médio de inchamento ficou próximo de 0,3% na largura do piso. Este fato deve ser levado em consideração por influenciar na instalação do piso, no que se refere a uma previsão do seu comportamento em termos de inchamento. Com isto podemos estimar em aproximadamente 3mm de inchamento a cada metro de piso instalado, este foi o menor valor percentual de alteração na largura obtido.

A avaliação do desenvolvimento de defeitos durante a aclimação da madeira em 15 e 20% de umidade de equilíbrio é relatado na Tabela 07.

TABELA 07 - QUALIDADE DO PISO *TROPICAL* APÓS ACONDICIONAMENTO EM 15 E 20% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.

Espécie (lamela 3mm)	UE 15%	UE 20%
Muiracatiara	Emp. Moderado (+e -)	Emp. Moderado (+)
Sucupira	Emp. Alto (-)	Emp. Médio (-) Enc. Moderado (+)
Jatobá	Emp. Alto (-)	Emp. Alto (-) Enc. Moderado (-)
Cumarú	Emp. Moderado (-)	Enc. Moderado (+)
Timborana	Emp. Alto (-)	Emp. Moderado (-) Enc. Moderado (+)
Espécie (lamela 2mm)	UE 15%	UE 20%
Muiracatiara	Nada	Enc. Moderado (+)
Sucupira	Enc. Moderado (+)	Enc. Moderado (+)
Jatobá	Emp. Alto (-) Enc. Moderado (+)	Emp. Médio (+) Enc. Moderado (+)
Cumarú	Emp. Alto (-) Enc. Moderado (+)	Emp. Moderado (-)
Timborana	Emp. Moderado (-) Enc. Moderado (+)	Enc. Moderado (+)

Emp. – empenamentos; Enc. – encanoamentos.

FONTE: AUTOR (2010).

Para os pisos com 82,55mm de largura, base de compensado “*tropical*”, expostos a condições de 15 e 20% de umidade de equilíbrio, a qualidade apresentada foi considerada média. Somente ocorreram empenamentos nas amostras, de tal forma que perda de qualidade devido colagem e aparecimento de trincas nas superfícies não surgiram nos pisos. Os índices foram acentuados, apresentando valores de empenamentos superiores a 2mm, considerados fora dos padrões. Estes índices foram obtidos quando os pisos foram acondicionados a 15% de umidade de equilíbrio. As amostras de Jatobá, para as duas espessuras de lamelas, apresentaram resultados expressivos de empenamentos (alto e médio), seguida das amostras de Sucupira (médio). Quando os pisos foram expostos num ambiente com 20% de umidade de equilíbrio, os empenamentos não apresentaram aumento nos índices e nem na magnitude do defeito, sendo observados com frequência e intensidade no mesmo padrão do terceiro ciclo (15% de UE).

5.2.2 Resultados obtidos nos pisos “finestrip”

Na Tabela 08 são apresentados os resultados médios obtidos nos pisos do tipo “finestrip” analisados.

TABELA 08 - AVALIAÇÃO DE UMIDADE(%) E DE INCHAMENTO(mm) DO PISO *FINESTRIP* APÓS ACONDICIONAMENTO EM 15 E 20% DE UMIDADE DE EQUILÍBRIO.

<i>Finestrip</i> (10x 120mm)	TU (%) inicial	UE 15%	UE 20%	Inch. larg. (15%)	Inch. larg. (20%)	Inch. Esp. (15%)	Inch. Esp. (20%)	Ganho UE (15%)	Ganho UE (20%)
Cumarú	11,43	13,17	17,72	0,05	0,16	1,07	1,80	1,7	6,3
Eucalipto	14,33	16,29	17,75	0,08	0,31	1,19	1,95	2,0	3,4
Amêndola	11,97	14,35	19,80	0,08	0,53	1,18	1,39	2,4	7,8
Timborana	12,47	13,70	18,43	0,09	0,42	0,83	2,00	1,2	6,0

<i>Finestrip</i> (14 x 140mm)	TU (%) inicial	EU 15%	UE 20%	Inch. larg. (15%)	Inch. larg. (20%)	Inch. Esp. (15%)	Inch. Esp. (15%)	Ganho UE (15%)	Ganho UE (20%)
Eucalipto	10,4	12,6	16,8	0,08	0,21	0,32	1,93	2,2	6,4
Amêndola	13,5	16,1	17,7	0,13	0,16	0,83	1,30	2,6	4,2
Cumarú	12,0	15,5	18,4	0,03	0,17	0,64	1,32	3,5	6,4
Timborana	11,8	13,8	16,7	0,04	0,25	0,43	2,05	2,0	4,9
Jatobá	15,5	16,0	17,6	0,02	0,26	1,17	1,57	0,5	2,1
Muiracatiara	14,7	15,1	17,3	0,03	0,30	0,39	1,31	0,4	2,6
Ipê	15,0	15,8	18,1	0,04	0,32	1,25	1,25	0,8	3,1

TU – teor de umidade; Inch.Larg. – inchamento largura; Inch.Esp. – inchamento espessura.

FONTE: AUTOR (2010).

Todas os pisos “finestrip” analisados apresentaram aumento no teor de umidade, em ambos ambientes climatizados, independente de suas dimensões. A espécie Amêndola apresentou maior ganho de umidade, enquanto que o Eucalipto representou o menor ganho, justificados pelo fato de apresentarem o menor e o maior teor de umidade inicial, respetivamente.

Nos Gráficos 17 e 18 são apresentados os resultados médios obtidos no inchamento em largura e espessura dos pisos analisados.

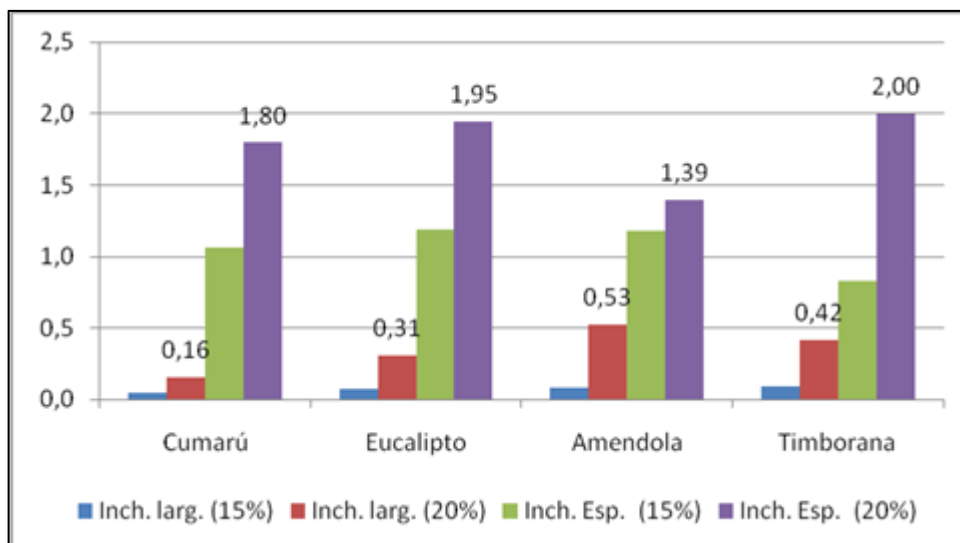


GRÁFICO 2 - INCHAMENTO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO *FINESTRIP* (10 X 120mm).

Inch. – inchamento.

FONTE: AUTOR (2010).

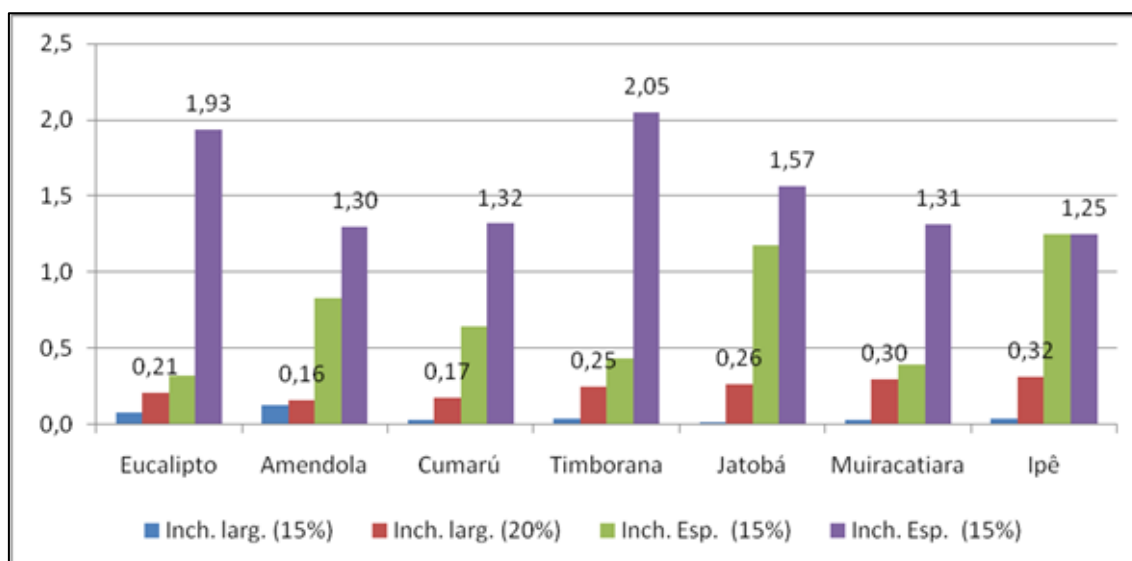


GRÁFICO 3 - INCHAMENTO (%) DA LARGURA E DA ESPESSURA DO PISO ENGENHEIRADO *FINESTRIP* (14 X 140mm).

Inch. – inchamento

FONTE: AUTOR (2010).

Foram obtidos significativos valores de inchamento em espessura e em largura dos pisos. Estes resultados servem de base e poderão simular o comportamento após a instalação em ambientes que apresentam elevada variação climática. O inchamento em largura do piso, considerado de maior relevância, apresentou valores médios próximos a 0,5% para as diferentes espécies. Estes

resultados vão de encontro com os resultados da primeira etapa, podendo chegar a um inchamento acima de 5mm a cada metro de piso instalado. A avaliação do surgimento dos defeitos, bem como sua intensidade, é apresentada na Tabela 09.

TABELA 09 - QUALIDADE DO PISO *FINESTRIP* APÓS ACONDICIONAMENTO EM 15 E 20% DE UE.

<i>Finestrip</i> (10 x 120mm)	UE 10%	UE 5%
Cumarú	Emp. Médio (+) Moderado (-)	Enc. Abertura de topo e superfície; Enc. Moderado (-)
Eucalipto	Emp. Médio (-)	Abertura de topo e superfície; Emp. Médio (+)
Amêndola	Emp. Moderado (+)	Abertura de topo; Emp. Moderado (+) Enc. Moderado (-)
Timborana	Nada	Emp. Médio (+) Enc. Moderado (-)
<i>Finestrip</i> (14 x 140mm)	UE 10%	UE 5%
Eucalipto	Emp. Moderado (+)	Emp. Moderado (+); Enc. Moderado (-)
Amêndola	Nada	Enc. Moderado (-) e (+); Superfície aberta
Cumarú	Emp. Médio (+)	Abertura de topo e superfície
Timborana	Enc. Moderado (-)	Emp. Moderado (+) Enc. Moderado (-)
Jatobá	Nada	Enc. Moderado (-); Abertura de topo e superfície
Muiracatiara	Emp. Moderado (+) Enc. Moderado (-)	Emp. Moderado (+) Enc. Moderado (-); Superfície aberta
Ipê	Emp. Moderado (-)	Emp. Médio (+); Enc. Moderado (+)

Emp. – empenamentos; Enc. - encanoamentos

FONTE: AUTOR (2010).

O piso “*finestrip*” apresentou problemas em várias espécies de lamelas estudadas, abertura de juntas nas superfícies com grande intensidade, somadas a empenamentos de nível médio e moderado, foram os defeitos encontrados.

Os índices de defeitos podem ser considerados aceitáveis, quando as amostras foram aclimatadas em ambiente que proporcionou 15% de umidade de equilíbrio, porém, na condição extrema com umidade de equilíbrio de 20% ocorreu um alto índice de defeitos, além do surgimento de fungos, fazendo com que o ambiente com esta característica seja evitado na instalação do piso.

5.2.3 Comparação dos resultados obtidos na Etapa 2

Os Gráficos 19 e 20 fornecem o comportamento do teor de umidade do piso “tropical” em diferentes teores de umidade de equilíbrio, respectivamente para lamelas de 3 e 2mm.

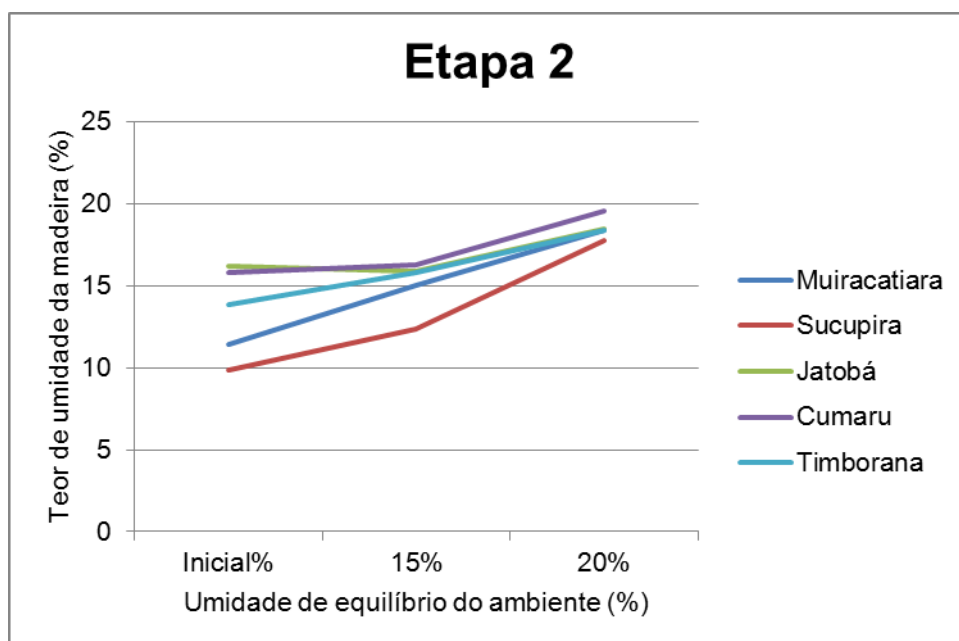


GRÁFICO 19 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO *TROPICAL* COM LAMELA DE 3mm.
 FONTE: AUTOR (2010).

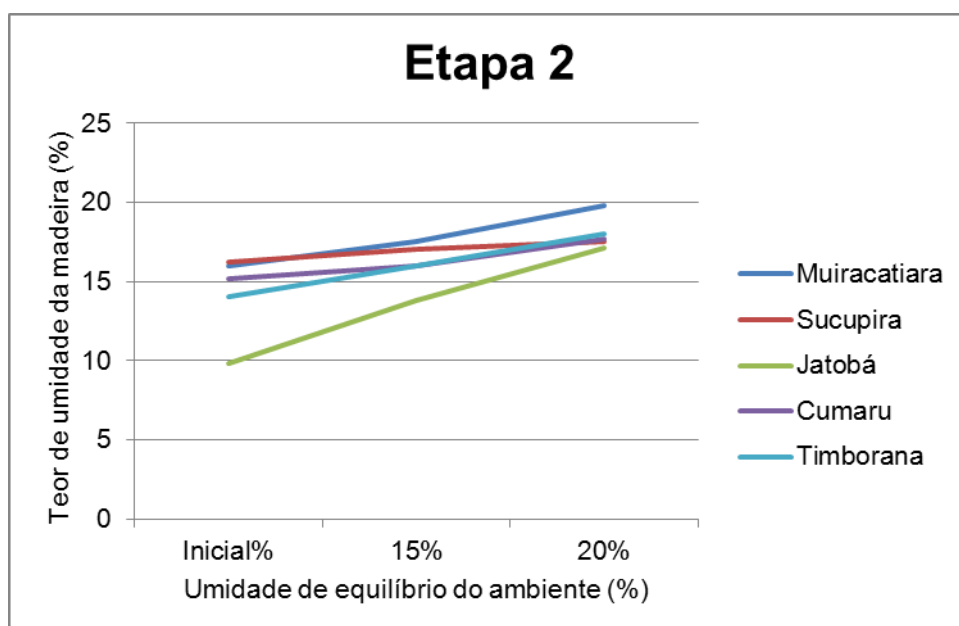


GRÁFICO 20 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO *TROPICAL* COM LAMELA DE 2mm.

FONTE: AUTOR (2010).

Os Gráficos 21 e 22 exibem o comportamento do teor de umidade do piso “*finestrip*” em diferentes teores de umidade de equilíbrio, com relação as dimensões de 10x120 e 14x140mm respectivamente.

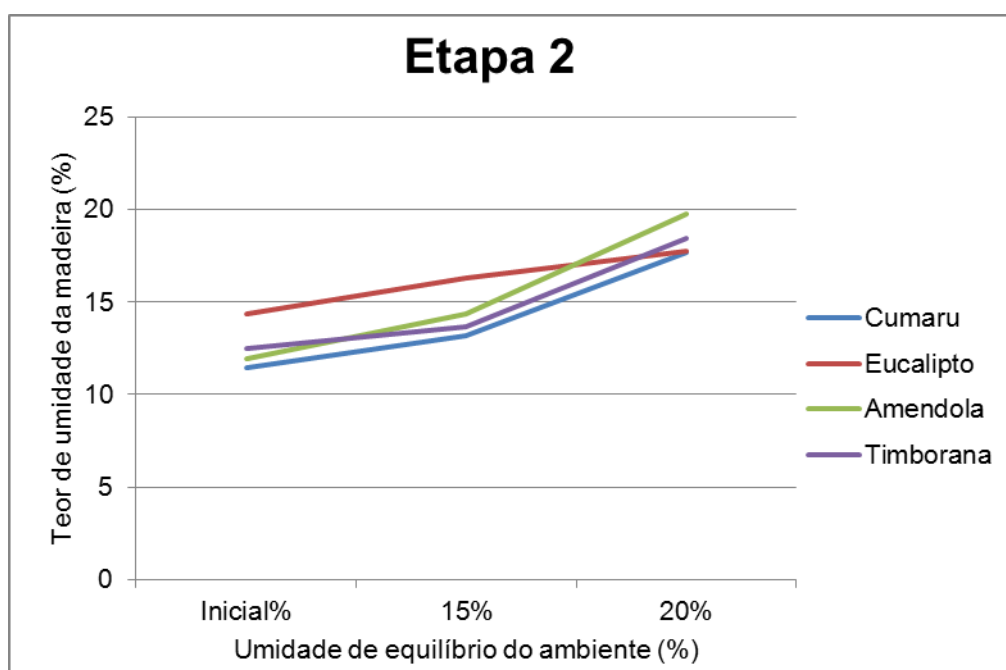


GRÁFICO 21 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO *FINESTRIP* DE 10X120mm.
FONTE: AUTOR (2010).

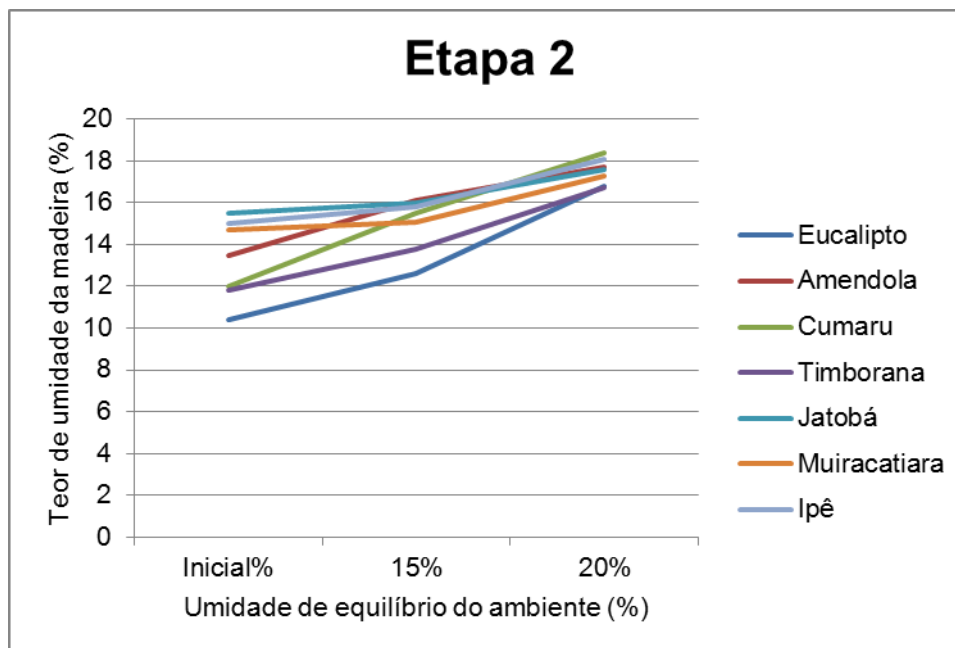


GRÁFICO 22 – COMPORTAMENTO DA UMIDADE DO PISO *FINESTRIP* DE 14X140mm.
 FONTE: AUTOR (2010).

O comportamento do teor de umidade para os quatro produtos testados na pesquisa permaneceu muito próximo. É possível observar nos gráficos que a condição de umidade de equilíbrio de 15% mantém a madeira estável, porém, quando a umidade do meio é elevada a 20% as peças tendem a apresentar um ganho de umidade mais rápido, isso ocorre devido a diferença ser maior entre o teor de umidade da madeira e o ambiente em que o piso é exposto.

O piso *“finestrip”* exposto a um ambiente com 15% de umidade de equilíbrio não apresentou grande variação na umidade. No entanto, quando submetido a condições extremas (20% UE) o piso *“finestrip”* aproximou mais o seu teor de umidade com o do ambiente em que estava inserido quando comparado com o piso *“tropical”*. Este fato deixa evidente a relevância da qualidade do compensado base do piso na estabilidade final do material produzido.

A troca de umidade com o ambiente de maneira mais acelerada tende a aumentar a frequência e magnitude dos defeitos. Nos Gráficos 23, 24, 25 e 26 que demonstram a ocorrência de defeitos no piso *“tropical”* e *“finestrip”*, foram considerados apenas o valor máximo de intensidade do empenamento ou encanoamento, ou seja, não considerando os casos em que mais de um defeito ocorreu na peça.

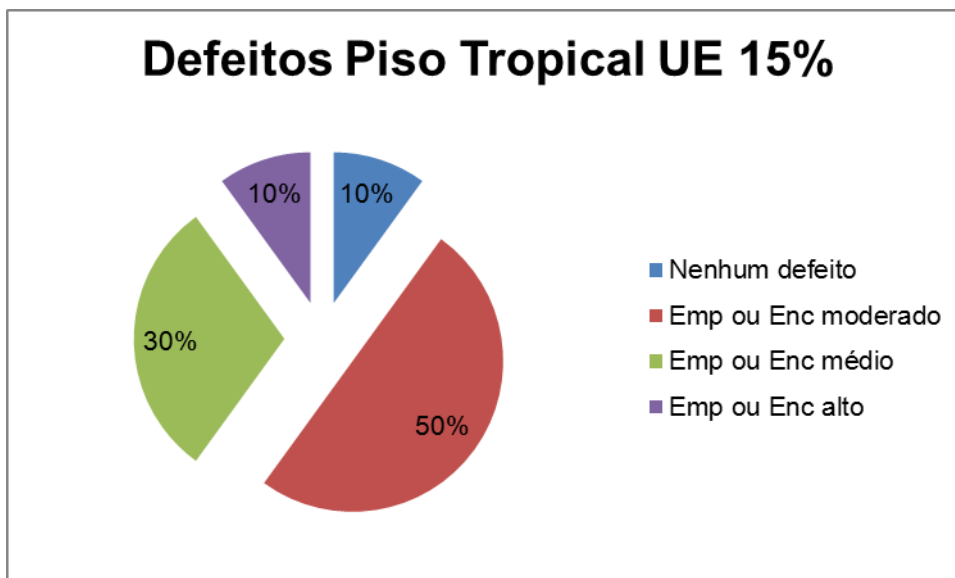


GRÁFICO 23 – OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ENCANOAMENTOS MÁXIMOS PARA O PISO *TROPICAL* NO FIM DO TERCEIRO CICLO.

Emp. – empenamentos; Enc. – encanoamentos.

FONTE: AUTOR (2010).

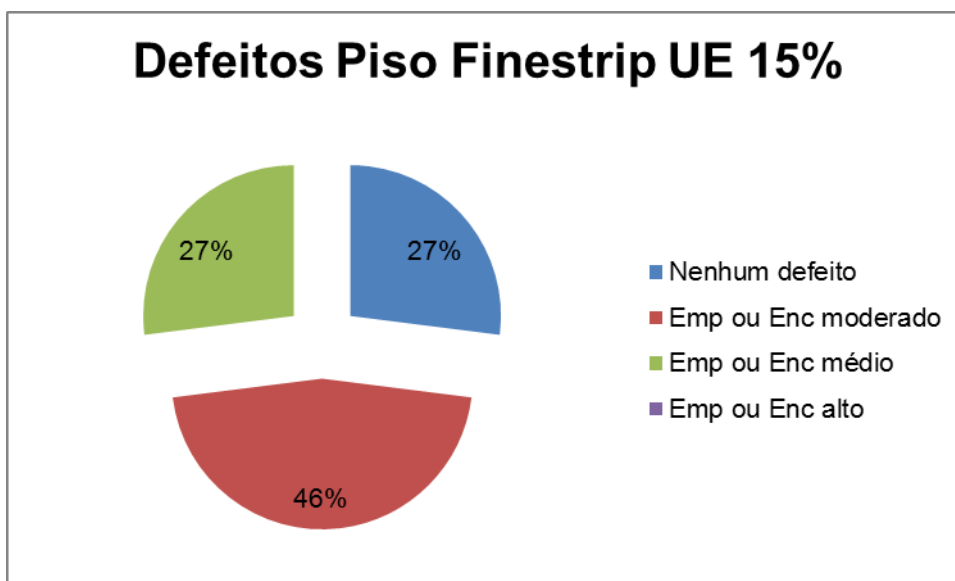


GRÁFICO 24 – OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ENCANOAMENTOS MÁXIMOS PARA O PISO *FINESTRIP* NO FIM DO TERCEIRO CICLO.

Emp. – empenamentos; Enc. – encanoamentos.

FONTE: AUTOR (2010).

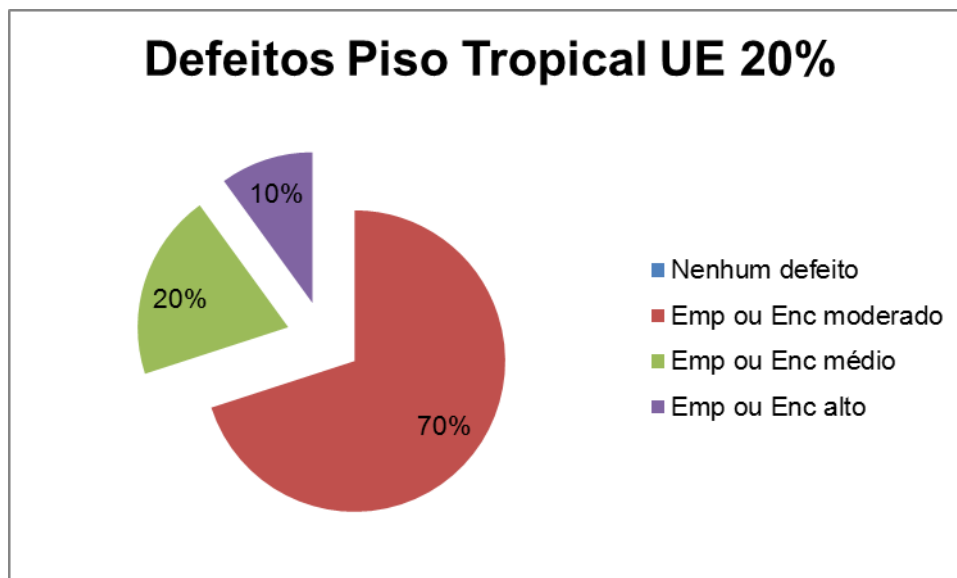


GRÁFICO 25 – OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ENCANOAMENTOS MÁXIMOS PARA O PISO *TROPICAL* NO FIM DO QUARTO CICLO.

Emp. – empenamentos; Enc. – encanoamentos.

FONTE: AUTOR (2010).

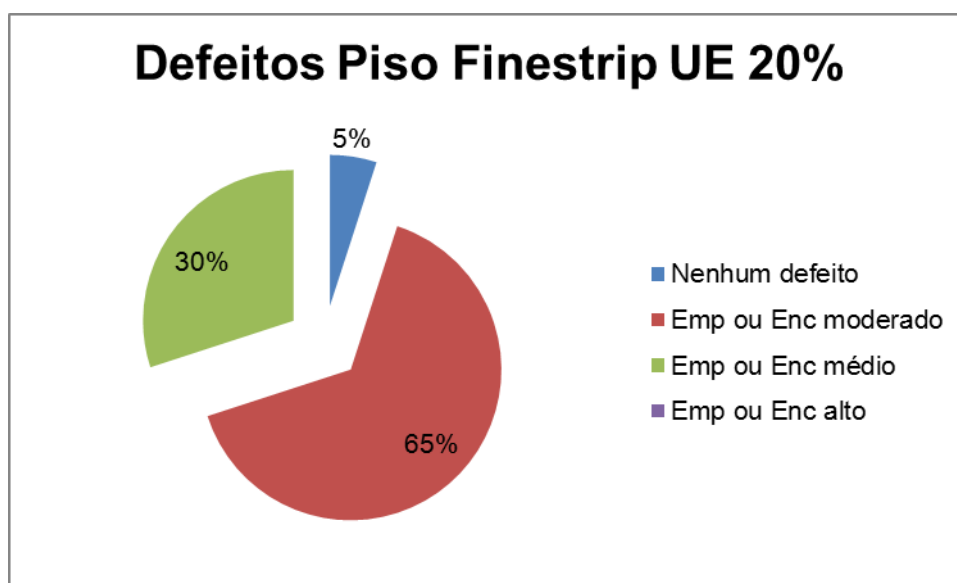


GRÁFICO 26 – OCORRÊNCIA DE DEFEITOS DE EMPENAMENTOS/ENCANOAMENTOS MÁXIMOS PARA O PISO *FINESTRIP* NO FIM DO QUARTO CICLO.

Emp. – empenamentos; Enc. – encanoamentos.

FONTE: AUTOR (2010).

O comportamento em média dos dois pisos foi semelhante, apresentando qualidade satisfatória em relação ao surgimento de empenamentos, porém, o piso “*finestrip*” a 20% de umidade de equilíbrio apresentou defeitos de aberturas na superfície, topo ou ambas, ocorrendo em aproximadamente 45% das amostras experimentadas. A frequência de amostras que apresentaram aberturas de

superfície ou topo e trincas no piso "*finestrip*" da segunda etapa em relação a primeira foi reduzida.

Em geral pode-se observar que quanto menor o teor de umidade do piso, e exposto a 15 e 20% de umidade de equilíbrio, mais rápido é o ganho de umidade, podendo acarretar defeitos nos pisos. Os defeitos referentes a aberturas nos pisos compromete a qualidade do produto, de tal forma que é necessário cuidados especiais na comercialização e utilização dos pisos com essa tendência.

Ao final do quarto ciclo foi verificado o início do desenvolvimento de fungos nos pisos "*finestrip*", a condição de 20% de umidade de equilíbrio pode ser considerada acima do tolerável, tornando as amostras vulneráveis ao ataque de agentes xilófagos. O teor de umidade máximo dos pisos comercializados pela Cikel é de 18%, devendo ser avaliado o comportamento da madeira a esse teor de umidade de equilíbrio.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os ensaios foram concluídos, e na primeira etapa foi possível observar:

- O piso “*tropical*” em geral apresentou 0,4% de contração na largura, o piso “*finestrip*” uma contração em torno de 0,5%, de tal forma que a estabilidade dimensional foi maior para o piso “*tropical*”.
- No ambiente com 10% de umidade de equilíbrio ambos os pisos apresentaram índices de defeitos aceitáveis, com empenamentos de até 1mm. No entanto, com 5% de UE (umidade de equilíbrio) foi observado maior quantidade de defeitos, principalmente nos pisos “*finestrip*”, que além de empenamentos apresentaram aberturas de superfície em 64% das amostras analisadas. Vale ressaltar que os empenamentos foram elevados no piso “*tropical*” de Jatobá e Sucupira em 5% de UE.
- O piso “*finestrip*” apresentou maior tendência a aproximar sua umidade a umidade de equilíbrio do ambiente.

A partir dos resultados obtidos na segunda etapa deste estudo foi constatado que:

- O piso “*tropical*” apresentou um percentual médio de inchamento próximo a 0,3% na largura do piso. O produto “*finestrip*” forneceu valores médios de inchamento próximos a 0,5%, de tal forma que sua instabilidade dimensional é maior que a do piso “*tropical*”.
- Num ambiente com 15% de UE, o piso “*tropical*” apresentou apenas empenamentos, porém, esses valores foram fora dos padrões, acima de 2mm. Com umidade de equilíbrio de 20% os defeitos foram observados com mesma frequência e intensidade. No piso “*finestrip*” submetido a 15% de UE ocorreu abertura nas superfícies e empenamentos, que foram considerados aceitáveis, no entanto, com 20% de umidade de equilíbrio foram observados altos índices de defeitos, principalmente aberturas de superfícies que estavam presentes em 45% das amostras analisadas, e também presença de fungos nos pisos.
- O piso “*finestrip*” exposto a um ambiente com 15% de UE não apresentou grande variação de umidade, porém, com umidade de equilíbrio de 20%

apresentou maior tendência a aproximar sua umidade com a umidade do ambiente.

Considerando ambas as etapas foi possível observar que a estabilidade dimensional foi melhor para os pisos “*tropicais*”, sendo obtido na etapa 2 o menor valor percentual de inchamento na largura (0,3%). Com relação a presença de defeitos, o ambiente com umidade de equilíbrio de 10% proporcionou para ambos os pisos apenas empenamentos considerados aceitáveis. As condições extremas (5 e 20% UE) acarretaram para ambos os pisos quantidade elevada de defeitos, principalmente para o tipo “*finestrip*”, que apresentou em 20% de UE presença de fungos. Num ambiente com 15% de umidade de equilíbrio o piso “*tropical*” apresentou apenas empenamentos, porém, acima do padrão determinado, e nesse mesmo ambiente o piso “*finestrip*” obteve aberturas nas superfícies e empenamentos considerados aceitáveis. Portanto, os ambientes com 10 e 15% de umidade de equilíbrio proporcionaram menor índice de defeitos nos pisos testados. Vale ressaltar que o piso “*finestrip*” demonstrou maior tendência a aproximar sua umidade com a umidade de equilíbrio(UE) do ambiente quando comparado com o piso “*tropical*”, demonstrando que permeabilidade elevada dos *Pinus spp.* pode afetar a estabilidade dimensional do compensado base utilizado para formar o piso.

Ambos os pisos apresentaram qualidade satisfatória em condições ambientais não drásticas, indicando que a madeira de reflorestamento pode ser inserida no mercado de piso de alto padrão, já que reduz os custos com matéria prima e beneficiamento. Porém, cabe ressaltar, que é necessário conhecer o ambiente em que o piso será instalado para assegurar que a qualidade do produto atende aos requisitos estabelecidos pela empresa.

Cabe ressaltar, que os pisos foram ensaiados com amostras de 400mm, quando o ideal seria que o comprimento utilizado fosse de 1200mm, simulando a situação real de uso do produto comercializado.

É recomendável a realização deste estudo com amostras do piso maciço, também comercializado pela empresa, a fim de determinar o ganho em estabilidade dimensional do piso engenheirado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Estudo Setorial – 2003.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE – ABIMCI. **Estudo Setorial – 2009.**

BORGES, L.M.; QUIRINO, W.F. **Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var *hondurensis* tratado termicamente.** Biomassa & Energia, Viçosa. 2004.

BRITO, J. O. **Estudo preliminar de retificação térmica da madeira de eucalipto.** In: Congresso Florestal Brasileiro, 7, Curitiba: SBS/SBEF, 1993. Anais.

CARMO, A. P. T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto.** Viçosa, MG, 1996.

EMBRAPA. **Características de madeiras de maior valor comercial.** Centro nacional de Pesquisas Florestais, 2010.

EMBRAPA. **Características da madeira de *Pinus spp.*** Centro nacional de Pesquisas Florestais, 2011.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira.** São Paulo: Nobel, 1985.

HART, C. A. **The drying of wood.** Raleigh: The North Carolina Agricultural Extension Service, 1975.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. **Eucalypts for wood production.** Melbourne: CSIRO, 1978.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT, 1995. Disponível em: www.ipt.br. Acesso em: jun 2010.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira reconstituída.** Curitiba: FUPEF, 2005

JANKOWSKI, I.P. **O controle do processo de secagem**. Santa Maria, 1992.

KLITZKE, R. J. **Secagem de madeira**. Suprema Gráfica e Editora Ltda, Curitiba. 2007.

KLOCK, U. **Qualidade da Madeira de *Pinus maximinoi* H. E. Moore**. Tese, UFPR, Curitiba, 2000. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of Wood Science and Technology**. Berlin: Springer, 1968.

KOLLMANN, F. F. P.; KUENZI, E.; STAMM, A. J.; **Principles of Wood Science and Thechnology II, Wood Based Materials** Carolina do Norte, USA, 1951.

LIMA, J. T. **Clonal variation in the solid wood properties of *Eucalyptus***. University of Wales, Bangor, UK, 1999.

MASSERAN, C; MARIAUX, A. Anisotropie de retrait et structure du bois. **Bois et forets des tropiques**. 1985.

MORIKAWA, M. S. **Materiais alternativos utilizados em formas para concreto armado**. Campinas, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1998. Tese Doutorado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 4.ed. New York: Mc-Graw-Hill, 1980.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de madeira**. Rio de janeiro: LTC, 2003.

PINCELLI, A. L. P. S. M.; BRITO, J. O.; CORRENTE, J. E. **Avaliação da termorreificação sobre a colagem na madeira de *Eucalyptus saligna* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis***. Scientia Forestalis, Piracicaba. 2002.

REVISTA DA MADEIRA – REMADE, Brasil. 2006. Disponível em: www.remade.com.br. Acesso em: agosto 2010.

REVISTA DA MADEIRA – REMADE, Brasil. 2009. Disponível em: www.remade.com.br. Acesso em: março 2010.

SELLERS, T. **Plywood and adhesive technology**. Nova York: Marcel Dekker Inc., 1985.

SIAU, J. F. **Wood: influence of moisture on physical properties**. Virginia: Department of Wood Science and Forest Products, Virginia Polytechnic Institute and State University. 1995.

SILVA, F. D.; BITTENCOURT, R. M. **Estudo do desgaste à abrasão do eucalipto, madeira laminada e bambu gigante laminado utilizados como elementos nos pisos**. Uberlândia, 2002.

SKAAR, C. **Water in Wood**. Syracuse: Syracuse University Press, 1972.

TSOUMIS, G. T. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Chapman & Hall. 1991.

ZADERENKO, C. **Determinación de tiempos de secado por difusión en cámaras convencionales para *Pinus taeda* implantado de misiones**. Univesidad Nacional de Misiones, 2000.