



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus Experimental de Itapeva

RODRIGO DE MATA MARANGON

**ESTUDO SOBRE A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SHAPES DE
SKATES E O DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS PARA
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA**

Itapeva - SP
2018

RODRIGO DE MATA MARANGON

**ESTUDO SOBRE A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SHAPES DE
SKATES E O DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS PARA
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus Experimental de Itapeva, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. César Augusto de Galvão
Moraes

Itapeva - SP
2018

M311e Marangon, Rodrigo de Mata
Estudo sobre a avaliação da qualidade de shapes de skates e o desenvolvimento de metodologias para caracterização física e mecânica / Rodrigo de Mata Marangon. -- Itapeva, 2018
77 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia de Produção) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Câmpus Experimental de Itapeva, Itapeva
Orientador: César Augusto de Galvão Morais

1. Skateboarding. 2. Caracterização de materiais. 3. Compensados de madeira. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Câmpus Experimental de Itapeva. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



RODRIGO DE MATA MARANGON

**ESTUDO SOBRE A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE SHAPES DE
SKATES E O DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIAS PARA
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. César Augusto Galvão de Moraes
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

2º Examinador: Prof.ª Dr.ª Cristiane Inácio de Campos
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

3º Examinador: Prof. Dr. Ricardo Ghantous Cervi
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

Itapeva, 20 de novembro de 2018.

Dedico esse trabalho aos meus pais Carlos e Ana Maria, e ao meu irmão Victor, que estiveram sempre ao meu lado, oferecendo apoio, carinho e motivação, e a Deus, que me guiar por toda minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. César Augusto Galvão de Moraes, meu amigo e orientador, pelas horas de discussão e pelas horas de risadas, por acreditar em mim e nesse projeto e não medir esforços para fazê-lo acontecer, tenho certeza que tive o melhor orientador dessa faculdade.

A Prof. Marília da Silva Bertolini, pelo apoio durante o desenvolvimento desse trabalho e pelo carinho durante toda a graduação.

A Prof. Cristiane Inácio de Campos, por me motivar a iniciar esse trabalho em 2016.

Aos Profs. André Luis Debiaso Rossi, Juan Carlos Cebrian Amasifen, Julio Cesar Molina e Alexandre Jorge Duarte de Souza, pela ajuda na elaboração da máquina de análise de absorção de energia.

Aos técnicos Juliano Brito, Thiago Oliveira e Eliel, pela ajuda durante os ensaios físicos e mecânicos.

Aos meus amigos da primeira turma de Engenharia de Produção, “Produshow”, pelo incentivo a terminar esse trabalho, e pela parceria nesses cinco anos de graduação.

A todos que conheci durante a graduação e que fizeram os últimos cinco anos os melhores da minha vida.

“Você precisa seguir a sua paixão. Precisa descobrir o que você adora, quem você realmente é. E precisa ter a coragem de seguir essa paixão. Acredito que a única coragem que alguém precisa na vida é a coragem de seguir os próprios sonhos”

Oprah Winfrey

SKATE FOR LIFE

RESUMO

Desde a criação do skate na década de 1950 foi possível observar o crescimento da prática do skate como esporte, passando de uma prática recreativa até chegar ao *status* de esporte olímpico. Isso evidencia o aumento significativo do número de praticantes desse esporte e o desenvolvimento da ciência aplicada à área. Parte fundamental do skate, o shape é uma prancha de compensado laminado onde são fixados os eixos que recebem as rodas, esse produto sofre danos devido aos esforços submetidos durante a prática do esporte. A avaliação da qualidade e características do skate são importantes para garantir e assegurar a qualidade dos produtos e da prática do esporte, bem como a segurança dos praticantes. Para análise das características físicas e mecânicas foram realizados seis tipos de ensaios diferentes, em dez configurações de shapes comerciais, todas com diferentes combinações de lâminas de madeira, adesivo e reforço, sendo dois deles desenvolvidos especialmente para este trabalho. Neste contexto, foram realizados ensaios de determinação da massa específica, determinação do teor de umidade, determinação da qualidade de colagem, determinação de resistência à flexão estática, determinação da resistência à flexão estática em escala real e análise de absorção de energia, sendo os dois últimos metodologias novas. Ao final, os resultados de cada uma das etapas foram analisados e as configurações foram classificadas baseadas em valores de relevância para cada variável medida. Pode-se concluir a importância do uso do reforço de fibra de vidro e do adesivo epóxi para aumento de resistência mecânica, no entanto, deve ser levado em conta o aumento em sua massa específica. Concluído a classificação, uma das configurações formada por lâminas de *Acer Saccharum* e adesivo epóxi se mostrou a de maior desempenho frente às variáveis analisadas. Com informações mais claras sobre as características das configurações de shapes é esperado que os empresários possam ter uma melhor orientação no que diz respeito a tomada de decisão sobre o processo produtivo e comercial, bem como também seja possibilitado aos skatistas realizar investimentos mais certos baseados nas preferências e prática do esporte.

Palavras-chave: Skateboarding. Caracterização de Materiais. Compensado de Madeira.

ABSTRACT

Since the creation of skateboarding in the 1950s, it has been possible to observe the growth of skateboarding as a sport, from a recreational practice to Olympic sport status. This evidences the significant increase in the number of practitioners of this sport and the development of applied science in the area. A fundamental part of the skateboard, the deck is a laminated plywood board where the axles that receive the wheels are fixed, this product suffers damages due to the efforts undergone during the practice of the sport. The evaluation of the quality and characteristics of the skateboard are important to guarantee and ensure the quality of the products and the practice of the sport, as well as the safety of the practitioners. For the analysis of the physical and mechanical characteristics, six different types of tests were performed, in ten types of commercial decks, all with different combinations of wood, adhesive and reinforcement, two of them specially developed for this work. In this context, tests were carried out to determine the specific mass, determination of the moisture content, determination of bonding quality, determination of resistance to static bending, determination of the resistance to static bending in real scale and analysis of energy absorption, being the last two new methodologies. At the end, the results of each of the steps were analyzed and the deck types were ranked based on values of relevance for each measured variable. It was concluded the importance of the use of glass fiber reinforcement and epoxy adhesive to increase mechanical strength, however, it must be taken into account the increase in its specific mass. After finishing the ranking, one of the lines formed by *Acer saccharum* sheets and epoxy adhesive showed the best performance of the analyzed variables. With clearer information about the characteristics of the deck configurations, it is expected that the companies can have a better orientation regarding the decision of the productive and commercial process, as well as it is possible for skaters to make more accurate investments based on preferences and practice of the sport.

Keywords: Skateboarding. Characterization of Materials. Plywood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo produtivo	21
Figura 2 - Classificação dos compostos de madeira	24
Figura 3 - Ilustração do compensado multilaminado (a). Compensado multilaminado comercial (b).....	25
Figura 4 - Ilustração do compensado blockboard (a) e Compensado blockboard comercial (b).....	26
Figura 5 - Ilustração do compensado Three-ply (a) e Compensado Three-ply comercial (b).....	26
Figura 6 – Oscilação Harmônica Amortecida	30
Figura 7 - Corpos de prova antes e depois do corte	33
Figura 8 - Dimensões dos corpos de prova para ensaio de cisalhamento	34
Figura 9 - Ensaio de cisalhamento dos corpos de prova retirados do shape.	35
Figura 10 - Gráfico dos requisitos mínimos para atestar a qualidade de colagem dos shapes.....	36
Figura 11 - Dimensões do corpo de prova para o ensaio de flexão estática.....	37
Figura 12 - Corpos de prova antes do corte.....	38
Figura 13 - Corpos de prova do ensaio de flexão estática.	38
Figura 14 - Montagem do ensaio de flexão estática	39
Figura 15 - Acessório 1. Ideia inicial (a) e peça fabricada (b).....	39
Figura 16 - Acessório 2. Ideia inicial (a) e peça fabricada (b).....	40
Figura 17 - Martelo e Acessório 1 para distribuição da carga.	40
Figura 18 - Acessórios 2 fixos com parafusos e porcas na parte inferior do shape ..	41
Figura 19 - Modelo 3D da máquina	41
Figura 20 - a) Descolamento b) Descolamento Parcial	45
Figura 21 - Corpos de provas curvados	48
Figura 22 - Gráfico de médias das configurações utilizadas no ensaio de qualidade de colagem.....	51
Figura 23 - Boxplot das configurações de shape	54
Figura 24 - Gráfico de Amplitude máxima de cada Configuração	56
Figura 25 - Configurações A, E, F, G e H.....	70

Figura 26 - Configurações A, E e F.....	70
Figura 27 - Configurações G e H.....	71
Figura 28 - Gráfico de comparação de absorção de energia de todas as configurações	72
Figura 29 – Gráfico de absorção de energia da Configuração A.....	73
Figura 30 – Gráfico de absorção de energia da Configuração D	73
Figura 31 – Gráfico de absorção de energia da Configuração E.....	74
Figura 32 – Gráfico de absorção de energia da Configuração F.....	74
Figura 33 – Gráfico de absorção de energia da Configuração G	75
Figura 34 – Gráfico de absorção de energia da Configuração H	75
Figura 35 – Gráfico de absorção de energia da Configuração I	76
Figura 36 – Gráfico de absorção de energia da Configuração J	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Nomenclatura adotada para os corpos de prova.	34
Quadro 2 - Tratamentos para os Corpos de prova	38
Quadro 3 - Características e destaques das configurações	59
Quadro 4 - Configurações, características, destaques e posições.....	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de composições de shapes testadas.	31
Tabela 2 - Requisitos mínimos para atestar a qualidade de colagem dos shapes.	36
Tabela 3 - Configurações e seus valores de massa específica.	44
Tabela 4 - Valores de Massa seca, úmida e teor de umidade	45
Tabela 5 - Corpos de prova de orientação paralela as fibras, sob tratamento seco.	46
Tabela 6 - Corpos de prova de orientação perpendicular as fibras, sob tratamento seco	46
Tabela 7 - Corpos de prova de orientação paralela as fibras, sob tratamento de 24 horas em água	47
Tabela 8 - Corpos de prova de orientação perpendicular as fibras, sob tratamento de 24 horas em água	47
Tabela 9 - Comparação entre configurações, orientação e tratamento.	49
Tabela 10 - Resultados da análise visual.	50
Tabela 11 - Análise de variância para os valores de resistência ao cisalhamento.	51
Tabela 12 - Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e Confiança de 95%	52
Tabela 13 – Resultados do ensaio de flexão estática	53
Tabela 14 - Valores de força de ruptura na flexão estática em escala real – newton (N)	54
Tabela 15 - Análise de variância para os valores de força de ruptura em escala real	55
Tabela 16 - Informações de Agrupamento utilizando Método de Tukey e Confiança de 95%	55
Tabela 17 - Amplitude das Curvas de Absorção de Energia	57
Tabela 18 - Resultados médios de todos os ensaios de todas as linhas de shapes analisadas	57
Tabela 19 - Classificação das configurações em cada ensaio	58
Tabela 20 - Classificação individual e final de cada uma das configurações em cada um dos testes	58
Tabela 21 – Valores totais de Massa seca, úmida e teor de umidade	67

Tabela 22 - Corpos de prova de orientação paralela as fibras, sob tratamento seco	68
Tabela 23 - Corpos de prova de orientação perpendicular as fibras, sob tratamento seco.....	68
Tabela 24 - Corpos de prova de orientação paralela as fibras, sob tratamento de 24 horas em água	69
Tabela 25 - Corpos de prova de orientação perpendicular as fibras, sob tratamento de 24 horas em água	69

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Norma Técnicas
ABE	Absorção de Energia
CS	Cisalhamento Seco
CSPP	Cisalhamento Seco Na Direção Perpendicular
CSPR	Cisalhamento Seco na Direção Paralela
CH	Cisalhamento Úmido
CHPP	Cisalhamento Úmido na Direção Perpendicular
CHPR	Cisalhamento Úmido na Direção Paralela
FBG	<i>Fiberglass</i> (Fibra de Vidro)
FER	Flexão Estática Real
MEA	Massa Específica Aparente
TU	Teor de Umidade
UF	Adesivo de Ureia-Formaldeído

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	OBJETIVOS	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
3.1	O Skateboarding.....	19
3.1.1	O processo de manufatura dos shapes	21
3.2	Painéis de madeira.....	22
3.3	Compensado de madeira.....	25
3.4	Características de colagem em painéis compensados	27
3.5	Teoria do Oscilador harmônico amortecido e sua relação com o skate	
	29	
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
4.1	Determinação da massa específica aparente	31
4.2	Determinação do teor de umidade.....	32
4.3	Avaliação da qualidade de colagem	33
4.4	Resistência à flexão estática.....	37
4.5	Resistência à flexão em escala real.....	39
4.6	Absorção de energia.....	41
4.7	Análise estatística	42
4.8	Análise conjunta final	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	44
5.1	Massa específica aparente	44
5.2	Teor de umidade.....	45

5.3	Qualidade de colagem	46
5.4	Flexão estática	53
5.5	Resistência a flexão em escala real.....	53
5.6	Absorção de energia.....	56
5.7	Análise conjunta final	57
6	CONCLUSÕES	61
	REFERÊNCIAS.....	63
	APÊNDICE A – Resultados do ensaio de Teor de Umidade	67
	APÊNDICE C – Corpos de prova na direção perpendicular e secos	70
	APÊNDICE D- Corpos de prova na direção perpendicular e úmidos	70
	APÊNDICE E – Absorção De Energia	72
	APÊNDICE F – Gráficos de Absorção de Energia Individuais.....	73
	APÊNDICE G- Características e destaques das configurações	77

1 INTRODUÇÃO

Produtos esportivos como shapes de skates são produzidos com painéis compensados, que, devido às características construtivas do painel, permitem ao shape uma maior uniformidade nas propriedades mecânicas e físicas entre as direções longitudinal e transversal do produto. Há também a utilização de materiais alternativos como reforços de fibra de carbono e fibra de vidro na construção de shapes de skate.

A indústria de produtos esportivos relacionados à prática de skate possui destaque pela movimentação da economia com a venda de produtos em feiras e eventos, sobretudo em mercados varejistas. É crescente a prática dessa modalidade por adultos e jovens, o que define uma área de grande potencial e a oportunidade de desenvolver tecnologias novas e estudos científicos que podem contribuir com o setor. Vale ressaltar que o esporte foi inserido como modalidade oficial dos Jogos Olímpicos de Tóquio, que ocorrerão em 2020 (IOC, 2017), o que é um incentivo ainda maior para a prática desta modalidade e desenvolvimento científico da área. Embora este segmento tenha expressiva importância no Brasil, poucos trabalhos científicos foram desenvolvidos sobre o tema.

O território brasileiro se destaca pela extensão territorial composta por florestas nativas e de reflorestamento, o que dá ao país atributos positivos quanto à exploração e utilização da madeira para fabricação de produtos. A determinação ideal para a utilização de uma espécie da madeira é realizada conforme a sua aplicação, assim, a escolha deve ser pontual e definida a partir de diversos critérios, dentre os quais podem ser citados: custo, facilidade de processamento, propriedades químicas, físicas e mecânicas e a facilidade de obtenção de espécies comerciais (ABIMCI, 2009). No entanto, esses fatores podem ser decisivos de forma diferente para cada área produtiva. No caso de fabricação de shapes, são importantes características como valores de resistência a flexão e impacto, massa específica, qualidade de colagem, teor de umidade e capacidade de absorção e transferência de energia.

A utilização em grande escala da madeira em diversos setores permitiu que fossem desenvolvidas técnicas para a fragmentação da madeira e utilização da madeira reconstituída em forma de painéis. Desse modo, é possível utilizar diferentes

composições para melhorar diversas propriedades, desenvolvendo produtos com propriedades mais homogêneas e possibilitando diversas aplicações. Do mesmo jeito que há diferentes compensados laminados comerciais para respectivos usos, há também inúmeras composições de shapes para diversas modalidades e skatistas.

Nesse sentido, é apresentada a justificativa de elaboração do presente trabalho, visto que pode contribuir com conhecimentos envolvidos de forma direta ou indireta em toda a cadeia produtiva, desde a definição da espécie de madeira a ser plantada e utilizada até o produto final comercializado.

Diante do exposto, este trabalho teve o propósito de determinar as propriedades físicas e mecânicas de shapes de skate comerciais, a fim de classificar dez tipos de composições, com diferentes combinações de espécies de madeira, adesivo e utilização de reforços.

2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo analisar e determinar as propriedades físicas e mecânicas de shapes de skate comerciais, a fim de classificar diferentes combinações de espécies de madeira, adesivo e utilização de reforços, trazendo informações sobre a qualidade do produto.

Os objetivos específicos foram: contribuir com a apresentação de resultados de cisalhamento de configuração de cola em ambientes secos e úmidos, flexão estática de corpos de prova, flexão estática em shapes de skate em escala real e análise de absorção de energia em escala real; fomentar novos estudos sobre a engenharia, inovação e controle de qualidade dos mesmos, além de incentivar a prática do esporte.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir, é apresentada uma revisão de literatura que sustenta o desenvolvimento do presente trabalho. Neste item são explorados temas como o esporte *skateboarding*, processo de fabricação de shapes de skates, a matéria prima para fabricação de shapes e alguns resultados encontrados em literatura sobre a qualidade de colagem de painéis compensados, que, em geral, é o material principal dos shapes de skates, além de uma explicação sobre osciladores harmônicos amortecidos.

3.1 O *Skateboarding*

É possível observar a evolução do skate, inicialmente idealizado na década de 1950 como um artigo de lazer, até a sua inclusão nas Olimpíadas de 2020, em Tóquio, atingindo a classe de esporte olímpico. É comum em áreas urbanas de grandes cidades observar jovens e adultos de diversas idades praticando diferentes modalidades de skate, o que comprova a grande adesão à prática (MACHADO, 2011).

A partir desta crescente popularidade, Roth (2010) afirma que o Brasil é o segundo colocado mundialmente em termos de mercado, além de ser um dos únicos países que produzem vestimentas, acessórios e peças para esta prática esportiva.

Roth (2010) também afirma que isso pode ser explicado pelo fato do Brasil ser a segunda maior potência esportiva dessa modalidade, o que atrai novos praticantes incentivados pela exposição do skate na mídia. Essa exposição auxilia no desenvolvimento do mercado e da economia do setor, fato que pode ser observado com o aumento de consumidores de produtos relacionados à prática do skate, o que define o grande potencial de investimento que a área apresenta.

Ainda segundo o autor, o esporte é muito praticado no país e isto se deve a uma adesão significativa nas últimas décadas, a ponto de se tornar o segundo esporte mais praticado no estado de São Paulo.

A Confederação Brasileira de Skate (CBSK, 2016), entidade que regulamenta as normas e políticas voltadas ao desenvolvimento do skate no território brasileiro, afirma que a prática já gera mais de R\$ 1 bilhão no Brasil anualmente e, segundo a GIA (*Global Industry Analysts*), essa movimentação deve ser de cerca de U\$20 bilhões até 2021 no mundo todo. Além disso, de acordo com CBSK (2015), em uma análise do cenário nacional para uma população com idade superior a 16 anos, cerca de 6% praticavam skate em 2006, já em 2015, o número de praticantes cresceu para 10%. Apesar do menor destaque na região nordeste do país, a prática do esporte aumentou em todas as regiões.

Parte fundamental do skate, o shape, é uma prancha de compensado laminado onde são fixos os eixos, chamados de *trucks*, que recebem as rodas. Nesse contexto, o shape é a peça que tem a maior frequência de reposição. Outros componentes do skate possuem geometrias e materiais diferentes e assim suportam melhor as cargas aplicadas, permitindo ao shape uma maior uniformidade nas propriedades físicas e mecânicas entre as direções longitudinal e transversal do produto. Em consequência ao peso excessivo para a prática de skate, as madeiras maciças utilizadas para manufatura das pranchas, geralmente de carvalho, foram trocadas por compensados laminados a partir da década de 1970, que são utilizados até hoje (MARTINES e SILVA, 2012).

Um aspecto importante durante o desenvolvimento de shapes é o esforço constante em criar pranchas cada vez mais resistentes a abrasão e impacto, e também mais leves, sem um aumento no seu preço, permitindo um melhor

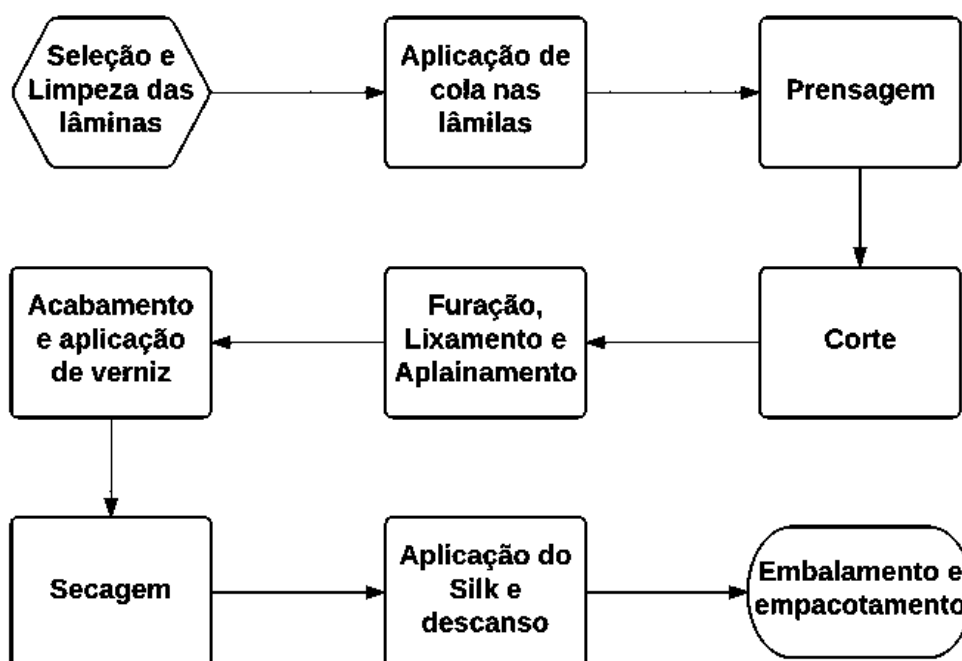
desempenho dos skatistas. Por esse motivo o uso de reforços de fibra de vidro e fibra de carbono se tornaram populares (WESTERN, 2000).

3.1.1 O processo de manufatura dos shapes

Produtos esportivos, como shapes de skate, são geralmente painéis compensados com geometrias e acabamentos específicos. A utilização de compensados é benéfica ao produto, já que com a constante aplicação de esforços durante a utilização, são necessárias propriedades mecânicas mais uniformes do shape, nas direções paralela e normal às fibras.

Segundo Souza (2013), a manufatura do shape de skate possui sete etapas básicas que podem ser desmembradas em outras para apoio do processo produtivo. O fluxograma da Figura 1 ilustra de forma visual as etapas do processo.

Figura 1 - Fluxograma do processo produtivo



Fonte: Autor, 2018

Com exceção da prensagem, todas as etapas da fabricação do shape podem ser realizadas manualmente, de maneira artesanal. A forma de fabricação e

movimentação de materiais podem ser distintas em diferentes empresas, utilizando-se de processos manuais ou automatizados.

3.2 Painéis de madeira

O Brasil possui grande quantidade de recursos vegetais disponíveis, os quais o colocam em posição de destaque internacional para exploração e fabricação de uma diversidade de produtos de base vegetal, sobretudo, utilizando a madeira. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (2009), conhecida no meio industrial como ABIMCI, o território brasileiro é constituído de uma ampla variedade de cobertura vegetal, em que, entre outras, destacam-se as florestas. As florestas nacionais equivalem a aproximadamente 2/3 do território brasileiro e são divididas entre florestas naturais e florestas plantadas (ABIMCI, 2009).

Com a diminuição da exploração de madeira devido à menor disponibilidade das espécies e também devido a legislação que restringe o desmatamento, o consumo de madeiras oriundas de espécies florestais nativas sofreu uma grande queda, e a solução foi a sua substituição por espécies provenientes de reflorestamento, as quais apresentam rápido crescimento e um menor ciclo de corte (PIO, 1996).

Devido à escassez natural da madeira e a diminuição de oferta deste produto, foi necessário a criação de novos e melhores meios de aproveitamento da madeira, surgindo assim novas técnicas e produtos que visam melhorar a eficiência da sua utilização, como, por exemplo, a diminuição de geração de resíduos e a criação de novos produtos utilizando essa matéria prima. (MATTOS; CHAGAS; GONÇALVES, 2008).

Aspectos econômicos e a menor disponibilidade de grandes árvores para extração de grandes peças maciças de madeira estabeleceram a necessidade do desenvolvimento de novas tecnologias, como aquelas aplicadas na produção de painéis de madeira, os quais podem ser fabricados a partir de matéria-prima proveniente de árvores menores. A utilização de painéis de madeira substituindo a madeira maciça permite ainda a aplicação deste material em produtos que requerem resistência mecânica similares em diferentes direções, normal e paralela às fibras, ou,

então, onde é necessária uniformidade de propriedades físicas em todo o produto. (IWAKIRI; KEINERT JÚNIOR; MENDES, 2005)

Aplicações de madeira de baixa densidade de alta resistência mecânica são muitas vezes buscadas, porém nem sempre são fáceis de se obter, visto que madeiras de maior resistência mecânica possuem, de maneira geral, uma maior densidade. A madeira é um material anisotrópico que possui diferentes valores das propriedades físicas e mecânicas entre os planos de corte, já que em cada plano as fibras possuem diferentes orientações. (CALIL; LAHR; DIAS, 2003)

Registros apontam que os painéis de madeira reconstituída tiveram origem no final do século XIX, e a busca pelo melhor produto levou a criação de diversos tipos de painéis com inúmeras características e propriedades para aplicações diferentes. Devido a uma demanda cada vez mais especializada e exigente, essa busca contínua por novas tecnologias leva a criação de novos produtos, com aplicação de adesivos e espécies diferentes. (IWAKIRI, 2005)

Segundo Dias (2008), o melhor aproveitamento do material lenhoso extraído das árvores ou o emprego de parte de resíduos provenientes de serrarias e outras indústrias de beneficiamento da madeira são características de indústrias de painéis de madeira reconstituída, bem como a obtenção de propriedades mais homogêneas nas direções normal e paralela às fibras.

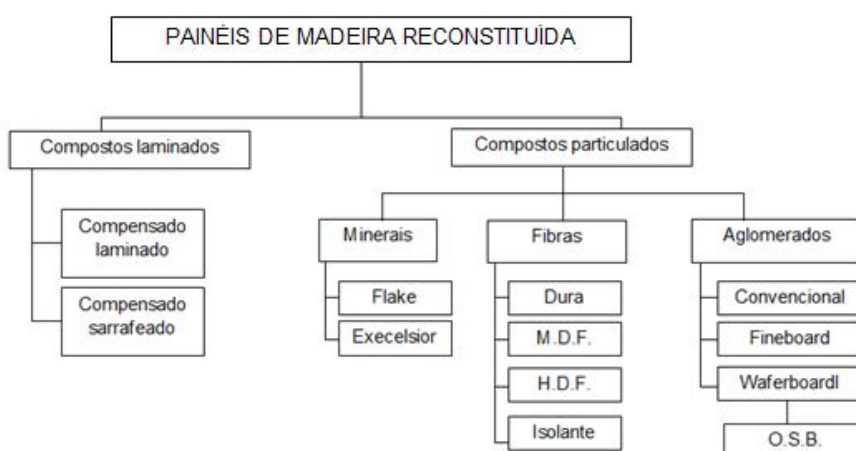
As propriedades de produtos fabricados com painéis de madeira podem ser diferentes devido inúmeras variáveis que, dentre as principais, podem ser consideradas a densidade do painel, o teor de umidade, a massa específica da madeira, o adesivo e a proporção de adesivo utilizado. Parâmetros de prensagem como tempo de prensagem, temperatura e pressão também podem influenciar as propriedades dos produtos finais (MALONEY, 1993).

Os painéis de madeira reconstituída são fabricados com base em processos mecânicos e químicos da madeira, que passa por diferentes processos de desagregação (MATTOS, 2008).

De acordo com Biazus, Hora e Leite (2010), os painéis de madeira são estruturas fabricadas com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação que, aglutinadas pela ação de temperatura, de pressão e da utilização de resinas, são novamente agregadas visando às aplicações específicas. A grande

vantagem desse tipo de produto é a utilização como substituto da limitada e encarecida madeira maciça em diferentes aplicações, como na fabricação de móveis, portas, pisos e rodapés. A partir da necessidade de diminuir a anisotropia da madeira maciça quanto propriedades físicas e mecânicas, nasceram os painéis de madeira, com isto também foi possível obter melhores propriedades acústicas e térmicas (IWAKIRI, 2005). A Figura 2 mostra de forma simples um esquema representativo dos principais tipos de painéis de madeira.

Figura 2 - Classificação dos compostos de madeira



Fonte: IWAKIRI, 2005

A demanda por novos produtos com custos, propriedades e aplicações diferentes fez necessário o desenvolvimento de diferentes painéis. Os painéis fabricados a partir de madeira fragmentada são formados por partículas, lâminas e fibras, além de adesivos, cujo objetivo é a adesão entre os componentes e a formação do painel. Mais conhecidos no mercado nacional, os painéis de madeira reconstituída se diferem pelo grau de fragmentação da madeira escolhida. Pode-se citar o OSB (Painel de partículas longas de madeira), o MDF (Painel de fibras de média densidade, o MDP (Painel de partículas de madeira de média densidade) e o compensado, que é utilizado na manufatura de shapes de skates. Os painéis compensados e OSB são usualmente aplicados na construção civil, como peças estruturais, enquanto os painéis aglomerados são utilizados geralmente para fabricação de móveis e acabamentos em construções (IWAKIRI, 2005).

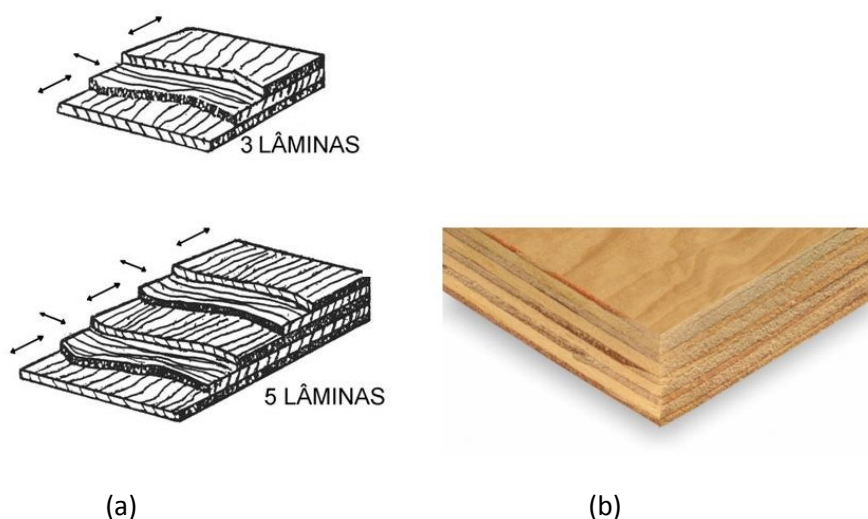
3.3 Compensado de madeira

Existem várias formas de conceituação de um painel compensado. De acordo com Lima e Mendes (1995) e Mendes (1996), o compensado é um painel produzido por um número ímpar de lâminas de madeira perfeitamente ligadas entre si através de um adesivo adequado, de tal maneira que a direção das fibras das lâminas adjacentes forme um ângulo reto, e colados sob efeitos de temperatura e pressão. De maneira geral, apresenta-se de forma resumida que a fabricação de compensados é baseada no princípio da laminação cruzada, na qual as lâminas são sobrepostas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes. A restrição imposta pela configuração de cola aos diferentes comportamentos físicos e mecânicos nas camadas individuais confere ao painel um equilíbrio estrutural através da construção balanceada.

Dentre os diversos tipos de compensados, de acordo com Iwakiri (2005), podemos destacar:

- Multilaminado – painel constituído de madeira sobrepostas em formato de lâminas em número ímpar de camadas, formando um ângulo reto entre as camadas adjacentes, como pode ser visto na Figura 3:

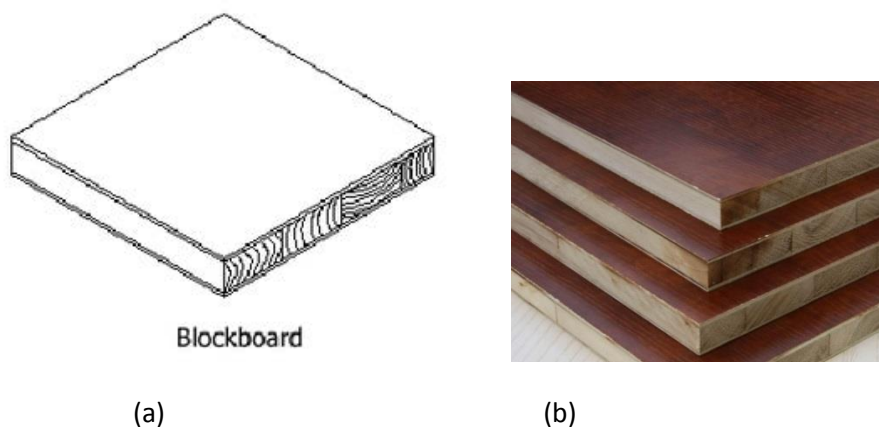
Figura 3 - Ilustração do compensado multilaminado (a). Compensado multilaminado comercial (b)



Fonte: Adaptado de IWAKIRI, 2005

- Sarrafeado ou *blockboard* – tem no seu o centro sarrafos e as capas com lâminas de madeira. Conta com camadas de transição compostas de lâminas coladas à 90° aos sarrafos e às capas, como apresenta a Figura 4.

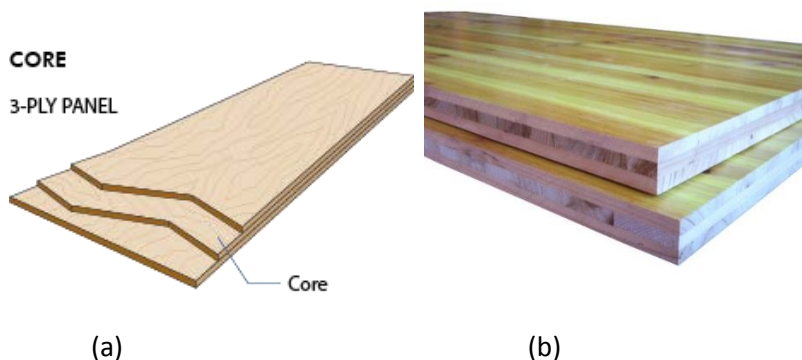
Figura 4 - Ilustração do compensado blockboard (a) e Compensado blockboard comercial (b)



Fonte: Adaptado de CAKICIER et al., 2010

- *Three-ply* ou compensado de madeira maciça está apresentado na Figura 5, é formado de três camadas cruzadas de sarrafos colados lateralmente. Para sua fabricação podem ser utilizados *clears* com emendas do tipo *finger-joints*. No Brasil, utiliza-se madeira proveniente de florestas plantadas, principalmente *Pinus sp*, e também as advindas de florestas nativas, como folhosas.

Figura 5 - Ilustração do compensado Three-ply (a) e Compensado Three-ply comercial (b)



Fonte: Wood University, 2017

A disposição cruzada das lâminas nos compensados permite uma significativa resistência à flexão nas direções paralelas e normal às fibras. Em uma

comparação das propriedades de resistência e rigidez em compensados, entre os sentidos paralelos e normal às fibras, são observadas diferenças muito menores do que as mesmas propriedades para peças de madeira maciça entre os dois sentidos de análise (STARK; CAI; CARLL,2010). Esta uniformidade das propriedades entre as direções citadas permite a utilização do compensado em diferentes aplicações. O estudo setorial elaborado pela ABIMCI (2009) aponta que o compensado é aplicado em diversos segmentos como construção civil, móveis, embalagens entre outros.

Segundo Iwakiri (2005), a manufatura de compensados possui outras vantagens em relação ao uso da madeira maciça, como:

- Uniformidade na resistência do painel em sua extensão;
- Estabilidade dimensional maior e contração menor, por causa da laminação cruzada;
- Rendimento maior da tora;
- Obtenção de chapas de dimensões maiores;
- Compensado tem um preço menor que a tora de madeira maciça;

Compensados de madeira reforçados com polímeros como fibra de vidro (PRFV) são compósitos avançados que possuem propriedades físicas, mecânicas e químicas muito versáteis. São um complemento e apresentam propriedades superiores às características ortotrópicas da madeira, e são projetados para reforçar, recuperar, substituir estruturas e resistir a corrosão (FONSECA; COSTA; DIAS, 2011).

3.4 Características de colagem em painéis compensados

Segundo Albuquerque, Iwakiri e Keinert Júnior (2005), a qualidade da colagem das lâminas depende de alguns fatores, ou ainda da combinação destes que são: características físico-químicas do adesivo, composição e características da madeira, procedimento de colagem e as condições de utilização do produto colado.

O teor de umidade das lâminas utilizadas para confecção dos painéis também é determinante para assegurar a qualidade da colagem. Segundo Irle e Barbu

(2010), as lâminas devem estar com umidade entre 6% e 12% para garantir uma boa colagem.

Segundo Iwakiri (2005), para um produto colado, as tensões geradas no sistema madeira – configuração de cola são de suma importância no balanço geral de resistência. As tensões produzidas na configuração de cola se manifestam através de tensões de cisalhamento no plano de junção adesiva e no sentido normal ao mesmo. Essas tensões são produtos de fatores internos e externos, que estão relacionados à resistência da madeira em relação à magnitude delas distribuídas na configuração de cola.

- Tensões internas: diferentes níveis de tensões nas interfaces madeira – adesivo são geradas em função das alterações de temperatura e umidade do ambiente por diferenças nas estruturas de madeira, grã, densidade, módulo de resistência e coeficiente de retratibilidade.
- Tensões externas: são criadas através de cargas ou esforços acumulativos ou dissipativos sobre a configuração de cola. As falhas na madeira evidenciam regiões de baixa resistência. Entretanto, muitas vezes o percentual de falhas na madeira não representa um fator determinante devido às aglomerações de tensões e fragilidade própria da madeira em pontos críticos do sistema madeira – adesivo.

Dentre os principais tipos de adesivos utilizados em compensados, o mais utilizado para a manufatura de shapes de skates são os do tipo Epóxi, tendo como representante mais comum o éter diglicidílico de bisfenol A (DGEBA). Os adesivos epóxi são utilizados principalmente devido a sua boa resposta a fatores ambientais e habilidade de se ligar a superfície de diversos tipos de materiais. Destaca-se que se tratam de adesivos estruturais que curam em temperatura ambiente e possuem uma característica de se adaptar bem entre fendas. Por outro lado, a maioria dos adesivos de madeira precisam de cura a altas temperaturas, não preenchem bem fendas e não se ligam bem a outros tipos de materiais. No entanto, uma das limitações do adesivo epóxi é seu custo, o qual é maior que a maioria dos adesivos de madeira e sua resistência é comprometida em ambientes de alta umidade (ROWEL, 2005).

3.5 Teoria do Oscilador harmônico amortecido e sua relação com o skate

A absorção de energia devido a solicitação mecânica nos shapes de skate pode ser relacionada a teoria do oscilador harmônico amortecido.

De acordo com Tipler (2009), um oscilador harmônico é um sistema capaz de realizar um movimento de oscilação harmonicamente, movendo-se de algum modo, num movimento de vai e vem, em torno de uma posição central. É chamado de harmônico por poder ser descrito por uma função harmônica do tempo. Caso haja uma força contrária ao movimento, como uma mola, o oscilador se torna amortecido, a partir de que a amplitude de oscilação diminui com a passagem do tempo e a energia mecânica é dissipada.

De acordo com Cossolino e Pereira (2010), ocorrem três formas principais de dissipação de energia em um sistema oscilatório:

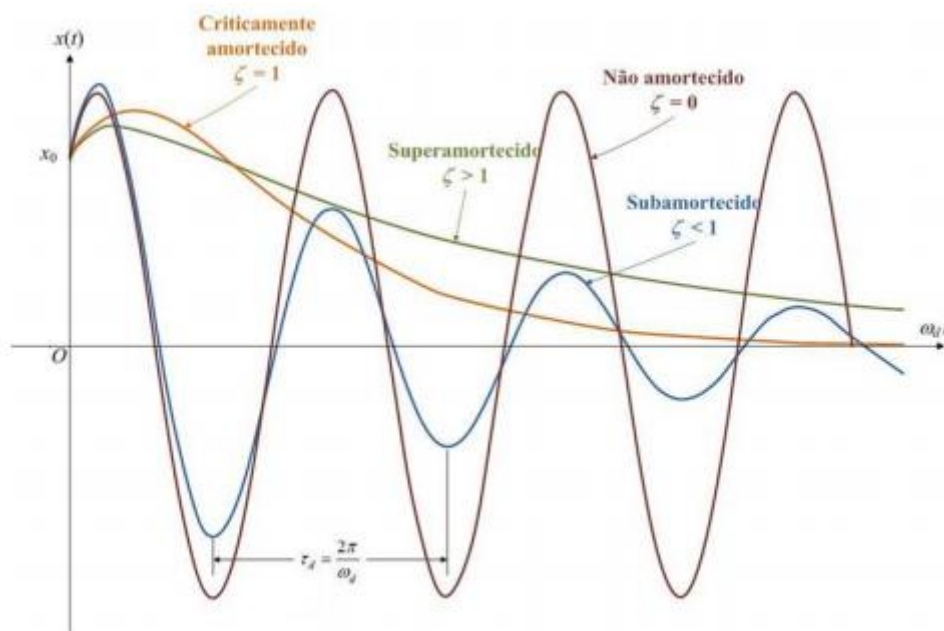
- Amortecimento interno;
- Amortecimento estrutural;
- Amortecimento fluídico.

O amortecimento interno pode ser dividido em amortecimento viscoelástico, que parte do pressuposto de que a natureza do amortecimento é viscosa e a força do atrito é proporcional à velocidade, representando uma oposição ao movimento; e amortecimento histerético, onde a força do amortecimento não depende significativamente da frequência da oscilação. Já o amortecimento estrutural é resultado da dissipação de energia mecânica causada por fricção devido ao movimento relativo entre componentes ou por contato intermitente nas articulações de um sistema mecânico ou estrutura. Por último, o amortecimento fluídico corresponde a um componente mecânico movendo-se em um fluido.

Utilizando a teoria do amortecimento viscoelástico, é possível fazer uma análise do *POP* dos shapes. O *POP*, como é popularmente conhecido pelos skatistas, é a capacidade de transformação da energia potencial dos skatistas em energia elástica, resultando no “salto” do skate do chão. Ainda de acordo com os autores, nesta teoria, a taxa de amortecimento (ζ) pode ser maior que 1, resultando em um

caso superamortecido, igual a 1, resultando em um caso criticamente amortecido, ou entre 0 e 1, sendo um caso sub-amortecido. Todos podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 – Oscilação Harmônica Amortecida



Fonte: Tipler, 2009

Dentre os três casos, o que se encaixa com a utilização do amortecimento do shape é o caso sub-amortecido.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho, foram utilizadas amostras de shapes comerciais com diferentes composições, descritas na Tabela 1, fornecidas por duas empresas de shapes diferentes.

Para a caracterização dos shapes foram realizados ensaios de qualidade de colagem seguindo a NBR 12466, massa específica aparente pela NBR 9485, teor de umidade seguindo a NBR 9484 e flexão estática por meio da NBR 9533. Para os ensaios de flexão estática em escala real e análise de absorção de energia foram desenvolvidas ou adaptadas novas metodologias para a sua realização.

Todos os corpos de prova foram obtidos com corte dos shapes em serra esquadrejadeira no Laboratório de Serraria, e os ensaios foram realizados no Laboratório de Propriedade dos Materiais, ambos no campus da UNESP - Itapeva .

As dez composições de shape podem ser observadas na Tabela 1, junto com o número de lâminas, nome científico e comercial da espécie de madeira, reforço e tipo de adesivo utilizado.

Tabela 1 - Relação de composições de shapes testadas.

Confi guraç ão	Tipo de Adesivo	Número de Lâminas de Madeira/Reforço Utilizado					
		<i>Acer</i> <i>Saccharum</i> (Maple Canadense)	<i>Balfourodendro</i> <i>n Riedelianum</i> (<i>Engler</i>) <i>Engler</i> (Marfim)	Reforço de Fibra de Vidro	<i>Eucalyptus</i> <i>Grandis</i> <i>Hill ex</i> <i>Maiden</i> (Eucalipto)	<i>Araucaria</i> <i>Angustifolia</i> (<i>Bertoloni</i>) <i>Otto Kuntze.</i> (Pinheiro)	<i>Pinus</i> <i>Elliottii</i> <i>Engel</i> <i>m.</i> (Pinus)
A	Epóxi	0	6	1	0	0	1
B	Epóxi	0	0	0	7	0	0
C	Epóxi	0	2	1	0	5	0
D*	Epóxi	7	0	0	0	0	0
E	Epóxi	0	5	1	0	2	0
F	UF	0	0	0	5	2	1
G	UF	0	6	0	0	2	0
H	Epóxi	0	6	0	0	0	1
I	Epóxi	0	7	0	0	0	0
J*	Epóxi	7	0	0	0	0	0

Fonte: Autor, 2018

*As configurações D e J, apesar de apresentarem a mesma composição de lâminas e adesivo, foram montadas em empresas diferentes, passando por processos produtivos variados, com diferentes pressões e temperaturas, além de possuírem distintos fornecedores de matéria prima.

4.1 Determinação da massa específica aparente

Para a determinação da massa específica aparente (MEA) foram realizados ensaios nas dez diferentes composições de shapes, onde foram retirados cinco corpos de prova com dimensões nominais de 100mm por 50mm de cada composição, seguindo as especificações da ABNT NBR 9485/2011.

Para determinação da massa específica aparente foi determinado o volume de cada corpo de prova utilizando um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm e a massa com uma balança que permita leitura com precisão de no mínimo 0,01g.

O cálculo da massa específica aparente de cada corpo de prova, com a precisão de 0,01 g/cm³, foi realizado de acordo com a Equação 1:

$$Mea = \frac{m}{c \times l \times e} \quad (1)$$

onde:

Mea é a massa específica aparente, expressa em grama por centímetro cúbico (g/cm³);

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

c é o comprimento do corpo de prova, expresso em centímetro (cm);

l é a largura do corpo de prova, expressa em centímetro (cm);

e é a espessura do corpo de prova, expressa em centímetro (cm)

4.2 Determinação do teor de umidade

Para determinação do teor de umidade (TU) são retirados cinco corpos de prova de cada uma das dez diferentes composições de shape, todos com um peso mínimo de 10g cada, seguindo a ABNT NBR 9484/2011. Todos os corpos de prova foram pesados e, em seguida, secos em estufa a 103 ± 2 °C, até massa constante. Por último, os corpos de prova foram acondicionados em um dessecador e pesados novamente com uma balança com precisão de 0,0001 g. O cálculo do teor de umidade de cada corpo de prova é realizado utilizando a Equação 2:

$$TU = \frac{Mu - Ms}{Ms} \times 100 \quad (2)$$

onde

TU é o teor de umidade, expresso em porcentagem (%)

Mu é a massa úmida (inicial) do corpo de prova, expressa em grama (g)

Ms é a massa seca (final) do corpo de prova, expressa em grama (g)

4.3 Avaliação da qualidade de colagem

Os testes para verificação da qualidade de colagem das lâminas do compensado foram realizados com base na norma NBR 12466/2012. Para isso foi utilizada uma máquina universal de ensaios mecânicos EMIC, situada no Laboratório de Propriedades dos Materiais na UNESP - Itapeva, utilizando como base o trabalho de Marangon e Moraes (2018). A análise da qualidade de colagem foi realizada com os corpos de prova secos, sem tratamento prévio, e com os corpos de prova submetidos por 24 horas em imersão em água à temperatura ambiente.

Nesta parte do trabalho foram testados os dez tipos de composições de shapes, todas variando o tipo de madeira, número de lâminas e tipo de adesivo, sendo 20 corpos de prova por composição. A Figura 7 ilustra a posição e orientação dos corpos de prova retirados do shape e parte dos corpos de prova prontos para ensaio.

Figura 7 - Corpos de prova antes e depois do corte



Fonte: Autor, 2018

Os corpos de prova foram de maneira aleatória desenhados e retirados dos shapes, nas orientações perpendicular ou paralela às fibras. O Quadro 1 apresenta a nomenclatura adotada para os corpos de prova.

Quadro 1 - Nomenclatura adotada para os corpos de prova.

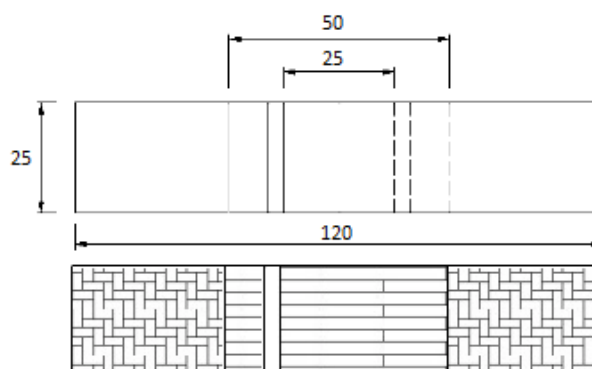
	Código	Significado	Comentário
Tipo de Tratamento	CS	Cisalhamento Seco	Corpo de prova para ensaio de cisalhamento em ambiente seco
	CH	Cisalhamento Úmido	Corpo de prova para ensaio de cisalhamento após 24 horas de imersão em água em temperatura ambiente
Sentido das Fibras	PP	Perpendicular	Corpo de prova tem orientação perpendicular às fibras da madeira
	PR	Paralelo	Corpo de prova tem orientação paralela às fibras da madeira

Fonte: Autor, 2018

A nomenclatura adotada que define a orientação dos corpos de prova, paralela e perpendicular às fibras, está relacionada à orientação da direção longitudinal dos corpos de prova em relação à direção das fibras das lâminas externas do shape, e também ao tipo de ensaio de cisalhamento que será realizado. Para o cisalhamento úmido, não houve controle da umidade relativa e os corpos de prova foram deixados imersos em um balde com água à temperatura ambiente por 24 horas.

As medidas dos corpos de prova foram estabelecidas de acordo com a norma ABNT NBR 12466/2012. Segundo a norma, é exigido 25 mm de distância entre os rasgos, e a distância mínima entre a área destinada às garras de fixação do corpo de prova na máquina de ensaio é de 50 mm. A espessura dos rasgos é definida pela espessura da ferramenta de corte e segundo a norma, a profundidade do rasgo deve atingir a lâmina interna do corpo de prova. A Figura 8 ilustra as dimensões dos corpos de prova para a direção paralela às fibras.

Figura 8 - Dimensões dos corpos de prova para ensaio de cisalhamento



Fonte: Autor, 2018

Tanto os corpos de prova retirados a partir da direção paralela às fibras quanto os retirados a partir da direção perpendicular às fibras seguem as mesmas dimensões estabelecidas pela norma.

No decorrer dos ensaios, foram aplicadas cargas constantes sobre a direção longitudinal dos corpos de prova que, devido aos entalhes executados, permitem o cisalhamento da lâmina interna. A Figura 9a e 9b apresentam a execução do ensaio mecânico.

Figura 9 - Ensaio de cisalhamento dos corpos de prova retirados do shape.



Fonte: Autor, 2018

Para determinação da qualidade de colagem foi definida a área de cisalhamento de cada corpo de prova utilizando um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm. A resistência ao cisalhamento, variável essencial para a determinação da qualidade da colagem, depende também da força aplicada sobre o corpo de prova, que é determinada pela própria máquina universal de ensaio. Por meio da Equação 3 é possível determinar a resistência ao cisalhamento, a qual permite atestar a qualidade de colagem das lâminas da prancha.

$$f_v = \frac{F}{l \times b} \quad (3)$$

Onde:

f_v é a força de cisalhamento do corpo de prova, em Megapascal

F é a força de ruptura do corpo de prova em Newton

l é o comprimento da área cisalhante, em milímetro

b é a largura da área cisalhante em milímetro

Baseado na ABNT NBR 12466/2012, há uma comparação entre os valores encontrados na norma e os resultados obtidos durante o teste, assim apurando a qualidade de colagem de cada corpo de prova. A Tabela 2 apresenta os requisitos mínimos para colagem de compensados, onde são relacionados os valores de resistência ao cisalhamento com a porcentagem de ruptura aparente que ocorre sobre a madeira da lâmina interna. Para um shape em que a média da resistência obtida ocorreu entre 0,6 N/mm² e a 1 N/mm², a ruptura na madeira tem que ser maior que 40% da região sobre o cisalhamento.

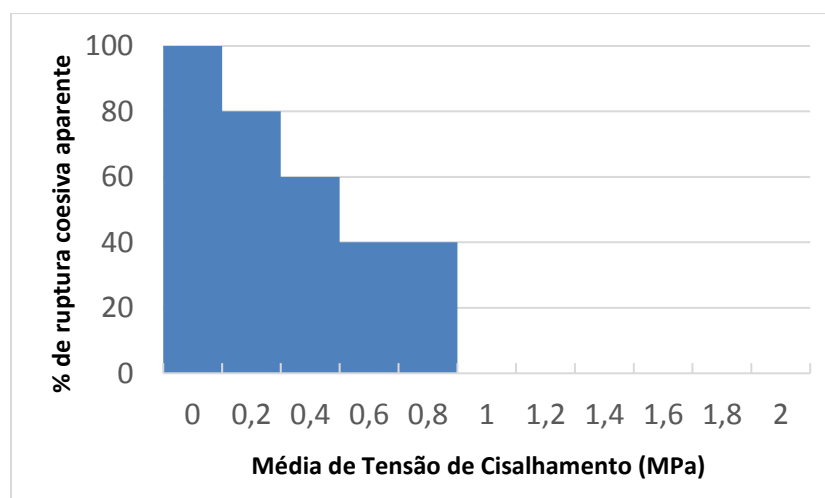
Tabela 2 - Requisitos mínimos para atestar a qualidade de colagem dos shapes.

Tensão média de cisalhamento f_v (N/mm²)	Média da ruptura aparente na madeira (%)
$f_v < 0,2$	Não aplicável
$0,2 \leq f_v < 0,4$	≥ 80
$0,4 \leq f_v < 0,6$	≥ 60
$0,6 \leq f_v < 1,0$	≥ 40
$1,0 \leq f_v$	Sem exigência

Fonte: BR12466/2012.

A relação entre a média do percentual de ruptura coesiva aparente na madeira e a média da tensão de cisalhamento também é ilustrada na Figura 10.

Figura 10 - Gráfico dos requisitos mínimos para atestar a qualidade de colagem dos shapes



Fonte: Adaptado de NBR12466/2012.

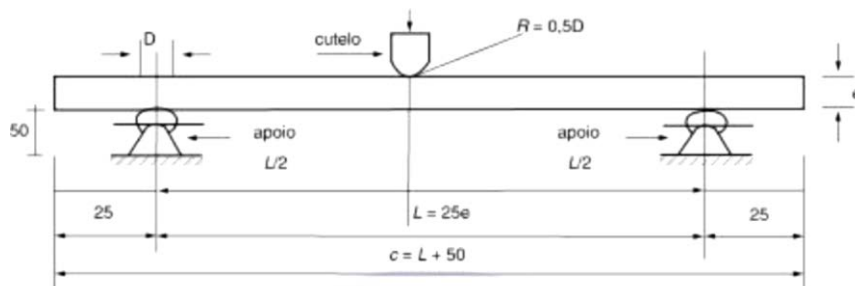
Na Figura 10, a área azul corresponde à área de reprovação e a área em branco corresponde à aceitação.

4.4 Resistência à flexão estática

A seguir serão apresentados os materiais e métodos utilizados no ensaio de resistência a flexão estática. O ensaio foi baseado no trabalho de Marangon (2017).

Nesse ensaio foram utilizados três shapes da configuração I (Marfim), com sete lâminas de madeira de Marfim (*Balfourodendron Riedelianum* (Engler.) Engler) e adesivo epóxi, e três shapes da configuração C (FiberGlass), com cinco lâminas de *Araucária* (*Araucaria Angustifolia* (Bertol.)), duas lâminas de Marfim e uma malha de fibra de vidro e adesivo epóxi. Foram retirados dois corpos de prova de cada shape. Os corpos de prova foram cortados conforme a ABNT NBR 9533/2012, vista na Figura 11.

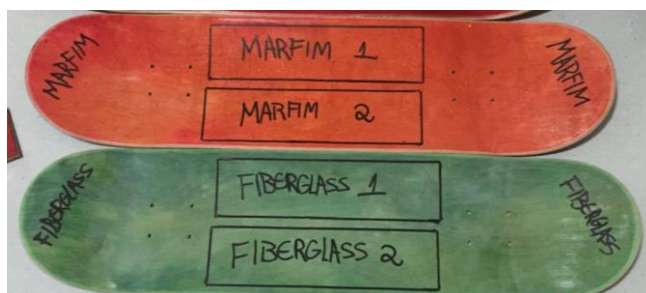
Figura 11 - Dimensões do corpo de prova para o ensaio de flexão estática.



Fonte: NBR 9533.

Segundo a norma ABNT NBR 9533/2012, os corpos de prova apresentam uma largura nominal de 75 mm. As posições de retirada dos corpos de prova no shape podem ser vistas nas Figuras 12. Devido as especificações da norma, foi possível retirar corpos de prova apenas no sentido paralelo.

Figura 12 - Corpos de prova antes do corte.



Fonte: Autor, 2018.

Na Figura 13 são apresentados corpos de prova utilizados nos ensaios.

Figura 13 - Corpos de prova do ensaio de flexão estática.



Fonte: Autor, 2018

Os corpos de prova foram separados para os ensaios seguindo quatro tratamentos diferentes, como pode ser visto no Quadro 2:

Quadro 2 - Tratamentos para os Corpos de prova

Tratamento	Material	Orientação da concavidade
1	Marfim	Para Baixo (1)
2	Marfim	Para cima (2)
3	FiberGlass	Para Baixo (1)
4	FiberGlass	Para Cima (2)

Fonte: Autor, 2018

A avaliação da resistência a flexão estática do shape foi realizada em máquina universal de ensaios mecânicos da marca EMIC, com capacidade de carga de 50 toneladas, com precisão de 0,5 kgf. A máquina de ensaio se encontra no

Laboratório de Propriedade dos Materiais da UNESP - Itapeva. A montagem do ensaio pode ser vista na Figura 14.

Figura 14 - Montagem do ensaio de flexão estática

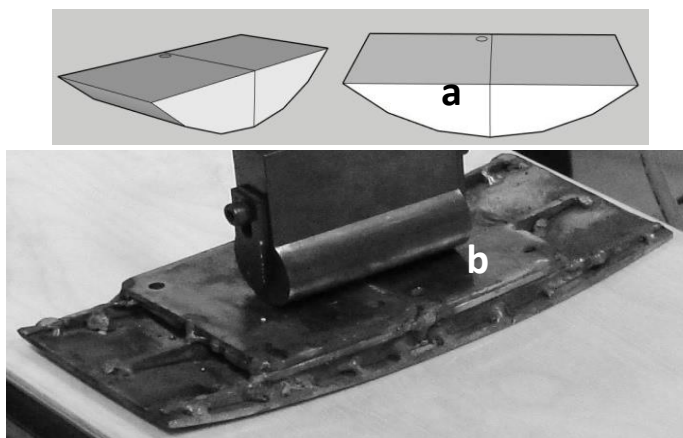


Fonte: Autor, 2018

4.5 Resistência à flexão em escala real

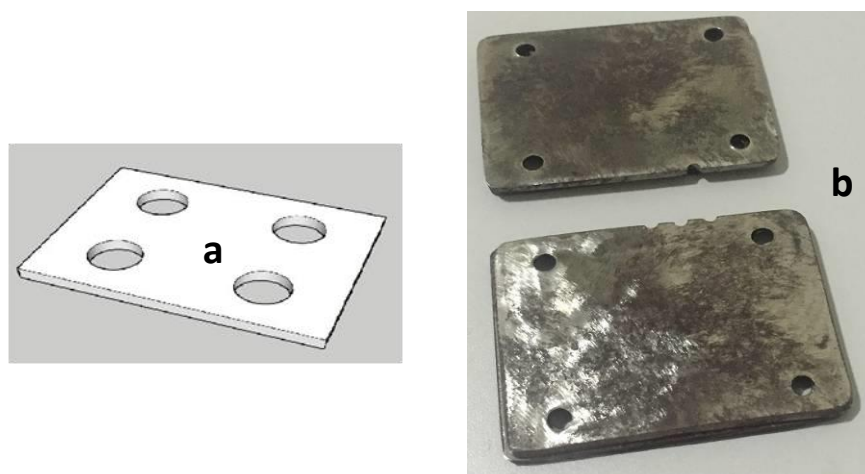
Durante o desenvolvimento da metodologia para realização dos testes de flexão estática em escala real (FER) foram concebidos desenhos preliminares de dois tipos de acessórios para auxiliar no ensaio, que posteriormente vieram a ser fabricados em aço carbono. Ambos podem ser visualizadas nas Figuras 15a e 15b e Figuras 16a e 16b.

Figura 15 - Acessório 1. Ideia inicial (a) e peça fabricada (b).



Fonte: Autor, 2018

Figura 16 - Acessório 2. Ideia inicial (a) e peça fabricada (b).



Fonte: Autor, 2018.

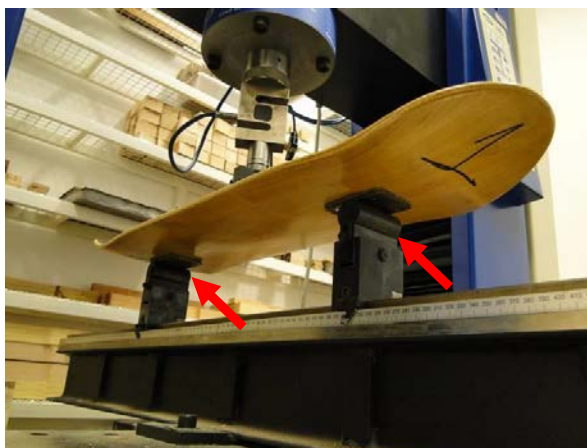
Os acessórios foram fabricados em oficina mecânica com operações de conformação e solda. O objetivo do Acessório 1 é a distribuição uniforme da força exercida pelo martelo da máquina universal de ensaios mecânicos EMIC no shape. Já o Acessório 2 tem a finalidade de aplicar as forças exercidas nos apoios, que se encontram no lugar dos *trucks*, representando o uso real da shape. O ensaio de Resistência à Flexão em escala real foi baseado no ensaio de determinação da resistência à flexão estática, utilizando dois apoios e aplicação de carga central, descrito na NBR 9533, porém com um vão de 430mm. A montagem do ensaio de flexão utilizando os acessórios podem ser visualizadas nas Figuras 17 e 18.

Figura 17 - Martelo e Acessório 1 para distribuição da carga.



Fonte: Autor, 2018

Figura 18 - Acessórios 2 fixos com parafusos e porcas na parte inferior do shape



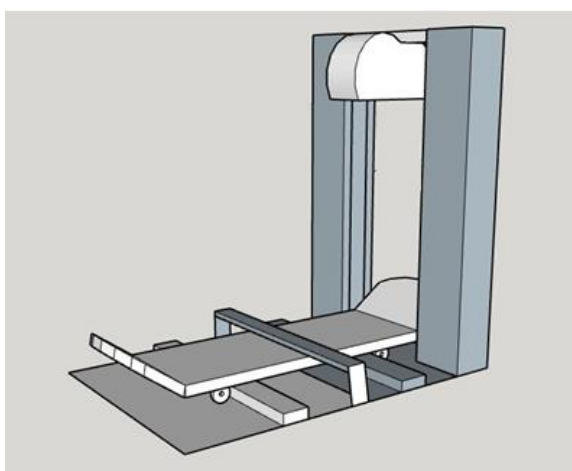
Fonte: Autor, 2018

Foram realizados ensaios nas dez composições diferentes de shapes, as mesmas utilizadas nos ensaios de cisalhamento, sendo cinco shapes por composição, totalizando 50 ensaios, com base o trabalho de Marangon (2018).

4.6 Absorção de energia

O ensaio de absorção de energia (ABE) foi realizado para verificar a capacidade de absorção de energia mecânica dos shapes e a dissipação da mesma. Os resultados deste ensaio estão relacionados ao amortecimento e elasticidade do produto. Para isso, um protótipo de equipamento foi adaptado da empresa NHS Inc, capaz de viabilizar tal análise. O modelo em 3D do equipamento pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 - Modelo 3D da máquina



Fonte: Autor, 2018

O equipamento tem como mecanismo um peso que é solto em queda livre e atinge o *tail* do skate, isto é, a extremidade traseira, utilizada para impulsionar o skate a sair do chão. Um dispositivo de captação mede todo o movimento do martelo, desde quando ele atinge o *tail* da primeira vez no contato inicial até a última vez, resultando em um gráfico de oscilação harmônica forçada, em que se é capaz de analisar a amplitude e período das oscilações.

Esse ensaio tem como objetivo quantificar e analisar uma característica conhecida como *POP* pelos skatistas, que pode ser definida como a capacidade do shape de "sair do chão" quando lhe é aplicada uma força, nesse caso pelo próprio skatista. O *POP* é a capacidade do shape em transformar a energia potencial do skatista em energia elástica e, em seguida, em energia cinética e potencial novamente, elevando o skate do chão. Quanto "mais *POP*" um shape tem, menor a força necessária para ele sair do chão, ou seja, menor é o desperdício energético.

Vale a pena ressaltar que o *POP* é um atributo que diminui durante o uso do skate, além de sofrer influência também da umidade, madeira e colagem dos shapes.

Devido a indisponibilidade de todas as configurações de shapes, só foram testadas as configurações A, D, E, F, G, H, I e J, não tendo assim caráter decisivo na análise final.

4.7 Análise estatística

Durante os ensaios de qualidade de colagem, flexão estática e flexão estática em escala real, os resultados foram analisados estatisticamente com auxílio de testes de hipóteses. Uma ANOVA foi aplicada para avaliar se há diferença estatística entre os tratamentos. Um teste de Tukey 95% também foi realizado para comparação de médias, esse teste permite verificar se há igualdade estatística entre os tratamentos estudados. Para análise estatística foi utilizado o software Minitab 18. Na análise de variância, a hipótese nula adotada é de que todas os tratamentos possuem igualdade estatística para os resultados, enquanto que a hipótese alternativa é de que não há igualdade estatística entre os resultados sobre os as configurações de shapes. O nível de significância adotado foi de 0,05.

4.8 Análise conjunta final

A partir dos dados obtidos em todos os ensaios, foram classificadas todas as configurações dentro de cada um dos testes realizados, e também foi criado um critério de relevância para cada variável, baseado na sua importância na prática do skate. A partir do número de classificação e o valor de relevância, foi utilizada a Equação 4 para determinar a classificação final das configurações:

$$VF = \frac{\sum(VR*RLV)}{NV} \quad (4)$$

onde:

VF é o valor final de cada configuração, utilizado para realizar a classificação

VR é o valor da posição da classificação de cada configuração para cada variável testada

RLV é o valor de relevância para cada variável

NV é a quantidade de variáveis medidas para a configuração

O valor de RLV foi determinado baseado na experiência do autor com o esporte. A variável de resistência a flexão em escala real teve maior valor de relevância pois o skate, durante o uso, sofre pressões constantes, flexionando o shape repetidamente. Nesse sentido, um shape com baixo valor de resistência a flexão pode por em risco o usuário. Em seguida vem o valor de massa específica aparente, fator decisivo para a escolha do shape, pois skates mais leves são mais fáceis de manusear com os pés, e precisam de menos energia potencial para serem retirados do chão. Em terceiro, o valor de cisalhamento à seco, visto que a delaminação de shapes de skate devido ao uso é frequente e leva a uma diminuição da vida útil do mesmo, porém não apresenta risco ao skatista. Em quarto, os valores das amplitudes máximas da curva do gráfico de absorção de energia, tendo um valor neutro, visto que nem todas as configurações puderam ser testadas. E, em último, os valores de cisalhamento a úmido e o teor de umidade, que apesar de serem importantes durante a avaliação de

compensados, têm menor importância em shapes, visto que não há prática de skate na chuva, então a umidade que os shapes absorvem é apenas a da atmosfera.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nas seis etapas do trabalho.

5.1 Massa específica aparente

Os resultados da determinação de massa específica aparente podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 - Configurações e seus valores de massa específica

CONFIGURAÇÃO	MÉDIA MASSA ESPECÍFICA (g/cm ³)	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	CLASSIFICAÇÃO
A	0,860	0,043	5,03	6
B	0,796	0,013	1,62	2
C	0,822	0,039	4,79	3
D	0,842	0,021	2,54	5
E	0,927	0,039	4,16	10
F	0,660	0,024	3,63	1
G	0,906	0,019	2,08	9
H	0,877	0,014	1,55	7
I	0,887	0,017	1,93	8
J	0,823	0,009	1,13	4

Fonte: Autor, 2018

Os valores de massa específica foram calculados segundo a NBR 9485/2011, em g/cm³. Há também uma classificação das configurações, sendo F a com menor massa específica (0,66 g/cm³) e E a com maior valor de massa específica (0,927 g/cm³). Pode-se notar também que a configuração E, que possui a maior massa específica, também foi a que teve uma maior média no ensaio de resistência a flexão real, enquanto a F ficou em 8º lugar.

5.2 Teor de umidade

Os resultados da determinação do teor de umidade dos corpos de prova de cada configuração podem ser observados na Tabela 4, e em sua totalidade no Apêndice A.

Tabela 4 - Valores de Massa seca, úmida e teor de umidade

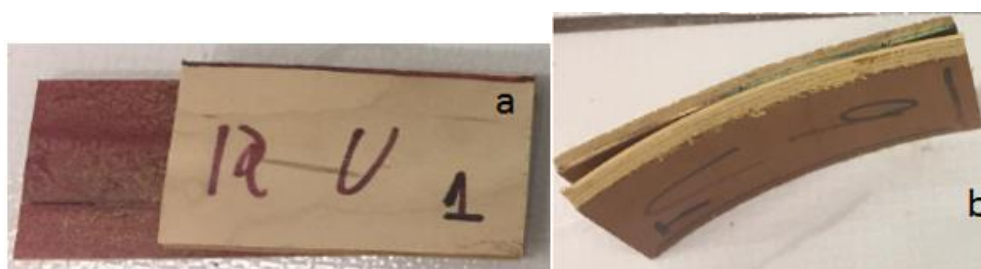
CONFIGURAÇÃO	MÉDIA TEOR DE UMIDADE (%)	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (%)	CLASSIFICAÇÃO
A	9,94	0,002042	2,05	3
B	10,07	0,009271	9,21	4
C	10,47	0,008648	8,26	5
D	10,94	0,011884	10,86	8
E	9,37	0,002897	3,09	2
F	14,71	0,002412	1,64	10
G	13,81	0,001184	0,86	9
H	10,67	0,006178	5,79	7
I	9,02	0,002357	2,61	1
J	10,67	0,001472	1,41	7

Fonte: Autor, 2018

A partir da análise da Tabela 4, é possível notar que as configurações F e G foram a que tiveram os maiores valores de teor de umidade (14,71% e 13,81%, respectivamente), ou seja, absorveram uma quantidade maior de umidade ao longo do tempo. Essas duas configurações são justamente as únicas que apresentam o adesivo de uréia-formaldeído em sua composição.

Destaca-se também que após a secagem, as configurações E e J tiveram descolamento das lâminas e as configurações B, C e H tiveram descolamento parcial das lâminas. Ambas os tipos de avarias podem ser observados na Figura 20.

Figura 20 - a) Descolamento b) Descolamento Parcial



Fonte: Autor, 2018

5.3 Qualidade de colagem

Os resultados sobre o cisalhamento de linha de cola a seco e após imersão a 24h em água estão expressos nas Tabelas 5, 6, 7 e 8, e em totalidade no Apêndice B, para todas as configurações de shapes. Para o ensaio de imersão, houve o pré-tratamento dos corpos de prova, onde passaram 24 horas imersos em água em temperatura ambiente. Nestas Tabelas também consta a orientação das fibras em relação ao corpo de prova e tratamento submetido.

Tabela 5 - Corpos de prova de orientação paralela as fibras, sob tratamento seco

Configuração	Média (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	4,684	1,199	25,60
B	5,224	0,715	13,69
C	4,612	1,275	27,65
D	3,326	0,127	3,82
E	5,258	0,430	8,19
F	3,068	0,386	12,59
G	6,082	0,874	14,36
H	5,068	0,122	2,40
I	7,22	0,733	10,15
J	7,378	0,805	10,91

Fonte: Autor, 2018

Tabela 6 - Corpos de prova de orientação perpendicular as fibras, sob tratamento seco

Configuração	Média (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	3,352	1,845	55,03
B	2,9	1,493	51,49
C	3,128	0,208	6,65
D	2,42	0,706	29,19
E	1,568	0,941	60,04
F	1,214	0,285	23,45
G	1,342	0,390	29,09
H	0,76	0,669	88,08
I	6,44	0,329	5,11
J	3,892	0,709	18,21

Fonte: Autor, 2018

É possível observar nas Tabelas 7 e 8 os resultados de resistência dos corpos de prova após ficarem imersos 24 horas em água.

Tabela 7 - Corpos de prova de orientação paralela as fibras, sob tratamento de 24 horas em água

Configuração	Média (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	6,958	2,502	35,95
B	5,64	1,221	21,64
C	4,61	1,240	26,89
D	3,828	0,260	6,78
E	7,784	0,352	4,53
F	2,884	0,351	12,17
G	6,438	1,916	29,76
H	6,35	0,977	15,39
I	6,294	1,302	20,69
J	5,94	0,448	7,54

Fonte: Autor, 2018

Tabela 8 - Corpos de prova de orientação perpendicular as fibras, sob tratamento de 24 horas em água

Configuração	Média (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
A	2,918	1,636	56,08
B	3,236	0,992	30,65
C	3,538	1,236	34,93
D	3,626	0,956	26,38
E	2,39	0,703	29,43
F	0,538	0,386	71,67
G	1,368	0,396	28,92
H	0,55	0,189	34,45
I	4,622	1,307	28,27
J	4,26	0,819	19,22

Fonte: Autor, 2018

*O corpo de prova 3 da configuração E rompeu antes do ensaio começar, no momento em que as garras o prensaram.

É possível observar através destes resultados que os valores médios de cisalhamento na direção perpendicular se divergem muito dos valores médios de cisalhamento na direção paralela as fibras, tanto no ensaio seco quanto após 24 horas em imersão em água. Esse fato ocorre devido à curvatura acentuada que os corpos de prova retirados na orientação perpendicular apresentavam. Essa curvatura se dá

pelo formato shape. Na Figura 21 pode ser observado corpos de prova com curvatura acentuada.

Figura 21 - Corpos de provas curvados



Fonte: Autor, 2018

A curvatura dos corpos de prova dificultou a realização do ensaio de cisalhamento, visto que a força das garras flexionava o corpo de prova, reduzindo sua resistência ou até mesmo quebrando no momento de fixação devido à pressão das garras, resultando em uma diferença de mais de 50% da média em sete das dez configurações. Isso fica claro ao observar a média da configuração H perpendicular seco, que atingiu o menor valor com 0,76 MPa, enquanto a configuração H paralela seco atingiu uma média de 5,068 MPa, sendo que ambos foram retirados do mesmo shape. É possível observar divergências como essa em todas as configurações. Este fato não ocorreu com os corpos de prova retirados paralelamente às fibras, o que resultou em valores de resistência mais confiáveis, visto que a NBR se refere a corpos de prova com planeza maior.

Ferreira et al. (2012) realizou o ensaio de cisalhamento na configuração de cola em compensados da espécie *Eucalyptus sp* utilizando três formulações diferentes de adesivo vinílico (PVA), obtendo valores entre 3,09 Mpa e 3,22 MPa para as 3 formulações, enquanto Bortoletto (2003), utilizando uma colagem a base de fenol-formaldeído, obteve resultados entre 2,5 Mpa à 2,7 MPa, e, por último, Almeida (2004) obteve valores entre 1,68 Mpa e 1,91 MPa ao utilizar uma colagem a base de ureia-formaldeído. Baseando-se nos valores de cisalhamento em direção paralela, todos as configurações tiveram valores superiores, com destaque para as configurações F e G,

que também possuem adesivo a base de uréia-formaldeído, e tiveram médias entre 2 e 3 vezes mais resistentes.

É possível observar uma diferença entre as médias dos ensaios a seco e a após imersão de água. Tal diferença pode ser vista na Tabela 9.

Tabela 9 - Comparação entre configurações, orientação e tratamento

CONFIGURAÇÃO	CSPP (MPa)	CHPP (MPa)	$\Delta\%$	CSPR (MPa)	CHPR (MPa)	$\Delta\%$
A	3,352	2,918	-12,95%	4,684	6,958	48,55%
B	2,9	3,236	11,59%	5,224	5,64	7,96%
C	3,128	3,538	13,11%	4,612	4,61	-0,04%
D	2,42	3,626	49,83%	3,326	3,828	15,09%
E	1,568	2,39	52,42%	5,258	7,784	48,04%
F	1,214	0,538	-55,68%	3,068	2,884	-6,00%
G	1,342	1,368	1,94%	6,082	6,438	5,85%
H	0,76	0,55	-27,63%	5,068	6,35	25,30%
I	6,44	4,622	-28,23%	7,22	6,294	-12,83%
J	3,892	4,26	9,46%	7,378	5,94	-19,49%

Fonte: Autor, 2018

Os valores em verde representam a porcentagem de variação positiva na resistência das configurações que passaram 24 horas imersas em água das que não sofreram tratamento, enquanto os resultados em vermelho representam uma variação negativa no valor da mesma resistência. Um dos fatores que apoiam essa divergência é a aplicação de verniz nos shapes, o que dificultou a absorção da água pela madeira, aumentando a vida útil do produto quando exposto a intempéries. Grande parte dos corpos de prova submetidos ao tratamento em água não romperam na configuração de cola, o que pode ter aumentado o valor de resistência. Vale notar também que a imersão em água fez com que o *silk* dos corpos de prova se desfizesse.

O aumento da resistência dos corpos de prova que passaram pelo tratamento de imersão em água pode também ser devido ao fato de essa imersão ter deixado os corpos de prova mais flexíveis e menos rígidos, ocasionando em uma redução de quebras prematuras.

A partir dos valores médios da resistência ao cisalhamento de cada tratamento, é avaliada a qualidade de colagem, sendo que para a maioria dos testes, os valores foram superiores a 1 MPa, assim confirmando a qualidade de colagem das lâminas do shape em frente aos compensados comerciais. Os corpos de prova que apresentaram valor abaixo de 1 MPa podem ser analisados nos Apêndices C e D.

A partir da análise do percentual de ruptura coesiva aparente dos corpos de prova, pode-se avaliar se estão conforme a norma. Os resultados podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados da análise visual

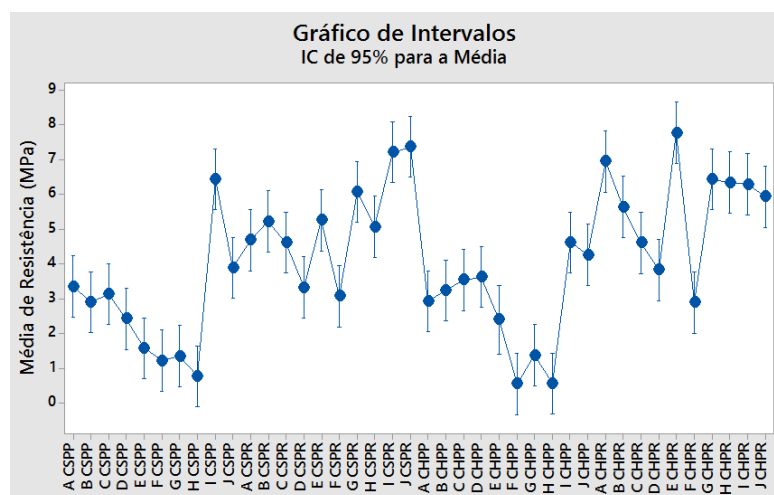
Código	Valor de Resistência obtido (MPa)	Possível análise visual?	% de ruptura aparente na madeira	Valor aprovado pela norma?
A CSPP 3	0,35	Não	-	Não
E CSPP 1	0,43	Não	-	Não
F CSPP 4	0,89	Sim	25	Não
G CSPP 5	0,91	Sim	40	Sim
H CSPP 3	0,43	Não	-	Não
H CSPP 4	0,17	Não aplicável pela norma	-	Não
H CSPP 5	0,27	Não	-	Não
A CHPP 3	0,1	Não aplicável pela norma	-	Não
E CHPP 3	X	Não	-	Não
F CHPP 1	0,33	Sim	0	Não
F CHPP 2	0,19	Não aplicável pela norma	-	Não
F CHPP 3	0,41	Sim	0	Não
F CHPP 4	0,58	Sim	0	Não
G CHPP 3	0,93	Sim	20	Não
H CHPP 1	0,8	Não	-	Não
H CHPP 2	0,54	Não	-	Não
H CHPP 3	0,54	Não	-	Não
H CHPP 4	0,27	Não	-	Não
H CHPP 5	0,6	Não	-	Não

Fonte: Autor, 2018

A maioria dos corpos de prova não puderam ser avaliados visualmente, pois não romperam na área esperada. Esse fato se dá devido à curvatura dos corpos de prova. Dos corpos de prova avaliados, apenas um estava em conformidade com a norma. Pode-se notar também que todos os corpos de prova com valores de resistência abaixo de 1 MPa são com orientação perpendicular, e que a maioria deles não rompeu no local esperado, impossibilitando a análise visual, o que reforça a hipótese de que a curvatura dos corpos de prova diminui sua resistência durante o ensaio e, assim, dificulta esta análise.

A partir das Tabelas 5, 6, 7 e 8, os dados foram divididos em configuração de shape (de A a J), tipo de cisalhamento (seco ou úmido) e orientação das fibras (perpendicular ou paralelo). O gráfico que se refere aos dados obtidos pode ser visto na Figura 22.

Figura 22 - Gráfico de médias das configurações utilizadas no ensaio de qualidade de colagem



Fonte: Autor, 2018

Na Figura 23, os pontos correspondem aos valores médios. Nessa Figura é evidenciado um distanciamento entre os valores médios sobre os tratamentos, o que sugere que há uma diferença estatística entre os valores das configurações, o que pode ser confirmado na Tabela 11 com a análise do p-valor.

Tabela 11 - Análise de variância para os valores de resistência ao cisalhamento.

Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	F-value	p-valor
Fator	39	788,5	20,2192	20,32	0,000
Erro	159	158,2	0,9951		
Total	198	946,8			

Fonte: Autor, 2018

Na Tabela 11 é possível observar que o p-valor é menor que 0,05, ou seja, a hipótese nula foi rejeitada e a hipótese alternativa foi aceita, o que permite afirmar que nem todas as médias dos tratamentos são iguais. Na Tabela 12 é apresentado os resultados de comparação de médias sobre os tratamentos pelo teste de Tukey. Os tratamentos foram ordenados pelo valor decrescente das médias.

Tabela 12 - Informações de Agrupamento Usando Método de Tukey e Confiança de 95%

Fator	N	Média	Agrupamento																							
E CHPR	5	7,784	a																							
J C SPR	5	7,378	a	b																						
I C SPR	5	7,220	a	b																						
A CHPR	5	6,96	a	b	c																					
I CSPP	5	6,440	a	b	c	d																				
G CHPR	5	6,438	a	b	c	d																				
H CHPR	5	6,350	a	b	c	d	e																			
I CHPR	5	6,294	a	b	c	d	e	f																		
G C SPR	5	6,082	a	b	c	d	e	f	g																	
J CHPR	5	5,940	a	b	c	d	e	f	g	h																
B CHPR	5	5,640	a	b	c	d	e	f	g	h	i															
E C SPR	5	5,258		b	c	d	e	f	g	h	i	j														
B C SPR	5	5,224		b	c	d	e	f	g	h	i	j														
H C SPR	5	5,0680		b	c	d	e	f	g	h	i	j														
A C SPR	5	4,684			c	d	e	f	g	h	i	j	k													
I CHPP	5	4,622			c	d	e	f	g	h	i	j	k													
C C SPR	5	4,612			c	d	e	f	g	h	i	j	k													
C CHPR	5	4,610			c	d	e	f	g	h	i	j	k													
J CHPP	5	4,260				d	e	f	g	h	i	j	k													
J CSPP	5	3,892					e	f	g	h	i	j	k	l												
D CHPR	5	3,828						f	g	h	i	j	k	l	m											
D CHPP	5	3,626							g	h	i	j	k	l	m	n										
C CHPP	5	3,538								h	i	j	k	l	m	n										
A CSPP	5	3,352									i	j	k	l	m	n										
D C SPR	5	3,3260										i	j	k	l	m	n									
B CHPP	5	3,236											i	j	k	l	m	n	o							
C CSPP	5	3,1280												j	k	l	m	n	o							
F C SPR	5	3,068													j	k	l	m	n	o						
A CHPP	5	2,918														j	k	l	m	n	o	p				
B CSPP	5	2,900															j	k	l	m	n	o	p			
F CHPR	5	2,884																j	k	l	m	n	o	p		
D CSPP	5	2,420																	k	l	m	n	o	p		
E CHPP	4	2,390																		k	l	m	n	o	p	
E CSPP	5	1,568																			l	m	n	o	p	
G CHPP	5	1,368																				m	n	o	p	
G CSPP	5	1,342																					m	n	o	p
F CSPP	5	1,214																						n	o	p
H CSPP	5	0,760																							o	p
H CHPP	5	0,5500																								p
F CHPP	5	0,538																								p

Fonte: Autor, 2018

*Valores que não compartilham mesma letra são significativamente diferentes.

Os resultados de comparação de médias da Tabela 12 evidenciam que os resultados de cisalhamento na configuração de cola não são estatisticamente equivalentes em comparação entre todos os tratamentos e é possível ver entre quais tratamentos há igualdade estatística.

5.4 Flexão estática

A partir dos ensaios dos corpos de prova, foi montada a Tabela 13, com os resultados dos ensaios dos 4 tratamentos.

Tabela 13 – Resultados do ensaio de flexão estática

Tratamento	Média Tensão de Ruptura (MPa)	Desvio Médio	Coefficiente de Variação (%)
1	121,96 a	14,106	11,57
2	121,95 a	13,092	10,74
3	108,75 a	12,111	11,14
4	113,03 a	14,741	13,04

Fonte: Autor, 2018

* Valores médios acompanhados de mesma letra não possuem diferença estatística

A partir da análise da Tabela 13, é evidenciado que não há diferença significativa estatística entre os valores médios de tensão de ruptura por meio da realização do teste de Tukey para a orientação da concavidade. Contudo, é possível observar que os valores de média de ruptura dos shapes com reforço obtiveram valores inferiores aos que não possuíam reforço.

5.5 Resistência a flexão em escala real

Os resultados da parte experimental podem ser observados na Tabela 14.

Tabela 14 - Valores de força de ruptura na flexão estática em escala real – newton (N)

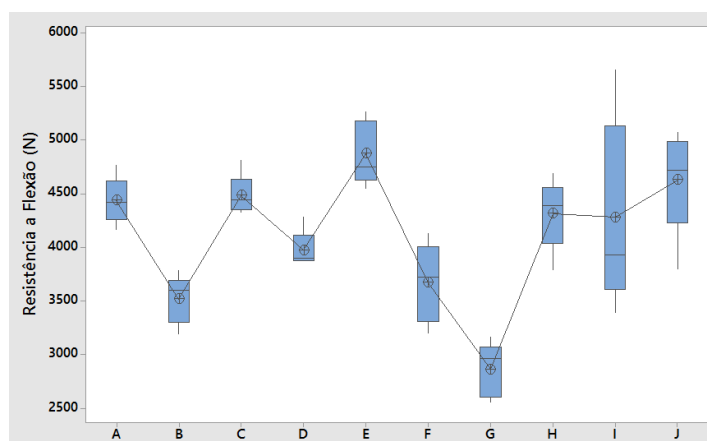
CONFIGURAÇÃO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
FORÇA MÉDIA DE RUPTURA (N)	4435	3515	4481	3973	4871	3668	2860	4313	4279	4627
DESVIO MÉDIO DA FORÇA DE RUPTURA	216,96	224,78	191,94	172,19	294,68	369,28	251,60	327,78	884,27	490,08
Coefficiente de Variação (%)	4,89	6,39	4,28	4,33	6,05	10,07	8,80	7,60	20,67	10,59
CLASSIFICAÇÃO	4 º	9 º	3 º	7 º	1 º	8 º	10 º	5 º	6 º	2 º

Fonte: Autor, 2018

Na Tabela 14 é possível observar os valores de cada um dos 50 ensaios de flexão em escala real, e ainda é possível observar o classificação das maiores médias, tendo a configuração E em primeira posição, a configuração J em segunda posição e a configuração C em terceira posição. É possível observar que tanto a configuração E, quanto a configuração C apresentam reforço de fibra de vidro.

A partir da Tabela 14 foi utilizado o software Minitab 18 para análise estatística. O gráfico em boxplot de intervalo pode ser visto na Figura 23, comparando o valor médio de força de ruptura das configurações e a variação de valores dentro de cada configuração.

Figura 23 - Boxplot das configurações de shape



Fonte: Autor, 2018

A partir da análise do gráfico da Figura 23, é possível observar a divergência de valores médios, o que é esperado, visto que cada configuração possui

uma composição diferente das outras, o que sugere que há uma diferença estatística entre as mesmas. É possível observar também configurações com alta variação dentro da mesma, como a I, onde possui shape com valor de força de ruptura de 5,6 kN e também com 3,4 kN. Na Figura 24, o tamanho da barra representa dispersão dos resultados. A diferença estatística pode ser confirmada na Tabela 15.

Tabela 15 - Análise de variância para os valores de força de ruptura em escala real

Fonte	GL	SQ(Aj.)	QM(Aj.)	F-value	p-valor
Fator	9	16443136	1827015	11,57	0,000
Erro	40	6318014	157950		
Total	49	22761150			

Fonte: Autor, 2018

Na Tabela 15 é possível observar que o p-valor é menor que 0,05, ou seja, a hipótese nula foi rejeitada e a hipótese alternativa foi aceita, o que permite confirmar que nem todas as médias dos tratamentos são iguais. Na Tabela 16 é apresentado os resultados de comparação de médias sobre os tratamentos pelo teste de Tukey. Os tratamentos foram ordenados pelo valor decrescente das médias.

Tabela 16 - Informações de Agrupamento utilizando Método de Tukey e Confiança de 95%

Fator	N	Média	Agrupamento
E	5	4871	a
J	5	4627	a b
C	5	4480,8	a b c
A	5	4435,1	a b c
H	5	4313	a b c d
I	5	4279	a b c d
D	5	3972,5	b c d
F	5	3668	c d e
B	5	3515	d e
G	5	2860	e

Fonte: Autor, 2018

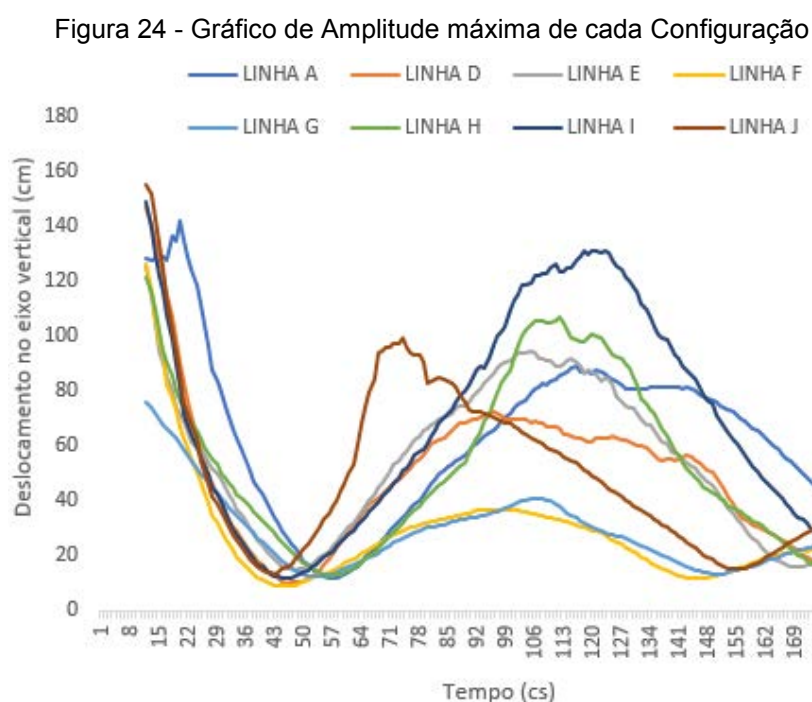
*Médias que não compartilham uma letra são significativamente diferentes.

Os resultados de comparação de médias da Tabela 16 evidencia que os resultados de força de ruptura na flexão estática não são estatisticamente

equivalentes em comparação entre todos os tratamentos e é possível ver entre quais tratamentos há igualdade estatística.

5.6 Absorção de energia

Os resultados do teste de absorção de energia podem ser vistos em sua totalidade no gráfico do Apêndice E, e individualmente no Apêndice F, porém a amplitude máxima de cada configuração pode ser observada no gráfico da Figura 24.



Fonte: Autor, 2018

No gráfico, todas as configurações passaram por um tratamento de dados para facilitar a visualização das curvas. Foi realizada uma suavização das flutuações no programa MS Excel, através do método de médias móveis, dos dados para representar assim melhor a tendência das curvas de cada composição.

Durante o ensaio, o shape da configuração F não resistiu ao impacto e rompeu no momento em que a martelo o atingiu.

A partir do gráfico de comparação, foi montada a Tabela 17, com a amplitude máxima de deslocação vertical do martelo de cada configuração.

Tabela 17 - Amplitude das Curvas de Absorção de Energia

CONFIGURAÇÃO	MENOR (cm)	MAIOR (cm)	AMPLITUDE (cm)	CLASSIFICAÇÃO
A	10	80	70	5 º
D	8	71	63	6 º
E	12	91	79	4 º
F	9	36	27	8 º
G	11	40	29	7 º
H	12	95	83	2 º
I	10	126	116	1 º
J	10	90	80	3 º

Fonte: Autor, 2018

As configurações nas primeiras posições de classificação são as que possuem maior valor de amplitude máxima, visto que houve maior eficiência na transformação de energia potencial gravitacional. As configurações nas últimas posições absorveram mais energia, podendo resultar em trincas ou rompimentos, o que pode ser evidenciado na configuração F.

5.7 Análise conjunta final

Após a realização de todos os ensaios, foi montada a Tabela 18, com os resultados de todas as etapas.

Tabela 18 - Resultados médios de todos os ensaios de todas as linhas de shapes analisadas

CONFIGURAÇÃO	CS (MPa)	CH (MPa)	FER (N)	MEA (g/cm ³)	TU (%)	ABE (cm)
A	4,684	6,958	4435	0,86	9,94	70
B	5,224	5,64	3515	0,796	10,07	-
C	4,612	4,61	4481	0,822	10,47	-
D	3,326	3,828	3973	0,842	10,94	63
E	5,258	7,784	4871	0,927	9,37	79
F	3,068	2,884	3668	0,66	14,71	27
G	6,082	6,438	2860	0,906	13,81	29
H	5,068	6,35	4313	0,877	10,67	83
I	7,22	6,294	4279	0,887	9,02	116
J	7,378	5,94	4627	0,823	10,67	80

Fonte: Autor, 2018

Para os dados de cisalhamento seco e úmido foram utilizados apenas os de orientação paralela em relação as fibras da madeira, visto que esses apresentaram resultados mais confiáveis. A partir do valor final calculado de cada uma das

configurações, foi montada a Tabela 19, com o classificação de cada uma das configurações.

Tabela 19 - Classificação das configurações em cada ensaio

CONFIGURAÇÃO	CS	CH	FER	MEA	TU	ABE
A	7 °	2 °	4 °	6 °	3 °	5 °
B	5 °	7 °	9 °	2 °	4 °	0
C	8 °	8 °	3 °	3 °	5 °	0
D	9 °	9 °	7 °	5 °	8 °	6 °
E	4 °	1 °	1 °	10 °	2 °	4 °
F	10 °	10 °	8 °	1 °	10 °	8 °
G	3 °	3 °	10 °	9 °	9 °	7 °
H	6 °	4 °	5 °	7 °	7 °	2 °
I	2 °	5 °	6 °	8 °	1 °	1 °
J	1 °	6 °	2 °	4 °	7 °	3 °

Fonte: Autor, 2018

As configurações que possuem valor “zero” não foram realizadas o seguinte ensaio. Em seguida, foi montada a Tabela 20, com a classificação final a partir dos valores de relevância de cada variável.

Tabela 20 - Classificação individual e final de cada uma das configurações em cada um dos testes

CONFIGURAÇÃO	CS	CH	FER	MEA	TU	ABE	VF	CLASSIFICAÇÃO FINAL
RLV	1,25	0,5	2	1,5	0,5	1		
A	8,75	1	8	9	1,5	5	5,5	5
B	6,25	3,5	18	3	2	0	6,6	7
C	10	4	6	4,5	2,5	0	5,4	4
D	11,25	4,5	14	7,5	4	6	7,9	8
E	5	0,5	2	15	1	4	4,6	2
F	12,5	5	16	1,5	5	8	8,0	9
G	3,75	1,5	20	13,5	4,5	7	8,4	10
H	7,5	2	10	10,5	3,5	2	5,9	6
I	2,5	2,5	12	12	0,5	1	5,1	3
J	1,25	3	4	6	3,5	3	3,5	1

Fonte: Autor, 2018

Com a Tabela 20 é possível ver a colocação de cada configuração dentre todas as estudadas, para cada uma das variáveis. Nesta Tabela também foram destacados em verde os quatro primeiros lugares na classificação final e, em vermelho, os dois últimos. Desta forma, é possível indicar que a configuração J apresentou a maior pontuação na classificação final para atestar a qualidade, enquanto a configuração G, o menor.

Durante essa etapa, também foram elencadas as configurações destaques em cada variável e as configurações de desprestígio. As configurações destaques são as configurações que ficaram entre as posições 1 e 4 na classificação de cada variável, enquanto as configurações de desprestígio são as que ficaram entre as posições 8 e 10. O número entre parênteses em “Espécie de madeira e número de lâminas” representa o número de lâminas da espécie, enquanto o número entre parênteses nos destaques e desprestígios apresenta a posição na classificação da variável em discussão.

O Quadro 3 mostra as principais características das seis configurações em destaque.

Quadro 3 - Características e destaques das configurações

Configuração	Posição Final no Classificação	Espécies de madeiras e número de lâminas	Adesivo	Utilização de reforço	Ensaio de destaque e posições	Ensaio de desprestígio e posições
J	1	Maple Canadense (7)	Epóxi	Não	CS (1), FER (2), ABE (3)	TU (7)
E	2	Marfim (5), Pinheiro (2)	Epóxi	Sim	CH (1), FER (1), TU (2), CS (4)	MEA (10)
I	3	Marfim (7)	Epóxi	Não	TU (1), ABE (1), CS (2)	MEA (8)
C	4	Pinheiro (5), Marfim (2)	Epóxi	Sim	FER (3), MEA (3)	CS (8), CH (8)
F	9	Eucalipto (5), Pinheiro (2), Pinus (1)	Uréia-Formaldeído	Não	MEA (1)	CS (10), CH (10), FER (8), TU (10), ABE (8)
G	10	Marfim (6), Pinheiro (2)	Uréia-Formaldeído	Não	CS (3), CH (3)	FER (10), MEA (9), TU (9), ABE (7)

Fonte: Autor, 2018

Dos quatro primeiros lugares, três utilizam lâminas de marfim e dois deles utilizam reforço de fibra de vidro, enquanto os dois últimos lugares utilizam adesivo de uréia-formaldeído. Apesar de ocuparem posições diferentes, há destaques nos diferentes tipos de ensaios, o que reflete uma variável importante na hora da escolha do shape pelo skatista.

É possível observar a partir do Quadro 4 que a configuração J possui boas características de colagem, flexão e absorção de energia, sendo um shape balanceado adequadamente. Já a configuração E possui um ótimo desempenho em flexão e colagem, respondendo bem a umidade, porém é a que possui maior massa específica, não sendo aconselhada para skatistas que preferem shapes mais leves. A configuração I, apesar de não ter um desempenho à flexão satisfatório quanto os dois primeiros lugares, possui boas características à absorção de energia, colagem e absorção de umidade, mas, igual à configuração E, possui uma alta massa específica. A configuração C, como a configuração E, apresentam as mesmas espécies de madeira, porém em quantidades diferentes e possuem reforço, tendo assim uma boa pontuação em força de ruptura em escala real, no entanto a maior quantidade de lâminas de pinheiro faz com que a massa específica seja menor, resultando em um shape mais leve.

As duas últimas posições, ambas com adesivo de uréia-formaldeído, apresentaram baixíssimo desempenho na flexão, teor de umidade e absorção de energia, porém a configuração F apresenta o melhor desempenho em massa específica de todas as configurações, por não utilizar lâminas de marfim e nem reforço, enquanto a configuração G teve bom desempenho em colagem, devido a boa interação da uréia-formaldeído com as lâminas de marfim e pinheiro.

Uma comparação entre todas as configurações, suas características e variáveis de destaque e desprestígio pode ser observada no Apêndice G.

Para reforçar a influência da fibra de vidro, vale a pena atentar-se as configurações A e H, ambas com a mesma composição, porém a A possui reforço, e é destaque em força de ruptura em escala real e cisalhamento, enquanto a H apenas em cisalhamento, enquanto ambas possuem uma massa específica similar.

Por fim, destaca-se a importância de ter um bom controle do processo produtivo e fornecedores confiáveis, visto que as configurações J e D possuem

apenas lâminas de maple canadense, porém estão nas posições 1 e 8 respectivamente, com a D sendo a única configuração a não possuir nenhum destaque.

6 CONCLUSÕES

O trabalho teve como proposta a realização de um estudo sobre as características físicas e mecânicas de shapes comerciais de skate, visto o crescimento da prática do esporte no Brasil e a falta de estudos científicos sobre a manufatura e qualidade dos compensados para shapes. Para a caracterização foram determinadas variáveis importantes para a prática segura e de qualidade do esporte, de modo que foram realizados seis ensaios diferentes, sendo dois desses desenvolvidos especialmente para este trabalho, todos com o objetivo de medir, quantificar e analisar tais variáveis.

Durante o ensaio de determinação de massa específica, em que as configurações de maior classificação seriam as de menor massa específica, pode-se perceber que as piores posições no classificação eram as que possuíam uma maior quantidade de lâminas de marfim, principalmente se na mesma composição havia reforço de fibra de vidro, como as configurações E, I, H, porém apresentavam um bom desempenho em características mecânicas. As melhores configurações eram as que tinham em sua composição lâminas de Eucalipto, Pinheiro e Pinus, como as configurações C, B e F, porém apresentavam um desempenho baixo na qualidade de colagem e flexão estática real.

No ensaio de determinação do teor de umidade, pode-se observar um desempenho inferior das configurações compostas por lâminas de maple canadense e pelas configurações com adesivo a base de uréia-formaldeído. Apesar de ser a variável de menor relevância, configurações com maior absorção de umidade tendem a ter vidas úteis menores.

Na determinação da qualidade de colagem, pode-se perceber um destaque nas configurações que possuem uma maior quantidade de lâminas de marfim, como as configurações E, I, A, H e G, além da configuração J, com lâminas de maple canadense, e um desempenho baixo nas outras configurações. Vale a pena destacar as configurações com adesivo de uréia-formaldeído, em que a configuração F

apresentou os menores valores em qualidade de colagem, enquanto a configuração G apresentou valores altos, o que mostra a melhor interação do adesivo com o marfim, do que com eucalipto e pinus.

Durante o ensaio de flexão em escala real, houve um destaque nas configurações que possuíam reforço de fibra de vidro, isso constata que é um item essencial no aumento de resistência. No entanto, a configuração J, que não possui reforço, foi destaque também apenas com lâminas de maple, enquanto as configurações que não possuíam reforço, ou tinham um menor número de lâminas de marfim tiveram um desempenho baixo. Apesar de ter um bom desempenho em colagem, a configuração G apresentou o menor desempenho durante o ensaio de flexão real, mostrando que a interação entre o adesivo e a madeira não possui uma alta resistência a esforços de flexão perpendiculares à direção longitudinal do shape.

Na análise de absorção de energia, em que as melhores classificadas seriam as configurações capazes de transformar a energia potencial gravitacional em energia elástica, pode-se ver um destaque em configurações que não possuíam reforço, como a J, I e H. As configurações fabricadas com adesivo uréia-formaldeído tiveram os piores desempenhos, dissipando a energia mecânica mais rapidamente. Elas possuíam os piores desempenhos em flexão estática em escala real também, o que pode ser evidenciado pela configuração F, que rompeu durante o próprio ensaio.

Devido ao maior preço dos shapes com reforço de fibra de vidro, havia indícios de que shapes com reforço estariam em posições altas na classificação final, visto que as três configurações estão entre as cinco primeiras posições. Pela alta utilização das configurações com combinações de marfim e epóxi, e o seu preço médio, a hipótese inicial de que elas estariam em posições altas (2 e 6) também foi confirmada. O adesivo a base de uréia-formaldeído, que possui uma média de preço inferior ao adesivo epóxi, também havia indicativos de que apresentariam um desempenho inferior, o que pode ser destacado pelas configurações E e G, no 2º e 10º lugar respectivamente, em que as únicas diferenças em suas composições são a adição de reforço e tipo de adesivo. De acordo com os fabricantes, as configurações B, F e G são utilizadas para skates mais baratos para iniciantes, portanto, a hipótese de que possuiriam desempenhos físicos e mecânicos inferiores as outras configurações foi confirmada.

Porém, contrário ao que se acreditava, a configuração que possui apenas lâminas de marfim e adesivo epóxi (I) teve um desempenho total superior a duas outras configurações de combinações de lâminas de marfim com pinheiro/pinus e reforço de fibra de vidro (C e A), mostrando que muitas vezes a troca de lâminas de marfim por outras, para se adicionar reforço de fibra de vidro a fim de diminuir o preço final de matéria prima do shape, pode acabar prejudicando o seu desempenho.

Pode-se perceber também a importância do processo produtivo e controle das variáveis de processo, como temperatura, pressão e umidade, além de possuir fornecedores de matéria prima de qualidade, o que fica evidente nas configurações J e D, que, apesar de ambas serem produzidas apenas com lâminas de maple canadense e adesivo epóxi, apresentaram-se em posições distintas na classificação, em 1 e 8, respectivamente. As configurações de maple canadense, popularmente usadas por marcas norte americanas e europeias, possuem um preço superior a todas as outras testadas, o que vem do seu alto desempenho devido à dificuldade de obtenção da madeira maple, original de regiões frias que, quando plantadas em regiões de climas diferentes, apresentam características distintas.

Com características físicas e mecânicas mais claras, é possível que o empresário consiga estabelecer melhor a base de preço das configurações, o que também ajuda o skatista, tendo informações superiores para apoiar a tomada de decisão em qual configuração de shape investir, baseado em suas próprias preferências e modo de praticar o esporte.

Como sugestão para trabalhos futuros de análise de desempenho físico e mecânico de shapes de skate, seria ideal uma revisão nos acessórios capazes de representar melhor o uso em escala real dos shapes, além de utilizar configurações de shapes que foram submetidos ao mesmo processo produtivo e do mesmo fornecedor de matéria prima.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, C. E C; IWAKIRI, S; KEINERT JÚNIOR, S. Adesão e Adesivos. IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba, PR: Ed. FUPEF, 254p. 2005. Cap. 1.

ALMEIDA, R. Produção de compensados a partir da madeira de clones do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. **Floresta e Ambiente** 2004; 14-24p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). Estudo Setorial 2009. Curitiba, n.15, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9485**: Compensado – Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2011. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9533**: Compensado – Determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro, 2012. 5 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9484**: Compensado – Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2011. 2 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12466**: Madeira compensada – Qualidade de colagem. Rio de Janeiro, 2012. 16 p.

BIAZUS, A.; HORA, A.; LEITE, B.. Panorama de mercado: painéis de madeira. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.32 , p. 49-90, set. 2010.

BORTOLETTO G. Produção de compensados com 11 espécies do gênero Eucalyptus, avaliação das suas propriedades físico-mecânicas e indicações para utilização. **Scientia Forestalis** 2003; 65-78p.

CAKICIER N.; ERDINLER S.; ULAY G.; KORKUT S. The effect of protective dye layer applied with different thicknesses on the paper coated blockboard to the roughness and color characteristics, **Int. J. Phys. Sci.** 2010

CALIL, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de elementos estruturais de madeira**. Barueri: Manole, 2003. 157p.

CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE SKATE (CBSk). Mercados do Skate no Brasil e no Mundo. 2016. Disponível em: <<http://www.cbsk.com.br/paginas/mercados-do-skate-no-brasil-e-no-mundo>>. Acesso em: 10 nov. 2018

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE SKATE (CBSk). **Pesquisa Datafolha 2015**. [S. l.]: Confederação Brasileira de Skate, 2015.

COSSOLINO, L.; PEREIRA, A. **Amortecimento: classificação e métodos de determinação**. ATPC Engenharia Física. São Carlos, 2010. 14p.

DIAS, F. M. **Aplicações de Resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis aglomerados**. Produtos derivados da madeira: síntese dos trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeiras. São Carlos. 2008

FERREIRA, B; CAMPOS, C; SILVA, M; VALARELLI, I. Cisalhamento na Configuração de Cola em Compensados de Eucalyptus sp. e Adesivo PVA. **Floresta e Ambiente**. 2012; 19(2): 141-146.

FONSECA, C; COSTA, G; DIAS, F. Reforço com Fibras de Vidro em Painéis Compensados: uma Alternativa Ecológica. **VIII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia**. Resende – RJ. 2011

INTERNATIONAL OLYMPIC COMMITTEE (IOC). **SKATEBOARDING: History of Skateboarding at the Olympic Games**. OSC REFERENCE COLLECTION. 2017

IRLE, M.; BARBU, M. C. Wood Based Panel Technology. In: THOEMEN, H.; IRLE, M.; SERNEK, M. **Wood-Based Panels - An Introduction for Specialists**. Londres: Brunel University Press, 2010. p. 1-94.

IWAKIRI, S; KEINERT JÚNIOR, S; MENDES, M. L. Painéis de Madeiras Compensada. IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba, PR: Ed. FUPEF, 254p. 2005. Cap. 3.

LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras em trinta e duas cidades do Estado de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa. V. 19, n.2, p 272-6, 1995.

MACHADO, G. De “carrinho” pela cidade: A prática do street skate em São Paulo. 2011. 268 f. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2011

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

MARANGON, R; MORAIS, C. Avaliação da qualidade de colagem das lâminas de shapes de skates utilizando ensaios de cisalhamento da lâmina interna. In: ANDRADE, D. (Ed.). **Gestão da Produção em Foco Volume 4**. Belo Horizonte: Poisson, 2018. p. 151-158.

MARANGON, R. Parâmetros de qualidade de shapes de skates por meio de testes de cisalhamento das lâminas e de flexão estática . In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 29, Itapeva. **Resumo**. Itapeva. 2017. p. 1.

MARANGON, R. Análise em escala real do desempenho mecânico de shapes de skates com diferentes composições. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 30, Itapeva. **Resumo**. Itapeva. 2018. p. 1.

MARTINES, E.; SILVA, E. F. **Fabricação de Shapes de Skate**. Instituto de Tecnologia do Paraná, 2012. 23p.

MATTOS, R.; CHAGAS, F.; GONÇALVES, R. Painéis de madeira no Brasil: Panorama e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 27 , p. 121-156, mar. 2008

MENDES, L. M. A importância da secagem da madeira na confecção de produtos sem defeitos. **PROGRAMA MINUTO NO CAMPUS – REDE GLOBO MINAS GERAIS**, DCF/UFLA, 1996.

PIO, N. S. **Avaliação da madeira de eucalyptus scabra (dum-cours) e eucalyptus robusta (smith) na produção de painéis compensados.** 1996. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

ROTH, C. A. **VISTA SKATEBOARD.** Central de Cases ESPM, [S.l], p.1-5, mar. 2010

ROWELL, R. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites.** Florida: CRC Press. 2005. 473 p.

SOUZA, R.L.R.; BONFIM T.S.N.; FERNANDES, F.P.G.; CINTRA, S.F. e SOUZA, A.B. - XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO; A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos. **ESTUDO DA MANUFATURA DA PRANCHA DE SKATE: UMA SIMULAÇÃO DO ARRANJO FÍSICO**, Salvador, BA, Brasil, p.1-16, 08 a 11 de outubro de 2013.

STARK, N. M.; CAI, Z.; CARLL, C. Wood-Based Composite Materials: Panel Products, Glued- Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and **Wood-Nonwood Composite Materials.** In: LABORATORY, Forest Products. Wood handbook - Wood as an engineering material. Madison: Department Of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p. 1-28. Cap. 11.

TIPLER, P. **Física para Cientistas e Engenheiros - Volume 1 - Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica.** 6 ed. São Paulo: LTC, 2009. 788p.

WESTERN, M. **Skateboard deck and method for making the same.** US Pat. 6,059,307. 9 maio. 2000. 7p.

WOOD UNIVERSITY. **Glossary.** Disponível em: <
<https://www.wooduniversity.org/glossary>> Acesso em 30 set. 2017

APÊNDICE A – Resultados do ensaio de Teor de Umidade

Tabela 21 – Valores totais de Massa seca, úmida e teor de umidade

CONFIGURAÇÃO	MU (g)	MS (g)	TU	MÉDIA	CONFIGURAÇÃO	MU (g)	MS (g)	TU	MÉDIA
A	43,3885	39,5527	9,70%	9,94%	F	33,4334	29,0544	15,07%	14,71%
	45,3194	41,1773	10,06%			34,9486	30,4477	14,78%	
	44,5258	40,5774	9,73%			34,6679	30,2443	14,63%	
	46,8484	42,5487	10,11%			35,1061	30,6124	14,68%	
	45,5946	41,4154	10,09%			33,1512	28,9753	14,41%	
B	40,7197	36,8384	10,54%	10,07%	G	44,6124	39,1449	13,97%	13,81%
	40,738	36,9259	10,32%			43,6209	38,3377	13,78%	
	38,9566	35,2237	10,60%			44,1731	38,783	13,90%	
	39,5329	35,7885	10,46%			44,0927	38,7775	13,71%	
	39,5329	36,4629	8,42%			43,2651	38,052	13,70%	
C	45,7377	41,4431	10,36%	10,47%	H	44,4814	40,3099	10,35%	10,67%
	48,3689	43,7169	10,64%			45,1652	40,4114	11,76%	
	47,7501	43,7311	9,19%			44,8109	40,6018	10,37%	
	48,345	43,3144	11,61%			44,6638	40,4114	10,52%	
	49,1331	44,4514	10,53%			43,5713	39,4911	10,33%	
D	42,9992	38,9239	10,47%	10,94%	I	44,7842	41,0276	9,16%	9,02%
	43,7902	39,5552	10,71%			43,8742	40,1305	9,33%	
	42,0319	38,0782	10,38%			44,7127	41,1014	8,79%	
	42,6169	38,7032	10,11%			43,8236	40,2835	8,79%	
	43,3633	38,3636	13,03%			43,4066	39,8164	9,02%	
E	47,0874	43,0625	9,35%	9,37%	J	44,2542	40,0093	10,61%	10,67%
	50,5686	46,1362	9,61%			43,0515	38,9486	10,53%	
	48,8157	44,7329	9,13%			42,9564	38,8996	10,43%	
	46,6137	42,4878	9,71%			43,9334	39,776	10,45%	
	50,151	45,9899	9,05%			45,0879	40,9078	10,22%	

Fonte: Autor, 2018

APÊNDICE B – Resultados Do Ensaio De Qualidade De Colagem

Tabela 22 - Corpos de prova de orientação paralela as fibras, sob tratamento seco

PARALELO SECO						
CONFIGURAÇÃO	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	MÉDIA (MPa)
A	4,27	5,82	5,98	4,21	3,14	4,684
B	5,86	5,67	5,41	5,14	4,04	5,224
C	5,72	4	4,97	5,67	2,7	4,612
D	3,26	3,28	3,3	3,24	3,55	3,326
E	5,88	4,93	4,83	5,49	5,16	5,258
F	3,51	3,36	2,79	3,1	2,58	3,068
G	5,51	5,94	5,34	6,07	7,55	6,082
H	4,97	5,24	5,14	5,04	4,95	5,068
I	7,9	7,78	6,64	7,53	6,25	7,22
J	8,4	7,99	6,4	7,06	7,04	7,378

Fonte: Autor, 2018

Tabela 23 - Corpos de prova de orientação perpendicular as fibras, sob tratamento seco

PERPENDICULAR SECO						
CONFIGURAÇÃO	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	MÉDIA (MPa)
A	2,81	4,79	0,35	4,5	4,31	3,352
B	3,16	5,37	2,21	1,57	2,19	2,9
C	3,49	2,99	3,07	3,1	2,99	3,128
D	2,99	3,05	2,66	1,4	2	2,42
E	0,43	1,2	1,47	3,01	1,73	1,568
F	1,65	1,26	1,22	0,89	1,05	1,214
G	1,51	1,92	1,26	1,11	0,91	1,342
H	1,69	1,24	0,43	0,17	0,27	0,76
I	6,69	6,36	5,98	6,35	6,82	6,44
J	3,4	3,84	4,21	3,1	4,91	3,892

Fonte: Autor, 2018

Tabela 24 - Corpos de prova de orientação paralela as fibras, sob tratamento de 24 horas em água

PARALELO ÚMIDO						
CONFIGURAÇÃO	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	MÉDIA (MPa)
A	11,18	7,14	6,13	4,95	5,39	6,958
B	7,61	5,04	5,63	5,59	4,33	5,64
C	6,21	4,87	3,26	3,47	5,24	4,61
D	3,74	3,53	4,11	3,67	4,09	3,828
E	7,22	7,7	7,99	7,88	8,13	7,784
F	3,12	3,26	2,95	2,37	2,72	2,884
G	5,67	4,23	6,15	9,45	6,69	6,438
H	6,98	7,02	5,51	5,08	7,16	6,35
I	5,22	7,16	7,47	7,04	4,58	6,294
J	6,34	5,96	6,17	6,05	5,18	5,94

Fonte: Autor, 2018

Tabela 25 - Corpos de prova de orientação perpendicular as fibras, sob tratamento de 24 horas em água

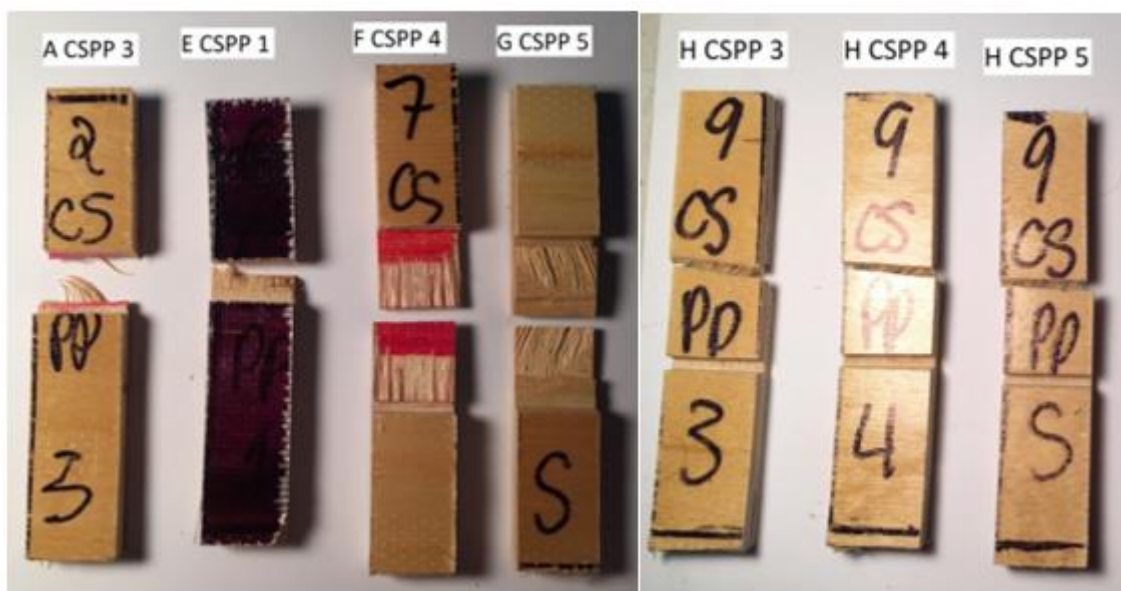
PERPENDICULAR ÚMIDO						
CONFIGURAÇÃO	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	MÉDIA (MPa)
A	4,07	2,93	0,1	3,94	3,55	2,918
B	4,07	3,03	3,9	3,57	1,61	3,236
C	2,19	2,97	5,49	3,24	3,8	3,538
D	3,38	5,04	2,79	2,81	4,11	3,626
E	1,92	2,85	*	3,12	1,67	2,39
F	0,33	0,19	0,41	0,58	1,18	0,538
G	1,98	1,38	0,93	1,42	1,13	1,368
H	0,8	0,54	0,54	0,27	0,6	0,55
I	2,41	5,39	4,93	4,64	5,74	4,622
J	4,6	3,9	4,71	3,01	5,08	4,26

Fonte: Autor, 2018

*O corpo de prova 3 da configuração E rompeu antes do ensaio começar, no momento em que as garras o prensaram.

APÊNDICE C – Corpos de prova na direção perpendicular e secos

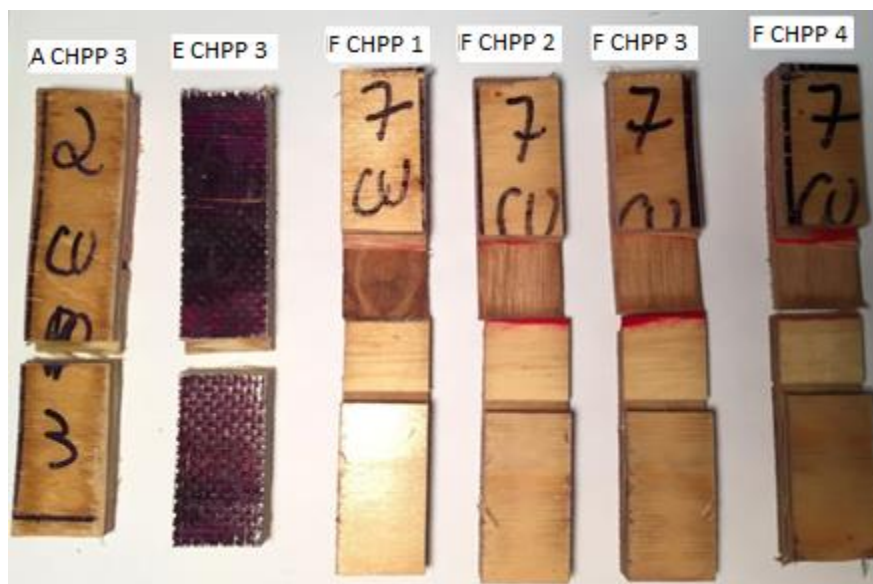
Figura 25 - Configurações A, E, F, G e H..



Fonte: Autor, 2018

APÊNDICE D- Corpos de prova na direção perpendicular e úmidos

Figura 26 - Configurações A, E e F..



Fonte: Autor, 2018

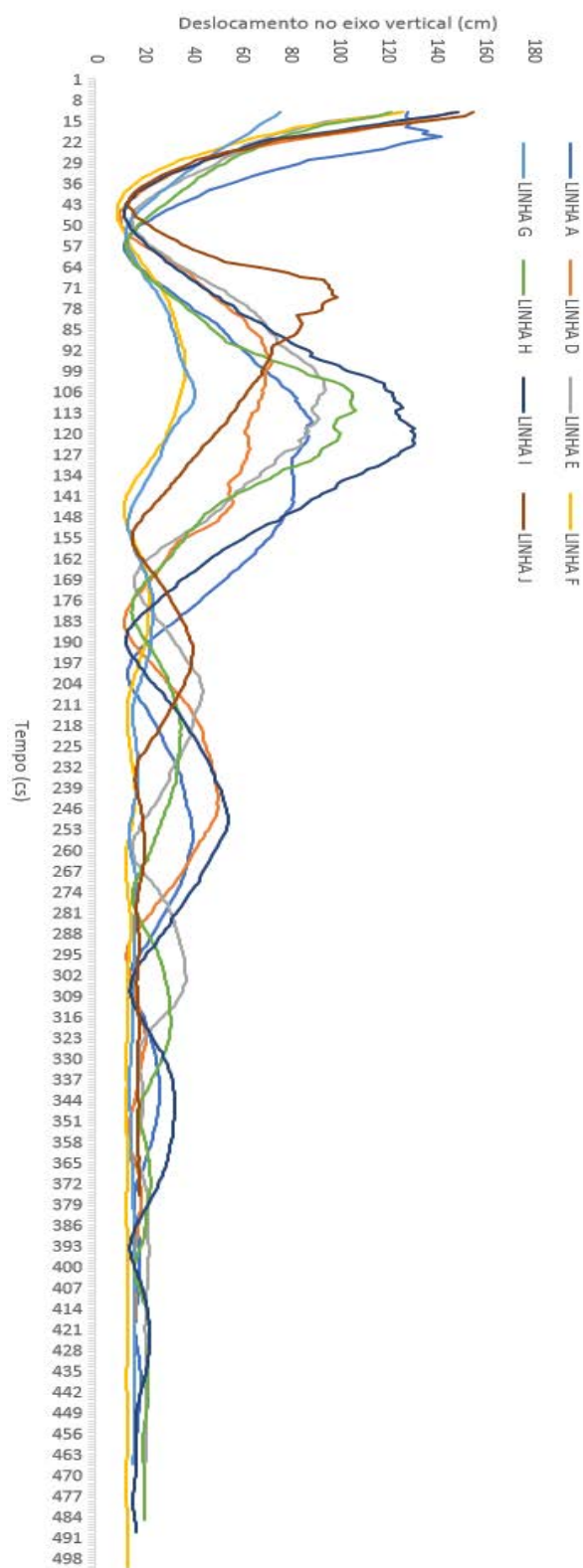
Figura 27 - Configurações G e H.



Fonte: Autor, 2018

APÊNDICE E – Absorção De Energia

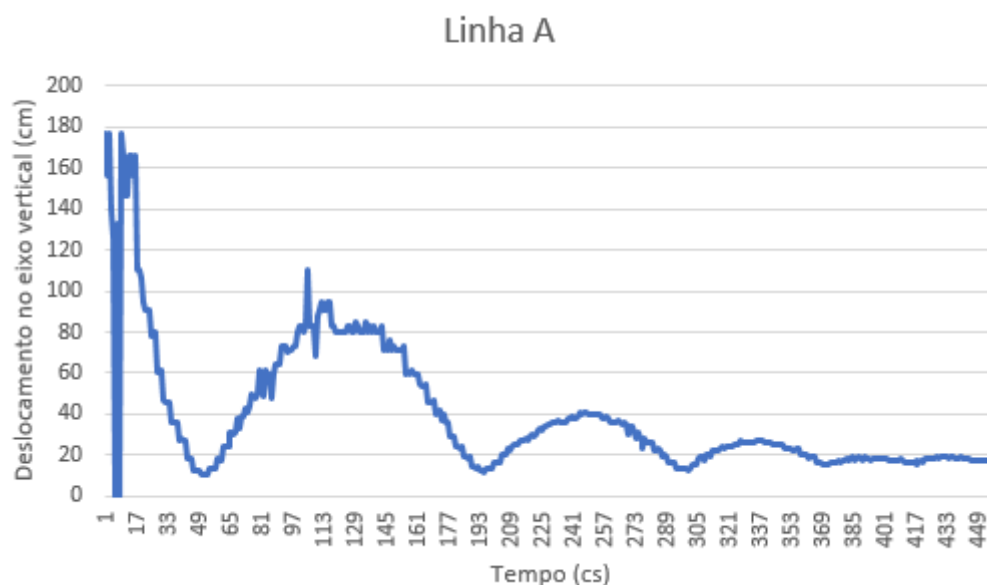
Figura 28 - Gráfico de comparação de absorção de energia de todas as configurações



Fonte: Autor, 2018

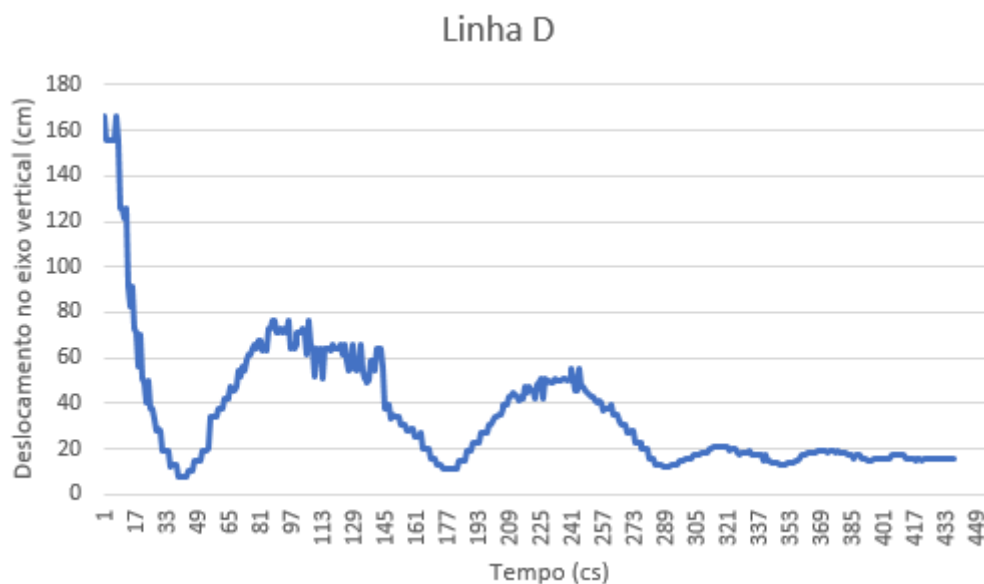
APÊNDICE F – Gráficos de Absorção de Energia Individuais

Figura 29 – Gráfico de absorção de energia da Configuração A



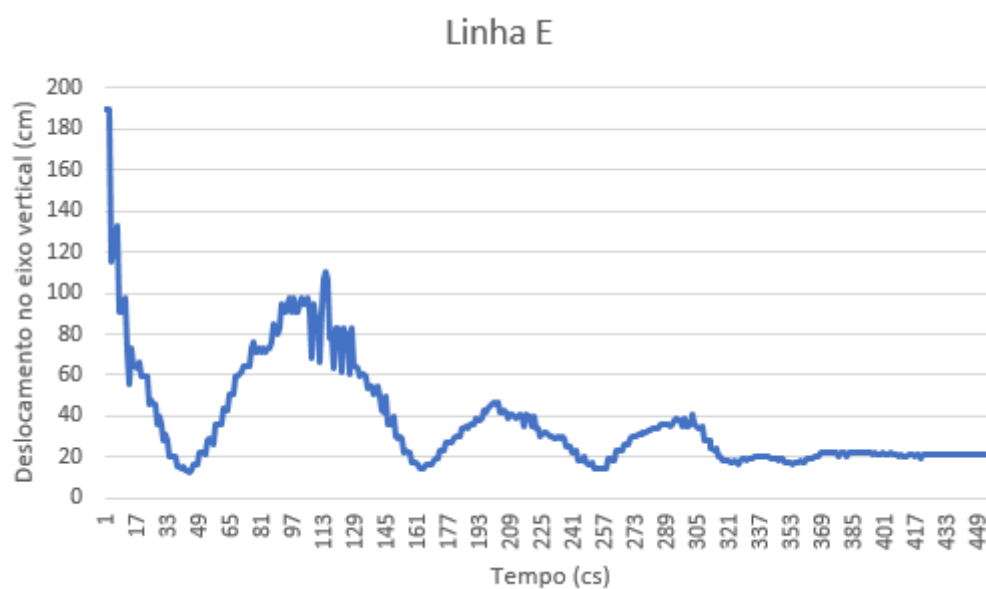
Fonte: Autor, 2018

Figura 30 – Gráfico de absorção de energia da Configuração D



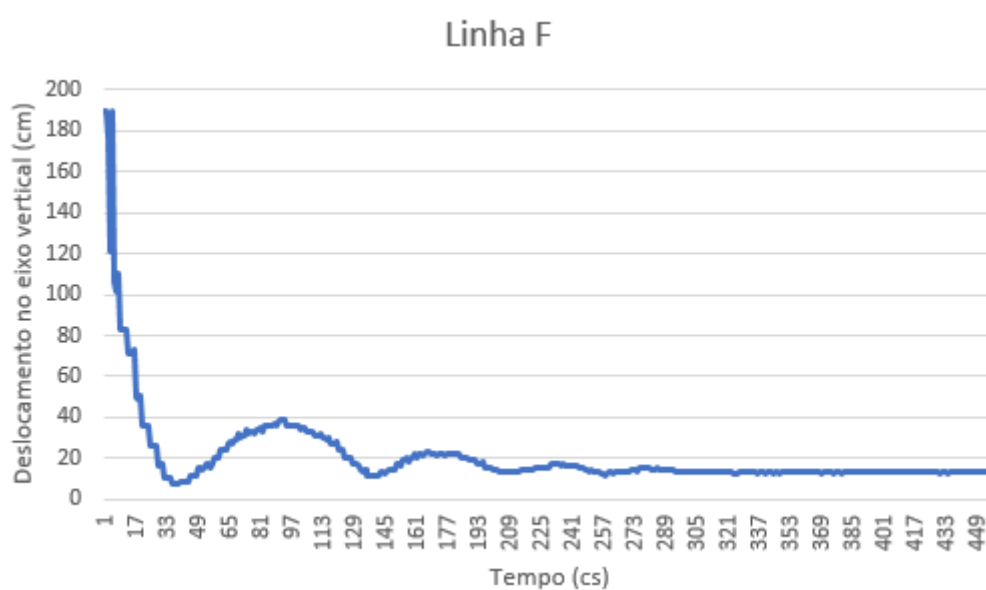
Fonte: Autor, 2018

Figura 31 – Gráfico de absorção de energia da Configuração E



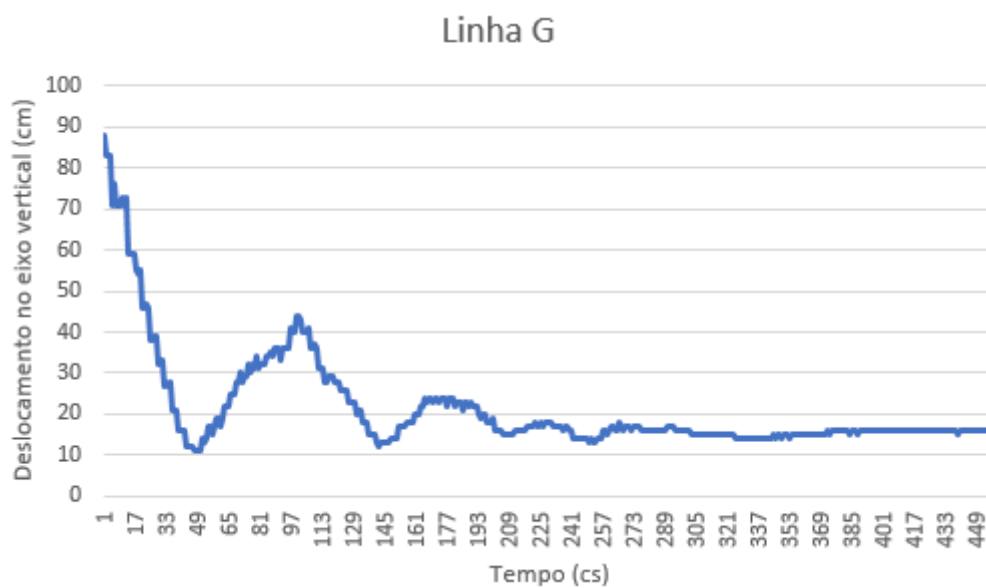
Fonte: Autor, 2018

Figura 32 – Gráfico de absorção de energia da Configuração F



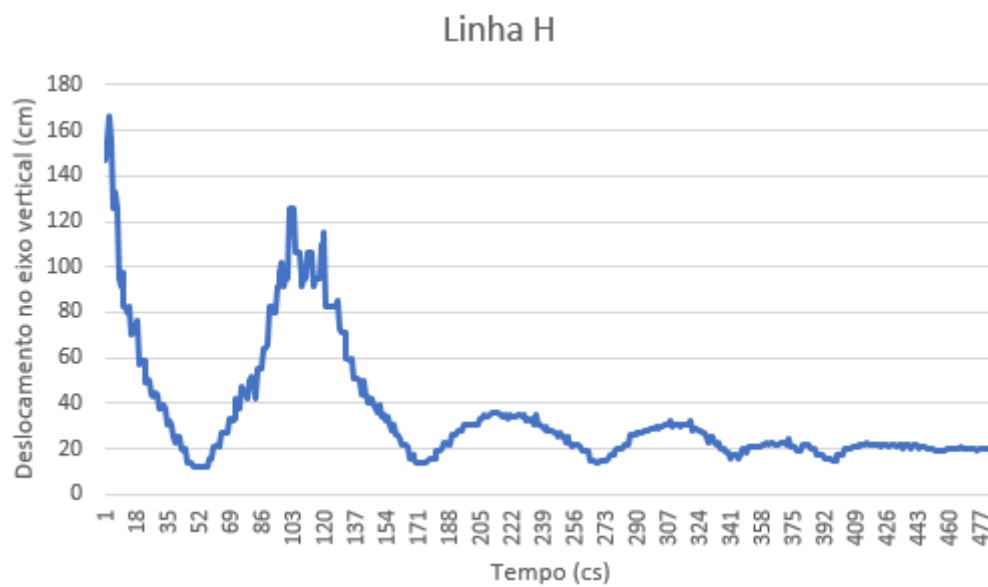
Fonte: Autor, 2018

Figura 33 – Gráfico de absorção de energia da Configuração G



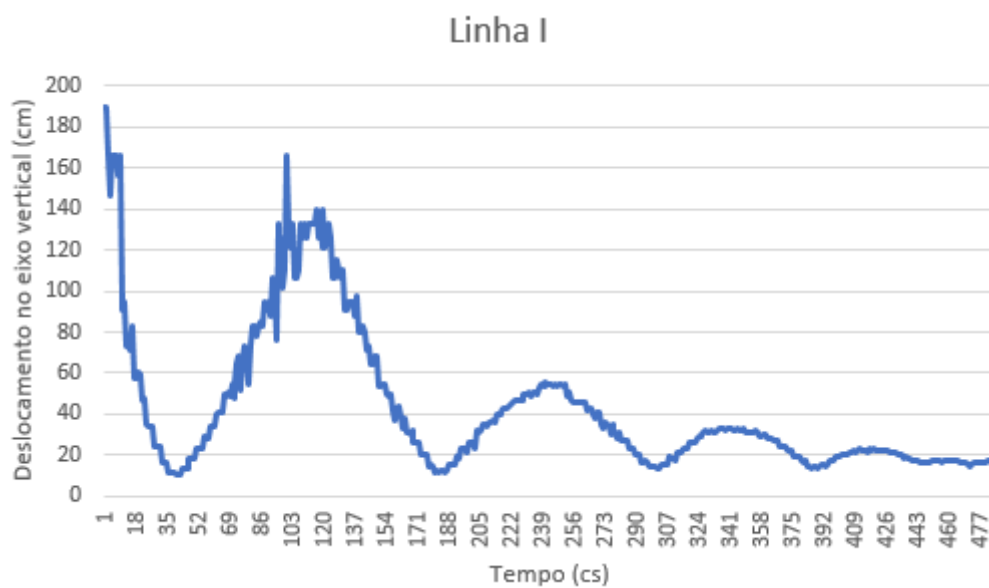
Fonte: Autor, 2018

Figura 34 – Gráfico de absorção de energia da Configuração H



Fonte: Autor, 2018

Figura 35 – Gráfico de absorção de energia da Configuração I



Fonte: Autor, 2018

Figura 36 – Gráfico de absorção de energia da Configuração J



Fonte: Autor, 2018

APÊNDICE G- Características e destaques das configurações

Quadro 4 - Configurações, características, destaques e posições

Configuração	Posição Final no Classificação	Espécies de madeiras e número de laminas	Adesivo	Utilização de reforço	Ensaio de destaque e posições	Ensaio de desprestígio e posições
J	1	Maple Canadense (7)	Epóxi	Não	CS (1), FER (2), ABE (3)	TU (7)
E	2	Marfim (5), Pinheiro (2)	Epóxi	Sim	CH (1), FER (1), TU (2), CS (4)	MEA (10)
I	3	Marfim (7)	Epóxi	Não	TU (1), ABE (1), CS (2)	MEA (8)
C	4	Pinheiro (5), Marfim (2)	Epóxi	Sim	FER (3), MEA (3)	CS (8), CH (8)
A	5	Marfim (6), Pinus (1)	Epóxi	Sim	CH (2), TU (3), FER (4)	CS (7)
H	6	Marfim (6), Pinus (1)	Epóxi	Não	ABE (2), CH (4)	MEA (7), TU (7)
B	7	Eucalipto (7)	Epóxi	Não	MEA (2), TU (4)	CH (7), FER (9)
D	8	Maple Canadense (7)	Epóxi	Não		CS (9), CH (9), FER (7), TU (8)
F	9	Eucalipto (5), Pinheiro (2), Pinus (1)	Uréia-Formaldeído	Não	MEA (1)	CS (10), CH (10), FER (8), TU (10), ABE (8)
G	10	Marfim (6), Pinheiro (2)	Uréia-Formaldeído	Não	CS (3), CH (3)	FER (10), MEA (9), TU (9), ABE (7)

Fonte: Autor, 2018