

ANDREA CRESSONI DE CONTI

RESISTÊNCIA MECÂNICA DE JUNTAS COLADAS EM MADEIRA DE  
*Eucalyptus sp.*

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia  
do Campus de Guaratinguetá, Universidade  
Estadual Paulista, para a obtenção do título  
de Doutor em Engenharia Mecânica na Área  
de Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

Guaratinguetá  
2011

D296r De Conti, Andrea Cressoni  
Resistência mecânica de juntas coladas em madeira de Eucalyptus sp /  
Andrea Cressoni De Conti - Guaratinguetá : [s.n.], 2011.  
103 f. : il.  
Bibliografia: f. 90-101

Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de  
Engenharia de Guaratinguetá, 2011.  
Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

1. Madeira – Eucalipto 2. Madeira - Juntas I. Título


CDU 674.02(043)

ANDRÉA CRESSONI DE CONTI

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
"DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA"

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA  
ÁREA: MATERIAIS

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

  
Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira  
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Dr. MARCOS TADEU TIBURCIO GONÇALVES  
Orientador / Unesp-Feg

  
Prof. Dr. RICARDO MARQUES BARREIROS  
Unesp-Feg

  
Prof. Dr. MARCOS VALÉRIO RIBEIRO  
Unesp-Feg

  
Prof. Dr. JOÃO BATISTA TURRIONI  
UNIFEI

  
Prof. Dr. EDUARDO MAURO DO NASCIMENTO  
UTFPR-DAMEC

Dezembro de 2011

## **DADOS CURRICULARES**

### **ANDREA CRESSONI DE CONTI**

NASCIMENTO	20.11.1970 – ARARAQUARA / SP
FILIAÇÃO	Waldir Cressoni Arlete Silveira Cressoni
1989/1992	Curso de Graduação Física – Universidade Estadual Paulista – Campus de Rio Claro
1993/1995	Curso de Pós-Graduação em Física Nuclear Teórica, nível de Mestrado, no Instituto de Física Teórica – IFT da Universidade Estadual Paulista.

à minha filha, ao meu marido e aos meus pais por acreditarem  
sempre em mim e pelos constantes incentivos.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo amor demonstrado à minha vida.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves* pelo incentivo e amizade.

Ao *Prof. Dr. Cláudio De Conti*, pelo incentivo, ajuda e análise crítica do trabalho.

Ao *Prof. Dr. José Luz Silveira*, pelo incentivo para meu ingresso neste programa de doutorado.

Ao *Prof. Dr. Ricardo Marques Barreiros*, pela contribuição para a realização deste trabalho.

A FATEC, na pessoa do *Prof. Dr. José Francisco de Souza*, diretor da FATEC – Capão Bonito, que sempre foi solícito aos meus pedidos de afastamento, contribuindo em muito para a realização desse trabalho.

Ao aluno *Paulo Roberto Gomes Alves* pelo auxílio na determinação das características físicas dos corpos de prova.

À minha amiga *Josiana*, pelo constante apoio espiritual, profissional e pelas muitas lutas e risadas compartilhadas.

Ao técnico de laboratório *Juliano Rodrigo de Brito*, pela dedicação exemplar.

O passado é história, o futuro é mistério e o hoje é  
uma dádiva. Por isso é chamado de presente.

Provérbio Chinês

DE CONTI, A. C. **Resistência mecânica de juntas coladas em madeira de *Eucalyptus* sp.** 2011. 103 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal, verificar o desempenho de juntas coladas de peças de *Eucalyptus* sp., submetidos à esforços de cisalhamento e à tração normal, em função da qualidade superficial dos planos da madeira colados e das superfícies usinadas em relação à posição dos anéis de crescimento da madeira, empregando-se dois adesivos de diferentes fabricantes, à base de Poli Acetato de Vinila (cola PVA). Os adesivos foram denominados por C1 e C2, sendo que o primeiro apresentava certa resistência à umidade enquanto que o segundo não. Na usinagem das superfícies da linha de colagem dos corpos de prova, foram empregadas as velocidades nominais de avanço “ $V_f$ ” para o processo de fresamento: 6,0 m/min; 11,0 m/min e 15,0 m/min, correspondendo, respectivamente aos avanços por dente “fz” da ferramenta de corte: 0,86 mm; 1,57 mm e 2,14 mm. Os corpos de prova confeccionados foram preparados para composições com linha de cola em diferentes planos em relação aos anéis de crescimento da madeira. Tais composições de planos resultaram nos seguintes conjuntos de superfícies coladas: R-R; R-T; T-T e RT-RT, sendo os mesmos submetidos a ensaios normatizados pela Norma ABNT - NBR 7190 para testes de resistência à ruptura na lâmina de cola por esforços de cisalhamento e por tração normal. Pôde-se inferir um melhor desempenho para uso do adesivo denominado por “C1” e melhor superfície de adesão para a velocidade de avanço intermediária de 11,0 m/min. Quanto aos diferentes planos de corte, os resultados sugerem que na média o plano T-T possui maior resistência ao cisalhamento e tração normal. No entanto, estudos futuros envolvendo a correlação entre a composição dos planos e a resistência mecânica, são necessários para conhecer a correlação entre estas importantes variáveis envolvidas no processo de usinagem da madeira.

**Palavras chave:** Madeira Colada. Eucalipto. Qualidade superficial. Comportamento mecânico.



DE CONTI, A. C. **Mechanical resistance of wood joint glued in species of the *Eucalyptus* sp.** 2011. 103 pages. Thesis (Doctorate in Mechanical Engineering) – Faculty of Engineering, Campus of Guaratinguetá, Univ. Estadual Paulista - UNESP, Guaratinguetá, 2011.

### ABSTRACT

The present work aimed to check the *Eucalyptus* sp bonded joints parts performance, submitted to shear stress and tensile strength, depending on the surface quality of wood glued plans and the position relation of wood growth rings machined surfaces, using two different manufacturers adhesives, based on Poly Vinyl Acetate (PVA glue). The adhesives were named by C1 and C2, where the first one showed some resistance to moisture while the second one does not. In order to make the bonding line surface machining for the specimens, it was employed three nominal feed speeds called, “ $V_f$ ”, for the milling process: 6,0 m/min, 11,0 m/min and 15,0 m / min, corresponding respectively to the tooth advances "fz" cutting tool: 0,86 mm, 1,57 mm and 2,14 mm. The specimens were made for different compositions in the glue line at different relations on growth rings of wood levels. Such plans compositions resulted in the following glued surfaces sets: R-R, R-T, T-T and RT-RT, and subjected to the same standardized tests by ABNT - NBR 7190, for testing the strength for blade glue, it was chosen two tests: shear strain and tensile strength. It might be inferred for a better performance had obtained for the adhesive called "C1" and a better surface adhesion for intermediate feed speed of 11.0 m / min. The results suggest to different cutting plans on average, the TT plane had a higher resistance to shear and tensile strength. However, future studies involving the correlation between the composition and mechanical strength of the plans are required to know the correlation between these important variables involved in the wood machining.

**Key words:** Glued wood. Eucalyptus. Surface quality. Mechanical behavior.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

C1	- Cola Wonderbon 2555
C2	- Cola Cascarez – cola taco
CP	- Corpo de prova
CPs	- Corpos de prova
Mad	- Madeira
PVA	- Acetato de polivinil
RR	- Plano radial com plano radial
RT	- Plano radial com plano tangencial
R/T	- Plano radial-tangencial com plano radial-tangencial
TT	- Plano tangencial com plano tangencial
V6	- Velocidade nominal de avanço de 6 m/min
V11	- Velocidade nominal de avanço de 11 m/min
V15	- Velocidade nominal de avanço de 15 m/min

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 Justificativas e Relevância do Trabalho.....	13
1.2 Objetivo.....	16
1.2.1 Objetivo específico.....	16
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
2.1 Características e Propriedades da Madeira de Eucalipto.....	17
2.2 Caracterização de Painéis de Madeira Laminada.....	28
2.3 Adesivo e Adesão em Produtos à Base de Madeira .....	33
2.4 Qualidade Superficial da Madeira.....	38
2.4.1 Critérios para avaliar a rugosidade.....	38
2.4.2 Parâmetros de rugosidade superficial.....	40
2.4.3 Rugosidade .....	44
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	49
3.1 Origem da Madeira para Experimentação.....	49
3.2 Preparação das Amostras para Ensaios.....	53
3.3 Adesivos Empregados na Confecção das Juntas.....	59
3.4 Ensaios de Resistência Mecânica.....	60
3.4.1 Ensaios de resistência ao cisalhamento.....	61
3.4.2 Ensaios de resistência à tração normal.....	63
3.5 Medição da Rugosidade das Superfícies Usinadas .....	64
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	66
4.1 Ensaios Mecânicos de Resistência ao Cisalhamento.....	66
4.1.1 Resistência em função do acabamento das superfícies usinadas.....	66
4.1.2 Resistência da linha de cola em função dos planos de corte.....	71
4.1.3 Análise da eficiência da linha de cola .....	74
4.2 Ensaios Mecânicos de Resistência à Tração Normal .....	77
4.2.1 Resistência em função do acabamento das superfícies usinadas.....	77
4.2.2 Resistência da linha de cola em função dos planos de corte.....	81
4.2.3 Análise da eficiência da linha de cola.....	84
4.3 Ensaios de Medição da Rugosidade das Superfícies Usinadas.....	87
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	88
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	90
<b>APÊNDICE</b> .....	102

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente existe um grande interesse nos materiais extraídos de recursos vegetais renováveis. Não somente do ponto de vista da atividade econômica, mas também da manutenção do equilíbrio ecológico que esses materiais podem proporcionar. Entre esses materiais incluí-se a madeira e seus derivados, com aplicações em diversas áreas, como na construção civil; nas indústrias de móveis, de embalagens, de papel e celulose; nos meios de transportes; nos instrumentos musicais e outros.

A demanda por materiais renováveis tem se intensificado. As necessidades crescentes, geradas pelo aumento da população e o padrão de consumo, contribuem para o esgotamento dos recursos naturais do planeta, inclusive das florestas tropicais nativas. Estas não podem suprir a crescente demanda humana por madeira, mesmo se exploradas de forma racional. Assim, o reflorestamento é parte importante na solução para a diminuição do desmatamento existente sobre todas as florestas nativas. No Brasil, as árvores de Pinus e Eucalipto são as mais utilizadas para esta finalidade. (MANHÃES, 2008)

Segundo Valverde (2007), o cultivo do eucalipto em escala econômica no Brasil deu-se a partir de 1904. Com o reflorestamento, a área de plantio no Brasil, em 2006, foi de aproximadamente três milhões de hectares de eucalipto. Kronka, em 2002, mostrou que 79,4% dos reflorestamentos acontecidos no Estado de São Paulo correspondiam às áreas de plantio de eucalipto, sendo que a maior parte desse plantio era utilizada pelas indústrias de celulose, já o uso do eucalipto como madeira serrada era bem mais limitado e com menores impactos ambientais negativos.

Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas através do anuário estatístico, (ABRAF, 2011), a área ocupada por plantio de florestas de *Eucalyptus*, no Brasil, totalizou área de 4.754.334 ha, sendo que em 2010 o crescimento deste tipo de plantio foi de 5,3%. Em relação à produção de madeira, tem-se que a maior parte é destinada para o setor de celulose (35%), seguido da lenha, carvão e outros (35,4%), já o setor de madeira serrada ficou com 15,8% de toda a produção madeireira, em seguida tem-se o setor de painéis particulados com 7,8% e de

painéis laminados (compensados) com 3,5%, sendo que, a menos do carvão vegetal e dos painéis de madeira industrializados, cujo consumo está basicamente concentrado no mercado interno, os demais produtos destinam-se, prioritariamente, ao mercado externo, demonstrando assim, a importância do cenário internacional para esse setor florestal brasileiro.

Para Garcia e Mora (2000) e Leite *et al.* (2011), as espécies de *Eucalyptus* são de grande versatilidade, com possibilidade de utilização em diversos segmentos, como óleos essenciais, celulose, madeira tratada, carvão vegetal e lenha, madeira serrada, painéis a base de madeira, entre outros. Tomazello *et al.* (2011) relatam sobre trabalhos realizados com a madeira de eucalipto, os quais indicam algumas espécies e suas respectivas aplicações na construção civil.

### 1.1 Justificativas e Relevância do Trabalho

Considerou-se o uso da madeira de eucalipto para realização do presente trabalho, apresentando-se a seguir, algumas razões que levaram a esta escolha.

Um dos principais problemas que ocorrem com o eucalipto ao ser utilizado como madeira serrada é que durante a sua fase de crescimento a madeira acumula tensões que são liberadas no processo de usinagem, resultando na má qualidade das peças. Somado a este efeito, o eucalipto tem uma considerável instabilidade dimensional quanto à retração e ao inchamento. Assim, é necessário o uso de técnicas adequadas para poder usar peças serradas desse material. De um modo geral, a madeira de eucalipto serrada é dimensionalmente instável, o que leva a uma série de problemas de qualidade nos produtos finais, especialmente se a madeira for usada como elemento estrutural ou como componente de mobiliário, (VIDAURRE *et al.*, 2007 e TRUGILHO *et al.*, 2011). Segundo Gonçalves *et al.* (2011), a estabilidade dimensional da madeira é uma das principais propriedades que pode impactar na qualidade do produto final.

Silva *et al.* (2005) afirmam que a dificuldade em usar a madeira de eucalipto na forma sólida se deve, em grande parte, no saber trabalhar com este material, declarando ser necessário conhecer a estrutura da madeira e os parâmetros de usinagem, que possibilitem bons resultados em termos de qualidade. Com relação ao

processo de usinagem, tem-se que cortes tangenciais sucessivos efetuados com serras de fita simples, não são indicados para a produção de madeira serrada de eucalipto, pois após a retirada de cada tábua, o bloco remanescente se deforma por flexão. Quando se pretende priorizar a qualidade das tábuas, recomenda-se que o desdobro inicial seja realizado com serras de fita (simples ou dupla) até que o bloco atinja pequenas dimensões. Neste sistema de corte, os blocos devem ser girados após cada corte, assim, ao girar a tora as tensões tendem a ser liberadas de forma balanceada, resultando em um menor desperdício de material e produtos de melhor valor de mercado (VIDAURRE et al, 2007).

Considerando-se as múltiplas possibilidades de uso da madeira de eucalipto, na forma de painéis laminados, composto por ripas ou sarrafos colados, podemos destacar algumas considerações, como a seguir.

Com relação ao uso de madeira serrada de eucalipto, pode-se destacar o uso dos rejeitos desta madeira nas serrarias. Uma forma seria o desenvolvimento de produtos construídos com peças de menores dimensões como os sarrafos na produção de painéis sarrafeados, pois as mesmas são consideradas rejeitos pelas serrarias e, sua utilização possibilita a diminuição do desperdício e a racionalização do processo produtivo da indústria de madeira serrada. (MATTOS *et al*, 1994 e GONÇALVES, 2000).

Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida e reconstituídos através de ligação adesiva (IWAKIRI, 2005). Lima *et al*. (2008), afirmam que, a etapa de colagem é fundamental para uma moderna indústria de produtos reconstituído da madeira, promovendo um aproveitamento mais racional da matéria-prima e, ultimamente, vem se tornando uma necessidade, tanto pela tecnologia desenvolvida, quanto pela escassez de madeira sólida.

Dentre os vários tipos de adesivos para madeira, destaca-se aqui o adesivo à base de acetato de polivinila. O adesivo vinílico é um produto sintético, produzido a partir da polimerização do acetato de vinila disperso em água. Os adesivos vinílicos como o acetato de polivinil (PVA) são comumente chamados de “colas brancas” ou

“adesivos PVA” e são largamente utilizados na colagem de madeiras em inúmeras operações.

A tecnologia para fabricação de painéis sarrafeados, apesar de bastante difundida, ainda não se aplica a madeira de eucalipto e, este material é praticamente inexistente no mercado brasileiro, fato que não justifica a inviabilidade de sua aplicação. Para tanto, pesquisas devem ser desenvolvidas, a fim de que sejam respondidas muitas questões técnicas e científicas, tais como: Quais as espécies mais adequadas para este propósito?; Como os materiais devem ser usinados e com qual exigência de qualidade superficial na linha de colagem?; Qual a influência da orientação dos anéis de crescimento na composição de painéis?; Quais propriedades de resistência mecânica devem ser consideradas na aplicação deste produto?; Qual a influência do tipo de adesivo sobre a resistência na linha de colagem? etc.

Do aqui exposto, acredita-se que parte dos problemas citados em relação ao uso da madeira serrada de eucalipto poderia ser resolvida se a empregássemos na forma de painéis sarrafeados compostos de ripas ou sarrafos colados lateralmente, assim como os produtos conhecidos mundialmente por: “Paralel strand lumber (PSL)”, “Edge glued panel (EGP)”, “Laminboard” e “Block boards (BB)”. Esta proposição pode ser viável em se considerando que as peças (ripas ou sarrafos) coladas formariam uma malha de propensão a anular as possibilidades das diferentes formas de instabilidade dimensional, a fim de que a instabilidade de uma determinada peça proporcione à anulação da tendência a instabilidade de outra peça adjacente.

Se o desenvolvimento de painéis sarrafeados de eucalipto, colados com adesivos do tipo acetato polivinil, mostrar-se tecnicamente viável quanto à estabilidade dimensional e se possível com certa resistência à umidade, deve possivelmente despertar o interesse de empresas do ramo de processamento da madeira, visto que muitas destas empresas poderão produzir seus próprios painéis de madeira. E desta forma, aliviar a pressão em relação ao alto custo e escassez de madeira serrada, de espécies nativas ou até mesmo de espécies proibidas por legislação específica.

Como contribuição às questões aqui indicadas, o presente trabalho visa auxiliar na especificação de parâmetros de usinagem quando do processamento da madeira serrada de espécies de eucalipto. Para tanto, foram feitos testes em juntas coladas deste

material em diferentes condições e, determinou-se a resistência mecânica na linha de cola, para solicitações a esforços de cisalhamento e de tração normal, com vistas a poder indicar as melhores condições de resistência das juntas testadas para sua aplicação na forma de painéis laminados colados.

## 1.2 Objetivo

O presente trabalho teve por objetivo, determinar a resistência na lâmina de cola da madeira de *Eucalyptus* sp., em ensaios de cisalhamento e tração normal, a fim de qualificar o desempenho de juntas coladas com dois adesivos polivinílicos disponíveis no mercado, empregando-se diferentes velocidades de avanço na geração das superfícies e diferentes planos de colagem, com relação à disposição dos anéis de crescimento.

### 1.2.1. Objetivo específico

Inferir qual a melhor velocidade de avanço, o melhor adesivo e o melhor plano de corte ao se analisar a resistência mecânica na junta colada da madeira de *Eucalyptus* sp, para o ensaios de cisalhamento e tração normal.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apresenta-se neste item uma revisão da literatura sobre assuntos relacionados ao estudo da caracterização de juntas coladas de madeira de eucalipto, bem como do emprego desta técnica na produção de painéis sarrafeados para múltiplos usos.

### 2.1 Características e Propriedades da Madeira de Eucalipto

A madeira de eucalipto apresenta variações nos componentes anatômicos, e também nas propriedades mecânicas, maiores no sentido radial (medula-casca), e menores no sentido axial (base-topo) (LIMA, 1999 CRUZ, 2000 SILVA *et al* 2004 e SILVA, 2005).

Calori, Fier e Kikuti (1995), estudaram as propriedades físico-mecânicas da Madeira de *Eucalyptus grandis* para diferentes idades com o objetivo de mostrar uma melhor utilização dessa madeira na construção de estruturas, em movelaria, fabricação de embalagens, molduras, etc.. Foram analisadas as propriedades físicas de densidade e contrações: radial, tangencial, axial e volumétrica, além das propriedades mecânicas de flexão estática, compressões: paralela e normal, trações: paralela e normal, dureza Janka, cisalhamento, fendilhamento e tenacidade. Analisando os coeficientes de correlação verificaram que a densidade básica apresenta correlação positiva com a idade, variando de 0,404 g/cm<sup>3</sup> aos 10 anos de idade chegando a 0,516g/cm<sup>3</sup> aos 23 anos de idade. A resistência da madeira a compressão paralela as fibras, a tração paralela, a dureza Janka, a tenacidade e o fendilhamento também apresentaram correlação positiva com a idade. Lembrando que a tenacidade é a capacidade da madeira de resistir ao choque e tem importância em aplicações como carrocerias, cabos de ferramentas, eixos, por exemplo. O fendilhamento é a qualidade que a madeira apresenta ao permitir que um prego ou parafuso de metal fique estreitamente acomodado entre suas fibras, criando uma excelente ligação entre os materiais, sendo importante na indústria de móveis e construção. Quanto às contrações radial e volumétrica, observaram que ambas correlacionaram-se positivamente também com a idade e a contração axial diminuiu com a idade, enquanto que a contração tangencial não apresentou correlação com a idade.

Silveira, Trugilho e Rosado (1998), utilizando a norma American Society for testing and materials – ASTM de 1993, estudaram o efeito do tamanho do corpo de prova na variação dimensional da madeira de *Eucalyptus* sp.. Neste estudo, foram determinadas as contrações radiais, tangenciais, longitudinais e volumétricas para corpos de prova de diferentes tamanhos. Concluíram que as contrações radiais e tangenciais médias, respectivamente, aumentaram e reduziram com a dimensão dos corpos de prova e o fator de anisotropia (relação T/R) decresceu à medida que o tamanho dos corpos de prova foi aumentando, indicando, assim, uma maior estabilidade dimensional da madeira, dessa forma, pode-se concluir também que o tamanho do corpo de prova influencia as contrações no sentido radial e tangencial, e a contração volumétrica independe do tamanho do corpo de prova.

Néri *et al.* (1999), explicam que o eucalipto pode ser muito denso, duro e resistente. Algumas espécies apresentam fibras reversas, que dificultam o acabamento, e tensões internas que produzem deformações ao longo do tronco. Estas tensões internas existirão também nos elementos serrados, causando frequentemente rachaduras e deformações; e que especialmente estas características da madeira de eucalipto tornam difícil sua utilização de forma racional.

Petrauski, Lucia e Tinôco (2000), avaliaram a validade do modelo de Hankinson na predição de resistência de juntas coladas utilizando o *Eucalyptus grandis* como substrato e adesivo a base de resorcinol-formaldeído. O ensaio foi feito seguindo a norma ASTM D-905 de 1994. Os ensaios de resistência ao cisalhamento foram feitos para juntas coladas a 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° e 90° entre as fibras. Notou-se que as resistências médias decresceram com o aumento do ângulo de colagem entre as fibras de madeira. Seguindo a norma ASTM D-905(1994) obtiveram para os ângulos de 0° e 90° a resistência de 13,17 MPa e 4,99 MPa, respectivamente. Ao considerarem a norma NBR 7190 (1997) obtiveram para os ângulos de 0° e 90° a resistência de 11,48 MPa e 5,33 MPa, respectivamente. Concluíram que o modelo de Hankinson mostrou-se apto à predição ao cisalhamento de juntas coladas utilizando-se *Eucalyptus grandis* como substrato e resorcinol-formaldeído como adesivo.

Trugilho *et al.* (2002(a)), analisaram a variação dimensional e a densidade da madeira de *Eucalyptus* sp para 3 árvores com idades de 13 a 17 anos, concluíram que o

coeficiente de anisotropia não foi muito elevado tendo um valor médio de 1,58, demonstrando que o material não apresentou uma alta variação dimensional, ou seja, o coeficiente de contração tangencial e o coeficiente de contração radial apresentam pouca variação, enquanto que a grande diferença mostrou-se para os coeficientes de contração linear e contração volumétrica, indicando uma madeira de alta tensão de crescimento e uma madeira de maior propensão ao desenvolvimento de rachaduras. Verificaram também que existia uma correlação entre as densidades básica e a densidade seca da madeira (designou-se por densidade seca a medida realizada com madeira isenta de água, seca em estufa a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ ), e que a contração volumétrica apresenta uma correlação positiva com as densidades básica e seca, havendo uma maior magnitude com a densidade seca.

Trugilho, Lima e colaboradores (2002(b)), estudaram a variação nas propriedades mecânicas da madeira em árvores de *Eucalyptus*, sendo que as espécies de *Eucalyptus* selecionadas foram de um tipo híbrido não especificado de espécies misturadas de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis*. Para o estudo foram realizados ensaios de compressão paralela as fibras, flexão estática e dureza Janka, verificaram que os resultados médios obtidos foram superiores aos encontrados em estudos de *Eucalyptus grandis* com 8 anos de idade em posição similar. Os genótipos acima citados apresentaram resistência de média a alta, demonstrando potencialidade de usos desses materiais pelos segmentos da construção civil e moveleira.

Logsdon (2002 (a)) percebeu que para os ensaios de estabilidade dimensional da madeira, a norma NBR 7190/97 era insuficiente para reproduzir tais ensaios. Sendo assim, o ensaio de estabilidade dimensional da madeira foi otimizado definindo-se o mínimo de pontos necessários para avaliar esse tipo de ensaio e assim haver uma correta interpretação do fenômeno, também neste mesmo ano Logsdon propôs uma sugestão de revisão para a norma NBR 7190/97, Logsdon (2002 (b)), para o ensaio de estabilidade dimensional da mesma. Continuando com o estudo de estabilidade dimensional Logsdon e Finger (2002) propuseram modelos matemáticos de especificação das curvas para o ensaio de estabilidade dimensional.

Nogueira (2002) desenvolveu um trabalho detalhado sobre as características e propriedades físico-mecânicas de 16 espécies de eucalipto, dentre as quais, para efeitos

de análise comparativa com os resultados obtidos no presente trabalho, bem como para trabalhos futuros de estabilidade dimensional em painéis sarrafeados, selecionou-se os dados, de densidade aparente, densidade básica, resistência ao cisalhamento e resistência à tração normal as fibras das espécies mostrado no Quadro 2.1.

Quadro 2.1– Valores de densidade aparente, densidade básica, resistência ao cisalhamento e resistência a tração normal, a 12 % de umidade. (adaptado de Nogueira, 2002).

<i>Espécies</i>	<i>Densidade Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Densidade Básica (g/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Resistência ao Cisalhamento (daN/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Resistência à Tração Normal (daN/cm<sup>2</sup>)</i>
<b>Microcorys</b>	0,93	0,75	170	46
<b>Maculata</b>	0,95	0,73	177	47
<b>Propínqua</b>	0,96	0,74	164	44
<b>Paniculata</b>	1,09	0,83	205	45
<b>Citriodora</b>	1,00	0,78	180	39
<b>Grandis</b>	0,63	0,50	116	30
<b>Umbra</b>	0,89	0,70	156	30
<b>Punctata</b>	0,95	0,75	215	60
<b>Tereticornis</b>	0,90	0,69	162	46
<b>Urophylla</b>	0,74	0,57	139	42
<b>Camaldulensis</b>	0,90	0,71	153	46
<b>Triantha</b>	0,76	0,60	153	27
<b>Maideni</b>	0,92	0,74	172	48
<b>Saligna</b>	0,73	0,58	135	41
<b>Cloesiana</b>	0,92	0,64	175	40
<b>Alba</b>	0,71	0,56	159	39

Em 2003, Oliveira e Silva estudaram os parâmetros de retratibilidade e de densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna*. Para o estudo foram utilizadas cinco árvores, cuja amostragem foi feita na região do DAP, onde foram tomadas quatro posições equidistantes na direção medula-casca, correspondendo a 0, 33, 66 e 100%, com 20 repetições por posição. Após a realização dos ensaios, foram obtidos os valores expressos no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Valores médios para os coeficientes de retratibilidade e densidade básica de madeira *Eucalyptus saligna*, tomados de quatro posições equidistantes a partir da medula em direção à casca (adaptado de Oliveira e Silva, 2003).

Posição Medula- Casca	N*	Contrações (%)			Relação T/R <sup>1</sup>	Densidade Básica (g/cm <sup>3</sup> )
		Volumétrica	Tangencial	Radial		
1	74	21,28	10,89	4,99	2,22	0,39
2	83	27,18	15,20	7,06	2,18	0,43
3	93	26,57	15,67	8,59	1,84	0,50
4	90	28,69	16,88	9,47	1,79	0,55
<i>Média Geral</i>	340	26,00	14,83	7,67	1,99	0,47

\* Número de repetições.

Dos resultados obtidos por Oliveira e Silva (2003), os autores verificaram que existia uma diferença entre a contração volumétrica e o somatório das respectivas contrações lineares, atribuído as diferentes metodologias usadas para a obtenção das contrações, já que para a contração volumétrica foi usado o método de balança hidrostática e para as contrações lineares foi usado medição direta através do Palmer, além de terem ocorrido possíveis colapsos em algumas amostras. Em relação ao fator de anisotropia (T/R)<sup>1</sup> observou-se que nas duas posições iniciais a partir da medula este índice foi superior ao valor médio de 1,99, diminuindo para as duas posições finais, sendo assim, a região periférica se mostrou uma região com uma madeira de maior estabilidade dimensional, em função da menor variabilidade entre as contrações tangencial e radial. Quanto à densidade básica, observou valores baixos na região medular com crescimento para as regiões mais externas. Concluiu-se que para o *Eucalyptus saligna*, a retratibilidade varia na direção radial da madeira, ocorrendo valores menores na região da medula com acréscimo até a região mais periférica do tronco, o fator anisotrópico foi consideravelmente mais elevado na região medular, caindo substancialmente em direção ao alburno da madeira e a densidade básica apesar de mostrar tendência de aumento em direção à periferia do tronco, não mostrou sinais efetivos de estabilidade, o que levou a suposição de uma grande presença de madeira juvenil.

<sup>1</sup> O fator de anisotropia (T/R), geralmente varia entre 1,5 a 2,5 e tornou-se um índice muito importante nos estudos de contração de madeira; quanto maior essa relação, maior será a tendência ao fendilhamento e empenamento da madeira.

Trugilho *et al.* (2004) estudaram a umidade de equilíbrio da madeira em diferentes espécies de *Eucalyptus* sp., para diferentes condições de umidade relativa, mantendo-se uma temperatura de 30°C. Observaram que houve variação nas umidades de equilíbrio da madeira entre as espécies avaliadas e obtiveram curvas de histerese onde observaram que os coeficientes foram maiores em umidades relativas mais baixas e que não houve muita variação entre as espécies.

Silva, Matos *et al.* (2005), realizaram estudo sobre a influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. Mediram o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR). Concluíram que tanto o módulo de elasticidade (MOE) quanto o módulo de ruptura (MOR) foram influenciados pela idade e pela posição medula-casca, bem como ambos os módulos apresentaram uma mesma tendência de crescimento em relação à idade e à posição radial, no sentido medula-casca. Os maiores valores de módulo de elasticidade e de ruptura foram observados na madeira mais elevada com exceção da madeira de 25 anos que apresentou valores mais reduzidos que o de 20 anos.

Sales e Calil (2005) e Sales (2006) apresentaram uma nova proposta do sistema de classes de resistência para madeira serrada de eucalipto no Brasil, visando principalmente à especificação do material para a elaboração do projeto estrutural para a construção civil, pois a utilização de classes de resistência para madeira nativas e cultivadas favoreceria a utilização da madeira como material estrutural, tornando-a mais competitiva em relação a outros materiais como aço e concreto. No estudo foram utilizadas 16 espécies do gênero *Eucalyptus* que geraram 427 séries de ensaios. Tais espécies foram escolhidas segundo os critérios de existência de áreas reflorestadas com estas espécies de eucalipto que possibilitem exploração comercial, potencial de utilização destas espécies nos diversos setores da construção civil, existência dos valores individuais de ensaios necessários à determinação das propriedades física, de resistência e de rigidez e ensaios realizados segundo uma mesma metodologia experimental. Dessa forma chegaram a uma tabela com 4 classes de resistência para o gênero *Eucalyptus*.

Em 2006 e 2007 Silva *et al.*, estudaram a retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* bem como avaliaram também as dimensões das fibras e dos vasos

dessa mesma madeira nas idades de 10, 14, 20 e 25 anos, concluíram que a idade e principalmente o efeito da variação radial, no sentido medula-casca, influenciaram as retratibilidades volumétrica e linear dessas madeiras, e também as dimensões das fibras e dos vasos. Os valores encontrados foram de 18,11% para a retratibilidade volumétrica, 6,09% para a retratibilidade linear radial, 10,14% para a retratibilidade tangencial, 0,45% para a retratibilidade longitudinal e fator anisotrópico de 1,71%. Tais valores foram altos e indicaram uma instabilidade dimensional. Quanto ao comprimento, a espessura da parede das fibras e o diâmetro dos vasos mostraram-se positivamente correlacionados com a idade e com a posição radial no sentido medula-casca, enquanto que a largura e o diâmetro do lume das fibras correlacionaram-se negativamente com a idade, porém positivamente com a posição radial, no sentido medula-casca.

Vidaurre *et al.* (2007), indicaram como importante a segregação da madeira por faixas de densidade: baixa, menor que 536 kg/m<sup>3</sup>; média, entre 536 e 725 kg/m<sup>3</sup>; e alta, acima de 725 kg/m<sup>3</sup>, por coloração (clara, rosada e vermelhada) e pela tradicional classificação por defeitos presentes na madeira.

Palma, Ballarin e Leonello (2008) caracterizaram as regiões de madeira juvenil e de madeira adulta, da madeira de *Eucalyptus grandis*, por meio de estudos anatômicos como comprimento de fibras axiais. Os resultados indicaram uma tendência de aumento acentuado e linear da ordem de 88% no comprimento das fibras da medula até 15 centímetros, posição correspondente a 58% dos raios, já entre 15 cm e 16 cm do raio este incremento foi de apenas 4,6% e a partir deste ponto o comprimento das fibras tenderam a reduzir em aproximadamente 15%, até a casca. Dessa forma, concluíram que a madeira juvenil ocorre até os 15 cm de medula e a madeira adulta a partir dos 16 cm até a casca.

Benjamim *et al.* (2008) avaliaram a variação da densidade aparente da madeira de *Eucalyptus grandis*, de 28 anos de idade, no sentido medula-casca, utilizando a técnica de densitometria de raios X para a verificação da influência do lenho sobre a mesma. As árvores apresentaram valores médios de densidade aparente em torno de 0,70 g/cm<sup>3</sup>, com um coeficiente de variação médio de 20%. O valor máximo (pontual) de densidade aparente observado foi de 1,27 g/cm<sup>3</sup> e o valor mínimo (pontual)

observado foram de  $0,13 \text{ g/cm}^3$ . Observaram três padrões distintos e marcantes de variação da densidade aparente ao longo do raio das árvores, sendo que o padrão 1 foi definido como sendo o padrão onde a densidade aparente é crescente a partir da medula, seguida de trecho com estabilização do valor e finalmente decréscimo, o padrão 2 é definido como sendo a densidade aparente crescente a partir da medula, seguida de trecho com estabilização do valor e finalmente o padrão 3 onde a densidade aparente crescente a partir da medula. Utilizando esses padrões concluíram que a tendência geral de variação dos valores médios de densidade aparente foi de um aumento no sentido medula-casca, sendo que a predominância dessa variação ocorreu no sentido radial a partir da medula, seguido de um trecho de estabilização em direção a casca. Também, verificaram que houve efeitos sobre a densidade aparente decorrentes das diferenças entre madeira juvenil, madeira adulta, cerne e alburno, sendo que as mais marcantes foram às ocasionadas pelas diferenças entre madeira de cerne e madeira de alburno.

Melo *et al.* (2008) estudaram a relação da retratibilidade da madeira com a massa específica de três espécies de eucalipto, a saber, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus saligna*. Observando os gráficos de retratibilidade versus massa específica, verificou-se que as madeiras de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus saligna*, demonstraram a mesma tendência dos percentuais de retratibilidade com o aumento da massa específica básica, enquanto que, a madeira de *Eucalyptus grandis* apresentou uma tendência estável, não tendo a massa específica básica qualquer influência sobre os percentuais de retratibilidade. Em relação a retratibilidade longitudinal as madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* demonstraram resultado próximos (ambas 0,49%), tendo o *Eucalyptus camaldulensis* apresentado os menores percentuais de retratibilidade (0,28%). Quanto à retratibilidade radial o *Eucalyptus grandis* apresentou o maior percentual (8,25%), para o *Eucalyptus saligna* foi observado uma retratibilidade de 5,04% e o *Eucalyptus camaldulensis* 5,54%. Analisando a retratibilidade tangencial, obteve-se o menor índice para o *Eucalyptus saligna*, 6,11%, enquanto que para o *Eucalyptus grandis* esse índice foi de 9,56% e para o *Eucalyptus camaldulensis* o mesmo índice foi de 8,32%. Em relação à retratibilidade volumétrica o *Eucalyptus grandis* foi que obteve o maior



inchamento, 17,44%, seguido pelo *Eucalyptus camaldulensis* de 13,64% e finalmente pelo *Eucalyptus saligna*, que obteve o menor índice de 11,29%. Concluíram que a retratibilidade da madeira difere entre as espécies, sendo que a espécie de *Eucalyptus grandis*, foi a que demonstrou ter as maiores variações dimensionais. Analisando a correlação entre a massa específica básica e a retratibilidade longitudinal e volumétrica, percebeu-se que a correlação é inversa, para o *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus saligna*, sendo que para o *Eucalyptus grandis* a mesma permanece constante.

Lima *et al.* (2008) avaliaram os defeitos causados pela secagem por desumidificação na madeira de *Eucalyptus grandis*. Foram escolhidas sete árvores e retiradas as tábuas as mesmas foram distribuídas em dois lotes, um lote foi feita a secagem em estufa convencional e o outro lote foi seco em uma estufa por desumidificação. Na secagem convencional a madeira demorou 18 dias para secar, enquanto que na estufa por desumidificação a mesma demorou 24 dias. Avaliando os defeitos de secagem verificou-se que para o defeito de arqueamento foi ligeiramente maior na estufa por desumidificação (1,89%) do que na estufa convencional (1,49%), mesmo apresentando esse defeito ligeiramente superior na estufa por desumidificação a mesma conseguiu produzir tábuas mais homogêneas. Em relação ao defeito de encanoamento a secagem por desumidificação (2,53%) apresentou valor menor do que o observado na secagem em estufa convencional (4,37%), mas variação entre as peças representada pelo coeficiente de variação também foi menor na secagem por desumidificação. Já em relação ao defeito de encurvamento longitudinal, na secagem por desumidificação (5,18%) foi observado 70% maior nessas tábuas do que as tábuas secas em estufa convencional, mas novamente, assim como aconteceu na análise de defeito de arqueamento, na análise de defeito de encurvamento longitudinal, verificou-se que as tábuas secas na secagem por desumidificação apresentaram-se mais homogêneas do que as secas na estufa convencional. A rachadura de topo (17%) foi 3,7 vezes maior na secagem por desumidificação do que na secagem convencional, por outro lado, as rachaduras superficiais (3,2%) encontradas foram ligeiramente superiores às encontradas nas tábuas secas convencionalmente. Na secagem por desumidificação o defeito de colapso foi de 96% com um baixo coeficiente de

variação de 1,53. Concluiu-se que para os níveis de defeitos apresentados, foi permitido considerar a madeira de *Eucalyptus grandis* como adequada à secagem por desumidificação.

Renzo *et al.* (2008) estudaram a correlação do módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) de lâminas de *Eucalyptus grandis*, através da aplicação de ondas acústicas, com a densidade aparente de diferentes árvores dentro de uma mesma procedência. Foram utilizadas oito procedências de *Eucalyptus grandis* oriundas de quatro árvores. O ensaio consistiu na aplicação de ondas acústicas, no sentido longitudinal, em Lâminas posicionadas entre dois transdutores. Obteve-se que os valores médios de MOEd ficaram entre 43637 Kgf/cm<sup>3</sup> e 52579 Kgf/cm<sup>3</sup>.

Leite *et al.* (2011) observando a necessidade crescente de madeira sólida como matéria prima na indústria, estudaram as espécies de *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus resinífera* para a aplicação da madeira na indústria moveleira.

Outra forma de análise de propriedades físicas tem sido feita através de ensaios não destrutivos. Estudando a densidade básica de clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, Trugilho *et al.* (2011) usaram os equipamentos Pilodyn® e Resistograph® e chegaram a conclusão de os clones de *Eucalyptus grandis* apresentaram uma madeira de menor densidade, o clone de U060 foi o que apresentou o maior valor de densidade básica (0,619g/cm<sup>3</sup>) e entre o Resistograph® e o Pilodyn®, o Resistograph® apresentou melhor desempenho na estimativa da densidade básica da madeira especialmente para os clones de *Eucalyptus urophylla*.

Gonçalez *et al.*, em 2011, caracterizaram a propriedades anatômicas, colorimétricas, físicas (densidade e retratibilidade) e mecânicas (flexão estática) das espécies *Pinus caribea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis*, visando seu uso para o setor moveleiro. Para cada espécie e para cada teste foram confeccionados 20 corpos de provas. Para a determinação das propriedades físicas de densidade básica e de retratibilidade foram usadas às normas COPANT 30:1-004/1972 e COPANT 462/1972, para os ensaios de flexão estática utilizou-se a norma COPANT 30:1-006/1972. Os resultados obtidos são mostrados no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Propriedades físicas e mecânicas das madeiras estudadas (adaptado de González et al., 2011).

	<i>Pinus caribea hondurensis</i>	<i>Eucalyptus grandis</i>
<b>Densidade básica (g/cm<sup>3</sup>)</b>	0,43	0,59
<b>Retratibilidade tangencial (%)</b>	5,67	10,86
<b>Retratibilidade radial (%)</b>	3,91	6,41
<b>Retratibilidade volumétrica (%)</b>	9,29	17,26
<b>Coefficiente de anisotropia (RT/RR)</b>	1,45	1,69
<b>Módulo Ruptura (MPa)</b>	74,62	85,80
<b>Módulo Elasticidade (MPa)</b>	7363,29	15956,10

Os autores, concluíram através da densidade básica média e do fator de anisotropia que ambas as espécies não deverão apresentar problemas de instabilidades e nem dificuldades de usinagem. Em relação às propriedades mecânicas de flexão estática (MOR e MOE) os valores indicaram boa resistência mecânica das madeiras. Sendo assim, recomendaram o uso dessas madeiras no segmento moveleiro.

Vale *et al.* (2011), fizeram a caracterização física e energética de clones de *Eucalyptus* a partir de cinco toras de onde foram confeccionadas amostras para a determinação da massa específica e retrações seguindo a norma ABNT NBR 7190/1997. Os clones de *Eucalyptus* foram de *Eucalyptus urophylla* e clones híbridos. Após a análise dos resultados obtidos concluíram que o clone C140 (*Eucalyptus urophylla*) foi o clone com menor possibilidade de ocorrência de defeitos quando submetido à secagem, ao contrário do clone C146 (*Eucalyptus urophylla*) que apresentou maiores valores de retrações e coeficiente anisotrópico. Os clones C206 e C208 (*Eucalyptus urophylla*), apresentaram também valores altos para as retrações, apesar de um baixo coeficiente anisotrópico. Para a análise energética destacaram-se os clones C33 (híbrido), C140 (*Eucalyptus urophylla*) C206 (*Eucalyptus urophylla*).

Tomazello e Oliveira (2011) estudaram as propriedades mecânicas de módulo de elasticidade à flexão (MOE), módulo de ruptura (MOR), máxima resistência à compressão paralela às fibras (MRCP), máxima resistência ao cisalhamento paralelo às fibras (MRC) e máxima resistência à tração paralela às fibras (MRTP), da madeira das espécies de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus paniculata*,

*Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, com idade média de 16 anos. Concluíram que para a utilização na construção civil, as madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* são as que demandam maior cuidados, relativo aos menores valores apresentados para as propriedades mecânicas estimadas. A madeira de *Eucalyptus paniculata*, além de possuir elevadas propriedades de resistência mesmo na madeira verde possui uma maior homogeneidade. As madeiras de *Eucalyptus paniculata* e *Eucalyptus citriodora*, se apresentaram mais homogêneas quanto à distribuição de suas propriedades mecânicas na direção radial e madeiras de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus pillularis*, mostraram maior variação na distribuição de suas propriedades de resistência.

## 2.2 Caracterização de Painéis de Madeira Laminada

Os painéis de madeira podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida e reconstituídos através de ligação adesiva (IWAKIRI, 2005).

Gonçalves (2000) apresenta uma classificação dos painéis à base de madeira, a partir do material industrializado empregado na fabricação destes produtos:

### A partir de lâminas:

- Painéis de madeira compensada, Ply Wood (PW);
- Painéis micro laminados, Laminated Veneer Lumber (LVL).

### A partir de partículas:

- Chapa de madeira aglomerada, Particle Board (PB);
- Chapa de flocos orientados, Oriented Strand Board (OSB);
- Chapa de flocos não orientados, Wafer Board (WB);
- Peça de flocos orientados, Oriented Strand Lumber (OSL).

### A partir de fibras:

- Chapa isolante (IB), Insulating Board;
- Chapa dura, (HB), Hardboard;
- Chapa de média densidade, Medium Density Fiberboard (MDF).

A partir de ripas ou sarrafos:

- Peça de ripas paralelas, Paralel Strand Lumber (PSL);
- Painéis sarrafeados de madeira colada lateralmente, Edge Glued Panel (EGP);
- Chapas de madeira sarrafeada com capa de lâminas ou chapa dura formam os painéis chamados laminados como os laminboards e os Block Boards (BB).

Quando os sarrafos tem espessura de 3 a 7 mm, o painel é chamado de *laminboard*, se a espessura é de 7 a 30 mm, *block board* e quando a espessura tem de 30 a 75 mm formando caibros, o painel é chamado de *batten board*. Representações esquemáticas destes painéis são mostradas na Figura 2.1.

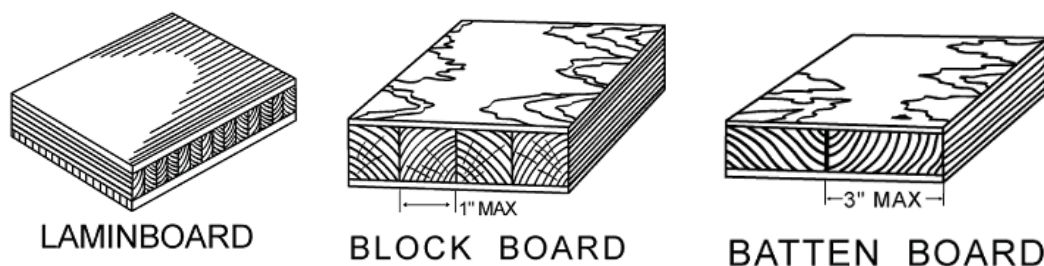


Figura 2.1- Painéis de madeira colada lateralmente com revestimento de lâminas.  
Fonte: [http://online.businesslink.gov.uk/ITSW\\_files/Glossary\\_of\\_wood\\_and\\_woodworking\\_terms.pdf](http://online.businesslink.gov.uk/ITSW_files/Glossary_of_wood_and_woodworking_terms.pdf)

Lima et al (2008), afirmam que a etapa de colagem é fundamental para uma moderna indústria de produtos reconstituído da madeira, promovendo um aproveitamento mais racional da matéria-prima e, ultimamente, vem se tornando uma necessidade, tanto pela tecnologia desenvolvida quanto pela escassez de madeira sólida.

Carrasco e Bremer (1995) estudaram painéis de eucalipto laminado realizando ensaios mecânicos de flexão, compressão e cisalhamento da linha de cola para painéis confeccionados com essa madeira. A madeira utilizada apresentava densidade aparente média de 6650 N/m<sup>3</sup> e a umidade média era de 18,33%. Em relação aos ensaios, obtiveram que: no ensaio de flexão, o módulo de elasticidade médio foi de 9593,86 MPa, para o ensaio de compressão o módulo de elasticidade a compressão foi de 9686,5 MPa, no ensaio de cisalhamento na linha de cola o coeficiente de cisalhamento médio foi de 5904,43 kN/m e tensão de ruptura médio de 3,67 MPa. Comparando os

ensaios de flexão com os de compressão, a diferença entre os módulos de elasticidade são praticamente nulos, podendo dessa forma, determinar o módulo de elasticidade do conjunto através de um ensaio de flexão. Em relação ao coeficiente de deslizamento, verificaram que o mesmo é maior ao ser comparado com valores de bibliografia consultados pelos autores.

Os painéis de lâminas paralelas, conhecidos também como “LVL’s” ou “Laminated veneer lumber”, constituem um material de propriedades uniformes, onde os problemas e defeitos presentes na madeira maciça são minimizados. Carvalho, Lahr e Bortolletto em (2002) estudaram esses painéis confeccionados com madeira de eucalipto híbrido feito de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*, a fim de demonstrar a metodologia utilizada para fabricação dos painéis em laboratório discutindo os resultados parciais de um programa de desenvolvimento da avaliação de LVL’s pela norma brasileira de estruturas de madeira NBR 7190. Foram fabricados 6 painéis, com 54 mm de espessura cada um, formados por 18 lâminas, largura de 17 cm e comprimento de 1,25 m. Estas dimensões foram definidas em função da confecção de corpos de prova que atendessem a norma NBR 7190 (ABNT, 1997). O adesivo utilizado foi a base de resina fenol-formol com pré-prensagem a frio de 1 hora e prensagem a quente de 145°C por 40 minutos a uma pressão de 13 kgf/cm<sup>2</sup>. Foram confeccionados corpos de prova e realizados ensaios de flexão estática, com finalidade predominantemente estrutural e utilizações semelhantes a madeira maciça. Obtiveram valores médios para o módulo de ruptura (MOR) de 58,85 MPa e módulo de elasticidade (MOE) de 13.792,11 MPa para testes feitos em amostra posicionados no tipo A e valores médios para o módulo de ruptura (MOR) de 55,25 MPa e módulo de elasticidade (MOE) de 12.916,65 MPa para testes feitos em amostra posicionados no tipo B. O posicionamento das amostras A e B são apresentadas na Figura 2.2, a seguir;

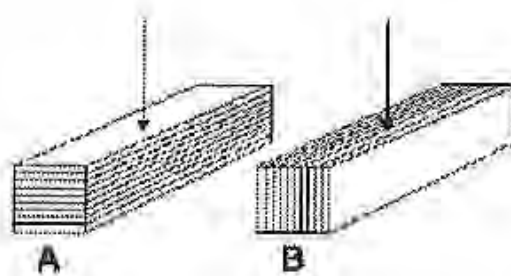


Figura 2.2– Carregamentos A e B dos corpos de prova no ensaios de flexão, nas posições Flatwise e Edgewise.

Da Figura 2.2, o posicionamento A é conhecido como *Flatwise* (Ensaio de flexão estática em relação ao eixo de menor inércia) e o posicionamento B é conhecido como *Edgewise* (Ensaio de flexão estática em relação ao eixo de maior inércia). Os autores observaram características de resistência bastantes satisfatórias comparadas aos dados da literatura investigada. Concluíram também que o eucalipto apresenta grande potencial na confecção de painéis LVL.

Iwakiri *et al.*, em (2006), avaliaram as propriedades físicas e mecânicas dos painéis compensados do tipo “combi”, tais painéis são produzidos com lâminas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus maculata* como capa e contracapa e *Pinus taeda* como miolo, coladas com resina fenol-formaldeído e melamina-uréia-formaldeído. Foram observadas reduções em espessura dos painéis compensados constituídos com 100% de lâminas de *Pinus taeda*, em comparação aos painéis tipo “combi”. Essa redução foi atribuída à menor densidade da madeira de *Pinus* em comparação com a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus maculata*, e, conseqüentemente, à menor resistência oferecida à compressão durante o processo de prensagem a alta temperatura, lembrando, também, que a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus maculata* possui maior força de expansão para retorno em espessura durante o processo de estabilização dos painéis em câmara de climatização. Esse resultado indica a possibilidade de produção de piso laminado de madeira através do processo de montagem direto. Analisando a interação entre o *Pinus taeda* com lâminas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus maculata* resultaram em maior resistência da ligação adesiva, quando comparadas às interações entre as lâminas de *Eucalyptus grandis*. Para os ensaios de resistência da linha de cola, flexão estática e dureza Janka os painéis tipo “combi” apresentaram propriedades satisfatórias como material estrutural, com possibilidades de utilização como piso laminado de madeira.

Em relação à produção de painel compensado, Iwakiri *et al.* (2007) avaliaram o potencial de utilização de lâminas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* para a produção dos mesmos, pois a espécies escolhidas são consideradas de média densidade, tornando-se uma vantagem técnica significativa na fabricação de painéis compensados para fins estruturais, que requerem maior resistência mecânica enquanto que as madeiras com maior densidade apresentaram menor porosidade, o que

influenciou diretamente na redução da penetrabilidade do adesivo durante a formação da liga adesiva. Tais painéis foram produzidos com diferentes formulações de adesivo à base de resina fenol-formaldeído. Foram medidas a densidade e as propriedades mecânicas de resistência da linha de cola às tensões de cisalhamento e a flexão estática. Quanto à densidade, obtiveram que o valor médio da mesma para o *Eucalyptus dunni* foi de 0,593 e para o *Eucalyptus grandis* foi de 0,487, em relação a resistência da linha de cola às tensões de cisalhamento, obtiveram que os painéis de *Eucalyptus dunni* apresentaram maior resistência em comparação aos painéis de *Eucalyptus grandis*. Verificaram também que as diferentes formulações do adesivo com variações no teor de sólidos da batida de cola não afetaram de forma significativa as propriedades de resistência mecânica dos painéis. Os valores de MOE (Módulo de elasticidade) e MOR (módulo de ruptura) em flexão estática para os painéis de *Eucalyptus dunni* e *Eucalyptus grandis* foram expressivamente superiores aos valores médios referenciados para painéis comerciais de *Pinus taeda* destinados para uso estrutural, sendo um indicativo de potencial dessas espécies para a produção de painéis compensados estruturais.

Silva *et al* (2008) estudaram a umidade de equilíbrio de painéis de madeira de espessuras diferentes em diferentes condições de umidade relativa, a uma temperatura de 30°C, e concluíram que a espessura e o tipo de revestimento não influenciaram o coeficiente de histerese e a umidade de equilíbrio dos painéis. Analisando as curvas de histerese entre os produtos estudados, perceberam que todos apresentaram a mesma estabilidade dimensional.

Palma, Ballarin e Rocha (2008) avaliaram as propriedades de flexão estática de vigas LVL de *Eucalyptus grandis*. Os painéis foram montados de forma aleatória, o adesivo utilizado foi à base de resina fenol-formaldeído. Os ensaios físicos e mecânicos foram feitos atendendo às prescrições da norma ASTM-D 5456 e métodos ASTM – D 198 e ASTM-D 4761. Analisaram a propriedades de flexão estática nas condições “*Flatwise*” e “*Edgewise*” para 72 corpos de provas encontrando valores médios de resistência à flexão estática na direção longitudinal (*flatwise*) 88,76 MPa e resistência à flexão estática na direção longitudinal (*edgewise*) 88,63 MPa, já para o módulo de elasticidade na direção longitudinal (*flatwise*) encontraram o valor médio



de 13.114 MPa, enquanto que para o módulo de elasticidade na direção longitudinal (*edgewise*) o valor encontrado foi de 15.871 MPa. Os autores concluíram que os painéis LVL de *Eucalyptus grandis* revelaram bom desempenho físico-mecânico.

Mendes *et al.* (2011) realizaram estudo para painéis de clones de *Eucalyptus urophylla*. Foram produzidos os painéis: Compensado estrutural, LVL, aglomerado convencional, OSB, cimento-madeira, plástico-madeira e EGP. Em relação aos resultados, observou-se primeiramente que os clones de *Eucalyptus urophylla* apresentaram grande potencial para a produção dos painéis compensados estrutural, cimento-madeira, madeira-plástico e LVL. Para os painéis aglomerado convencional e OSB, não foram observados resultados satisfatórios.

### 2.3 Adesivo e Adesão em Produtos à Base de Madeira

O processo de colagem envolve três elementos importantes: adesivo, aderente e adesão. Segundo Wellors (1997), os adesivos podem ser entendidos como sendo substâncias com propriedades de aderir fortemente a um substrato, mantendo vários substratos de um mesmo material ou materiais diferentes unidos por meio de uma ligação superficial. Esta propriedade, não é intrínseca à substância e desenvolve-se sob algumas condições enquanto interage com a superfície do aderente. Os aderentes são os materiais sólidos ligados pelo adesivo; também podem ser chamados de substratos. A adesão é o fenômeno mais importante do processo de colagem. A formação da ligação adesiva pode se dar por atração e por ligações químicas, através das chamadas ligações primárias (iônica, covalentes, coordenadas e metálicas) e através de forças secundárias intermoleculares. A ligação por atração se deve à interação entre duas superfícies causadas por um forte campo de forças atrativas provenientes dos constituintes de cada superfície.

Existem vários tipos de adesivos, destaca-se aqui o adesivo à base de acetato de polivinila. O adesivo vinílico é um produto sintético, produzido a partir da polimerização do acetato de vinila disperso em água. Os adesivos vinílicos são comumente chamados de “colas brancas” ou “adesivos PVA” e são largamente utilizados na colagem de madeiras em inúmeras operações, tais como na montagem de

painéis sarrafeados, no revestimento, na união de juntas de topo ou lateral e de outros painéis com lâmina de madeira na montagem de produtos.

O acetato de polivinil (PVA), é um adesivo termoplástico, pertencente à família dos ésteres polivinílicos, também conhecidos como borracha sintética. O grupo de acetatos sintéticos polivinílicos, que são adesivos pré-polimerizados, é empregado em colagem de madeira, na qual a cura é feita por perda do solvente dispersante. Tem vida útil longa, devido à alta estabilidade química e física. Tem grande resistência à ação de micro-organismos, apresentam propriedades de contato e prensagem exigindo pouca pressão na prensa (JESUS, 2000).

Estudando a cerca de adesivos utilizados para a colagem de madeira, Ribeiro (1992) verificou que no mercado brasileiro existem cinco tipos: uréia-formol, fenol-formol, resorcinol-formol, acetato de polivinila e adesivos a base de policloropreno, efetuando suas descrições como a seguir. Quanto ao adesivo uréia-formol, são resinas quimicamente aquosas oriundas da reação química de uréia e formol, é utilizado na fabricação de painéis aglomerados e compensados. São indicados para uso interno (moveleiros), não sendo indicados para uso externo com ação de sol e chuva. Os adesivos à base de fenol-formol são resinas alcalinas, utilizada na fabricação de compensados a prova d'água, formas de concreto e compensados revestidos com tegofilme. Essas resinas não necessitam de catalizador, curando a temperatura ao redor de 135°C, necessitando lâminas de madeira seca para confecção desse compensado. Os adesivos resorcinol-formol proporcionam colagem de madeira com desempenho semelhante à fenólica, com a vantagem de apresentarem cura à temperatura ambiente. Os adesivos vinílico são muito utilizados na indústria moveleira, principalmente em montagem. Tais adesivos não possuem catalisador, são emulsões aquosas que penetram na madeira, coalescem e formam filmes em geral incolores e flexíveis, são utilizados em junções e montagens em geral, e não em colagens que requeiram alta estabilidade dimensional, como em painéis compensados. Como esses adesivos reidratam-se com relativa facilidade, não são indicados para uso externo. Adesivos a base de policloropreno são adesivos a base de borracha sintética, contendo solventes aromáticos e alifáticos. Necessitam serem aplicados em ambas as faces a serem coladas e sua colagem ocorre por vulcanização.

Petrauski e Lucia (1998) estudaram o comportamento de juntas coladas com resina resorcinol e madeira de *Eucalyptus grandis*, para diferentes níveis de colagem, consumo de cola e número de faces de aplicação do adesivo. Foi realizado teste mecânico de cisalhamento paralelo às fibras tanto na linha de cola como na madeira em máquina universal de ensaio, seguindo a norma ASTM D 143. O preparo da superfície foi feita com plaina manual. O controle do consumo de cola foi feito através de balança analítica. Após a realização dos ensaios concluíram que a madeira de *Eucalyptus grandis* permitiu a confecção de juntas coladas resistentes com o uso de resina resorcinol, estando de acordo com literatura previamente consultada pelos autores. Notaram que, para juntas coladas com maiores níveis de cola, as mesmas aguentaram maiores níveis de pressão, baixos consumos de cola, mostraram-se mais sensíveis ao incremento da pressão de colagem e o menor consumo de cola teve o pior desempenho.

Melo e Carrasco (2004) estudaram o comportamento de três adesivos à venda no mercado para a confecção de madeira laminada colada (MLC) de *Eucalyptus grandis*, os três adesivos escolhidos foram EPI ( Emulsion Polymer Isocyanate), PRF (Phenol Resorcinol Formaldehyde) com catalizador líquido e outro PRF com catalizador em pó. Para esse estudo foram realizados ensaios de flexão simples e ensaios de cisalhamento, puderam concluir que os valores obtidos para o módulo de elasticidade e a rigidez a flexão efetiva foram bem elevados, rompendo-se por tração das fibras da madeira e não na ligação de cola, em relação ao cisalhamento também obtiveram resultados muito bons, desse modo, concluíram que os adesivos estudados apresentaram um ótimo potencial estrutural para a madeira laminada colada.

Rivero *et al.* (2004) avaliaram a adequação de duas espécies de bambu, *Bambusa vulgaris* e *Dendrocalamus giganteus*, para a confecção do Bambu Laminado Colado (BLC) que é uma adaptação do MLC (Madeira Laminada Colada), onde elementos de bambu menores que o tamanho inicial do mesmo são unidos por meio de cola em toda a sua extensão e com as fibras das lâminas dispostas aproximadamente paralelas ao comprimento da peça. Os adesivos utilizados foram o CASCOPHEN RS-216-M (resina a base de resorcinol-formol) misturado com o endurecedor FM-60-M e CASCAMITE 5-H (resina a base de uréia-formol) com endurecedor M-8 e a

prensagem feita a frio. Foram feitos ensaios de caracterização físico-mecânica para a avaliação de BLC confeccionados com os dois adesivos. O BLC confeccionado com as espécies *Bambusa vulgaris* e *Dendrocalamus giganteus* mostrou-se satisfatório, sendo que o BLC confeccionado com a espécie de *Bambusa vulgaris* e com o adesivo Cascamite, se mostrou melhor desde que não seja submetido a grandes impactos e grandes esforços, enquanto que o BLC confeccionado com a espécie de *Dendrocalamus giganteus* e com o mesmo adesivo se mostrou melhor quando não submetido a desempenhar função estrutural. Ao analisar o BLC confeccionado com a utilização do Cascophen e a espécie de *Dendrocalamus giganteus*, o mesmo se mostrou indicado para a fabricação de objetos como mobiliário e cabos de ferramentas.

Marin *et al.* (2006) e Oliveira *et al.* (2006) pesquisaram sobre a influência de adesivos na resistência de emendas dentadas para a espécie de *Pinus Hondurensis* e *Eucalyptus grandis*, respectivamente. Para a realização dos dois estudos foram escolhidas cinco colas diferentes: Cascorez (PVA) resistente a umidade, Poliuretano a base de óleo de mamona, Wonderbond EPI WS 766-56, Melamina Uréia Formaldeído (MUF) e o Cascophen RS-216-M. As emendas foram do tipo dentada vertical. Após, feita a classificação visual e mecânica das peças cortadas das toras de *Pinus Hondurensis*, foram confeccionados 125 corpos-de-prova com emendas dentadas e 25 corpos-de-prova sem emenda, para efeito comparativo, enquanto que para o *Eucalyptus grandis* foram utilizados 250 corpos-de-prova, sendo realizados ensaios de tração paralela, seguindo a norma ASTM D 4688-99 para a análise dos modos de ruptura. Quanto ao ensaio para o *Pinus Hondurensis* concluíram que em relação a colagem houve maior incidência de ruptura do modo 1, que representa falha na colagem, quando utilizou-se a MUF (Melamina Uréia Formaldeído), sendo que também as lâminas coladas com este adesivo apresentaram baixa resistência à tração, indicando que o mesmo não é adequado para o tipo de madeira utilizado. A maior ocorrência de peças com ruptura nos modos 3 e 4, o que indica boas execuções das emendas dentadas, ocorreram com os adesivos Wonderbond, Cascophen e Cascorez. Quanto ao poliuretano à base de óleo de mamona, a diminuição dos valores de resistência à tração com o aumento do módulo de elasticidade indicou relação inversa

da eficiência do adesivo com a densidade da madeira. Em relação a madeira de *Eucalyptus grandis*, que em comparação com o Cascophen, a eficiência dos adesivos testados, variou numa faixa de 88% a 106%. Em relação à ruptura observou que em 52% dos corpos-de-prova essa ruptura se deu na região do adesivo, sendo que 23,20% com rupturas do tipo 1, 17,60% do tipo 2 e 11,20% do tipo 3, para os outros 48% dos corpos-de-prova tiveram rupturas na madeira, sendo 23,20% de rupturas do tipo 4, 15,20% do tipo 5 e 9,60% do tipo 6. Para ambos os estudos, observou-se que de modo geral os resultados indicaram um bom desempenho estrutural para os adesivos usados, sendo que o adesivo Wonderbond se destacou.

Follrich *et al* (2007), avaliaram a orientação da grã na intensidade da ligação adesiva para testes de cisalhamento em corpos de prova confeccionados com 3 camadas da madeira “spruce” da Noruega. Utilizaram 3 tipos de adesivos: um mono componente poliuretano, melanina formaldeído e resorcinol fenol formaldeído. A orientação da grã da camada do meio variou de 0° a 90° em incrementos de 10°. Era esperado um decréscimo no valor da intensidade da resistência ao cisalhamento, porém isso não foi obtido, mostrando, então, que não existe nenhuma dependência entre a orientação da grã e a intensidade de resistência ao cisalhamento. Quanto a adesão mostrou-se que em geral as amostras confeccionadas com Melanina formaldeído, apresentaram maior resistência ao cisalhamento em relação aos corpos de prova confeccionados com os outros dois tipos de cola.

Mori *et al.*(2008), ao estudarem a qualidade de juntas coladas para a madeira de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus camaldulensis*, utilizando dois adesivos comerciais de acetato de polivinila e resorcinol-formaldeído. As juntas foram preparadas e testadas, quanto ao cisalhamento de acordo com a Norma ASTM D- 905-49, onde foram confeccionadas cinco juntas de cada espécie de eucalipto e de cada adesivo, com dimensões aproximadas de 2 x 6,5 x 30 cm (espessura, largura e comprimento). Em seguida a partir de cada uma delas foram preparados 6 corpos-de-prova, dessa forma obtiveram 30 corpos-de-prova de cada adesivo e madeira. Os valores médios encontrados de resistência ao cisalhamento na linha de cola, foi de 7,6 MPa para o *Eucalyptus urophylla* utilizando acetato de polivinila como adesivo de 7,82 MPa quando utilizado adesivo resorcinol-formaldeído. Para o *Eucalyptus camaldulensis*

foram encontrados os valores de 8,2 MPa para o adesivo de acetado de polivinila e de 9,76 MPa para o adesivo de Resorcinol-formaldeído. Com estes dados concluíram que o *Eucalyptus camaldulensis* apresentou melhor colagem que o *Eucalyptus urophylla* com adesivo a base de resorcinol.

Petrauski *et al.* (2008) tiveram como objeto de estudo a ligação de juntas multilaminadas com três lâminas na sua composição, sendo que essas juntas multilaminadas foram produzidas com a madeira de *Pinus* sp. e coladas com adesivo Cascophen RS 216 M. Tais juntas foram executadas segundo três tratamentos diferentes: um tratamento testemunha no qual as juntas receberam adesivo em toda a região de ligação entre as lâminas das duas barras; um segundo tratamento com adesivo em área correspondente a 75% da região de ligação e finalmente um terceiro e último tratamento com adesivo em área correspondente a 50% da região de ligação. Observaram que, a variação média encontrada para a resistência das juntas multilaminadas coladas foi aproximadamente igual à variação imposta para as áreas coladas, sugerindo proporcionalidade do desempenho mecânico em relação à área colada, também, as deformações observadas para as juntas como um todo indicou uma influência positiva das áreas coladas, e em relação à densidade das madeiras houve certa correlação entre a mesma e desempenho das juntas coladas.

## 2.4 Qualidade Superficial da Madeira

A indústria moveleira brasileira tem perdido espaço no mercado externo por não enfatizar a importância da usinagem na qualidade superficial da madeira. Dessa forma, é limitada a possibilidade de fabricar produtos de boa qualidade. Uma alternativa para medir parâmetros tal como a textura de superfícies é adaptar ao setor madeireiro, equipamentos modernos empregados em outros setores industriais.

### 2.4.1 Critérios para avaliar a rugosidade

Consta na NBR 6405 (ABNT 1988), que apresenta critérios para a avaliação de qualquer material, uma série de conceitos e padrões importantes na condução de medições de rugosidade superficial, como descritos a seguir:

Comprimento de amostragem,  $l_e$  (“Cut-off”): chama-se  $l_e$  de comprimento de amostragem. Como o perfil efetivo apresenta rugosidade e ondulação, o  $l_e$  filtra a ondulação. É recomendado pela norma ISO que os rugosímetros devam medir 5 comprimentos de amostragem ( $l_m$ : comprimento de medição) e devem indicar o valor médio. A Figura 2.3 apresenta os comprimentos considerados para avaliação da rugosidade.

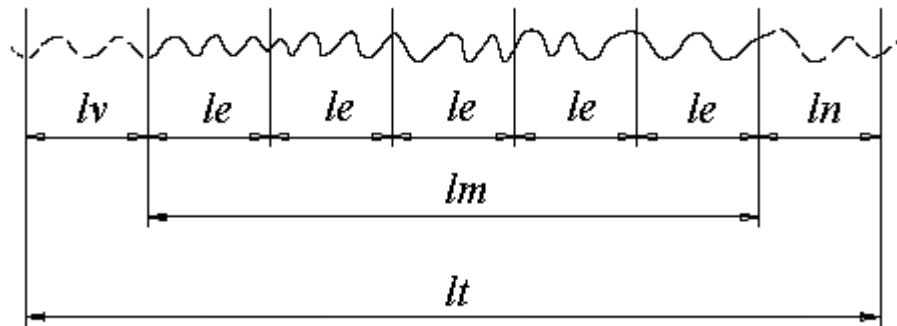


Figura 2.3 – Comprimentos para a avaliação de rugosidade (ABNT - NBR 6405/1988).

$l_m$ : comprimento do percurso de medição - extensão do trecho útil do perfil de rugosidade utilizado diretamente na avaliação, projetado sobre a linha média;

$l_t$ : comprimento total de medição;

$l_v$ : comprimento para atingir a velocidade de medição;

$l_n$ : comprimento para parada do apalpador - extensão da primeira e última parte do trecho apalpado não utilizado na avaliação, com a finalidade de permitir o amortecimento das oscilações mecânicas e elétricas do sistema e ajuste de centro do perfil de rugosidade.

Na medição da rugosidade, são recomendados valores para o comprimento da amostragem, conforme Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Tabela de comprimento da amostragem (“CUT OFF”) (ABNT - NBR 6405/1988).

Rugosidade $RA$ ( $\mu m$ )	Mínimo comprimento de amostragem $Le$ (“CUT OFF”) (mm)
De 0 até 0,1	0,25
Maior que 0,1 até 2,0	0,8
Maior que 2,0 até 10,0	2,5
<b>Maior que 10,0</b>	<b>8</b>

Sistemas de medição da rugosidade superficial: são usados dois sistemas básicos de medida: o da linha média M e o da envolvente. O sistema da linha média é o mais utilizado. Alguns países adotam ambos os sistemas. No Brasil, pelas Normas ABNT NBR 6405/1988 e NBR 8404/1984, são adotados o sistema M. Linha média é a linha paralela à direção geral do perfil, no comprimento da amostragem, de tal modo que a soma das áreas superiores, compreendidas entre ela e o perfil efetivo, seja igual à soma das áreas inferiores, no comprimento da amostragem ( $le$ ).

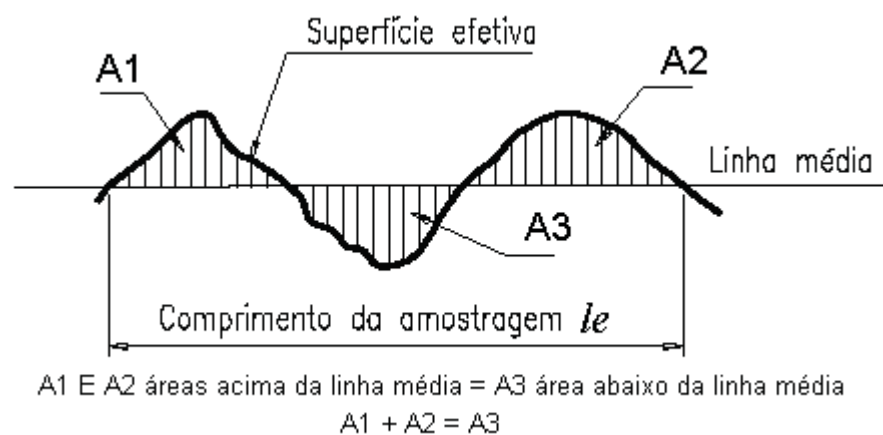


Figura 2.4 - Linha média e áreas mínimas superiores e inferiores.

#### 2.4.2 Parâmetros de rugosidade superficial

Considerando-se a dificuldade em se realizar uma caracterização tridimensional, a rugosidade é avaliada segundo as propriedades de um perfil bidimensional, (JOUANEH, 1989). Essas duas dimensões, fisicamente representadas pela frequência e pela amplitude, são fundamentais para medição da rugosidade superficial (PETERS; CUMMING, 1970). Uma classificação geral dos parâmetros de medição de rugosidade pode ser feita como apresenta “*FORM Talysurf Series Operator's Handbook*” (1985), dividindo-os em três grupos:

Parâmetros de amplitude: são medições dos deslocamentos verticais do perfil;

Parâmetros de espaçamento: são medições de espaçamentos irregulares ao longo da superfície, independente da amplitude dessas irregularidades;

Parâmetros híbridos: relacionado tanto com a amplitude como o espaçamento das irregularidades superficiais.



Utilizando-se das técnicas de medição disponíveis, os dados de rugosidade superficial são obtidos, e em seguida interpretados de acordo com o parâmetro de avaliação adotado.

Arencibia (2009), em seu trabalho, “Tolerâncias Geométricas”, apresenta uma atualização na especificação de termos, definições e parâmetros para a determinação do estado da superfície, bem como, regras para seleção do comprimento de onda (“*CUT OFF*”), especificações geométricas do produto (GPS), método do perfil e calibração de instrumentos de medição por contato, com base nas normas: NBR ISO 4288 de Novembro de 2008; NBR ISO 4287 de Setembro de 2002 e NBR ISO 12179 de Agosto de 2002. A seguir são apresentados os parâmetros mais utilizados.

Ra - Rugosidade média: parâmetro mais utilizado. Matematicamente é a média aritmética dos valores absolutos das ordenadas de afastamento ( $y_i$ ), dos pontos do perfil de rugosidade em relação à linha média, dentro do percurso de medição ( $l_m$ ). Essa grandeza pode corresponder à altura de um retângulo, cuja área é igual à soma absoluta das áreas delimitadas pelo perfil de rugosidade e pela linha média, tendo por comprimento o percurso de medição ( $l_m$ ). Este parâmetro de avaliação da rugosidade superficial (Figura 2.5) está representado na Equação (2.1).

$$Ra = \frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} |y(x)| dx \quad (2.1)$$

onde  $y(x)$  é a função das ordenadas de afastamento.

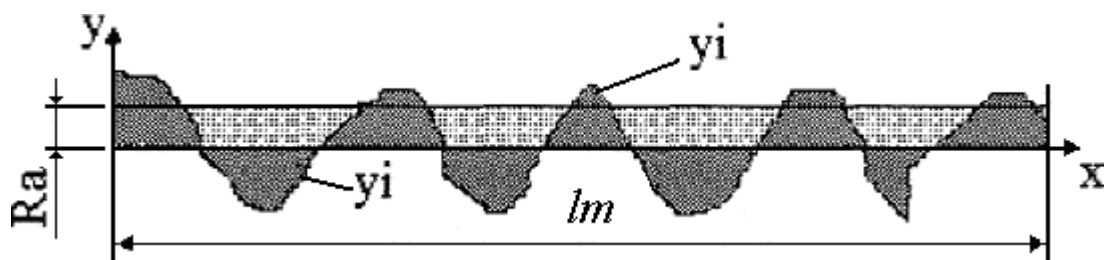


Figura 2.5 - Rugosidade média Ra;  $y_i$  é o valor de um pico ou vale (ABNT NBR 6405/1988).

Rq – Média quadrática: raiz quadrada da média dos valores das ordenadas  $Y(x)$ , no comprimento da amostragem.

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{l_m} \int_0^{l_m} |y^2(x)| dx} \quad (2.2)$$

Se a forma do perfil for senoidal,  $Rq$  é aproximadamente  $1,11Ra$ , independente dos parâmetros da senóide.

Instrumentos antigos mediam por essa relação mas, na realidade, os perfis práticos são muito distantes da senóide e, portanto, a aproximação resultava em erros grosseiros. Instrumentos atuais fazem o cálculo por digitalização.

A média quadrática  $Rq$ , na prática, é usada apenas para superfícies de sistemas ópticos, por ter uma melhor relação com qualidade ótica dos materiais.

$Rv$  – Profundidade máxima do vale do perfil: parâmetro que toma como referência a linha média do perfil e analisa o vale mais profundo em relação a mesma no comprimento de amostragem ( $le$ ), como é mostrado na Figura 2.6.

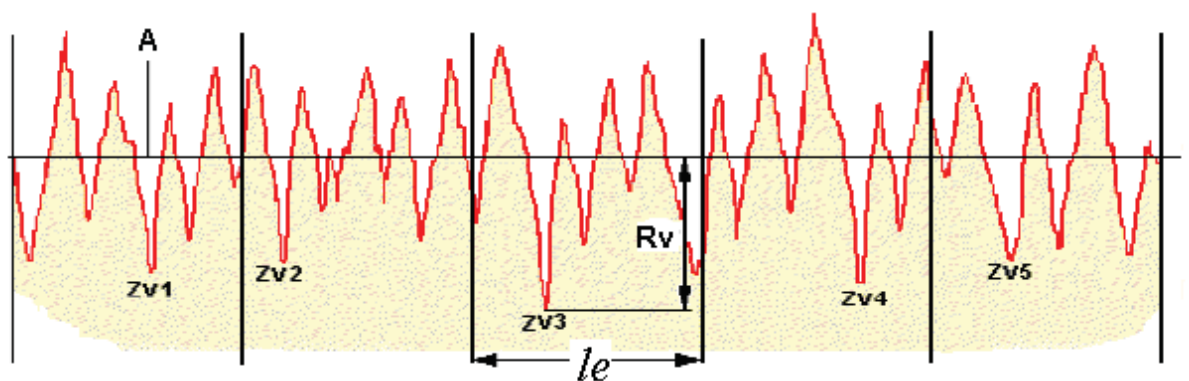


Figura 2.6 – Rugosidade  $Rv$ .

Onde:  $A$  = linha média e,  $le$  = comprimento da amostragem.

Seu emprego está em superfícies que precisam ter características de retenção de fluido.

$Rp$  - Altura máxima do pico do perfil: parâmetro relacionado ao maior pico da análise em relação a linha média no comprimento de amostragem ( $le$ ).

Seu emprego é similar ao parâmetro  $Rt$  e os resultados das medições são mais estáveis (Figura 2.7).

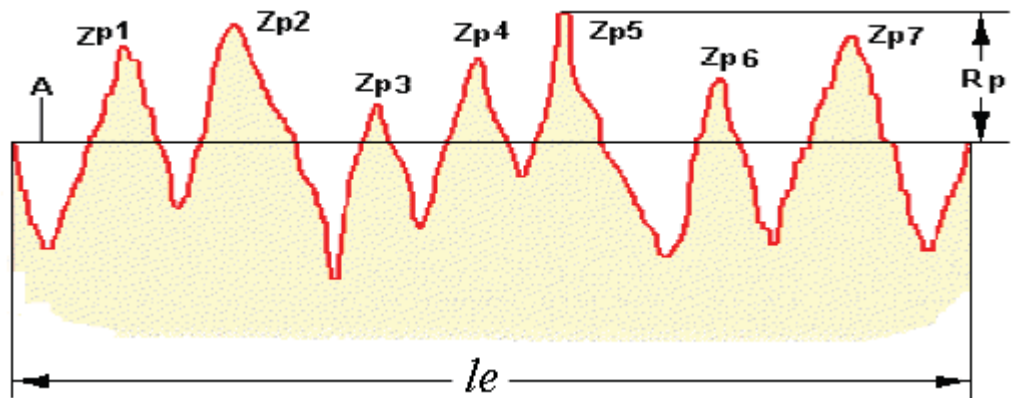


Figura 2.7 – Rugosidade  $R_p$ .

$R_t$  – Altura total do perfil: parâmetro que define a altura máxima de um pico a um vale no percurso de medição ( $l_m$ ), ou seja, a amplitude máxima entre o pico mais alto e o vale mais profundo no comprimento de avaliação.

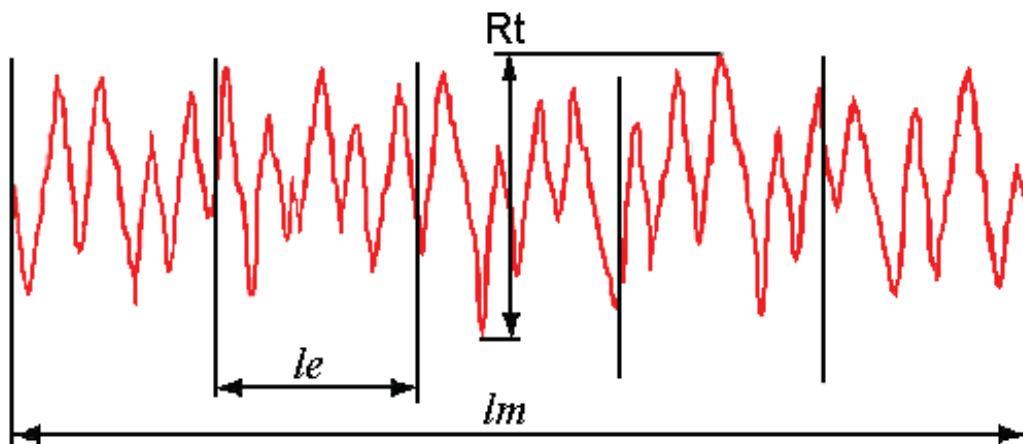


Figura 2.8 – Rugosidade  $R_t$ .

O emprego do parâmetro  $R_t$  depende do tipo da superfície a ser analisada, por exemplo, em superfícies que serão sedes de retentores, não é conveniente a presença de grandes amplitudes entre picos e vales.

$R_z$  – Profundidade média: também conhecido com  $R_{tm}$  (Figura 2.9) é distância vertical entre o pico mais alto e o mais profundo vale dentro do comprimento de amostragem. É a média aritmética dos  $R_{zi}$  em amostragens consecutivas, ou seja, é a soma dos valores absolutos das ordenadas dos pontos de maior afastamento, acima e abaixo da linha média existentes no comprimento de amostragem.

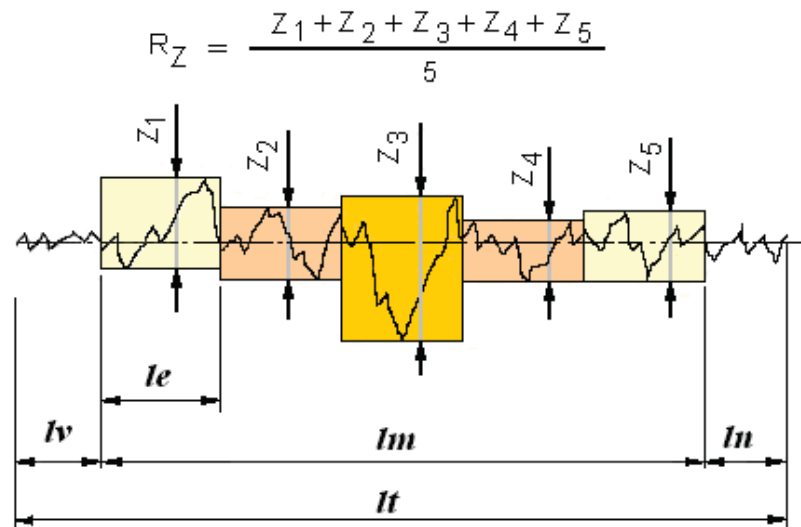


Figura 2.9— Rugosidade de profundidade média  $R_z$ .

### 2.4.3 Rugosidade

Dependendo do tipo de superfície e do material avaliado, a definição da qualidade superficial pode ter um significado diferente, conforme o comprimento de amostragem. Maldonado (1998) define, geometricamente, seis ordens de irregularidades de forma e de estado de uma superfície usinada, conforme descrito a seguir. A Figura 2.10 apresenta quatro dessas ordens.

- 1<sup>a</sup> ordem: diferenças de forma e de posição que indicam uma zona de tolerância em relação a um referencial específico;
- 2<sup>a</sup> ordem: caracteriza as ondulações de um perfil, de caráter periódico devido às vibrações de baixas frequências da peça ou da ferramenta;
- 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordens: a rugosidade em si, regular ou de alta frequência, decorrente do avanço, da geometria e qualidade de afiação da ferramenta, e do material;
- 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> ordens: dependem da estrutura físico-química, além do domínio da metrologia.

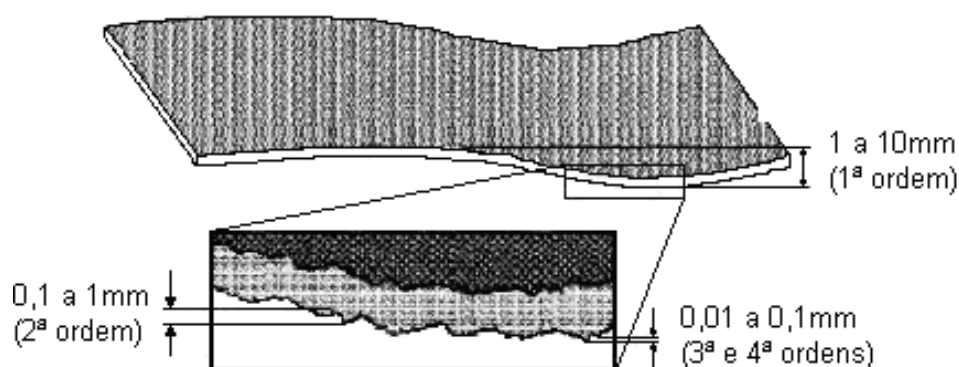


Figura 2.10 - Níveis de irregularidades superficiais para produtos à base de madeira, adaptado de Maldonado (1998).

Para a avaliação desses níveis de irregularidades, existem inúmeras técnicas de medição, tais como: apalpamento mecânico, técnicas óticas paramétricas (perfilometria e interferometria) e não paramétricas (dispersão de luz), microscopia, emissão acústica, ultrassom, técnica pneumática e capacitância. No Quadro 2.5 é traçado um comparativo entre alguns métodos de medição (LEMASTER; BEALL, 1996).

Quadro 2.5 - Técnicas de medição de irregularidades superficiais aplicáveis a superfícies de materiais à base de madeira, Lemaster e Beall (1996).

<b>TÉCNICA</b>	<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
<b>Apalpamento mecânico ou “stylus”</b>	Alta resolução.	Baixa velocidade, método de contato, análise bidimensional, pode usinar a superfície, insensível a fibras individuais e expostas.
<b>Pneumático</b>	Sensível à fibras individuais, análise tri-dimensional.	Sensível à porosidade, método de contato, não fornece o perfil real
<b>Emissão acústica</b>	Análise tri-dimensional, sensível às fibras, alta velocidade.	Método de contato, não fornece o perfil real.
<b>Óptica</b>	Alta velocidade, sem contato, alta resolução	Análise bi-dimensional, (linha estreita da amostra), insensível a fibras individuais expostas.

A rugosidade superficial de um material, segundo Lemaster e Beall (1996), pode ser função da sua própria natureza, do processo de manufatura aplicado ao material, ou uma combinação dos dois. As características do processamento que afetam a textura

superficial são: a imprecisão da máquina-ferramenta, as condições da ferramenta, a vibração da ferramenta ou da peça-obra e a geometria de corte.

Em sua dissertação de mestrado, Castro (2000) estudou a usinabilidade de chapas MDF, analisando o desempenho de corte em relação à qualidade da superfície usinada, a fim de se verificar a influência dos parâmetros estudados para operação de acabamento. Neste trabalho, o autor verificou a influência da espessura de corte, velocidade de avanço e sentido de corte, em operação de fresamento cilíndrico periférico, sobre a rugosidade superficial da borda das chapas MDF. Uma fresadora vertical (tupia moldureira) com rotações nominais de 4000 e 6000 rpm foi utilizada para gerar as superfícies, cuja rugosidade superficial foi medida por um perfilômetro de apalpamento modelo “*Form Talysurf Series*” 120L, equipado com uma unidade transversal a laser e de uma ponta apalpadora de diamante, de forma cone-esférica, com raio de ponta de 2  $\mu\text{m}$ . Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizadas 2 chapas de MDF, com dimensões de 2800x1800x15 mm com densidade média, à base seca, de 688  $\text{kg/m}^3$  e densidade à base úmida média de 748  $\text{kg/m}^3$ , as quais foram seccionadas em uma serra circular esquadrejadeira para a obtenção de 48 peças de 1400 x 60 mm, aplainadas posteriormente. Com duas laterais úteis em cada peça, foram obtidas 96 bordas. Os parâmetros de corte empregados foram: velocidades de avanço 2,90; 4,10; 5,80; 8,20; 10,90; 15,15; 21,80 e 30,30 m/min; sentidos de corte: discordante e concordante; e profundidades de corte 1, 3 e 5 mm. Para se evitar influências do desgaste de ferramenta sobre as superfícies geradas, foram realizadas afiações programadas da aresta de corte a cada 8 superfícies medidas. Os parâmetros de rugosidade coletados e analisados foram:  $R_a$  (rugosidade média);  $R_q$  (média quadrática);  $R_p$  (maior pico);  $R_v$  (maior vale);  $S$  (distância entre picos) e  $R_z$ -ISO (média de 5 picos e vales). Os testes preliminares evidenciaram a necessidade da realização de medições ao longo de duas posições estabelecidas na espessura das chapas, já que o MDF possui um gradiente de densidade ao longo da espessura. As posições de medição adotadas foram centrais e periféricas, localizadas a 7,7 e 2,0 mm da face da amostra. A partir da análise dos resultados obtidos, o autor identificou a influência de cada parâmetro de corte empregado. Paralelamente à análise dos resultados numéricos, todas as superfícies geradas das amostras foram visualizadas e

analisadas. As superfícies usinadas com valores a partir de  $f_z \cong 5$  mm mostraram a ocorrência de destacamentos de blocos de fibras, ocasionando o aumento considerável da rugosidade superficial. Este fenômeno pôde ser verificado por meio das imagens dos corpos-de-prova em questão, ou por meio de imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) de uma superfície correspondente. Como resultados, Castro relata:

- A diferença da densidade ao longo da espessura do painel de MDF (camadas periférica e central) influencia na rugosidade superficial. As imagens, obtidas por meio de MEV, mostraram a diferença da textura superficial nas diferentes camadas da espessura do painel de MDF. O teor mais elevado de resina, contido na camada periférica, foi facilmente visualizado a partir da presença de "placas" de resina, diferente das traqueídes devidamente cortados na camada central.
- Analisando o comportamento das curvas dos gráficos gerados, o autor concluiu que, a rugosidade superficial aumenta com o acréscimo da profundidade de corte e do avanço por dente.
- Com relação ao sentido de corte, ao contrário do que ocorre na usinagem da madeira, onde a rugosidade é menor no corte concordante devido ao deslizamento da aresta de corte na superfície usinada antes de atingir o final do corte. Na superfície usinada do MDF, a rugosidade superficial entre os dois sentidos de corte é muito próxima, com uma tendência de ser maior para o corte concordante. No entanto, a rugosidade superficial passa a ser nitidamente maior para o sentido discordante para avanços por dente a partir de aproximadamente 5 mm, para rotação de 4320 rpm ( $V_f = 21,6$  m/min).

Utilizando a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus citriodora*, Tibúrcio et al. (2006) e Tibúrcio (2009) avaliaram o acabamento superficial na usinagem das mesmas em processos de torneamento e lixamento, a fim de dar a estas espécies uma qualificação melhor para a aplicação das mesmas na produção de bens duráveis e também mediram o consumo de potência no processo de torneamento, a fim de analisarem o desempenho de usinagem nessas peças. No estudo de acabamento superficial, Tibúrcio et al. (2006) variaram a velocidade de avanço das máquinas e a

granulometria das lixas, percebeu-se que para a espécie de *Eucalyptus citriodora* o jogo de lixas reutilizadas de granulometria 80 a 120 apresentou os melhores resultados para as três velocidades de avanços utilizadas, enquanto que para a espécie de *Eucalyptus grandis* o resultado foi o mesmo, desde que o conjunto de lixas usadas de mesma granulometria fossem novas. Em relação à rugosidade, observou-se que, na média, uma velocidade menor de avanço produziu uma melhor rugosidade da peça.

Follrich *et al* (2010) estudaram o efeito da usinagem na rugosidade da superfície e na intensidade da ligação adesiva na junção final da grã em corpos de prova confeccionados com a madeira de “spruce”. As superfícies foram cortadas em 2 serras circulares diferentes contendo 48 e 96 dentes, e processadas com nivelamento através de micrótomo, aplainamento e lixamento, além de usarem duas diferentes quantidades de adesivos para colar as peças. Analisando a intensidade de resistência à tração dos corpos colados, observaram um acréscimo dessa resistência com a rugosidade na superfície, que foi atribuído à ampliação da área de adesão, devido à área áspera obtida através do contato com a serra no momento da usinagem. Efeitos positivos foram observados em relação à intensidade da resistência à tração com o acréscimo da quantidade de adesivo utilizado. Verificaram, também, que a usinagem afetou as traqueídes do lenho juvenil, enquanto que a rugosidade superficial dos traqueídeos de lenho tardio foi comparada com diferentes acabamentos finais.



### 3 METODOLOGIA

Nesse capítulo apresentam-se a origem da madeira utilizada, a preparação dos corpos de prova para ensaios de caracterização, os adesivos empregados na confecção das juntas dos corpos de prova e os métodos desenvolvidos para a realização dos experimentos.

Os corpos de prova confeccionados para a presente pesquisa foram preparados para composições com linha de cola em diferentes planos em relação aos anéis de crescimento da madeira. Tais composições de planos resultaram nos seguintes conjuntos de superfícies coladas: R-R; R-T; T-T e RT-RT. Estes corpos de prova foram submetidos a ensaios normatizados pela Norma ABNT - NBR 7190, para testes de resistência à ruptura na lâmina de cola por esforços de cisalhamento e por tração normal, empregando-se dois adesivos disponíveis no mercado, produzidos por diferentes empresas, ambos à base de PVA. O primeiro, denominado neste estudo por C1, se apresenta com características de certa resistência à umidade e, o segundo denominado por C2, se apresenta simplesmente como adesivo para madeira para uso sem submissão à umidade.

Destacado no objetivo da pesquisa, as peças de madeira, previamente selecionadas em função do plano de colagem, foram submetidas ao processo de usinagem de fresamento, para geração de diferentes acabamentos superficiais em operação realizada numa máquina denominada por “Tupia Moldureira”, qual seja; uma fresadora de único eixo posicionado na vertical e mesa horizontal com guia de apoio para alimentação automática, conforme ilustrado na figura 3.9.

#### 3.1 Origem da Madeira para Experimentação

As peças de madeira, objeto da experimentação, foram adquiridas em uma serraria no município de Bauru – SP (Empresa: Faidiga Madeiras), no formato de pranchas de 50,0 mm de espessura, larguras de 100,0; 150,0; 200,0 e 250,0 mm e comprimentos de 1200,0; 1500,0 e 1800,0 mm, a qual forneceu aproximadamente 5,0 m<sup>3</sup> de cada espécie, identificadas pelo fornecedor, Senhor Flávio Faidiga, como sendo das espécies *Eucalyptus saligna*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus grandis*. Estando o

material no estado de umidade úmido, com teores de umidade à base úmida acima de 30%, obtido pela medição por amostragem do lote de madeira. Tais pranchas (Figura 3.1) foram submetidas à pré-secagem pelo método de ventilação forçada ao ar em condições de temperatura ambiente, como ilustrado nas figuras 3.2 e 3.3, até que se atingissem teores de umidade próximos a 20%.



Figura 3.1- Detalhe das pilhas de madeira serrada após recebimento.



Figura 3.2 - Vista geral do equipamento: módulo de secagem por ventilação forçada.



Figura 3.3- Detalhe das pilhas de madeira serrada sendo introduzidas no secador.

Após pré-secagem das pranchas, estas foram submetidas a aplainamento em ambas as faces e, posteriormente, ao corte longitudinal para geração de peças na forma de sarrafos empregando-se a máquina serra circular multilâminas de cabeçote único e eixo inferior, ilustrada na Figura 3.4.



Figura 3.4 - Serra circular multilâminas, empregada para geração de peças na forma de sarrafos.

Após seccionamento das pranchas em sarrafos, estes foram submetidos ao processo de aplainamento em plainas, desengrossadeira e desempenadeira, definindo-se uma seção transversal das peças de 42,0 x 42,0 mm, com superfícies isentas de irregularidades quanto ao empenamento. Com o novo formato retangular, as novas peças foram seccionadas no comprimento em serra circular destopadeira para padronização dos comprimentos em 1200,0; 1500,0 e 1800,0 mm, a fim de possibilitar uma melhor identificação visual na seção transversal, dos planos radial e tangencial da madeira em relação aos anéis de crescimento das peças, facilitando assim a seleção dessas para confecção de corpos de prova para a experimentação.

As peças de madeira, depois de aplainadas, foram, novamente, submetidas, na forma de pilhas entabecadas (camadas espaçadas por tabiques), ao processo de secagem por ventilação, até atingir teor de umidade próximo da faixa de umidade de equilíbrio, referido ao peso úmido, qual seja  $12\% \pm 4\%$ , medida e controlada pelo instrumento de medição do teor de umidade ilustrado na Figura 3.5.



Figura 3.5 - Detalhe de medição de umidade em peça de madeira após secagem por ventilação forçada.

Para a confecção dos corpos de prova, objeto do presente estudo, a serem submetidos a ensaios de tração normal e cisalhamento para determinação da resistência mecânica de juntas coladas, foram selecionadas peças do lote de madeira indicada pelo fornecedor com sendo da espécie *Eucalyptus saligna*, classificando-as em função da disposição dos anéis de crescimento em sua seção transversal.

Em função da dificuldade de se efetuar uma identificação das peças com grau de confiança adequado, a amostragem de madeira utilizada para confecção dos corpos de prova são do gênero *Eucalyptus* sp.. Toda amostragem foi submetida à caracterização das propriedades físicas segundo a norma NBR 7190/1990, através da medição de densidade aparente e teor de umidade de todos os corpos de prova, das quais registrou-se os seguintes valores mínimos e máximos: densidade de  $0,87 \text{ g/cm}^3$  a  $1,02 \text{ g/cm}^3$  e, teor de umidade de 9,3% a 14,3%.

Cabe ressaltar neste item, que a madeira adquirida para a pesquisa, teve origem de toras que apresentavam diâmetro próximo ou acima de 0,6 metros, identificados no pátio da serraria. Estas toras apresentavam na seção transversal do topo uma alta concentração de anéis de crescimento por polegada, medido na direção radial das toras.

### 3.2 Preparação das Amostras para Ensaios

Foram selecionadas 150 peças de madeira serrada, com dimensões de 42,0 mm x 42,0 mm x 1200,0 mm para posterior marcação das peças e preparação dos corpos de prova, conforme ilustrado na Figura 3.6.



Figura 3.6 – Ilustração do início de marcação das peças para confecção de amostras coladas.

Devido à seleção aleatória das peças de diversas partes do tronco, simulando assim, o que acontece nas empresas de processamento da madeira, obteve-se que os anéis de crescimento ficaram orientados de diversas maneiras na seção transversal das peças. A partir deste arranjo, as peças foram classificadas e agrupadas em três grupos. Nesses grupos, tinham-se peças, cujos anéis de crescimento estavam orientados, preferencialmente, nos planos radial (designados pela letra R), tangencial (designados pela letra T) e num plano composto com disposição na diagonal (designados pelas letras R/T).

A Figura 3.7 mostra a classificação das peças separadas em três grupos, segundo o plano de colagem das mesmas quanto à orientação dos anéis de crescimento. Para cada grupo foram separadas 50 peças.

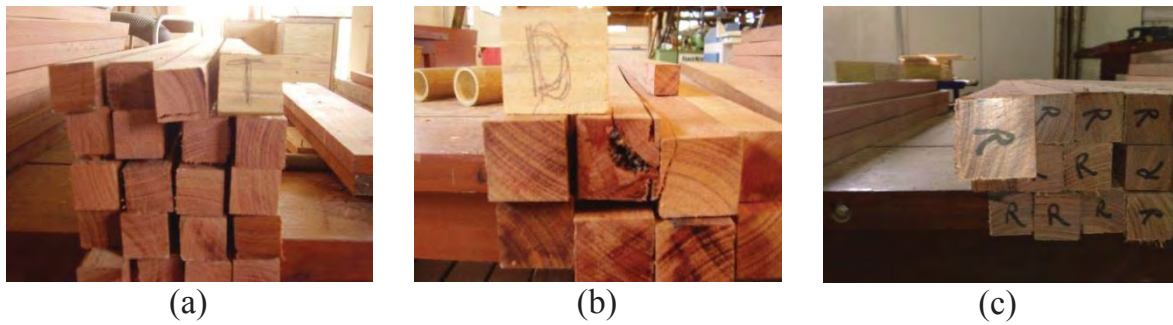


Figura 3.7 - Classificação das peças segundo os planos de colagem: (a) plano tangencial “T”, (b) plano diagonal ‘R/T’ e (c) plano radial “R”.

Selecionadas as peças, a mesmas foram aplainadas nas máquinas de aplainamento de superfícies, quais sejam; plaina desempenadeira (Figura 3.8a) e plaina desengrossadeira (Figura 3.8b), para que as imperfeições de planicidade das peças fossem removidas, devido a empenamentos oriundos da pré-secagem dos sarrafos e/ou da secagem natural posterior, a fim de proporcionar a regularização das peças com secção transversal de 35,0 mm x 35,0 mm x 1200,0 mm, para posterior colagem.



(a)



(b)

Figura 3.8 - Ilustração das máquinas de usinagem: (a) plaina desempenadeira e (b) plaina desengrossadeira.

Após aplainamento, para regularização das superfícies e padronização das dimensões das peças, estas foram submetidas ao processo de fresamento de uma das faces previamente selecionada e marcada, realizado em uma fresadora de eixo vertical, denominada por “tupia moldureira”, conforme ilustrado na Figura 3.9. Nesta Tupia, cada grupo de peças (“R”, “T” e “R/T”) foi separado em subgrupos e cada um deles foi submetido à usinagem cilíndrica tangencial com fresa, regulada para 2,0 mm de profundidade de corte e, diferentes velocidades de avanço durante a usinagem de

aplainamento da superfície previamente escolhida, em função de recomendações usuais na indústria de beneficiamento da madeira, sendo estas velocidades de avanço nominais de: 6,0 m/min; 11,0 m/min; e 15 m/min, proporcionadas pela regulagem do sistema de transmissão do alimentador de avanço, correspondendo, respectivamente aos seguintes avanços por dente “fz” da ferramenta de corte: 0,86 mm; 1,57 mm e 2,14 mm. Finalizado esta operação de usinagem, as peças resultaram nas dimensões de 35,0 mm x 33,0 mm x 1200,0 mm.



Figura 3.9 - Ilustração da “Tupia Moldureira” equipada com alimentador de avanço, utilizada na geração das superfícies de colagem das peças, para posterior produção dos corpos de prova.

Tomando-se as peças duas a duas, conforme a superfície definida em relação ao plano transversal das peças, em relação aos anéis de crescimento (“R”, “T” e “R/T”), as mesmas foram então coladas em quatro diferentes composições, sendo estas: “R-R”; “R-T”; “T-T” e “R/T-R/T”. Para a realização da colagem, foi empregada a seguinte metodologia: marcação no centro das peças e cada porção marcada com as letras C1 e C2, que identificaram as colas aplicadas. As colas utilizadas foram: C1 – denominada comercialmente por Cola Wonderband, com aplicação de 4,0 gramas em metade da área de união das peças e C2 - denominada comercialmente por Cola Cascorez / Cola Taco, com aplicação de 15,0 gramas na outra metade da área de união dos sarrafos. Ambas as concentrações por área, usadas conforme recomendações dos respectivos

fabricantes, para colagem de madeira a frio. As aplicações dos adesivos foram feitas com seringas nas dosagens especificadas e, posteriormente distribuídas em toda área por pincel (figuras: 3.10a, 3.10b, 3.10c e 3.10d). Após a aplicação das colas, as peças foram juntadas nas faces correspondentes e prensadas por cerca de 5 horas por grampos do tipo rosca e apoios, popularmente denominado por “sargento”, com emprego de três grampos por conjunto de peças, com aplicação de torque de 16,0 N.m em cada grampo com uso de torquímetro, como recomendado pelos fabricantes dos adesivos para pressão de prensagem a frio (Figura 3.11).

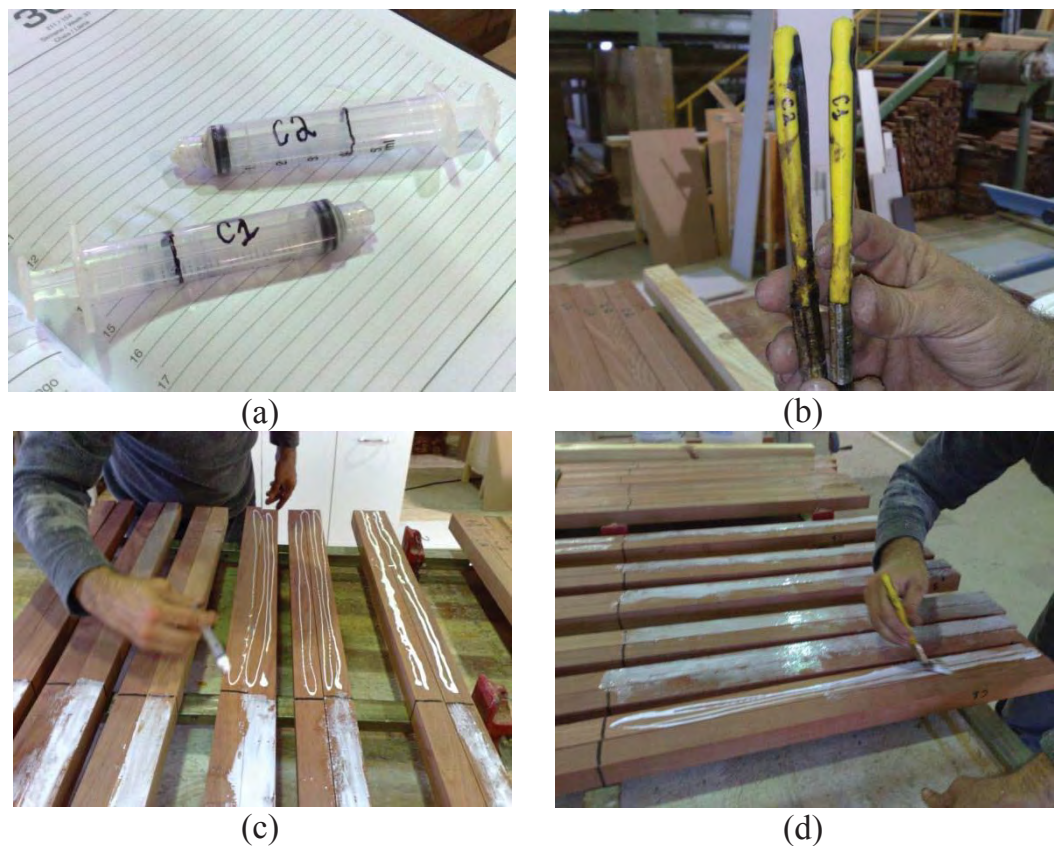


Figura 3.10 – Ilustração do procedimento de colagem de sarrafos para preparação das amostras: (a) seringas marcadas com o código da respectiva cola, (b) pincéis usados devidamente marcados, (c) aplicação do adesivo com seringa, (d) distribuição do adesivo na área de colagem.





Figura 3.11 – Ilustração da prensagem dos pares de peças por grampos de rosca.

Retiradas às peças coladas da prensa, as mesmas foram serradas na marcação feita anteriormente e removidos 10 mm em sua parte central, para que na confecção dos corpos de prova não houvesse a incerteza da presença de um único adesivo a ser testado. Os corpos de prova foram marcados, conforme Figura 3.12 e seccionados em serra circular para diferentes submissões, conforme numerações: (1) ensaio de cisalhamento da madeira, (2) ensaio de tração normal da madeira, (3) ensaio de cisalhamento na linha de cola, (4) ensaio de tração normal na linha de cola e (5) Cps testemunha.

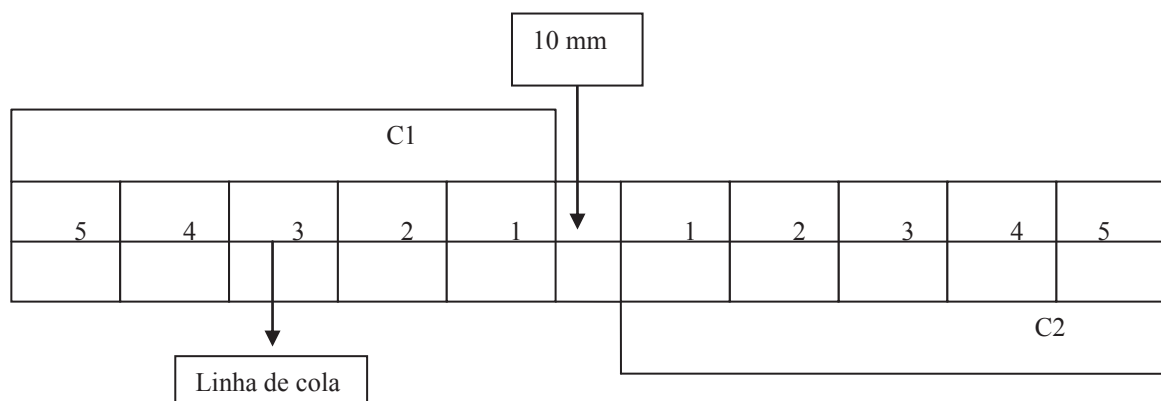


Figura 3.11 – Esquema de obtenção dos corpos de prova dos conjuntos de peças.

Conforme ilustrado na Figura 3.12, foram obtidos corpos de prova na composição de duas peças de madeira, com disposição dos anéis de crescimento nas composições “R-R”; “R-T”; “T-T” e “R/T-R/T”, além daquelas empregadas na preparação de corpos de prova para testes de resistência da própria madeira, nos planos

“R”; “T” e “R/T”, para testes de resistência à ruptura ao cisalhamento e à tração normal, segundo norma NBR 7190/1997.

A Figura 3.13, ilustra as quatro composições de planos de linha de cola em relação à disposição dos anéis de crescimento. Quais sejam da esquerda para a direita, as seguintes: radial-tangencial (R/T) com radial-tangencial (R/T) = “R/T-R/T”; radial (R) com radial (R) = “R-R”; tangencial (T) com tangencial (T) = “T-T” e; radial (R) com tangencial (T) = “R-T”.

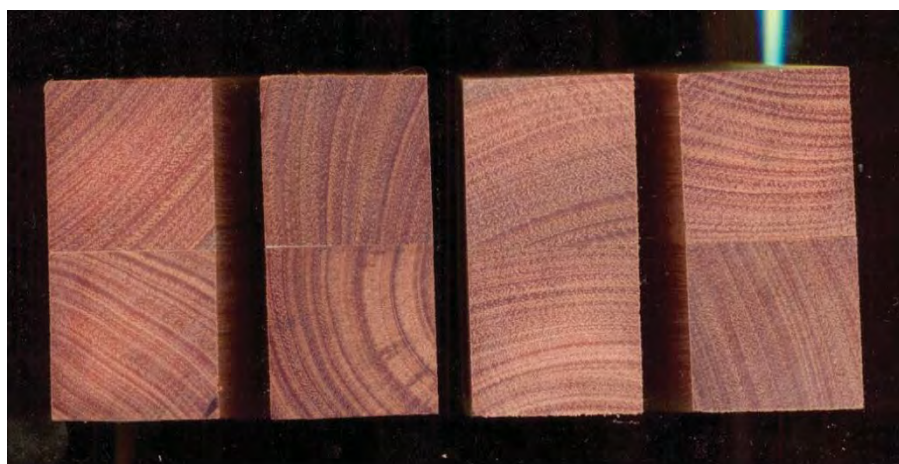


Figura 3.13 – Ilustração de vistas transversais de corpos de prova compostos em linhas de cola de diferentes planos em relação à disposição dos anéis de crescimento.

Em relação à quantidade de corpos de prova confeccionados para experimentação, foram produzidos 648 CPs para submissão a testes, sendo 324 para o ensaio de cisalhamento e 324 para o ensaio de tração normal em relação às fibras.

A totalização do número de corpos de prova é aqui descrita como: doze unidades por ensaio de caracterização de resistência na linha de cola (recomendação para caracterização completa da norma NBR 7190/1997); quatro combinações na composição de planos de corte (“R-R”; “R-T”; “T-T” e “R/T-R/T”); três velocidades de avanço que geraram superfícies com os avanços por dente “fz” de 0,86 mm; 1,57 mm e 2,14 mm; dois adesivos testados e dois tipos de ensaio. Além de setenta e duas amostras para caracterização de resistência nos planos da própria madeira (12 amostras X 2 ensaios X 3 planos: “R”; “T” e “R/T”). Totalizando (12 amostras X 4 planos X 3 velocidades de avanço X 2 adesivos X 2 tipos de ensaio) + 72 = 648 CPs.

### 3.3 Adesivos Empregados na Confecção das Juntas

Para colagem na junção das partes das amostras de madeira, foram adotadas duas colas de acetato de polivinila (PVA), sendo estes, o adesivo especificado como “WONDERBOND 2555”, à base de PVA, fabricado pela empresa “HEXION”, que discrimina em suas especificações: apresenta resistência moderada a umidade, boa aderência a baixas temperaturas e flexibilidade do filme de adesivo quando seco (definido nesta metodologia como Cola 1 – “C1”) e o adesivo “Cascorez - Cola Taco” à base de PVA, da empresa “HENKEL”, com fórmula desde 1997, conforme “PORTAL BRASIL FATOR, 2011”, facilmente encontrada em estabelecimentos comerciais e que apresenta uma tempo de cura muito rápido, segundo indicações de uso do fabricante (definido nesta metodologia como Cola 2 – “C2”).

Foram realizadas medidas, para o cálculo da viscosidade das duas colas. Para este cálculo utilizou-se a lei de Stokes dada pela Equação (3.1):

$$\mu = 2gr^2 \left( \frac{\rho_{esfera} - \rho_{cola}}{9v} \right) \quad (3.1)$$

Onde:  $g$  = aceleração da gravidade;  $r^2$  = raio da esfera;  $\rho_{esfera}$  = densidade da esfera;  $\rho_{cola}$  = densidade da cola;  $v$  = velocidade da esfera.

A Tabela 3.1, apresenta os valores médios medidos para o cálculo de viscosidade.

Tabela 3.1 - Valores médios das grandezas para o cálculo da viscosidade das colas.

<b>Grandezas</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>
Raio da Esfera (m)	0,009	0,009
Densidade da Esfera (kg/m <sup>3</sup> )	7790,687	7783,177
Densidade do Fluido (kg/m <sup>3</sup> )	1101,333	1229,333
Volume de Cola (ml)	150,0	150,0
Velocidade da esfera (m/s)	0,043	0,008
Viscosidade (Pa.s)	26,085	147,781

Quanto às indicações de uso dos adesivos para colagem de madeiras, destacam-se as seguintes:

O adesivo fabricado pela empresa HEXION “WONDERBOND 2555” à base de PVA (cola C1), especifica a gramatura de aplicação de seu produto em 160 a 200 g/m<sup>2</sup>, para montagem de painéis em prensa “FRIA” de madeiras com densidade acima de 0,75 g/cm<sup>3</sup>, indicando ainda, aplicar pressão de 13 a 20 kg/cm<sup>2</sup> por 3 a 4 horas e tempo de cura mínimo de 24 horas após prensagem. A empresa HENKEL fabricante do adesivo “Cascorez - Cola Taco” à base de PVA (cola C2), especifica a gramatura de aplicação de seu produto 1.000 a 1.200 g/m<sup>2</sup>. Dessa forma, as quantidades recomendadas pelos fabricantes manteve a relação de proporcionalidade observada na medição das viscosidades, qual seja:  $C1=C2/6$ .

### 3.4 Ensaios de Resistência Mecânica

Para os ensaios de caracterização quanto à resistência mecânica das juntas coladas em madeira de *Eucalyptus* sp., bem como em planos diferenciados do mesmo material, empregou-se uma máquina de ensaio universal computadorizada, marca “EMIC”, modelo DL30000, com capacidade para realizar ensaios mecânicos para uma carga de até 30 toneladas, disponível no laboratório de Propriedades dos Materiais do Campus da UNESP de Itapeva, conforme ilustrado na Figura 3.14.



Figura 3.14 – Vista geral da máquina de ensaios universal de caracterização mecânica de materiais.

### 3.4.1 Ensaio de resistência ao cisalhamento

A Figura 3.15 apresenta amostras de madeira confeccionadas para submissão a ensaio de resistência ao cisalhamento.

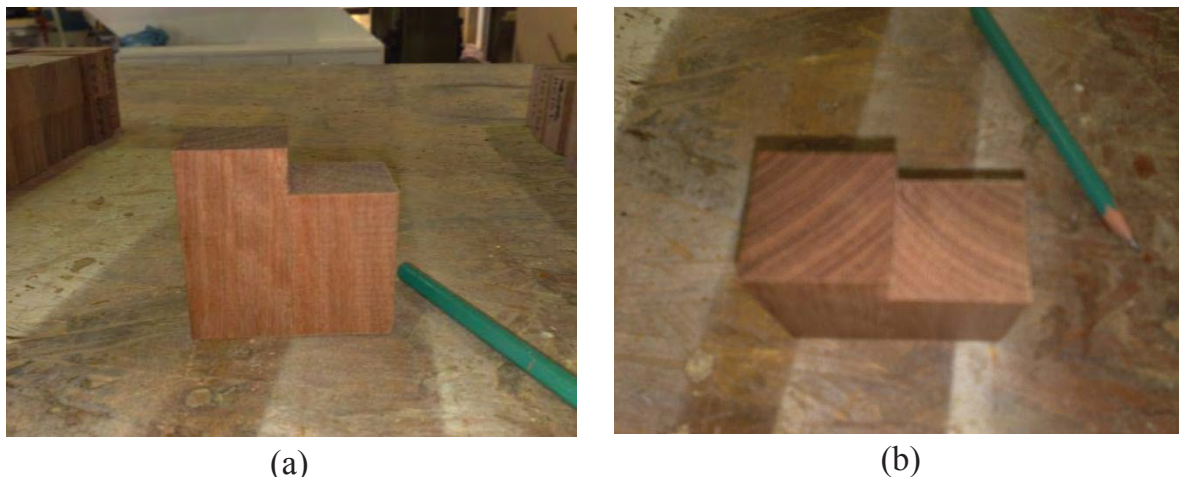


Figura 3.15 – Ilustração de corpos de prova preparados para submissão a ensaio de cisalhamento. (a) vista lateral e (b) vista de topo.

Dos 324 corpos de prova para ensaios de resistência ao cisalhamento na linha de cola ou em planos da própria madeira, estas foram identificadas da seguinte maneira:

- 1) Quanto ao plano de corte, “P”, em relação aos anéis de crescimento:
  - R/T – Plano radial-tangencial com plano radial-tangencial (misto);
  - RT – Plano radial com plano tangencial;
  - RR – Plano radial com plano radial;
  - TT – Plano tangencial com plano tangencial;
  - Mad – Madeira.
- 2) Quanto à velocidade de avanço, “V<sub>f</sub>”, na preparação das superfícies:
  - V6 – Velocidade de avanço de 6,0 m/min;
  - V11 – Velocidade de avanço de 11,0 m/min;
  - V15 – Velocidade de avanço de 15,0 m/min.
- 3) Quanto ao tipo de adesivo/cola, “C”, empregada na junta das peças:
  - C1 – Cola Wonderbond 2555;
  - C2 – Cola Cascorez – Cola Taco.

Numeração/ Identificação das Peças: P -  $V_f$  - C - n° da amostra.

Como exemplo tomou-se a amostra R/TV6C1, formada por peças coladas na combinação de plano radial-tangencial com plano radial-tangencial, em superfícies preparadas quando usinadas com velocidade de avanço das peças em 6,0 m/min, cujas superfícies foram coladas com a cola do tipo 1, ou seja, a Cola Wonderbond 2555 e amostra n° 1.

Após confecção dos corpos de prova, estes foram medidos com paquímetro digital de resolução de centésimo de milímetro, em três pontos de todas as dimensões em espessura, largura e comprimento, para posterior cálculo de área e determinação da densidade aparente de cada corpo de prova.

A Figura 3.16 apresenta os corpos de prova preparados para submissão ao ensaio de cisalhamento, devidamente identificados. Verifica-se que foram atribuídos cores aos códigos de identificação, a fim de promover uma boa distinção entre eles para facilitar a visualização dos mesmos durante a realização dos ensaios.



(a)



(b)

Figura 3.16 – Ilustração dos corpos de prova identificados para ensaios de cisalhamento: (a) vista geral de um CP e, (b) vista de um conjunto de CPs.

A Figura 3.17 mostra um corpo de prova, quando submetido ao ensaio de caracterização mecânica de resistência ao cisalhamento na linha de colagem. A Figura 3.17a mostra o sistema de prensagem com o CP preparado para o carregamento, a Figura 3.17b ilustra o sistema com o CP já rompido e a Figura 3.17c mostra as superfícies cisalhadas do CP.

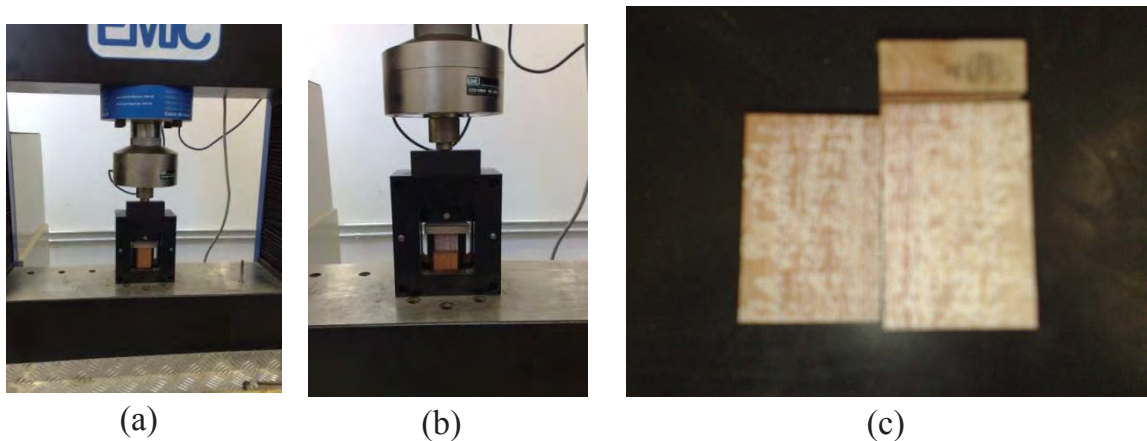


Figura 3.17 – Ensaio de cisalhamento: (a) CP sendo ensaiado, (b) situação após ensaio e, (c) superfícies de linha de cola submetidas à ruptura por cisalhamento.

### 3.4.2 Ensaio de resistência à tração normal

Dos 324 corpos de prova preparados para ensaios de resistência à tração normal na linha de cola ou em planos da própria madeira, estes foram identificados de maneira similar às apresentadas para os ensaios de cisalhamento.

A Figura 3.18 ilustra um corpo de prova para submissão ao ensaio de resistência à ruptura na linha de cola para o ensaio de tração normal.

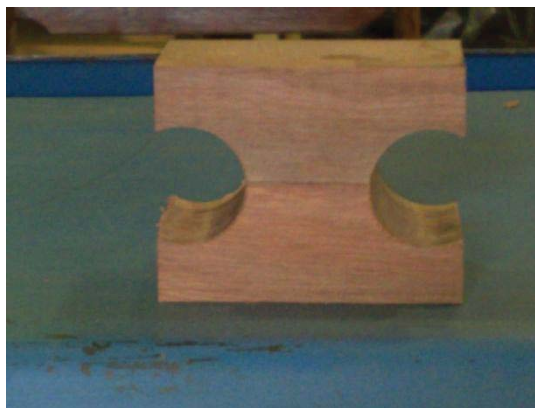


Figura 3.18 – Ilustração de um corpo de prova preparado para submissão ao ensaio de tração normal.

A Figura 3.19 apresenta os corpos de prova preparados para o ensaio de tração normal, devidamente identificados. Tal como nos ensaios de cisalhamento, foram atribuídas cores aos códigos de identificação, a fim de promover uma boa distinção entre eles, para facilitar a visualização dos mesmos durante a realização dos ensaios.

A Figura 3.19a ilustra a marcação da distância entre os furos da amostra (dimensão de largura da área de submissão). A Figura 3.19b destaca a identificação dos corpos de prova.



Figura 3.19 – Corpos de prova preparados para o ensaio de tração normal. (a) detalhe da dimensão de largura  $e$ , (b) identificação dos corpos de prova.

A Figura 3.20 mostra três situações: (a) corpo de prova quando tracionado, (b) situação do ensaio após ruptura e (c) partes de um CP rompido após o ensaio.

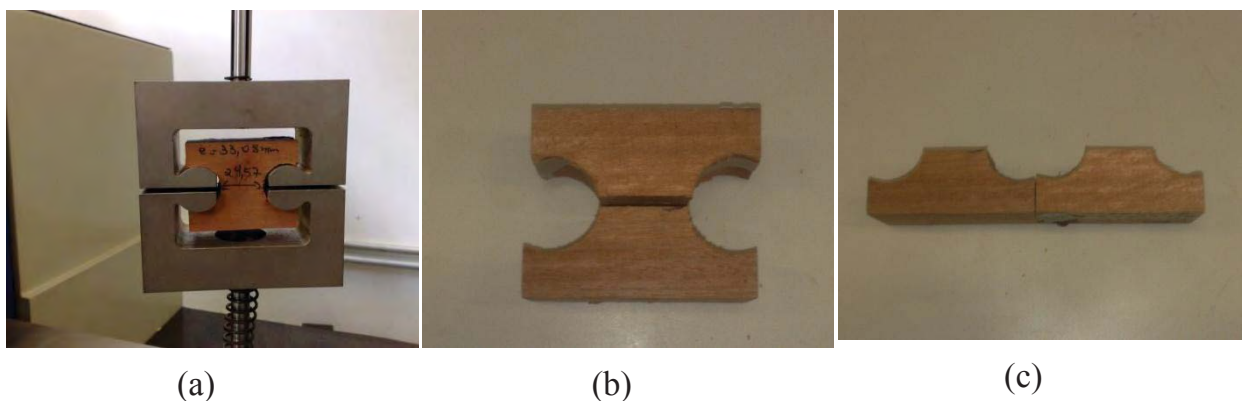


Figura 3.20 – Situações registradas no ensaio de tração normal: (a) CP quando tracionado, (b) CP rompido na linha de cola, (c) partes de um CP rompido.

### 3.5 Medição da Rugosidade das Superfícies Usinadas

Todas as superfícies das peças usinadas foram submetidas à medição da rugosidade “Ra”, para as três velocidades de avanço adotadas, quando da geração das mesmas. Os valores obtidos nas medições são apresentados no Item 4.3 do presente trabalho.



O equipamento utilizado foi um rugosímetro eletromecânico marca Taylor Hobson, modelo SURTRONIC 25 (Figura 3.21), com ponta esférica de diamante com diâmetro 0,2 mm.

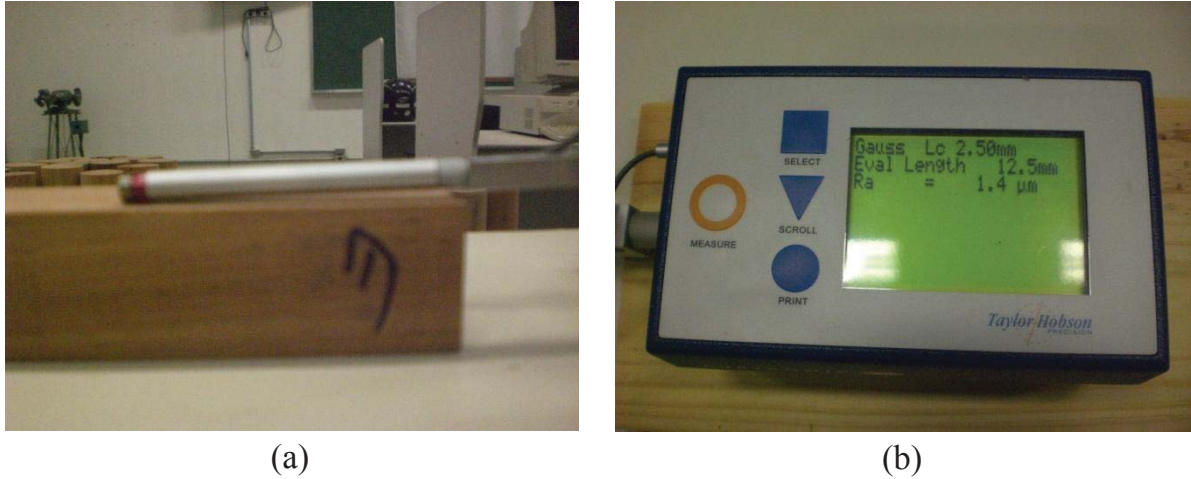


Figura 3.21 – Ilustração da medição da rugosidade nas superfícies usinadas para composição da linha de cola das corpos de prova. (a) detalhe da ação do apalpador, (b) detalhe de uma leitura de medição.

O parâmetro de rugosidade adotado foi a rugosidade média “Ra”, o comprimento de amostragem adotado foi de 2,5 mm (“*cut-off*”), segundo valor sugerido pela norma NBR 6405 (ABNT, 1988). O percurso de medição (lm) para “*cut-off*” 2,5 mm é de 12,5 mm, resultando na média de 5 valores adquiridos por medição. O “*range*” adotado no rugosímetro foi de 300 μm e o filtro adotado foi gaussiano. A medição da rugosidade superficial nas peças de eucalipto foi realizada na direção de corte, nos sentidos concordante (saída “S”) e discordante (entrada “E”).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados na forma de tabelas e gráficos, os resultados obtidos dos ensaios de caracterização de resistência mecânica dos corpos de prova, conforme descrito na metodologia para experimentação, seguido da análise e discussão dos resultados. Para melhor organização dos resultados em função do elevado número de variáveis propostas neste trabalho, optou-se por subdividir a apresentação dos mesmos, a fim de facilitar a análise, para na sequência agrupar as situações mais favoráveis e poder concluir sobre a influência de cada uma das variáveis analisadas em função do desempenho das juntas coladas. Assim, agrupou-se a análise dos parâmetros separadamente para os ensaios de cisalhamento e de tração normal (itens 4.1 e 4.2). Para cada um desses ensaios foi analisados a resistência da linha de cola em separado, em função do acabamento superficial gerados por três velocidades de avanço (itens 4.1.1 e 4.2.1) e dos planos de corte das juntas em relação aos anéis de crescimento (itens 4.1.2 e 4.2.2). Na sequência, é feita a análise da eficiência dos dois adesivos testados para cada tipo de ensaio de resistência (itens 4.1.3 e 4.2.3). No Item 4.3, apresenta-se os resultados dos valores de rugosidade medidos nas superfícies das peças de madeira de eucalipto, geradas para compor as linhas de colagem, anteriormente à preparação dos corpos de prova. Ainda, em relação às denominações da identificação dos corpos de prova apresentados nas tabelas e gráficos, seus significados são: R/T, RT, RR e TT representando os planos de corte preparados para as juntas coladas; C1 e C2, os tipos de adesivos; “fv0” e “ft90”, representam respectivamente, os valores médios da resistência ao cisalhamento e a tração normal em MPa.

### 4.1 Ensaios Mecânicos de Resistência ao Cisalhamento

#### 4.1.1 Resistência em função do acabamento das superfícies usinadas

Apresenta-se neste item a análise dos resultados de resistência da linha de cola dos corpos de prova, que foram submetidos a ensaios de ruptura por cisalhamento, em função do acabamento das superfícies de colagem. Como descrito na metodologia, os diferentes acabamentos foram originados por três velocidades de avanço ( $V_f$ ) testadas: 6,0 m/min (V6); 11,0 m/min (V11) e 15,0 m/min (V15), as quais proporcionaram a

geração das superfícies com os respectivos avanços por dente: 0,86 mm; 1,57 mm e 2,14 mm.

#### Ensaio realizado com adesivo “C1”

As tabelas 4.1 e 4.2 apresentam respectivamente, os valores médios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova (incluindo o desvio padrão e coeficiente de variação médio dos ensaios realizados) e, a classificação em ordem decrescente (de 1° a 4°) dos valores de resistência em relação aos planos de corte da composição das juntas, para superfícies coladas com o adesivo “C1”.

Tabela 4.1 - Valores médios da resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C1”.

<b>Ensaio Cisalhamento</b>	<b>fv0 (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Coef. Vari. (%)</b>
<b>R/T V6 C1</b>	7,952	2,136	26,86
<b>RT V6 C1</b>	7,559	1,280	16,93
<b>RR V6 C1</b>	14,74	1,156	7,85
<b>TT V6 C1</b>	11,95	4,931	41,27
<b>Média</b>	10,55	1,629	15,44
<b>R/T V11 C1</b>	12,18	1,048	8,60
<b>RT V11 C1</b>	12,91	1,583	12,26
<b>RR V11 C1</b>	12,41	1,329	10,71
<b>TT V11 C1</b>	13,87	2,158	15,56
<b>Média</b>	12,84	0,914	7,12
<b>R/T V15 C1</b>	10,06	1,483	14,75
<b>RT V15 C1</b>	10,16	2,143	21,09
<b>RR V15 C1</b>	10,10	1,475	14,61
<b>TT V15 C1</b>	13,05	1,812	13,88
<b>Média</b>	10,84	1,010	9,32
<b>R/T MAD</b>	16,41	2,067	12,60
<b>RR MAD</b>	14,78	2,334	15,79
<b>TT MAD</b>	14,44	4,280	29,64
<b>Média</b>	15,21	1,529	10,05

Tabela 4.2 – Classificação de valores de resistência em relação aos planos de corte com o adesivo “C1”.

<b>Velocidade de Avanço</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>4°</b>
<b>V6</b>	<b>RR</b>	<b>TT</b>	<b>R/T</b>	<b>RT</b>
<b>V11</b>	<b>TT</b>	<b>RT</b>	<b>RR</b>	<b>R/T</b>
<b>V15</b>	<b>TT</b>	<b>RT</b>	<b>RR</b>	<b>R/T</b>

A Figura 4.1 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos ensaios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova ensaiados com o adesivo C1, para as três velocidades de avanço testadas em diferentes planos de corte.

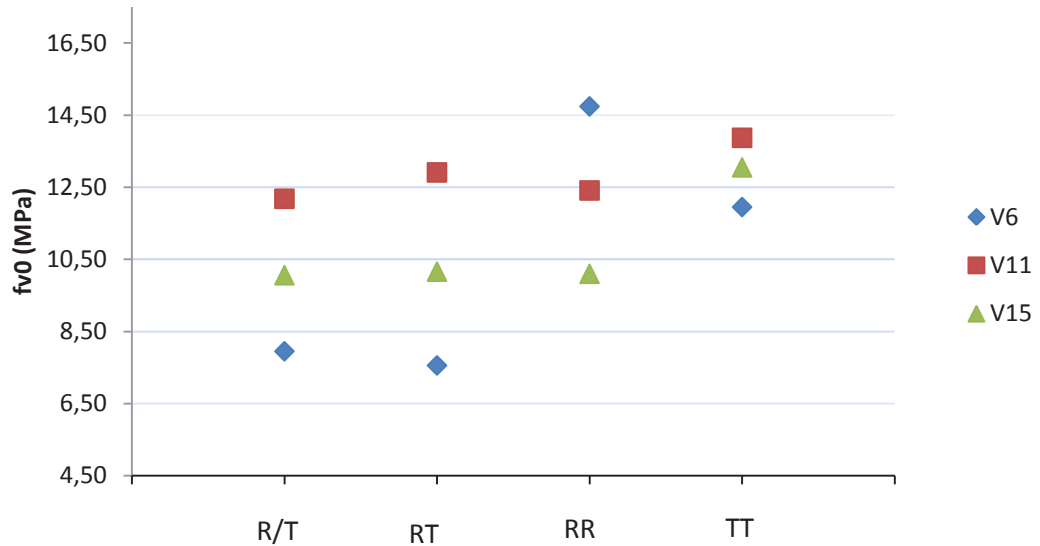


Figura 4.1- Representação gráfica dos resultados de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C1”.

Analisando-se a Tabela 4.1, bem como a Figura 4.1, observa-se que em relação aos planos de corte R/T, RT e TT, os maiores valores de “fv0” ocorreram para a velocidade de avanço de 11 m/min. Enquanto que, para o plano RR o melhor resultado deu-se para a velocidade de avanço de 6 m/min. Em relação ao valor da média de cada velocidade, verifica-se que o melhor resultado ocorreu para as peças usinadas com velocidade de avanço de 11 m/min.

A Tabela 4.2 demonstra claramente que existe uma correlação entre as composições de plano de corte e os valores de resistência ao cisalhamento na lâmina de cola dos corpos de prova, se considerar os maiores avanços por dente dado pelas velocidades V11 e V15.

Considerando-se apenas os valores da média para cada velocidade testada, tem-se que: a velocidade V11 apresentou resultado 21,71% superior a V6; 18,45% superior a V15 e; de 84,42% do valor médio de resistência a ruptura na lâmina de cola em relação a resistência da própria madeira.

### Ensaio realizado com adesivo “C2”

As tabelas 4.3 e 4.4 apresentam respectivamente, os valores médios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova (incluindo o desvio padrão e coeficiente de variação médio dos ensaios realizados) e, a classificação em ordem decrescente (de 1° a 4°) dos valores de resistência em relação aos planos de corte da composição das juntas, para superfícies coladas com o adesivo “C2”.

Tabela 4.3 - Valores médios da resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C2”.

<b>Ensaio Cisalhamento</b>	<b>fv0 (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão (MPa)</b>	<b>Coeficiente de Variação (%)</b>
<b>R/T V6 C2</b>	5,13	0,965	18,82
<b>RT V6 C2</b>	7,26	1,001	13,79
<b>RR V6 C2</b>	11,75	0,774	6,585
<b>TT V6 C2</b>	9,24	1,624	17,58
<b>Média</b>	8,34	0,656	7,870
<b>R/T V11 C2</b>	9.41	1,215	12,91
<b>RT V11 C2</b>	10.58	1,195	11,30
<b>RR V11 C2</b>	9.52	0,919	9,652
<b>TT V11 C2</b>	10.97	0,989	9,010
<b>Média</b>	10,12	0,628	6,201
<b>R/T V15 C2</b>	9.52	1,792	18,83
<b>RT V15 C2</b>	9.54	1,789	18,75
<b>RR V15 C2</b>	10.41	1,201	11,54
<b>TT V15 C2</b>	9.26	1,554	16,79
<b>Média</b>	9,68	0,925	9,56
<b>R/T MAD</b>	16.41	2,067	12,60
<b>RR MAD</b>	14.78	2,334	15,79
<b>TT MAD</b>	14.44	4,280	29,64
<b>Média</b>	15,21	1,529	10,05

Tabela 4.4 – Classificação de valores de resistência em relação aos planos de corte com o adesivo “C2”.

<b>Velocidade de Avanço</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>4°</b>
<b>V6</b>	<b>RR</b>	<b>TT</b>	<b>RT</b>	<b>R/T</b>
<b>V11</b>	<b>TT</b>	<b>RT</b>	<b>RR</b>	<b>R/T</b>
<b>V15</b>	<b>RR</b>	<b>RT</b>	<b>R/T</b>	<b>TT</b>

A Figura 4.2 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos ensaios de resistência quanto ao cisalhamento dos corpos de prova testados com o adesivo C2, para as três velocidades de avanço ensaiadas em diferentes planos de corte.

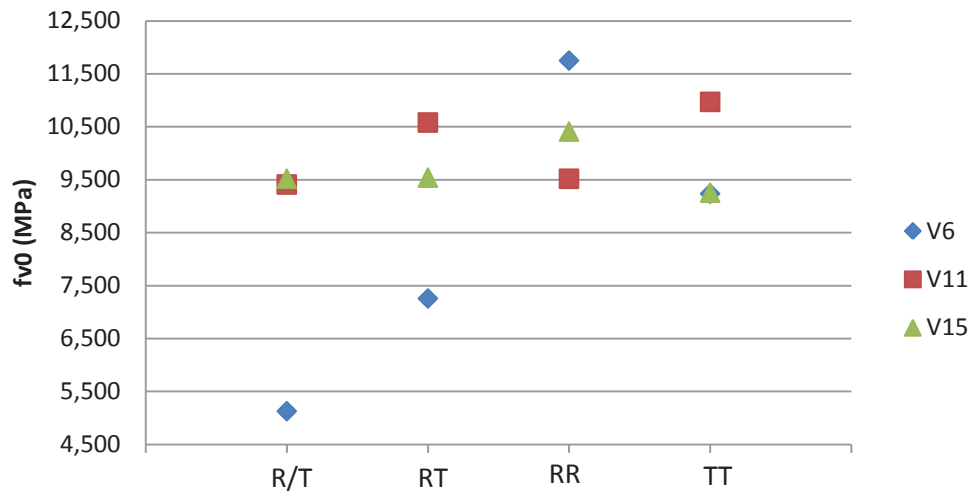


Figura 4.2- Representação gráfica dos resultados de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C2”.

Analisando-se a Tabela 4.3, bem como a Figura 4.2, observa-se que em relação aos planos de corte R/T, RT e TT, novamente apresentam os maiores valores de “ $f_{v0}$ ” para a velocidade de avanço de 11 m/min. Enquanto que, para o plano RR o melhor resultado, tal como para o adesivo C1, deu-se para a velocidade de avanço de 6 m/min. Da mesma forma que para as condições do adesivo C1, em relação ao valor da média de cada velocidade, verifica-se que o melhor resultado ocorreu para as peças usinadas com velocidade de avanço de 11 m/min.

A Tabela 4.4 demonstra não haver uma correlação entre as composições de plano de corte e os valores de resistência ao cisalhamento na lâmina de cola dos corpos de prova quando do uso da cola C2, para as três velocidades de avanço testadas.

Considerando-se apenas os valores da média para cada velocidade testada, tem-se que: a velocidade V11 apresentou resultado 21,34% superior a V6; 4,54% superior a V15 e, de 66,53% do valor médio de resistência à ruptura na lâmina de cola em relação à resistência da própria madeira.

#### 4.1.2 Resistência da linha de cola em função dos planos de corte

Apresenta-se neste item a análise dos resultados de resistência da linha de cola dos corpos de prova que foram submetidos a ensaios de ruptura por cisalhamento, em função dos diferentes planos de corte preparados para colagem: R/T, RT, RR e TT.

##### Ensaios realizados com adesivo “C1”

A Tabela 4.5 apresenta os valores médios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova (incluindo o desvio padrão e coeficiente de variação médio dos ensaios realizados) em relação aos planos de corte da composição das juntas, para superfícies coladas com o adesivo “C1”.

Tabela 4.5 - Valores médios da resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C1”, separados por plano de corte.

<b>Ensaio Cisalhamento</b>	<b>fv0 (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>Coef. Vari. (%)</b>
<b>R/T V6 C1</b>	7,95	2,136	26,86
<b>R/T V11 C1</b>	12,18	1,048	8,60
<b>R/T V15 C1</b>	10,06	1,483	14,75
<b>RT V6 C1</b>	7,559	1,280	16,93
<b>RT V11 C1</b>	12,91	1,583	12,26
<b>RT V15 C1</b>	10,16	2,143	21,09
<b>RR V6 C1</b>	14,74	1,156	7,846
<b>RR V11 C1</b>	12,41	1,329	10,71
<b>RR V15 C1</b>	10,10	1,475	14,61
<b>TT V6 C1</b>	11,95	4,931	41,27
<b>TT V11 C1</b>	13,87	2,158	15,56
<b>TT V15 C1</b>	13,05	1,812	13,88

A Figura 4.3 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos ensaios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova ensaiados com o adesivo C1, para os quatro planos de corte da composição das juntas nas três velocidades de avanço testadas.

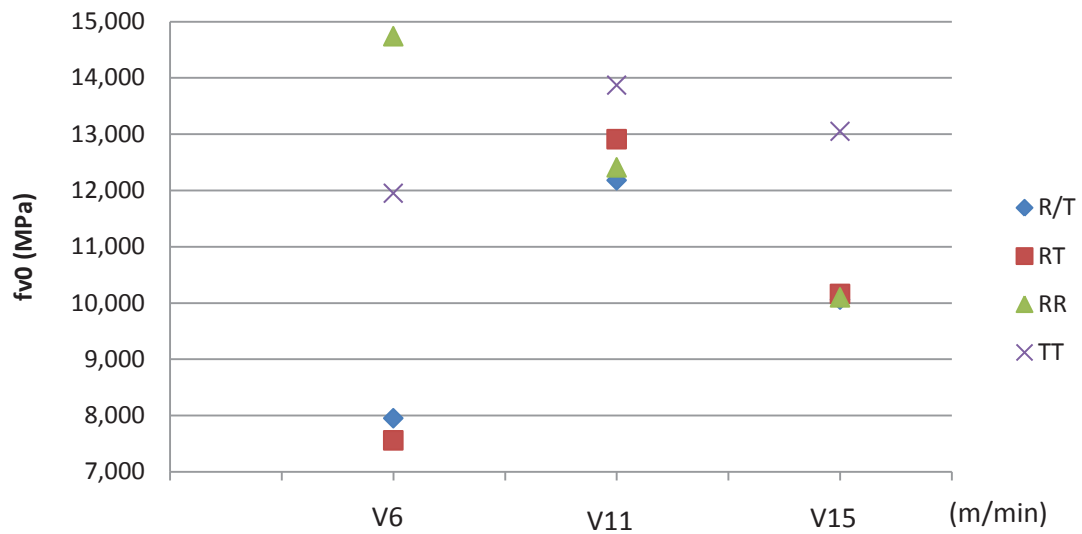


Figura 4.3 - Representação gráfica dos resultados de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C1”, separados por velocidade de avanço.

Observa-se da Tabela 4.5 e da Figura 4.3, que para os corpos de prova preparados para a composição de plano RR, o melhor resultado ocorreu para a velocidade de 6 m/min; 23,35% superior ao plano TT e, 95,00% superior aos demais planos. Os melhores resultados ocorreram na seguinte ordem decrescente em relação aos planos: TT, RT, RR e R/T, com a média dos valores 18,45% superior para a velocidade V11.

#### Ensaio realizado com adesivo “C2”

A Tabela 4.6 apresenta os valores médios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova (incluindo o desvio padrão e coeficiente de variação médio dos ensaios realizados) em relação aos planos de corte da composição das juntas, para superfícies coladas com o adesivo “C2”.



Tabela 4.6 - Valores médios da resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C2”, separados por plano de corte.

<b>Ensaio Cisalhamento</b>	<b>fv0 (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão (MPa)</b>	<b>Coefficiente de Variação (%)</b>
<b>R/T V6 C2</b>	5,13	0,965	18,82
<b>R/T V11 C2</b>	9,41	1,215	12,91
<b>R/T V15 C2</b>	9,52	1,792	18,83
<b>RT V6 C2</b>	7,26	1,001	13,79
<b>RT V11 C2</b>	10,58	1,195	11,30
<b>RT V15 C2</b>	9,54	1,789	18,75
<b>RR V6 C2</b>	11,75	0,774	6,59
<b>RR V11 C2</b>	9,52	0,919	9,65
<b>RR V15 C2</b>	10,41	1,201	11,54
<b>TT V6 C2</b>	9,24	1,624	17,58
<b>TT V11 C2</b>	10,97	0,989	9,01
<b>TT V15 C2</b>	9,255	1,554	16,79

A Figura 4.4 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos ensaios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova ensaiados com o adesivo C2, para os quatro planos de corte da composição das juntas nas três velocidades de avanço testadas.

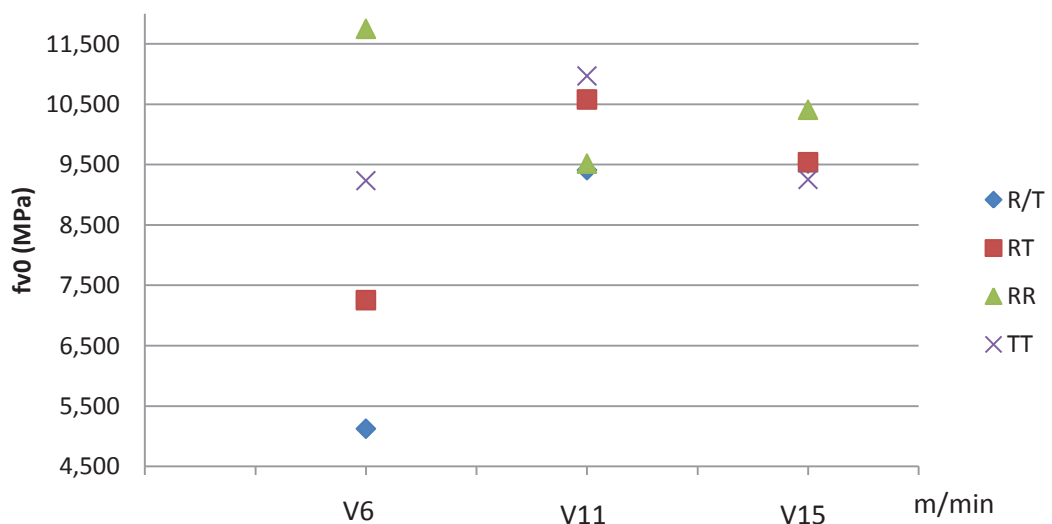


Figura 4.4 - Representação gráfica dos resultados de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C2”, separados por velocidade de avanço.

Observa-se da Tabela 4.6 e da Figura 4.4 que, tal como ocorreu para o adesivo “C1”, para os corpos de prova preparados com o adesivo “C2”, o melhor resultado para a velocidade de 6 m/min foi para a composição de plano RR; 27,16% superior ao

plano TT; 61,84% superior ao plano RT e, 129,00% superior ao plano R/T. Para as demais velocidades, os resultados apresentaram muito próximos em relação às quatro composições de planos, porem com valores médios superiores, destacando-se a velocidade V11, 4,54% superior à V15 e, 21,34% superior à V6.

#### 4.1.3 Análise da eficiência da linha de cola

Apresenta-se neste item a análise dos resultados de resistência da linha de cola dos corpos de prova que foram submetidos a ensaios de ruptura por cisalhamento, nos planos radial, tangencial e composto da madeira, ou, na linha de cola, para as quatro composições de planos, em função dos adesivos empregados “C1” e “C2”.

Para a presente apresentação foram empregados os resultados relacionados nas tabelas 4.1 e 4.3 e, daí gerados os gráficos de figuras 4.5 e 4.6. Por fim apresenta-se uma análise conjunta para os dois adesivos testados (Tabela 4.7 e Figura 4.7).

#### Ensaio realizado com adesivo “C1”

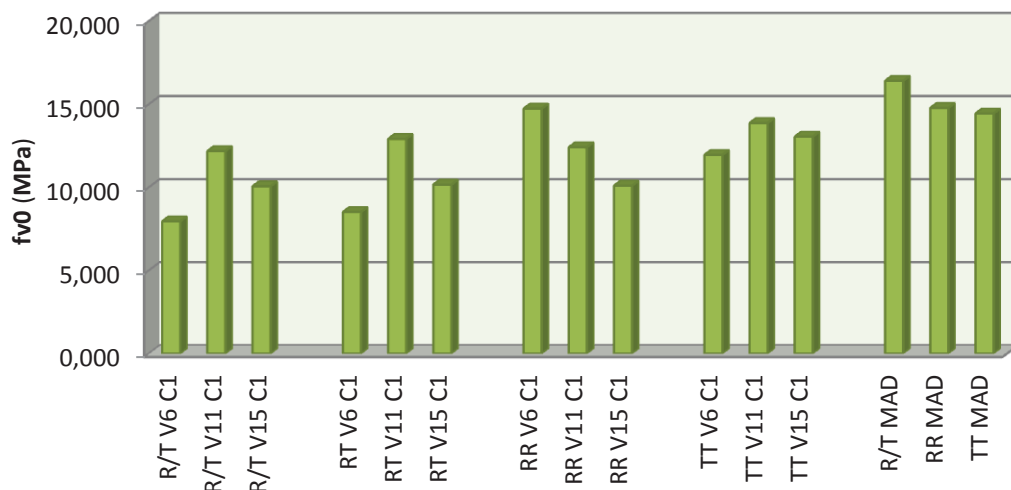


Figura 4.5 - Resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C1”.

Para os corpos de prova confeccionados com o adesivo C1, observou-se que o plano de corte RR e velocidade V6 apresentou o melhor resultado, com “fv0” muito próximo da resistência da própria madeira no mesmo plano (RR MAD). No entanto,

para as demais composições de planos, quanto pelo valor médio, a maior resistência deu-se para a velocidade V11, independentemente do plano de corte.

Considerando-se os planos R/T, RR e TT e, a média dos valores nesses planos, tem-se que a resistência na linha de cola foi de 61,30% para R/T, de 83,96% para RR e, de 89,75% para TT, em relação à média de resistência na própria madeira e mesmo plano.

#### Ensaio realizado com adesivo “C2”

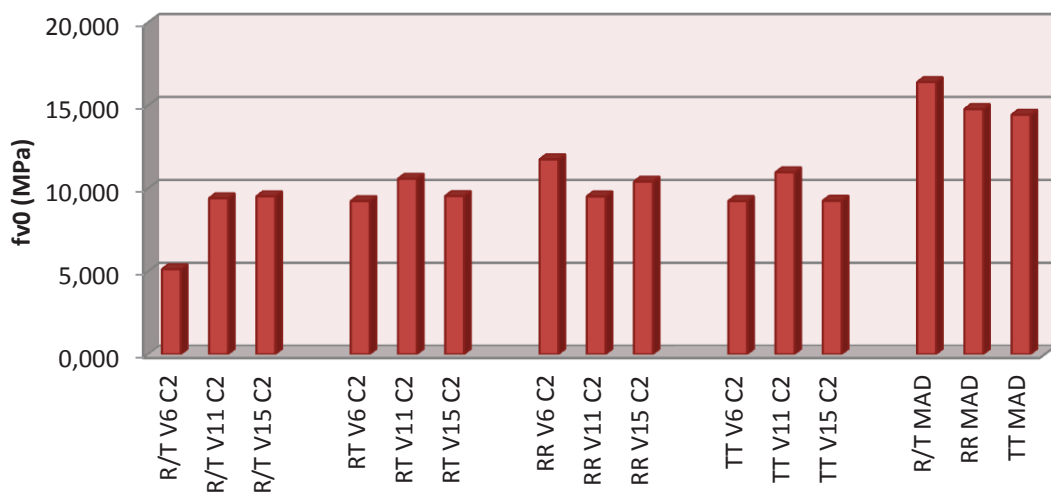


Figura 4.6 - Resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com o adesivo “C2”.

Para os corpos de prova confeccionados com o adesivo C2, observou-se que o plano de corte RR e velocidade V6 apresentou o melhor resultado, com “fv0” 79,50% da resistência da própria madeira no mesmo plano (RR MAD). No entanto, para as composições de planos RT e TT, quanto pelo valor médio, a maior resistência deu-se para a velocidade V11.

Considerando-se os planos R/T, RR e TT e, a média dos valores nesses planos, tem-se que a resistência na linha de cola foi de 48,87% para R/T, de 71,45% para RR e, de 68,00% para TT, em relação à média de resistência na própria madeira e mesmo plano.

Tabela 4.7 - Valores médios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com os adesivos “C1” e “C2”, para as diferentes velocidades de avanço e os diversos planos de corte.

<b>Ensaio Cisalhamento</b>	<b>fv0 (MPa) C1</b>	<b>fv0 (MPa) C2</b>	<b>C1 - C2 (MPa)</b>
<b>R/T V6</b>	7,952	5,128	2,824
<b>R/T V11</b>	12,18	9,410	2,770
<b>R/T V15</b>	10,06	9,520	0,540
<b>RT V6</b>	8,515	9,234	-0,719
<b>RT V11</b>	12,91	10,580	2,330
<b>RT V15</b>	10,16	9,540	0,620
<b>RR V6</b>	14,74	11,750	2,990
<b>RR V11</b>	12,41	9,518	2,892
<b>RR V15</b>	10,1	10,410	-0,310
<b>TT V6</b>	11,95	9,236	2,714
<b>TT V11</b>	13,87	10,970	2,900
<b>TT V15</b>	13,05	9,255	3,795

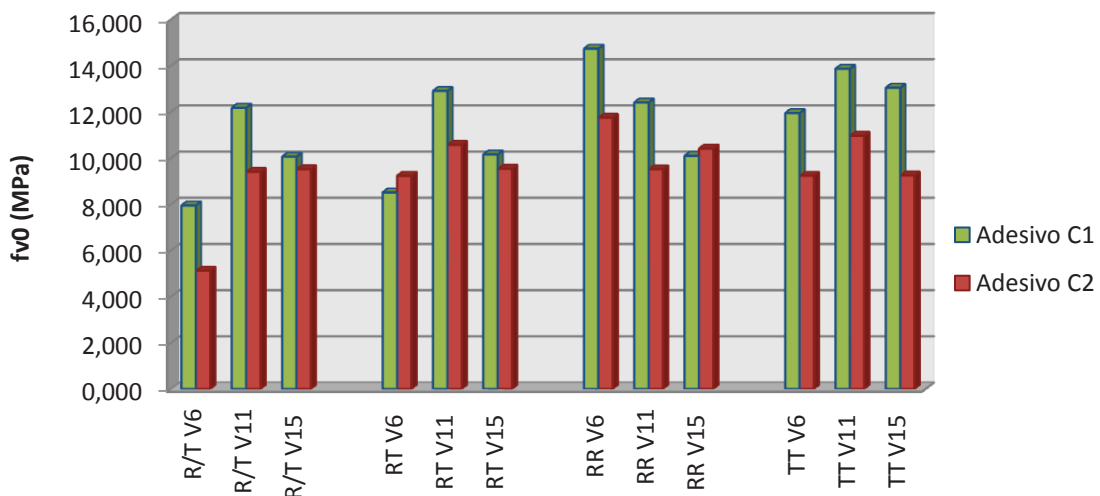


Figura 4.7 - Resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com os adesivos “C1” e “C2”, para as diferentes velocidades de avanço e os diversos planos de corte.

Da análise conjunta do desempenho dois adesivos através da Tabela 4.7 e da Figura 4.7, observa-se que para quase todos os ensaios, com respectivos adesivos, planos de corte e velocidades de acabamento; o melhor desempenho deu-se para a linha de cola com adesivo “C1”, sendo que para os ensaios RTV6 e RRV15 isso não ocorreu, com desempenho de “C2”, respectivamente; de 8,44% e 3,07% superiores a “C1”.

## 4.2 Ensaio Mecânicos de Resistência à Tração Normal

### 4.2.1 Resistência em função do acabamento das superfícies usinadas

Apresenta-se neste item a análise dos resultados de resistência da linha de cola dos corpos de prova que foram submetidos a ensaios de ruptura por tração normal, em função do acabamento das superfícies de colagem.

#### Ensaio realizados com adesivo “C1”

As tabelas 4.8 e 4.9 apresentam respectivamente, os valores médios de resistência à tração normal dos corpos de prova (incluindo o desvio padrão e coeficiente de variação médio dos ensaios realizados) e, a classificação em ordem decrescente (de 1° a 4°) dos valores de resistência em relação aos planos de corte da composição das juntas, para superfícies coladas com o adesivo “C1”.

Tabela 4.8 - Valores médios da resistência a tração normal dos corpos de prova com o adesivo “C1”.

<b>Ensaio Tração Normal</b>	<b>ft90 (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão (MPa)</b>	<b>Coefficiente de Variação (%)</b>
<b>R/T V6 C1</b>	4,797	0,611	12,73
<b>RT V6 C1</b>	4,573	1,119	24,47
<b>RR V6 C1</b>	4,443	0,568	12,77
<b>TT V6 C1</b>	5,205	1,064	20,43
<b>Média</b>	4,754	0,507	10,66
<b>R/T V11 C1</b>	5,650	0,716	12,67
<b>RT V11 C1</b>	4,805	1,138	23,67
<b>RR V11 C1</b>	4,660	0,982	21,08
<b>TT V11 C1</b>	5,509	0,987	17,91
<b>Média</b>	5,156	0,559	10,84
<b>R/T V15 C1</b>	4,225	0,873	20,66
<b>RT V15 C1</b>	4,200	0,757	18,03
<b>RR V15 C1</b>	4,193	0,788	18,80
<b>TT V15 C1</b>	4,975	1,258	25,29
<b>Média</b>	4,398	0,543	12,35
<b>R/T MAD</b>	5,119	0,595	11,62
<b>RR MAD</b>	3,627	1,071	29,53
<b>TT MAD</b>	6,837	0,892	13,05
<b>Média</b>	5,194	0,438	8,42

Tabela 4.9 – Classificação de valores de resistência em relação aos planos de corte com o adesivo “C1”.

Velocidade de Avanço	1°	2°	3°	4°
V6	TT	R/T	RT	RR
V11	R/T	TT	RT	RR
V15	TT	R/T	RT	RR

A Figura 4.8 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração normal dos corpos de prova ensaiados com o adesivo C1, para as três velocidades de avanço testadas em diferentes planos de corte.

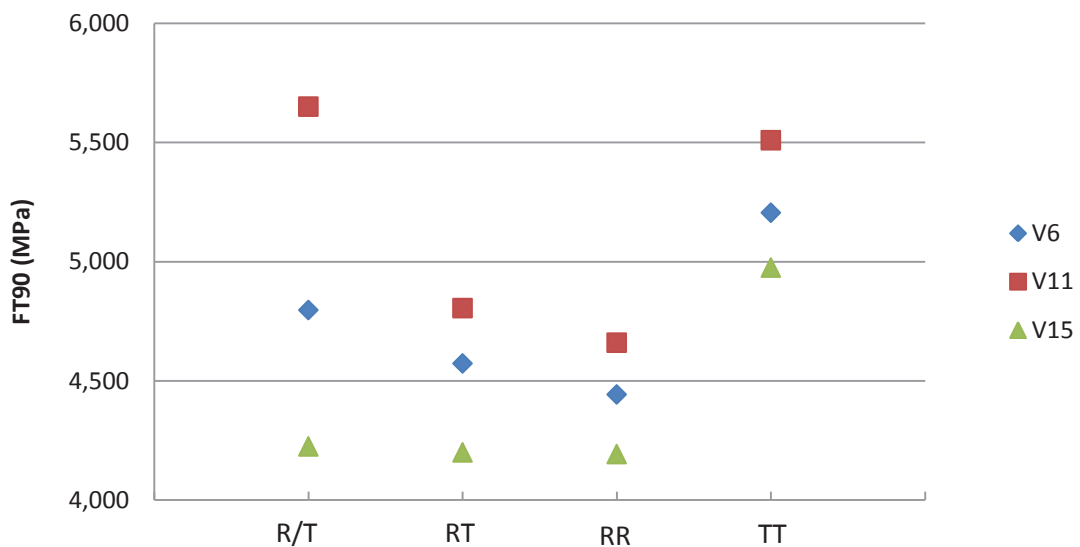


Figura 4.8 - Representação gráfica dos resultados de resistência a tração dos corpos de prova com o adesivo “C1”.

Analisando-se a Tabela 4.8, bem como a Figura 4.8, observa-se que em relação aos planos de corte R/T, RT, RR e TT, os maiores valores de “ft90”, bem como o valor da média de cada velocidade, ocorreram para a velocidade V11. Observa-se também que V6 apresenta para todas as composições de planos, melhor desempenho que V15.

A Tabela 4.9 demonstra que existe uma correlação entre as composições de plano de corte e os valores de resistência à tração normal na lâmina de cola dos corpos de prova, se considerara sequência em ordem decrescente de resistência: TT, R/T, RT e, RR, exceto entre TT e R/T para V11.

Considerando-se apenas os valores da média para cada velocidade testada, tem-se que: a velocidade V11 apresentou resultado 8,45% superior a V6; 17,23% superior a

V15 e; de 99,27% do valor médio de resistência a ruptura na lâmina de cola em relação à resistência da própria madeira.

#### Ensaio realizado com adesivo “C2”

As tabelas 4.10 e 4.11 apresentam, respectivamente, os valores médios de resistência à tração normal dos corpos de prova (incluindo o desvio padrão e coeficiente de variação médio dos ensaios realizados) e, a classificação em ordem decrescente (de 1° a 4°) dos valores de resistência em relação aos planos de corte da composição das juntas, para superfícies coladas com o adesivo “C2”.

Tabela 4.10 - Valores médios da resistência a tração normal dos corpos de prova com o adesivo “C2”.

<b>Ensaio Tração Normal</b>	<b>ft90 (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão (MPa)</b>	<b>Coefficiente de Variação (%)</b>
<b>R/T V6 C2</b>	3,629	0,737	20,31
<b>RT V6 C2</b>	4,142	0,663	16,00
<b>RR V6 C2</b>	4,760	0,645	13,55
<b>TT V6 C2</b>	3,487	0,695	19,94
<b>Média</b>	4,001	0,396	9,90
<b>R/T V11 C2</b>	4,553	0,572	12,55
<b>RT V11 C2</b>	4,502	0,319	7,094
<b>RR V11 C2</b>	3,779	0,866	22,92
<b>TT V11 C2</b>	4,840	0,650	13,43
<b>Média</b>	4,418	0,365	6,20
<b>R/T V15 C2</b>	3,749	0,748	19,94
<b>RT V15 C2</b>	3,001	0,808	26,93
<b>RR V15 C2</b>	3,820	0,761	19,93
<b>TT V15 C2</b>	3,546	0,787	22,20
<b>Média</b>	3,529	0,448	12,70
<b>R/T MAD</b>	5,119	0,595	11,62
<b>RR MAD</b>	3,627	1,071	29,53
<b>TT MAD</b>	6,837	0,892	13,05
<b>Média</b>	5,191	0,438	8,42

Tabela 4.11 – Classificação de valores de resistência em relação aos planos de corte com o adesivo “C2”.

Velocidade de Avanço	1°	2°	3°	4°
V6	RR	RT	R/T	TT
V11	TT	R/T	RT	RR
V15	RR	R/T	TT	RT

A Figura 4.9 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos ensaios de resistência quanto à tração normal dos corpos de prova testados com o adesivo C2, para as três velocidades de avanço ensaiadas em diferentes planos de corte.

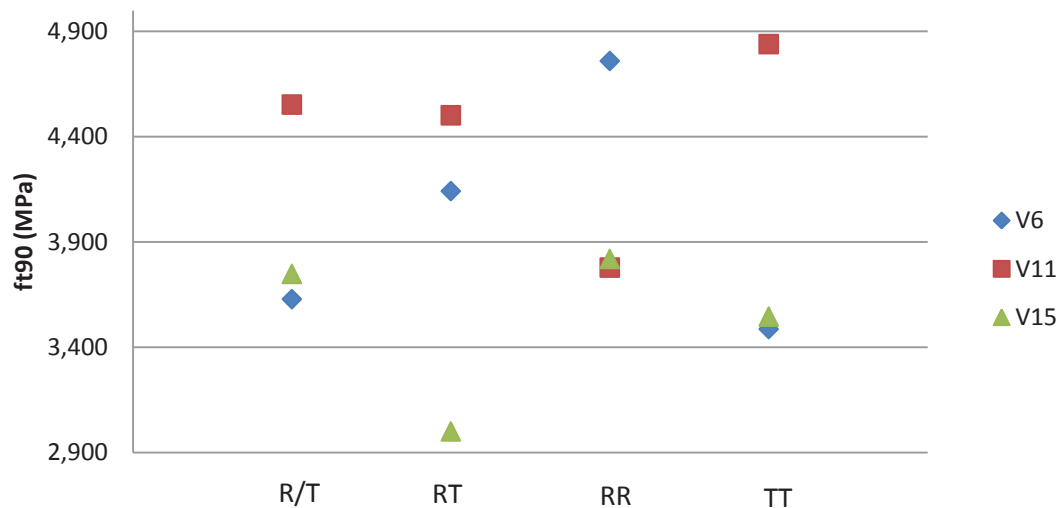


Figura 4.9 - Representação gráfica dos resultados de resistência a tração dos corpos de prova com o adesivo “C2”.

Analisando-se a Tabela 4.10, bem como a Figura 4.9, tal como na análise da resistência ao cisalhamento, observa-se para a tração normal que os planos de corte R/T, RT e TT, apresentam os maiores valores de “ft90” para a velocidade de avanço de 11 m/min, enquanto que para o plano RR o melhor resultado deu-se para a velocidade de avanço de 6 m/min.

Da mesma forma que para as condições do adesivo C1, em relação ao valor da média de cada velocidade, verifica-se que o melhor resultado para o adesivo C2 ocorreu para as peças usinadas com velocidade de avanço de 11 m/min.



A Tabela 4.11 demonstra não haver uma correlação entre as composições de plano de corte e os valores de resistência à tração normal na lâmina de cola dos corpos de prova quando do uso da cola C2, para as três velocidades de avanço testadas.

Considerando-se apenas os valores da média para cada velocidade testada, tem-se que: a velocidade V11 apresentou resultado 10,42% superior a V6; 25,19% superior a V15 e, de 85,11% do valor médio de resistência à ruptura na lâmina de cola em relação à resistência da própria madeira.

#### 4.2.2 Resistência da linha de cola em função dos planos de corte

Apresenta-se neste item a análise dos resultados de resistência da linha de cola dos corpos de prova que foram submetidos a ensaios de ruptura por tração normal, em função dos diferentes planos de corte preparados para colagem: R/T, RT, RR e TT.

##### Ensaio realizado com adesivo “C1”

A Tabela 4.12 apresenta os valores médios de resistência à tração normal dos corpos de prova (incluindo o desvio padrão e coeficiente de variação médio dos ensaios realizados) em relação aos planos de corte da composição das juntas, para superfícies coladas com o adesivo “C1”.

Tabela 4.12 - Valores médios da resistência a tração normal dos corpos de prova com o adesivo “C1”, separados por plano de corte

<b>Ensaio Tração Normal</b>	<b>ft90 (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão (MPa)</b>	<b>Coefficiente de Variação (%)</b>
<b>R/T V6 C1</b>	4,797	0,611	12,73
<b>R/T V11 C1</b>	5,650	0,716	12,67
<b>R/T V15 C1</b>	4,225	0,872	20,66
<b>RT V6 C1</b>	4,573	1,119	24,47
<b>RT V11 C1</b>	4,805	1,138	23,67
<b>RT V15 C1</b>	4,200	0,757	18,03
<b>RR V6 C1</b>	4,443	0,568	12,77
<b>RR V11 C1</b>	4,660	0,982	21,08
<b>RR V15 C1</b>	4,193	0,788	18,80
<b>TT V6 C1</b>	5,205	1,064	20,43
<b>TT V11 C1</b>	5,509	0,987	17,91
<b>TT V15 C1</b>	4,975	1,258	25,29

A Figura 4.10 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração normal dos corpos de prova ensaiados com o adesivo C1, para os quatro planos de corte da composição das juntas nas três velocidades de avanço testadas.

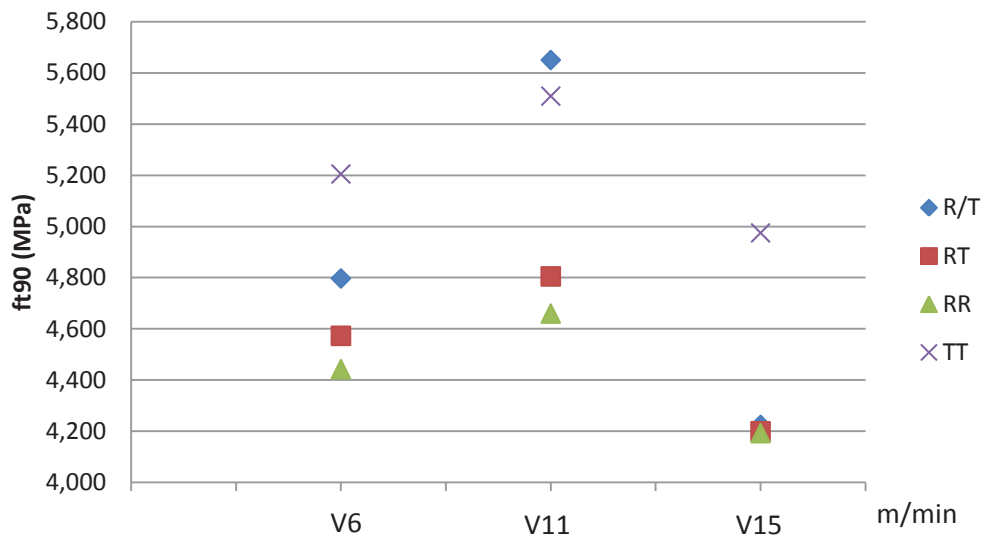


Figura 4.10 - Representação gráfica dos resultados de resistência a tração normal dos corpos de prova com o adesivo “C1”, separados por velocidade de avanço.

Observa-se da Tabela 4.12 e da Figura 4.10, que para os corpos de prova preparados para a composição de plano TT, o valor médio de “ft90” para as três velocidades testadas, foi em relação às outras composições; de 18,04% superior ao plano RR; de 15,53% superior ao plano RT e, de 6,93% superior ao plano R/T.

#### Ensaio realizado com adesivo “C2”

A Tabela 4.13 apresenta os valores médios de resistência à tração normal dos corpos de prova (incluindo o desvio padrão e coeficiente de variação médio dos ensaios realizados) em relação aos planos de corte da composição das juntas, para superfícies coladas com o adesivo “C2”.

Tabela 4.13 - Valores médios da resistência a tração normal dos corpos de prova com o adesivo “C2”.

<b>Ensaio Tração Normal</b>	<b>ft90 (MPa)</b>	<b>Desvio Padrão (MPa)</b>	<b>Coefficiente de Variação (%)</b>
<b>R/T V6 C2</b>	3,629	0,7370	20,31
<b>R/T V11 C2</b>	4,553	0,5716	12,55
<b>R/T V15 C2</b>	3,749	0,7477	19,94
<b>RT V6 C2</b>	4,142	0,6629	16,00
<b>RT V11 C2</b>	4,502	0,3194	7,094
<b>RT V15 C2</b>	3,001	0,8082	26,93
<b>RR V6 C2</b>	4,760	0,6448	13,55
<b>RR V11 C2</b>	3,779	0,8662	22,92
<b>RR V15 C2</b>	3,820	0,7612	19,93
<b>TT V6 C2</b>	3,487	0,6952	19,94
<b>TT V11 C2</b>	4,840	0,6501	13,43
<b>TT V15 C2</b>	3,546	0,7873	22,20

A Figura 4.11 apresenta o gráfico dos resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração normal dos corpos de prova ensaiados com o adesivo C2, para os quatro planos de corte da composição das juntas nas três velocidades de avanço testadas.

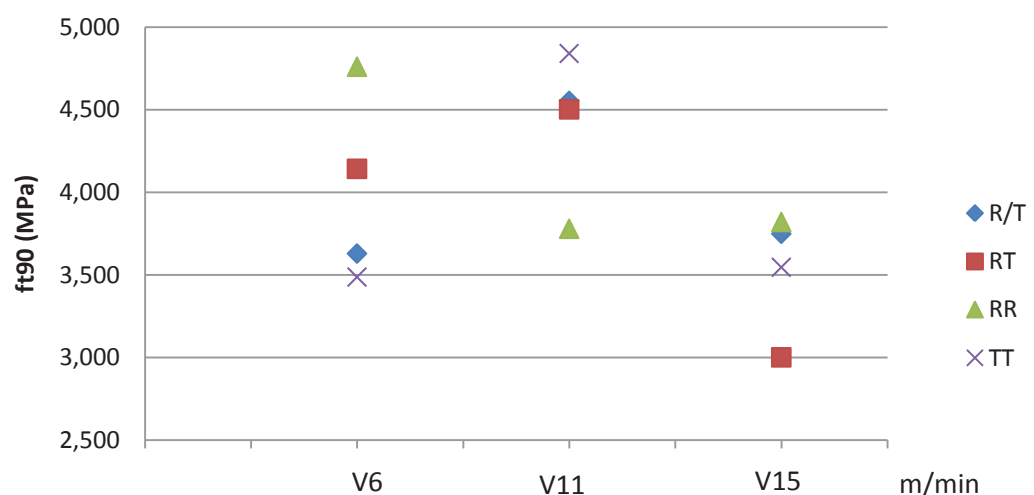


Figura 4.11 - Representação gráfica dos resultados de resistência a tração normal dos corpos de prova com o adesivo “C1”, separados por velocidade de avanço.

Observa-se da Tabela 4.13 e da Figura 4.11, que para os corpos de prova preparados para a composição de plano RR, o valor médio de “ft90” para as três velocidades testadas, foi em relação às outras composições; de 6,13% superior ao plano RT; de 4,09% superior ao plano TT e, de 3,59% superior ao plano R/T. Portanto de pequena variação quando comparado aos mesmos testes com o adesivo “C1”.

#### 4.2.3 Análise da eficiência da linha de cola

Apresenta-se neste item a análise dos resultados de resistência da linha de cola dos corpos de prova que foram submetidos a ensaios de ruptura por tração normal, nos planos radial, tangencial e composto da madeira, ou, na linha de cola, para as quatro composições de planos, em função dos adesivos empregados “C1” e “C2”.

Para a presente apresentação, foram empregados os resultados relacionados nas Tabelas 4.8 e 4.10 e, daí gerados os gráficos de figuras 4.12 e 4.13. Por fim apresenta-se uma análise conjunta para os dois adesivos testados (Tabela 4.14 e Figura 4.14).

#### Ensaio realizado com adesivo “C1”

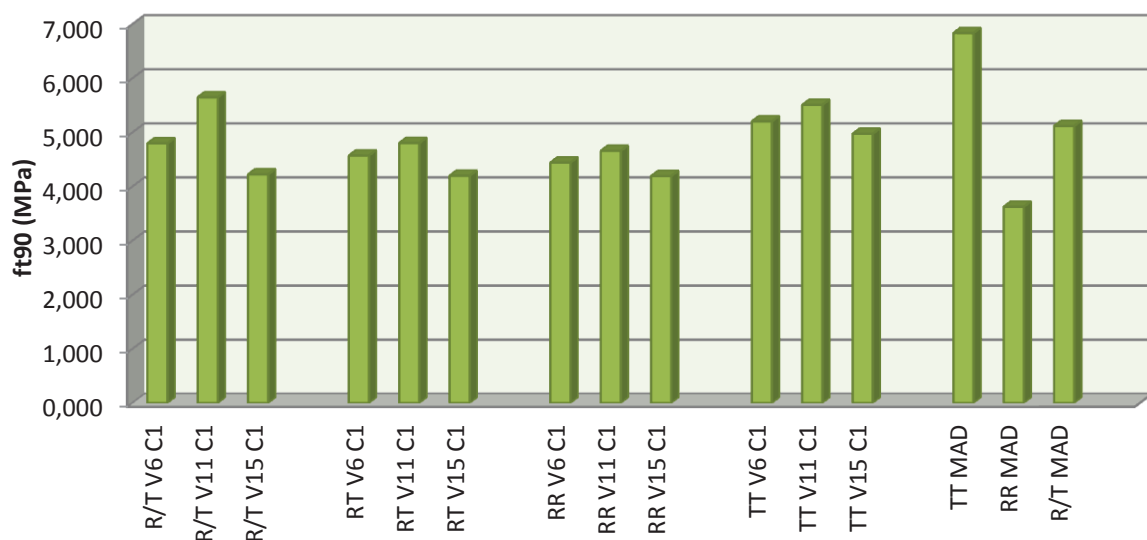


Figura 4.12 - Resistência a tração normal dos corpos de prova com o adesivo “C1”.

Para os corpos de prova confeccionados com o adesivo C1, observou-se que o plano de corte RR, para todas as velocidades testadas, apresentou resultado de “ft90” superior a resistência da própria madeira no mesmo plano (RR MAD), qual seja: 122,14%. Observa-se, para a mesma combinação RR, grande similaridade aos resultados obtidos para o plano RT.

Considerando-se os planos R/T e TT e, a média dos valores nesses planos, tem-se que a resistência na linha de cola foi de 95,53% para R/T e de 76,48% para TT, em relação à média de resistência na própria madeira e mesmo plano.

#### Ensaio realizados com adesivo “C2”

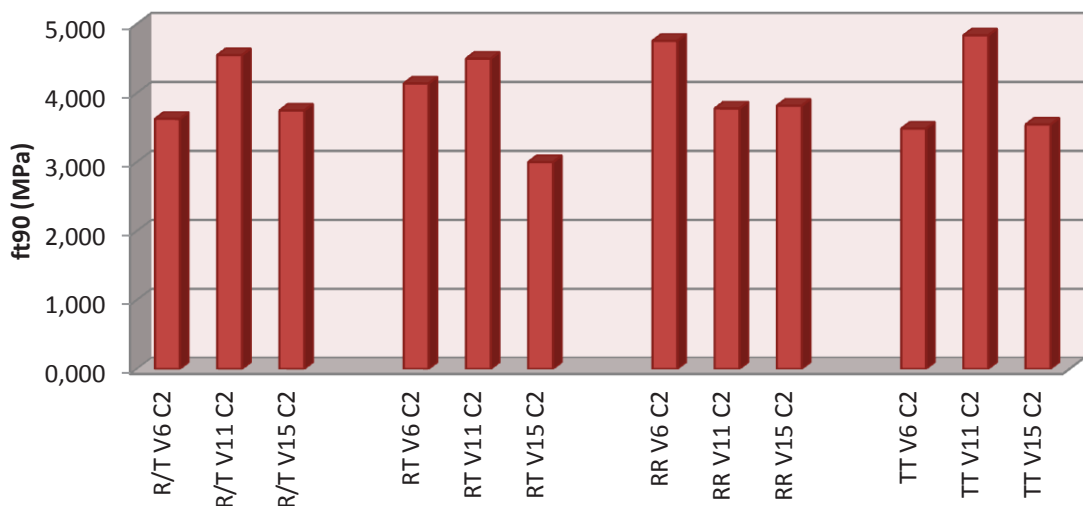


Figura 4.13 - Resistência a tração normal dos corpos de prova com o adesivo “C2”.

Para os corpos de prova confeccionados com o adesivo C2, também se observou que o plano de corte RR, para todas as velocidades testadas, apresentou resultado de “ft90” superior à resistência da própria madeira no mesmo plano (RR MAD), qual seja: 113,59%.

Considerando-se os planos R/T e TT e, a média dos valores nesses planos, tem-se que a resistência na linha de cola foi de 77,69% para R/T e de 57,89% para TT, em relação à média de resistência na própria madeira e mesmo plano.

Tabela 4.14 - Valores médios de resistência ao cisalhamento dos corpos de prova com os adesivos “C1” e “C2”, para as diferentes velocidades de avanço e os diversos planos de corte.

<b>Ensaio</b>	<b>ft90</b>	<b>ft90</b>	<b>C1 - C2</b>
<b>Tração Normal</b>	<b>(MPa)</b>	<b>(Mpa)</b>	<b>(Mpa)</b>
	<b>C1</b>	<b>C2</b>	
<b>R/T V6</b>	4,797	3,629	1,168
<b>R/T V11</b>	5,650	4,553	1,097
<b>R/T V15</b>	4,225	3,749	0,476
<b>RT V6</b>	4,573	4,142	0,431
<b>RT V11</b>	4,805	4,502	0,303
<b>RT V15</b>	4,200	3,001	1,199
<b>RR V6</b>	4,443	4,760	-0,317
<b>RR V11</b>	4,660	3,779	0,881
<b>RR V15</b>	4,193	3,820	0,373
<b>TT V6</b>	5,205	3,487	1,718
<b>TT V11</b>	5,509	4,840	0,669
<b>TT V15</b>	4,975	3,546	1,429

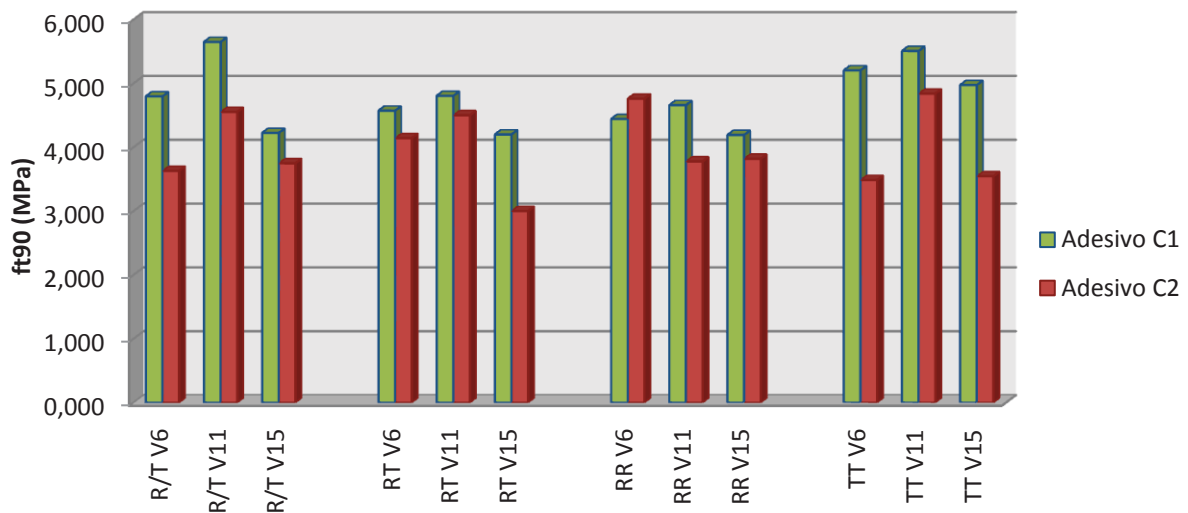


Figura 4.14 - Resistência a tração normal dos corpos de prova com os adesivos “C1” e “C2”, para as diferentes velocidades de avanço e os diversos planos de corte.

Da análise conjunta do desempenho dos dois adesivos através da Tabela 4.14 e da Figura 4.14, observa-se que para todos os ensaios, com respectivos adesivos, planos de corte e velocidades de acabamento; o melhor desempenho deu-se para a linha de cola com adesivo “C1”, sendo que somente para o ensaio RRV6 isso não ocorreu, com desempenho de “C2” de 7,13% superior a “C1”.

### 4.3 Ensaio de Medição da Rugosidade das Superfícies Usinadas

A Tabela 4.15 apresenta os resultados de rugosidade obtidos, para a velocidade de 6 m/min, 11m/min e 15 m/min, onde: “E” indica o valor da Rugosidade medida no sentido discordante da direção de corte, aqui chamado de rugosidade de entrada; “S” indica o valor da rugosidade medida no sentido concordante à direção de corte, denominada de rugosidade de saída e; “Rm” indica o valor médio das médias de três medições feitas em 20 peças.

Tabela 4.15– Valores de rugosidade ( $\mu\text{m}$ ) medidos nas superfícies das peças usinadas nas três velocidades de avanço, anterior à montagem para preparação dos corpos de prova.

CP	Ra					
	V= 6m/min		V = 11 m/min		V = 15 m/min	
	E( $\mu\text{m}$ )	S( $\mu\text{m}$ )	E( $\mu\text{m}$ )	S( $\mu\text{m}$ )	E( $\mu\text{m}$ )	S( $\mu\text{m}$ )
1	3,2	3,0	6,8	5,2	5,0	6,8
2	5,6	4,4	5,4	8,0	4,0	5,6
3	6,4	3,6	5,2	5,8	3,8	5,2
4	7,0	2,6	9,6	2,6	3,8	5,2
5	3,4	4,0	4,4	6,6	6,4	6,0
6	4,4	4,6	10,6	5,8	4,4	3,8
7	9,2	4,6	4,6	6,6	5,2	6,4
8	4,0	4,6	4,2	5,0	3,8	7,2
9	5,2	5,8	9,4	3,4	7,2	6,8
10	5,0	2,6	5,8	5,6	4,0	6,2
11	6,6	6,4	11,4	8,8	2,6	7,4
12	6,2	4,2	7,0	6,2	5,2	2,4
13	5,2	4,2	8,4	6,6	6,0	5,8
14	6,2	3,8	4,4	4,4	6,4	4,8
15	4,0	3,8	5,6	5,8	6,6	7,8
16	8,4	6,4	11,4	3,8	3,6	8,2
17	5,4	6,6	5,2	4,6	4,0	6,6
18	7,4	3,8	5,4	5,0	7,0	6,6
19	9,2	5,2	6,0	5,4	3,6	3,4
20	4,2	4,2	5,0	5,8	6,6	6,4
<b>Rm</b>	<b>5,81</b>	<b>4,42</b>	<b>6,79</b>	<b>5,55</b>	<b>4,96</b>	<b>5,93</b>

Dos resultados registrados, observa-se que; para a rugosidade média de entrada “E” o maior valor é obtido para a velocidade de 11 m/min, enquanto que para a rugosidade média de saída “S” o maior valor é obtido para a velocidade de 15 m/min.

## 5. CONCLUSÕES

*Dos resultados de resistência à ruptura por cisalhamento:*

- Para ambos adesivos “C1” e “C2”, a maior resistência à ruptura dos corpos de prova se deram para a composição na linha de cola, de dois planos radiais (RR) em relação aos anéis de crescimento da madeira, quando se empregou a velocidade de avanço de 6 m/min (V6), com superfície usinada de avanço por dente de 0,86 mm;
- De modo geral, para os dois adesivos à base de PVA, o emprego de superfícies geradas com a velocidade de avanço de 11 m/min (V11), avanço por dente “fz” intermediário, de 1,57 mm, apresentou os valores de maior resistência à ruptura, seguido muito proximamente pelos valores obtidos para V15 (fz de 2,14 mm). Contrariamente ao relatado na conclusão anterior, sobre a resistência para a combinação de V6 com o plano RR;
- Da análise sobre a influência dos planos de colagem em relação aos anéis de crescimento da madeira, a menos da combinação RR com velocidade V6, como já relatado, as composições de planos tangenciais (TT) na linha de cola apresentaram o melhor desempenho de resistência;
- Quanto à eficiência da resistência de linha de cola numa dada composição de planos em relação à resistência da madeira no mesmo plano, pode-se concluir: para o uso do adesivo C1, a citada combinação (RR x V6) apresentou praticamente o mesmo valor de resistência e, para o adesivo C2 resultou em 71,45% da resistência da madeira; para o adesivo C1, a composição de planos TT se destacou em relação às demais e, para o adesivo C2 as diferentes composições não indicam qualquer tendência de destaque. Evidencia-se para quase todos os ensaios, o melhor desempenho do adesivo C1 em relação à C2.



*Dos resultados de resistência à ruptura por tração normal:*

- Para o adesivo “C1”, a maior resistência à ruptura dos corpos de prova se deu em todas as composições de linha de cola, para as superfícies obtida por V11, seguida por V6 e finalmente por V15;
- De modo geral, para os dois adesivos à base de PVA, o emprego de superfícies geradas com a velocidade de avanço de 11 m/min (V11), apresentou os valores de maior resistência à ruptura, exceto para a já citada combinação (RR x V6) quando se empregou o adesivo C2;
- Da análise sobre a influência dos planos de colagem em relação aos anéis de crescimento da madeira, a menos da combinação R/T com velocidade V11, as composições de planos tangenciais (TT) na linha de cola apresentaram o melhor e elevado desempenho de resistência quando do emprego do adesivo C1;
- Quanto à eficiência da resistência de linha de cola numa dada composição de planos em relação à resistência da madeira no mesmo plano, pode-se concluir: para o uso do adesivo C1, todas as combinações de RR apresentaram-se com valor de resistência superior; para o adesivo C2 os resultados não indicam qualquer tendência de destaque. Como nos ensaios de cisalhamento, evidenciava-se para quase todos os ensaios, o melhor desempenho do adesivo C1 em relação à C2.

*Dos resultados de resistência à ruptura em função da rugosidade superficial:*

- Cabe neste aspecto conclusivo, recomendar trabalhos futuros que possam indicar fatores relacionados à anatomia da madeira e resistência dos diferentes elementos celulares que se apresentam em cada plano estudado; à interação dos adesivos com a madeira pela composição química (impregnação) e; aos conceitos da teoria de mecanismo de formação do cavaco no processo de usinagem, relacionando-os ao acabamento superficial da madeira.

## REFERÊNCIAS

ABRAF – Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas; **Anuário estatístico da ABRAF 2011 – ano base 2010**. 130p. – Brasília, DF, 2011.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (1994), **Annual book of A.S.T.M.** Philadelphia: A.S.T.M., 478 p. 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6405**: rugosidade das superfícies. Rio de Janeiro, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997). **NBR 7190 – Projeto de Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro, 107p, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8404**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 4288**: especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil – Regras e procedimentos para avaliação de rugosidade. Rio de Janeiro, Nov. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 4287**: especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil – Termos, definições e parâmetros da rugosidade. Rio de Janeiro, Set. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12179**: especificações geométricas do produto (GPS) – Rugosidade: Método do perfil – Calibração de instrumentos de medição por contato (com sapata de apalpação). Rio de Janeiro, Ago. 2002.

ARENCIBIA. F. V. Aula: “Tolerâncias Geométricas”, **Primeiro Seminário de Metrologia**, Universidade Federal de Uberlândia, Mar, 2009.

BENJAMIM, C.A.; BALLARIN, A.W.; PALMA, H.A.L.; FILHO, M.T. Variação radial da densidade aparente da madeira de *Eucalyptus grandis* com vinte e oito anos de idade, In: XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, 2008.

CALORI, J.W.; FIER, I.S.N.; KIKUTI, P. Estudo das propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* em diferentes idades, In: V Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do V Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, p.123-129, v.2, 1995.

CARRASCO, E.V.M.; BREMER, C.F. Estudo experimental dos elementos estruturais de madeira laminada colada de Eucalipto, In: V Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do V Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, p. 559-568, julho, 1995.

CARVALHO, A.M.; LAHR, F.A.R.; BORTOLLETO, G.JR., “Laminated Veneer Lumber – LVL’S” de Eucalipto – Produção em escala piloto e análise das características de resistência, In: VIII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VIII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, 2002.

CASTRO, E. M. **Estudo da usinabilidade de chapas MDF (medium density fiberboard) para operações de acabamento e desbaste.** 2000. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos/Instituto de Física de São Carlos/Instituto de Química de São Carlos/Área Interunidades – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

CRUZ, C.R., **Caracterização da Madeira de clones de Eucalipto para a utilização na indústria madeireira.** 64p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), UFPR, Curitiba, PR, 2000.

FOLLRICH, J.; TEISHINGER, A.; GINDL, W.; MULLER, U.; Effect of grain angle on shear strength of glued end grain to flat grain joint of defect-free softwood timber, **Wood Science and Technology**, v.41, n.6, p. 501-509, 2007.

FOLLRICH, J.; VAY, O.; VEIGEL, S.; MULLER, U.; Bond strength of end-grain joints and its dependence on surface roughness and adhesive spread, **Journal of wood science**, v.56, n.5, p. 429-434, 2010.

FORM Talysurf Series operator's handbook. RANK Taylor Hobson Limited. Publication nº RTH-HB-100, handbook revision 01.00 applicable to software version 01.xx., England. 359p. 1985.

GARCIA, C.H.; MORA, A.L. **A cultura de eucalipto no Brasil**. São Paulo, SP:SBS, 2000.

GONÇALEZ, J.C; COSTA, P.C.G.; RIBEIRO, P.G. Propriedades tecnológicas das madeiras de *Pinus caribea* e *Eucalyptus grandis* para a indústria madeireira, In: 11º Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção, **Anais do 11º Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção**, Coimbra, Portugal, 2011.

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

GONÇALVES, M.T.T.; CAGNON, J.A.; SOUZA, A.J.D. Consumo de potência no torneamento cilíndrico de madeiras de eucalipto, In: 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, São Pedro, 2006.

GONÇALVES, M. T. T.; SERRA, B. L.; NOCE, L. G. D. Secagem de *Eucalyptus grandis* pelo método de ventilação forçada. In: VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, v. 3. p. 173-182, **Anais do VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, Florianópolis, 1998.

IWAKIRI, S.; STINGHEN, A.B.M.; NUNES, E.L.S.; ZAMARIAN, E.H.C.; ADRIAZOLA, M.K.O., Utilização das lâminas de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus maculata* como alternativa para a produção de piso laminado com montagem direta, **Floresta**, Curitiba, PR, v.36, n.3, set/dez 2006.

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

IWAKIRI, S.; KEINERT, S.JR; PRATA, J.G.; ROSSO, S. Produção de Painel Compensado estrutural de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*, **Floresta**, Curitiba, PR, v.37, n3, p.363-367, set/dez, 2007.

JESUS, J.M.H. **Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada**. Escola de Engenharia de São Carlos. p. 24-28. São Carlo – SP. 2000.

LEMASTER, R. L.; BEALL, F. C. The use of an optical perfilometer to mesure surface roughness in medium density fiberboard. **Forest Product Journal**, v. 46, n.11/12, p.73-80, 1996.

LEITE, M.K.; BELINI, U.L.; NOLASCO, A.M.; TOMAZELO M.FO. A Madeira de Reflorestamento como alternativa para indústria de mobiliários, In: 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção, **Anais do 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção**, Coimbra, Portugal, 2011.

LIMA, J.T.; BARAÚNA, E.E.P.; ALTOÉ, T.F.; MONTEIRO, T.C. Avaliação dos Defeitos Causados pela Secagem por Desumidificação na Madeira de *Eucalyptus grandis*, In: XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, 2008.

LIMA, J.T. **Clonal variation in the solid wood properties of Eucalyptus**, 276f. Thesis (Doctorate in wood Science and Technology) University of Wales, Bangor, 1999.

(a) LOGSDON, N.B. Estabilidade dimensional: sugestões para revisão da NBR 7190/97, In: VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, Julho. 2002.

(b) LOGSDON, N.B. Otimização do ensaio de estabilidade dimensional, In: VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, Julho. 2002.

LOGSDON, N.B.; FINGER, Z. Estabilidade Dimensional: Modelos para especificações das curvas, In: VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, Julho. 2002.

MALDONADO, M. R. Trabajabilidad de Tableros. **Maderas Cs. & Tec.**, v.1, n.1, p.61-70, 1998.

MANHÃES, A.P.; **Caracterização da cadeia produtiva do bambu no Brasil abordagem preliminar**. Monografia: Curso de Engenharia Florestal – Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Fevereiro, Seropédica, RJ, 2008.

MATTOS, J.L.M.; MUNIZ, G.B.; KLOCK, U.; MORESCHI, J.C.; IWAKIRI, S.; KEINERT, S. Jr. **Tecnologia da Madeira**. Curitiba: FUPEF/UFPR, 1994.

MARIN, C.P.; AZABUJA, M.A.; DIAS, A.A. Avaliação da influência de adesivos na Resistência de Emendas Dentadas para a Espécie *Pinus hondurensis*, In: 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, ISBN – 8586989-07-X, 2006.

MELO, A.V.; CARRASCO, E.V. Análise de Adesivos em Madeira Laminada Colada, In: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, Cuiabá, julho, 2004.

MELO, R.R.; STANGERLIN, D.M.; MULLER, M.T.; TREVISAN, R.; SANTINI, E.J.; HASELEIN, C.R.; GATTO, D.A. Retratibilidade da Madeira de Três Espécies de *Eucalyptus* e suas relações com a massa específica, In: XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, 2008.

MENDES, L.M.; GUIMARÃES JR.; J.B., MENDES; R.F., BUFALINO, L.; TONOLI, G. Painéis de madeira de clones de eucalipto cultivados no estado de Minas Gerais – Brasil, In: 11º Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção, Coimbra, Portugal, 2011.

MORI, F.A.; MENDES, L.M.; MORI, C.L.S.O. Avaliação da Qualidade de juntas Coladas da Madeira de *Eucalyptus*, In: XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, Londrina, julho, 2008.

NELSON, R.M. A model for sorption of water vapor by cellulosic materials. **Wood Fiber Science**, v.15, n.1, p.8-22, 1983.

NÉRI, A.C.; GONÇALVEZ, R.; HERNANDEZ, R.F. Forças de corte ortogonal 90-0 em três espécies de madeira de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental**, v.3, n°2, p. 239-244. Campina Grande, PB, 1999.

NOGUEIRA, M.C.J.A. **Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil**, tese de doutorado, EESC – USP, São Carlos - SP (2002).

OLIVEIRA, J.T.S. Variação Radial da Retratibilidade e Densidade Básica da Madeira de *Eucalyptus saligna* SM., **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.381-385. 2003.

OLIVEIRA, S.F.JR, AZAMBUJA, M.A., DIAS, A.A., Análise da viabilidade de aplicação de adesivos alternativos em emenda dentada estrutural para espécie *Eucalyptus grandis*, In: 10° Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do 10° Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, ISBN – 8586989-07-X, 2006.

PALMA, H.A.L.; BALLARIN, A.W.; LEONELLO,E.C. Demarcação da Madeira Juvenil e Adulta de *Eucalyptus grandis*, In: XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, 2008.

PALMA, H.A.L.; BALLARIN, A.W.; ROCHA, C.D. Propriedades de flexão de vigas LVL de *Eucalyptus grandis*, In: XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, 2008.

PETERS, C. C.; CUMMING, J. D. Measuring wood surface roughness: a review. **Forest Product Journal**, v.20, n.12, p40-42, 1970.



PETRAUSKI, AL.; LUCIA, R.M.D. Desempenho de juntas coladas de *Eucalyptus grandis* em função de diferentes níveis de pressão, consumo de cola e número de faces de aplicação do adesivo., In: VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, p.304-312, julho, 1998.

PETRAUSKI, S.M.F.C.; ROZIN, E.F.; LAUXEN, F.; PETRAUSKI, A. Influência da área colada sobre a resistência de juntas multilaminadas, In: XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, londrina, julho, 2008.

PETRAUSKI, A.; LUCIA, R.M.D.; TINÔCO, H.F.F. Validade do Modelo de Hankinson na Predição da Resistência de Juntas Coladas, usando *Eucalyptus grandis* como Substrato, In: VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho. 2000. ISBN 85-85205-34-2

**PORTAL BRASIL FATOR**; Henkel apresenta linha de adesivos profissionais na Construir Rio 2007.

**Disponível em:** <[http://www.revistafator.com.br/ver\\_noticia.php?not=24300](http://www.revistafator.com.br/ver_noticia.php?not=24300)>. **acessado em 28/06/2011.**

RENZO, R.; MORI, F.A.; ENDES, L.M.; GOMES, F.C.; GOULART, S.L. Correlação entre densidade e módulo de Elasticidade Dinâmico de Procedências de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden Utilizados na Produção de Painéis Estruturais, In: XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do XI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, 2008.

RIBEIRO, A.G. Adesivos para Madeira – Visão geral dos produtos encontrados no mercado brasileiro, In: IV Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do IV Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho, 1992.

RIVERO, L.A.; BERALDO, A.L.; MENTA, A.C.; AZZINI, A. BLC – Bambu Laminado Colado, IX ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, **Anais do IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, Cuiabá, julho, 2004.

SALES, A.; CALIL, C.JR. Sistemas de Classes de Resistência para Madeira Serrada de Eucaliptos Cultivados no Brasil: Proposição para a NBR 7190:2005, **Revista Madeira Arquitetura e Engenharia**, n.16, ano6, maio/dez, ISSN: 1806-6097, 2005.

SALES, A. Proposição de um sistema de classes de resistência para madeira serrada de Eucaliptos cultivados no Brasil, In: 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, ISBN: 85-86989-07-X, 2006.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.C.; TOMAZELLO, M.F.; KEINERT Jr, S.; MATOS, J.L.M. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Floresta**, 34(1), p 13-22, Curitiba-Pr, jan/Abr 2004.

SILVA, G.A.; MENDES, L.M.; TRUGILHO, P.F.; MORI, F.A.; SANTOS, I. F. Umidade de Equilíbrio de painéis de madeira, **Árvore**, Viçosa – MG, v.29, n.4, p.639-646, 2005.

SILVA, J.C.; MATOS, J.L.M.; OLIVEIRA, J.T.S.; EVANGELISTA, W.V. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, **Revista Árvore**, v.29, n.5, p.795-799. 2005.

SILVA, J.R.M.; MUNIZ G.I.B.; LIMA, J.T.; BONDUELLE, A.F. Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, v.29, n°3, p. 479-487. Viçosa, MG, 2005.

SILVA, J.C. **Cresce presença do eucalipto no Brasil**. Revista da Madeira. Ed. n°92 – Out. 2005.

SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S.; XAVIER,B.A.; CASTRO,V.R. Variação da retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, em função da idade e da posição radial no tronco, **Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.803-810, 2006.

SILVA, J.C.; FILHO, M.T.; OLIVEIRA, J.T.S.; CASTRO, V.R. Influência da idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, **Árvore**. Viçosa-MG, v.31, n.6, p.1081-1090, 2007.

SILVEIRA, V.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S. Efeito do Tamanho do corpo de prova na variação dimensional da madeira de *Eucalyptus SP*, In: VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, p. 219-222, julho. 1998.

TIBURCIO, U.F.O.; RIBEIRO, M.V.; GONÇALVES, M.T.T.; SOUZA, A.J.D. Análise do Acabamento Superficial na Usinagem de Madeira em processos de torneamento e Lixamento, In: 10° Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do 10° Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, São Pedro, 2006.

TIBURCIO, U. F. O. **Medição e análise do acabamento superficial da madeira de eucalipto na usinagem de torneamento cilíndrico e lixamento**. 2009. 101f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2009.

TOMAZELLO, M.F.; OLIVEIRA, J.T; **Estimativa de alguma propriedades mecânicas da madeira de sete espécies de eucalipto com potencial de utilização na construção civil**, In: 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção, **Anais**, Coimbra, Portugal, 2011.

TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; SILVA, J.R.M.; MORI, F.A.; MENDES, L.M.; VEIGA, V.C.M. Umidade de Equilíbrio da Madeira em diferentes espécies de *Eucalyptus*, In: IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do IX Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho. 2004.

(a) TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S.; LIMA, J.T.; MORI, F.A.; CAIXETA, R.P. Variação Dimensional e Densidade da Madeira em Árvores de *Eucalyptus*, In: VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho. 2002.

(b) TRUGILHO, P.F.; LIMA, J.T.; MORI; ROSADO, S.C.S.; CAIXETA, R.P. Variação nas Propriedades Mecânicas da Madeira em Árvores de *Eucalyptus*, In: VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras, **Anais do VII Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeiras**, julho. 2002.

TRUGILHO, P.F.; COUTO A.M.; ASSIS, C.O.; NEVES, R.A.; ALMADO, R.P. Relação entre a avaliação destrutiva e a não destrutiva da madeira em clones de *Eucalyptus*: densidade básica, In: 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção, **Anais do 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção**, Coimbra, Portugal, 2011.

TRUGILHO, P.F.; GOMES, A.F.; ROSADO, A.F.; NEVES, T.A.; COUTO, A.M.; PAULA, L.E.R.; VALLE, M.L.A. Medida indireta das tensões de crescimento na árvore viva de eucaliptos, In: 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção, **Anais do 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção**, Coimbra, Portugal, 2011.

VALE, A.T.; ARAÚJO, G.J.P.; FARDIN, A.E.; FORLIN, A. Caracterização física e energética de sete clones de Eucalyptus provenientes de Niquelândia – GO código 1586599555-AC, In: 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção, **Anais do 11° Congresso Ibero-latino americano da Madeira na Construção**, Coimbra, Portugal, 2011.

VALVERDE, S.R. Plantações de Eucalipto no Brasil. **Revista da Madeira**. Ed. n° 107, set. 2007.

VIDAURRE, G.; VITAL B.R.; SILVA, J.C.; OLIVEIRA, J.T.S. Madeira serrada de Eucalipto. **Revista da Madeira**. Ed. n°102, jan. 2007.

WELLONS, J.D., Adhesion to Woody substrates, Oregon State University, **Forest Research Laboratory**, 1997, p. 1115.



