

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
CÂMPUS EXPERIMENTAL DE ITAPEVA  
ENGENHARIA INDUSTRIAL MADEIREIRA**

**CARLITO CALIL NETO**

**RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA DE CONTROLE DE  
QUALIDADE PARA A PRODUÇÃO DE MADEIRA LAMINADA COLADA  
(MLC) CERTIFICADA**

**ITAPEVA - SP  
DEZEMBRO - 2008**

**CARLITO CALIL NETO**

**RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA DE CONTROLE DE  
QUALIDADE PARA A PRODUÇÃO DE MADEIRA LAMINADA COLADA  
(MLC) CERTIFICADA**

**Trabalho de conclusão de curso apresentado como  
requisito para obtenção do título de Engenheiro  
Industrial Madeireiro pela Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus  
Experimental de Itapeva.**

**Orientadora: Profª Drª Cristiane Inácio de Campos**

**ITAPEVA - SP  
DEZEMBRO - 2008**

Calil Neto, Carlito  
C153r      Recomendações para o sistema de controle de qualidade para a  
             produção de madeira laminada colada (MLC) certificada / Carlito Calil  
             Neto – – Itapeva, 2008  
             82 f.: il.;30 cm

Trabalho de Graduação do Curso Engenharia Industrial  
Madeireira apresentado ao Câmpus Experimental de Itapeva –  
UNESP, 2008

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Inácio Campos  
Banca examinadora: Prof<sup>a</sup>. Msc. Mariangela Gonçalves Luiz;  
Prof. Dr<sup>a</sup>. Juliana Cortez Barbosa  
Inclui bibliografia

1. Normas. 2. Controle de qualidade. 3. Madeira - Qualidade. I.  
Título. II. Itapeva - Curso de Engenharia Industrial Madeireira.

CDD 674.834

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNESP – Câmpus Experimental de  
Itapeva.

**CARLITO CALIL NETO**

**RECOMENDAÇÕES PARA O SISTEMA DE CONTROLE DE QUALIDADE PARA A PRODUÇÃO DE MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC) CERTIFICADA.**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para a obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus Experimental de Itapeva.

Data da aprovação: 10 de Dezembro de 2008

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Inácio de Campos - Orientadora  
UNESP – Câmpus Experimental de Itapeva

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Juliana Cortez Barbosa  
UNESP – Câmpus Experimental de Itapeva

---

Prof<sup>a</sup>. Msc. Mariangela Gonçalves Luiz  
UNESP – Câmpus Experimental Itapeva

## **DEDICATÓRIA**

À minha família por me aconselhar e me apontar os caminhos certos a serem tomados, sempre me dando forças para seguir em frente e nunca desistir.

Aos meus amigos, pois sem eles não somos ninguém.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, Gilberta Machado Luz Cassavia Calil, que sempre me ajudou e me animou quando eu precisava, sempre dando o melhor exemplo e o melhor de si para que eu conseguisse tudo que eu sempre quis.

Ao meu pai, Carlito Calil Junior, que sempre me guiou através dos caminhos da vida e me apontou a direção certa para o sucesso, sempre me aconselhando em tudo que eu fiz.

Ao meu irmão, Rui Cesar Cassavia Calil, pelo seu suporte e acreditar em minhas decisões.

Aos meus avós, por sempre perguntarem se eu estou estudando e sempre rezando para que o meu caminho seja iluminado e sem espinhos.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cristiane Inácio de Campos, que apesar da distância em que desenvolvemos esse trabalho e as dificuldades, sempre me orientou e me ajudou em todo o resto, desde o começo da faculdade até o final.

Ao meu amigo Roland Hernandez, que em minha viagem ao exterior me ajudou no trabalho e em minha vida me explicando e me apontando para o melhor.

Ao Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras, técnicos, professores e aos grandes amigos que fiz. Agradeço a todos pela compreensão, orientação em minha formação.

Aos professores da UNESP – campus de Itapeva, que contribuíram para a minha formação acadêmica e profissional.

Aos meus amigos, colegas e companheiros de todas as turmas do curso de Engenharia Industrial Madeireira pela UNESP – campus de Itapeva, que depois de muito sofrermos por sermos um dos primeiros valeu a pena.

A cidade de Itapeva, que por sua vez foi uma cidade que aprendi bastante a viver e a chorar. Onde histórias foram feitas e amizades eternas foram seladas nunca te esquecerei. Apesar de sua simplicidade saudades sinto.

E finalmente, agradeço a todos que me ajudaram nesses cinco anos de história que foi muito importante para mim. Muito obrigado.

*“Every time you don’t specify timber, you are helping to destroy our planet, THINK WOOD”.*

## RESUMO

A Madeira Laminada Colada (MLC) é um produto engenheirado de madeira que requer precisão de fabricação em todos os seus estágios. O produto acabado pode somente ser testado em condições laboratoriais, entretanto, é necessário o controle de qualidade na sua produção para assegurar que as propriedades da MLC sejam adequadas com as resistências especificadas para o material de acordo com as normas vigentes.

Considerando que no Brasil ainda não existe uma norma específica de qualificação para os fabricantes de MLC e com o mercado futuro promissor, este trabalho tem por finalidade propor algumas recomendações para a qualificação de produtos de MLC baseada nas Normas Canadenses CSA 0177-2006, Americanas AITC A190.1-2007 e Européia EN 386-2001, com ênfase principal no sistema de controle de qualidade dos materiais empregados na produção de MLC. Foram também realizados ensaios com cinco combinações de espécie-adesivo-tratamento como exercício preliminar necessário para a utilização da norma, e recomendáveis para os trabalhos futuros no assunto. Como se trata de um assunto ainda não normatizado no país, muitos termos usados ainda não foram regulamentados e, ainda, devem ser melhor definidos e, por isto, apresenta-se um capítulo de definições dos termos utilizados neste trabalho, e sugestões para sua melhoria são muito bem vindas.

Espera-se também que este trabalho seja uma contribuição de recomendações do controle de qualidade de MLC certificada no Brasil, indispensável para a utilização desse material na construção civil.

**Palavra-chave: MLC; Normas; Controle de Qualidade; Certificação; Madeira.**

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....   | 12 |
| 2. OBJETIVO.....  | 14 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                    | 15 |
| 3.1 Requisitos de materiais para a produção de MLC.....           | 17 |
| 3.1.1 Generalidades.....  | 17 |
| 3.1.2 Dimensões e Tolerâncias .....                               | 18 |
| 3.1.2.1 Tolerâncias para as dimensões.....                        | 18 |
| 3.1.2.2 Tolerâncias para a curvatura ou linearidade.....          | 18 |
| 3.1.2.3 Tolerâncias para as seções transversais retangulares..... | 19 |
| 3.1.3 Lamelas para a lamelagem .....                              | 19 |
| 3.1.3.1 Espécies .....  | 19 |
| 3.1.3.2 Umidade.....  | 19 |
| 3.1.3.3 Classificação da lamela serrada .....                     | 20 |
| 3.1.3.3.1 Lamela classificada visualmente.....                    | 20 |
| 3.1.3.3.2 Lamelas classificadas mecanicamente.....                | 21 |
| 3.1.3.3.3 Lamelas classificadas com prova-de-carga.....           | 21 |
| 3.1.3.4 Lamelas manufaturadas.....                                | 21 |
| 3.1.3.5 Lamelas de Compósitos Estruturais (SLC).....              | 22 |
| 3.1.3.6 Combinações de classificações .....                       | 22 |
| 3.1.4 Lamelagem.....  | 22 |
| 3.1.4.1 Superfície de Colagem.....                                | 23 |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.4.2 Esmoado .....   | 23 |
| 3.1.4.3 Tolerâncias Dimensionais .....  | 24 |
| 3.1.4.3.1 Tolerâncias na espessura das lamelas com adesivos de<br>preenchimento de falhas ..... | 24 |
| 3.1.5 Adesivos .....  | 25 |
| 3.1.5.1 Especificações .....  | 25 |
| 3.1.5.2 Adesivos de preenchimento de falhas .....   | 25 |
| 3.1.5.3 Ensaio do lote de adesivo .....   | 25 |
| 3.1.5.3.1 Colagem de Junta de Face .....  | 26 |
| 3.1.5.3.2 Colagem de junta de Topo .....  | 27 |
| 3.1.5.3.3 Durabilidade da Linha de Adesivo .....  | 27 |
| 3.1.6 Enxertos de madeira .....   | 28 |
| 3.1.6.1 Aplicação de Enxertos .....   | 28 |
| 3.1.7 Manufatura .....  | 29 |
| 3.1.7.1 Lamelas .....   | 29 |
| 3.1.7.1.1 Montagem da junta de face e colagem .....   | 30 |
| 3.1.7.1.2 Montagem da junta lateral e colagem .....   | 31 |
| 3.1.7.1.3 Processo de cura .....  | 32 |
| 3.1.7.2 Juntas de topo .....  | 32 |
| 3.1.7.2.1 Montagem e colagem .....  | 32 |
| 3.1.7.2.2 Juntas de topo usadas para reparação .....  | 33 |
| 3.1.7.2.3 Nós localizados nas juntas de topo ou próximos a elas .....                           | 34 |
| 3.1.7.2.4 Espaçamento das juntas de topo em lamelas adjacentes .....                            | 35 |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.7.2.5 Espaçamento das juntas de topo em uma mesma lamela.....   | 38 |
| 3.1.8 Classificações de aparência.....  | 39 |
| 3.2 Sistema de Controle de Qualidade .....  | 39 |
| 3.2.1 Manuais da Instalação .....   | 39 |
| 3.2.2 Registros do Controle de Qualidade .....  | 40 |
| 3.2.3 Inspeção e procedimentos de ensaios.....  | 41 |
| 3.2.4 Qualificação da instalação .....  | 41 |
| 3.2.4.1 Qualificação das juntas de topo .....   | 43 |
| 3.2.4.1.1 Qualificação do nível de tensão (QSL).....  | 43 |
| 3.2.4.1.2 Qualificação do nível de tensão (QSL) para as lamelas internas<br>de elementos fletidos.....      | 44 |
| 3.2.4.1.3 Procedimento para qualificação de junta de topo.....  | 45 |
| 3.2.4.1.4 Qualificação de juntas de topo usando prova-de-carga.....   | 46 |
| 3.2.4.1.5 Juntas de topo usadas em reparação de lamelas .....   | 47 |
| 3.2.4.2. Qualificação dos adesivos .....  | 47 |
| 3.2.4.2.1. Ensaio de qualificação .....   | 47 |
| 3.2.4.2.2. Ensaio do lote de adesivo.....   | 48 |
| 3.2.4.2.3 Outros ensaios de qualificação.....   | 48 |
| 3.2.4.3 Qualificação de compósitos estruturais de madeira (SCL) .....                                       | 48 |
| 3.2.4.4 Qualificação das lamelas manufaturadas .....  | 49 |
| 3.2.4.5 Qualificação de grupos de espécies com resistência e características<br>de colagem comparáveis..... | 49 |
| 3.2.5 Controle de qualidade diário .....  | 49 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.5.1 Ensaio na linha de produção .....  | 50 |
| 3.2.5.2 Ensaio físico .....  | 50 |
| 3.2.5.2.1 Amostragem .....   | 52 |
| 3.2.5.2.2 Juntas de face e laterais .....  | 53 |
| 3.2.5.2.3 Juntas de topo.....  | 53 |
| 3.2.5.2.4 Linhas de produção separadas.....  | 54 |
| 3.2.5.2.5 Ensaio para a colagem de juntas de face.....   | 54 |
| 3.2.5.2.6 Ensaio para colagem de juntas laterais .....   | 55 |
| 3.2.5.2.7 Ensaio para colagem de juntas de topo .....  | 55 |
| 3.2.5.2.8 Ensaio de prova-de-carga de juntas de topo .....                                     | 56 |
| 3.2.5.2.9 Ensaio de junta de topo usados para reparação de lamelas .....                       | 56 |
| 3.2.5.2.10 Ensaio de integridade da linha de adesivo.....                                      | 56 |
| 3.2.5.3 Inspeção da produção acabada.....  | 57 |
| 3.2.5.4 Auditoria por uma agência de inspeção credenciada .....                                | 58 |
| 3.3 Selos de controle de qualidade.....  | 58 |
| 3.4 Agências de inspeção credenciada (AIC).....  | 60 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS.....  | 64 |
| 5. RESULTADOS.....   | 66 |
| 5.1 Combinação 1 - espécie Pinus sp - sem tratamento - emendas de face -<br>cisalhamento ..... | 66 |
| 5.2 Combinação 2 - Pinus sp - Tratamento para ambiente seco/colado/tratado...                  | 69 |
| 5.3 Combinação 3 - Lyptus - sem tratamento - cisalhamento Seco.....                            | 70 |
| 5.4 Combinação 4 - Lyptus - Seco/colado/tratado .....  | 73 |
| 5.5 Combinação 5 - Eucalyptus grandis - Tratado/colado.....                                    | 75 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 6. CONCLUSÕES .....                 | 78 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 80 |
| 8. GLOSSÁRIO.....                   | 83 |

## 1. INTRODUÇÃO

A Madeira Laminada Colada (MLC) é um produto engenheirado de madeira que requer precisão de fabricação em todos os seus estágios. O produto acabado pode somente ser testado em condições laboratoriais, entretanto, é necessário o controle de qualidade na produção para assegurar que as propriedades da MLC sejam adequadas com as resistências especificadas para o material de acordo com as normas vigentes (CAN/CSA 0177 - 2006).

Este trabalho foi desenvolvido a partir da realização de três estágios curriculares principais, sendo o primeiro na Indústria Battistella – Lages / Santa Catarina, desenvolvendo atividades referentes ao controle de qualidade e reparação de compensados estruturais tratados com CCA, no período de janeiro e fevereiro de 2007. O segundo no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP), São Carlos / São Paulo, no estudo do adesivo para uso estrutural WonderBond EPI a base de isocianato para a aplicação em MLC, no mês de julho de 2007. E o terceiro na TECO em Sun Prairie - Wisconsin / EUA, no período de agosto a novembro de 2008 na avaliação das principais normas e métodos de ensaio internacionais no assunto e visitas a indústrias de MLC nos EUA e no Canadá.

O sistema de controle de qualidade é definido pelas ações realizadas por um fabricante em relação aos materiais, métodos, equipamentos, mão-de-obra e produto final, para satisfazer os requisitos necessários de uma norma de controle de qualidade (AITC 115, 2005).

Nos Estados Unidos, o American Institute of Timber Construction (AITC) é a instituição reconhecida para realizar o programa de controle de qualidade da madeira estrutural (AITC TN10).

O programa de qualidade conta com vários especialistas que entendem da importância do processo de certificação para conseguir a confiança do consumidor e a qualidade final do produto.

Para prever a performance estrutural da MLC com base nesse programa é necessária a realização de ensaios mecânicos diários, sistemas de avaliação em pontos estratégicos da produção e inspeção constante durante o processo de produção. Destaca-se que todas essas atividades devem ser auditadas e verificadas por inspetores credenciados.

## **2. OBJETIVO**

O objetivo principal deste trabalho é estabelecer os requisitos para o controle de qualidade para a fabricação de elementos estruturas de MLC e, assim, criar os subsídios necessários para a certificação dos materiais e da montagem de elementos estruturais de MLC certificados. Os objetivos específicos foram: revisão bibliográfica sobre as principais normas no assunto, com referência aos requisitos de materiais para a produção de MLC, Sistema de Controle de Qualidade, Selos de Controle de Qualidade, Agência de Inspeção Credenciada (AIC); avaliação experimental de cinco combinações adesivo – espécie de madeira – tratamento preservativo e recomendações para o controle de qualidade.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Considerando que no Brasil ainda não existe uma norma específica de qualificação para os fabricantes de MLC e com o promissor mercado futuro, pretende-se neste trabalho propor algumas recomendações para a qualificação de produtos de MLC baseadas nas Normas Canadenses CSA 0177-2006, Americana AITC A190.1-2007 e Européia EN 386-2001, com ênfase principal no sistema de controle de qualidade dos materiais empregados na produção de MLC. Este estudo mostra que as recomendações dadas pelas mesmas são bem similares e, optou-se por adotar, principalmente, a Norma Americana AITC A190.1-2007 por ser a mais completa, por apresentar detalhadamente os métodos de ensaios dos materiais e, porque, a proposta de revisão da NBR 7190/97 referente a MLC, apresenta suas recomendações de materiais e cálculo estrutural baseados na mesma norma.

A Norma Canadense CAN/CSA 0177 em vigor a partir de 6 de fevereiro de 2006, intitulada “Qualification Code for Manufactures of Structural Glued Lamelated Timber” apresenta: abrangência da norma, referências normativas, definições, certificação, pessoal e equipamentos, controle de qualidade, fabricação, manuais necessários e ensaios de qualificação. Em seu item 6, a norma descreve a organização do controle de qualidade com ênfase em medidas, tipos de equipamentos e respectivas precisões requeridas para o controle de qualidade, registros necessários e experiência do pessoal envolvido no sistema. Alguns métodos de ensaios propostos para a qualificação são baseados na norma americana. Os ensaios de qualificação recomendados são os mesmos da ANSI/A – 190, ou seja: testes de cisalhamento, delaminação cíclica, adesivos e juntas de topo (permite ensaios de flexão ou de tração). Esta norma também apresenta no seu anexo D (informativo) modelos de certificação de qualificação, de conformidade, e de marcas de registro.

A Norma Européia EN 386 em vigor a partir de outubro de 2001, intitulada “Glued Lamelated Timber – Performance requirements and minimum production

requirements” apresenta-se dividida em sete itens, sendo estes: abrangência, referências normativas, termos e definições, símbolos, requisitos dos materiais, requisitos de produção, e controle de qualidade. Em seu item 7, apresenta as recomendações para o controle de qualidade de MLC. Algumas particularidades dessa norma em relação a AITC A190 referentes ao controle de qualidade são:

a) Espécies de madeira usadas e recomendadas para MLC: European whitewood (*Picea abies*, *Abies alba*); European redwood (*Pinus sylvestris*); Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*). Relata ainda que as seguintes espécies tenham sido utilizadas para a fabricação de MLC: Hemlock (*Tsuga heterophylla*), Corsican Pine and Austrian black pine (*Pinus nigra*); Larch (*Larix decidua*); Maritime Pine (*Pinus pinaster*); Poplar (*Populus robusta*, *Populus alba*); Radiata Pine (*Pinus radiata*); Sitka spruce (*Picea sitchensis*); Western red cedar (*Thuja plicata*).

b) Espessura das lamelas menor ou igual a 45 mm;

c) Emendas de topo: adotar o ensaio de flexão de viga (EN 385) e não o de tração na lamela;

d) Documentação: Manual de qualidade de produção deve conter informações da estrutura organizacional do sistema de controle de qualidade utilizado, procedimentos para especificação e verificação do controle de qualidade da madeira e do adesivo, controle de produção, processos de ações sistemáticas a serem usadas, inspeções e ensaios a serem realizados antes, durante e após a produção e, frequências com que os procedimentos são conduzidos. A documentação deve ser guardada por 10 anos.

e) A instalação, equipamentos, pessoal e manuais devem estar disponíveis para as inspeções e ensaios periódicos não programados pelas agências de inspeção credenciadas.

Neste trabalho são apresentadas nos itens de 3.1 a 3.4, as principais recomendações mencionadas pelas normas atuais existentes no assunto que são as normas Canadenses CSA 0177-2006, Americana AITC A190.1-2007 e Européia EN

386-2001. Não são apresentados trabalhos específicos de pesquisadores individuais devido à amplitude do assunto.

Cabe ressaltar que trabalhos específicos serão fundamentais na elaboração a norma brasileira, principalmente, no que diz respeito ao estudo de espécies brasileiras.

### **3.1 Requisitos de materiais para a produção de MLC**

Conforme a Norma Americana AITC A190.1-2007 os requisitos essenciais dos materiais utilizados na produção de MLC devem atender os seguintes itens: generalidades, dimensões e tolerâncias, lamelas para lamelagem, lamelagem, adesivos, enxertos de madeira, manufatura e classificações de aparência.

#### **3.1.1 Generalidades**

Segundo a Norma Americana AITC A190.1-2007 o sistema de controle de qualidade inclui:

- a) Análise de cada fase do processo de produção;
- b) Ensaios físicos em amostras representativas da produção acabada;
- c) Inspeção visual da produção acabada;
- d) Auditorias periódicas por uma agência credenciada como definido pelo

item 3.4.

Essa etapa do processo é de fundamental importância, tendo em vista a especificação dos materiais utilizados no processo produtivo, pois trata de um material para uso estrutural na construção civil.

### **3.1.2 Dimensões e Tolerâncias**

A dimensão e forma da madeira lamelada precisam estar de acordo com o combinado entre o comprador e o vendedor, a partir das especificações descritas a seguir.

#### **3.1.2.1 Tolerâncias para as dimensões**

As tolerâncias dimensionais permitidas na manufatura das peças para a produção de MLC são as seguintes:

- Largura  $\pm 2$  mm;
- Altura  $\pm 3$  mm por 305 mm de altura
- Comprimento até 6 m  $\pm 2$  mm, acima de 6 metros  $\pm 2$  mm a cada 6 metros;

#### **3.1.2.2 Tolerâncias para a curvatura ou linearidade**

As tolerâncias para a curvatura são aplicadas por ocasião da manufatura sem considerar o deslocamento do peso próprio. Para peças de até 6 metros de comprimento a tolerância é de  $\pm 6$  mm. Acima de 6 metros de comprimento a tolerância deve aumentar no máximo 3 mm a cada adicional de 6 metros ou fração, mas não deve exceder 19 mm ao longo de todo comprimento. As tolerâncias são aplicáveis para elementos retos ou levemente curvos e, não são aplicadas a elementos curvos como os arcos.

### **3.1.2.3 Tolerâncias para as seções transversais retangulares**

As tolerâncias para as seções transversais retangulares devem ser de  $\pm 3$  mm para cada 300 mm de altura, a menos que uma forma de seção transversal especial seja especificada. Esta medida deve ser feita colocando-se um lado de um esquadro na fase do topo e/ou na face do fundo e, então, medir a diferença com outro esquadro do elemento colocado na face oposta da viga.

### **3.1.3 Lamelas para a lamelagem**

A seguir serão apresentadas as principais especificações das lamelas para a produção da MLC.

#### **3.1.3.1 Espécies**

Para fins dessas recomendações, espécies de madeira de coníferas e folhosas podem ser aprovadas para uso em MLC caso as classes de tensão sejam as estabelecidas pela ASTM D 3737.

#### **3.1.3.2 Umidade**

A umidade da madeira não deve exceder 16% no instante da colagem. Uma exceção se aplica quando conhecida a umidade de equilíbrio da MLC em uso e esta for maior de 16%, porém, a umidade das lamelas no instante da colagem não deve

exceder 20%. Os procedimentos de colagem de topo, assim como de face para a madeira acima de 16% devem ser aprovados por uma agência de inspeção credenciada. A variação de umidade das lamelas de madeira a serem montadas em uma mesma peça não deve exceder em 5% se a umidade da madeira estiver a 12%. A umidade de uma peça de madeira deve ser tomada como a média das umidades medidas na seção transversal e ao longo do comprimento da peça. A determinação da umidade deve ser feita de acordo com a NBR 7190/97.

### **3.1.3.3 Classificação da lamela serrada**

A lamela serrada pode ser classificada visualmente, mecanicamente ou por prova-de-carga. Todas as lamelas devem ser classificadas antes da colagem. As lamelas para lamelagem de peças múltiplas (lamelas compostas de duas ou mais peças de madeira através da largura da seção transversal) devem ser classificadas como peças individuais de madeira, exceto pela lamela manufaturada que tenha sido qualificada por uma agência de inspeção credenciada.

#### **3.1.3.3.1 Lamela classificada visualmente**

As lamelas devem ser classificadas de acordo com as regras de classificação da AITC 407 (2005) e/ou por regras especiais de classificação. Estas classificações de lamelas podem ser modificadas, caso seja necessário, para atender os requisitos especificados para as espécies de madeira.

### **3.1.3.3.2 Lamelas classificadas mecanicamente**

As lamelas classificadas mecanicamente devem estar de acordo com as regras da AITC 407 (2005).

A classificação a partir do módulo de elasticidade pode ser feita mecanicamente por três métodos diferentes: E-rated, máquina de classificação por tensões (MSR) e máquina de avaliação de lamelas (MEL). Estas classificações devem ser modificadas quando necessárias de acordo com os requisitos especificados para as diferentes espécies.

### **3.1.3.3.3 Lamelas classificadas com prova-de-carga**

Lamelas classificadas com prova-de-carga são aquelas classificadas por resistência em ensaios individuais de cada peça em tração. O ensaio deve ser qualificado com a supervisão de uma agência de inspeção credenciada. A lamela de madeira classificada em prova-de-carga deve estar sujeita a um controle de qualidade baseada em ensaios de tração em peças estruturais como especificado na AITC 406 (2005). O ensaio de prova-de-carga deve ser limitado a peças individuais de madeira sem emendas de topo.

### **3.1.3.4 Lamelas manufaturadas**

As lamelas manufaturadas consistem em duas ou mais peças coladas e qualificadas de acordo com os requisitos dados pela AITC 401 (2005). Lamelagens de

múltiplas peças nas quais as coladas lateralmente não são consideradas lamelas manufaturadas devem ser classificadas como peças separadas de acordo com o 3.1.3.3.

#### **3.1.3.5 Lamelas de Compósitos Estruturais (SLC)**

As lamelas de compósitos estruturais (SCL - Structural Composit Lumber) devem ser definidas pela ASTM D5456 e satisfazer os requisitos da AITC 402 (2005), aplicáveis para uso em MLC. Adesivos não resistentes à umidade não devem ser usados em MLC estrutural.

#### **3.1.3.6 Combinações de classificações**

As combinações de classificações e seus correspondentes valores de cálculo devem ser adotados de acordo com a ASTM D 3737 ou devem ser obtidos em ensaios de laboratório com normas reconhecidas. As combinações de classificações devem ser aprovadas por uma agência de inspeção credenciada. Classificações alternativas de madeira são permitidas para substituir classificações padrões de lamelas em combinações de classificações em acordo com a ASTM D 3737, desde que as mesmas alternativas sejam qualificadas de acordo com AITC 407 (2005).

#### **3.1.4 Lamelagem**

A lamelagem pode ser definida como a etapa de colagem das lamelas no processo de produção da MLC. A seguir são apresentadas as principais especificações desse processo.

### 3.1.4.1 Superfície de Colagem

Todas as superfícies de colagem incluindo face, lateral e topo devem ser lisas, exceto por menores variações locais, devem ser isentos de fibras levantadas, fibras reversas, pedaços ásperos, fibras queimadas, fibras vitrificadas e de outros desvios do plano da superfície que podem interferir com o contato entre as fibras na superfície da madeira. Todas as superfícies de colagem devem ser livres de pó, materiais estranhos e exsudação os quais prejudicam uma colagem eficiente. A figura 1 ilustra as superfícies de colagem.

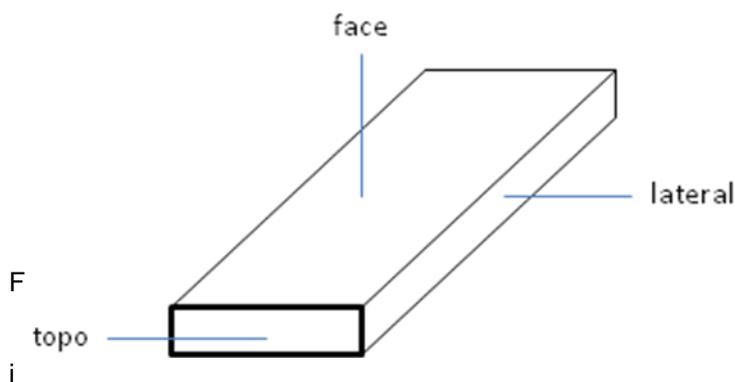


Figura 1. Superfícies de colagem.

### 3.1.4.2 Esmoadado

Para as condições em serviço secas, são permitidos esmoados de até um sexto da largura de cada face das lamelas interiores. O esmoado é permitido ser usado em condições úmidas quando o acúmulo de umidade nas áreas de esmoado não

ocorre. Para laminações de múltiplas peças (através da seção transversal) o esmoado não é permitido nas juntas laterais coladas ou não.

### **3.1.4.3 Tolerâncias Dimensionais**

As lamelas não devem exceder 50 mm de espessura. Na hora da colagem, as variações na espessura ao longo da largura da lamela não devem exceder  $\pm 0,2$  mm. A variação na espessura ao longo do comprimento de uma peça individual de madeira ou de lamela não deve exceder  $\pm 0,3$  mm. A variação da espessura deve ocorrer aleatoriamente pela largura e ao longo do comprimento de modo que o efeito acumulativo não contribua para variações da altura lado a lado maior do que o permitido em 3.1.2.1 e 3.1.2.3. Os defeitos de regularidade não devem ser grandes, para não afetar a retinidade na pressão da colagem.

#### **3.1.4.3.1 Tolerâncias na espessura das lamelas com adesivos de preenchimento de falhas**

Quando adesivos de preenchimento de falhas são utilizados como especificados em 3.1.5.2 todos os requisitos de 3.1.4.3 se aplicam exceto quando:

a) As variações na espessura das lamelas excederam as limitações de espessura especificadas em 3.1.4.3, mas a espessura máxima da linha de cola não deve exceder 2 mm.

b) A espessura das lamelas podem exceder 50 mm.

### **3.1.5 Adesivos**

Os adesivos devem estar de acordo com os requisitos da AITC 405 (2005).

#### **3.1.5.1 Especificações**

Cada recipiente de adesivo deve ser identificado com o nome do fabricante, nome ou especificação do adesivo, número do adesivo do fabricante e data de validade. As especificações de cada recipiente com todas as informações necessárias devem ser feitas visivelmente e com clareza de leitura para o observador. O adesivo vencido não deve ser usado a menos que seja recertificado por escrito pelo fabricante do adesivo e nova data de validade seja mostrada no local adequado.

#### **3.1.5.2 Adesivos de preenchimento de falhas**

Os adesivos de preenchimento de falhas devem estar de acordo com todas as especificações de adesivos estruturais quando testado com uma linha de espessura de cola de 2 mm. As cunhas devem ser usadas para assegurar que a espessura de cola necessária seja mantida durante a preparação da seção do elemento.

#### **3.1.5.3 Ensaios do lote de adesivo**

Cada novo lote de adesivo previamente qualificado como em 3.2.4.2 deve ser testado para comprovar a resistência e a durabilidade de acordo com o descrito nos itens 3.1.5.3.1 e/ou 3.1.5.3.2 e 3.1.5.3.3, antes da liberação do lote para o consumo. As

amostras para os ensaios devem ser preparadas separadamente antes do uso do adesivo para a produção e retirados da primeira produção. Os ensaios devem ser realizados em amostras que foram manufaturadas em espécies a serem usadas na produção em MLC e adotando os mesmos procedimentos de cura do adesivo. Os ensaios dos novos lotes de adesivo para a colagem de junta de face devem satisfazer os requisitos para a colagem das juntas laterais. Os adesivos de preenchimento a serem avaliados nos ensaios devem ser retirados de amostras especialmente feitas usando cunhas, ou ainda, por um método similar para manter a espessura da linha de cola equivalente à máxima espessura de linha de cola a ser aprovada.

#### **3.1.5.3.1 Colagem de Junta de Face**

##### Resistência e falha na madeira

Ensaio de cisalhamento devem ser realizados em cada novo lote de adesivo de acordo com o método de ensaio AITC T107 (2004). A resistência média ao cisalhamento da amostra deve ser maior ou igual a 90% da média da resistência ao cisalhamento paralelo às fibras da madeira, e não devem apresentar nós de acordo com ASTM D2555. Quando grupos de espécies de madeira são usados, o procedimento para designar valores para os grupos descritos na ASTM D2555 deve ser adotado. O valor de cisalhamento para umidade de 12% deve ser usado também para umidades abaixo de 12%. A média da ruptura da madeira na superfície cisalhada de todos os corpos-de-prova devem ser maiores que 80% para adesivos usados com coníferas e folhosas não densas e, maiores de 60% para adesivos usados com folhosas densas.

### **3.1.5.3.2 Colagem de junta de Topo**

#### Resistência e falha na madeira

As amostras de juntas de topo devem ser preparadas usando os mesmos procedimentos de cura do adesivo usados na produção. Os adesivos usados em junta de topo devem ser avaliados pela resistência e ruptura da madeira de acordo com o método de ensaio AITC T119 (2004). Um mínimo de quatro juntas devem ser ensaiadas para cada lote de adesivo utilizado. A média da ruptura na madeira de todos os corpos-de-prova ensaiados deve ser igual ou maior a 80% para coníferas ou folhosas não densas ou 60% para folhosas densas. A resistência média necessária para todos os corpos-de-prova testados deve ser determinado por um ensaio de qualificação como especificado em 3.2.4.1.3.

### **3.1.5.3.3 Durabilidade da Linha de Adesivo**

#### Colagem de face e de topo

A durabilidade da colagem da junta de face e de topo deve ser ensaiada de acordo com o método de ensaio AITC T110 (2004) em cada novo lote de adesivo. Depois de um ciclo completo, as coníferas não devem ter mais do que 5% de delaminação e as folhosas não mais que 8% de delaminação. As amostras de junta de face e de topo devem ser preparadas usando os mesmos procedimentos de cura de adesivo usados na produção.

### **3.1.6 Enxertos de madeira**

O uso de enxertos de madeira é permitido para satisfazer os requisitos de aparência. A umidade dos enxertos devem estar de acordo com 3.1.3.2. Um adesivo para preenchimento de falhas deve ser usado quando a pressão adequada não puder ser mantida na linha de colagem do enxerto.

#### **3.1.6.1 Aplicação de Enxertos**

a) A altura do enxerto deve ser limitada a 13 mm para lamelas menores do que 140 mm em largura e 19 mm para lamelas maiores de 140 mm de elementos comprimidos e em regiões de elementos fletidos correspondentes aos 5% mais externos da altura da zona tracionada.

b) Altura de enxertos localizados nos 5% mais externos da altura de elementos fletidos dentro da zona de tração ou em qualquer laminação em elementos tracionados deve ser limitada a 6 mm para lamelas com larguras inferiores a 140 mm e 10 mm para lamelas com larguras superiores a 140 mm. A altura do enxerto pode ser aquela especificada no item a), se, para um carregamento conhecido de um elemento estrutural, forem calculadas as zonas na porção tracionada que serão carregados com menos de 50% da resistência à flexão de projeto. Os enxertos usados na porção tracionada em elementos fletidos ou em elementos tracionados devem ser chanfrados nas pontas com uma inclinação 1:16;

c) Os adesivos e o método de colocação dos enxertos devem fornecer características apropriadas de durabilidade para o uso final.

### **3.1.7 Manufatura**

A seguir serão apresentados os requisitos de manufatura de MLC.

#### **3.1.7.1 Lamelas**

A seleção e preparação de lamelas e adesivos devem estar de acordo com 3.1.3, 3.1.4 e 3.1.5. A preparação do adesivo, o intervalo entre a mistura e a aplicação, a aplicação propriamente dita, o tempo de montagem, a pressão de montagem, a temperatura e o tempo de cura, devem ser baseados nas recomendações do fabricante do adesivo com a qualificação subsequente e controle diário de qualidade pela indústria de MLC.

As partes constituintes que compõem a mistura do adesivo devem ser determinadas por peso. Líquidos são permitidos para serem medidos por volume, somente depois que os recipientes forem calibrados com base no peso. O equipamento de mistura automática do adesivo pode ser utilizado. As proporções de misturas devem ser mantidas dentro dos limites prescritos pelo fabricante do adesivo. A relação da mistura deve ser verificada no mínimo diariamente por procedimentos descritos no ensaio AITC T 122 (2004).

O adesivo quando misturado antes da aplicação ou aplicado separadamente deve ser aplicado uniformemente nas superfícies da madeira em quantidades adequadas para encontrar os requisitos de desempenho desta norma. A determinação

da velocidade de aplicação do adesivo deve ser feita de acordo com o ensaio AITC T 102 (2004). Nenhum adesivo deve ser usado depois de vencida sua data de validade como especificada pelo fabricante do adesivo.

A temperatura das superfícies da madeira na hora da colagem pode ser um ponto importante para conseguir, satisfatoriamente, a colagem do adesivo. Os ajustes no tempo de montagem, quantidade de adesivo aplicado e condições de cura devem ser feitos dependendo da madeira e da temperatura ambiente. A adequação dos ajustes deve ser demonstrada por ensaios de cisalhamento e de durabilidade em temperaturas mais baixas e mais altas quando comparadas àquelas na qual a lamelagem vai ser realizada.

A pressão de montagem deve estar de acordo com as recomendações do fabricante do adesivo. Outras tábuas ou placas podem ser usadas, caso necessário, para prevenir o esmagamento local nas lamelas externas.

A temperatura da mistura do adesivo deve ser medida, com frequência suficiente, para assegurar que o tempo de vida do adesivo não seja excedido.

#### **3.1.7.1.1 Montagem da junta de face e colagem**

As juntas de face devem ter a pressão de colagem aplicada uniformemente começando em qualquer ponto. A pressão deve ser mantida por um período de tempo suficiente para assegurar um firme contato entre as lamelas e não sobrecarregar as linhas de colagem durante o desenvolvimento da resistência da mesma. As pressões devem ser verificadas antes da cura substancial e ajustadas de acordo com as necessidades do processo. Não é permitido o uso de conectores mecânicos como pregos, parafusos, etc, para assegurar a pressão de colagem.

### **3.1.7.1.2 Montagem da junta lateral e colagem**

A colagem da junta lateral não é necessária a menos que o calculista especifique uma necessidade estrutural. Quando a colagem de junta lateral é um requisito estrutural, as juntas laterais devem ser ensaiadas da mesma maneira que a junta de face e os mesmos requisitos se aplicam para a ruptura da madeira e resistência ao cisalhamento. Um adesivo de preenchimento de falhas deve ser usado para colar as juntas laterais a menos que a largura máxima das peças a serem coladas seja menor ou igual a 51 mm.

Quando as juntas laterais não são coladas, as mesmas devem ser niveladas lateralmente em lamelagens adjacentes em pelo menos a espessura líquida da lamela. Quando as juntas laterais são pré-coladas, de acordo com os requisitos 3.1.7.1.1, as mesmas não precisam ser niveladas lateralmente.

Quando lamelas de múltiplas peças não são coladas lateralmente, entende-se que as laterais das peças estão razoavelmente próximas umas das outras. O espaçamento lateral no topo e no fundo das lamelas é permitido ser de até 6 mm para o comprimento total com valores ocasionais de 10 mm. Os espaçamentos laterais no interior das lâminas não devem exceder 10 mm para larguras nominais iguais ou menores que 235 mm, 13 mm para larguras de até 286 mm e 16 mm para larguras de até 337 mm. Para larguras superiores a 337 mm a abertura permitida deve ser proporcional ao correspondente para a largura de 337 mm. As medidas das aberturas devem ser acumulativas através da secção transversal das lamelas.

Quando são usadas laminações de múltiplas peças (não coladas lateralmente), as falhas das juntas laterais que são expostas visualmente, devem ser preenchidas com um material de preenchimento ou enxertos de madeira. Juntas laterais não coladas não devem ser permitidas em condições de serviço úmida onde a umidade pode acumular-se entre as juntas.

### **3.1.7.1.3 Processo de cura**

Os procedimentos de lamelagem e manual de controle de qualidade devem incluir os procedimentos de colagem para cada formulação do adesivo usado. Um procedimento separado deve ser estabelecido para cada combinação tratamento – espécie – adesivo. Os procedimentos devem incluir relações de tempo e temperatura.

### **3.1.7.2 Juntas de topo**

Quando peças individuais de lamelas são ligadas por juntas de topo para fazer lamelas maiores, as juntas de topo precisam satisfazer os requisitos dessa proposta de norma. As juntas de topo para elementos de flexão, tração e compressão devem ser qualificadas de acordo com essa norma (ver 3.2.4.1).

#### **3.1.7.2.1 Montagem e colagem**

As juntas de topo devem ser pré-coladas ou montadas e, coladas integralmente com as juntas de face. Para emendas biseladas a tolerância de espessuras da junta final no momento da colagem de face deve ter uma variação entre 0,1mm e 0,5mm da espessura da lamela que está sendo colada. Para emendas dentadas a tolerância da espessura é de 0,8 mm. A espessura dos entalhes expostos nas juntas biseladas ou dentadas (finger joint) que ocorreram na largura total da face de

lamelagem não devem exceder 0,8 mm na face mais externa de tração de elementos fletidos ou de elementos tracionados.

Quando as juntas de topo são coladas integralmente com a colagem das juntas laterais, elas precisam ser mantidas alinhadas durante a colagem das juntas. Métodos de posicionamento e alinhamento das lamelas devem permitir medidas das tolerâncias com medidores. As emendas de topo para a produção de elementos curvos devem ser pré-coladas a menos que a espessura de tolerância da montagem da área da junta de topo e alinhamento possam ser mantidas por outros métodos.

As juntas de topo devem ser coladas com os mesmos requisitos para as juntas de face, com as apropriadas modificações para o espalhamento do adesivo, tempo de montagem, aplicação de pressão e tempos de cura para os métodos usados.

#### **3.1.7.2.2 Juntas de topo usadas para reparação**

Os procedimentos para a reparação das lamelas, usando juntas de topo que são integralmente coladas, nos processos de reparação devem ser avaliados por uma agência de inspeção credenciada usando o mesmo critério de ensaio e de tolerâncias de manufatura daqueles aplicados na produção de juntas de topo. O procedimento para testes e avaliação, dados na AITC 403 (2005) deve ser seguido.

Quando reparações estruturais usando juntas de topo são usadas para lamelas que contenham juntas de topo previamente classificadas pelo ensaio de prova-de-carga, o elemento contendo a lamelagem reparada não deve ser marcada como um elemento contendo as juntas de topo com prova-de-carga.

### **3.1.7.2.3 Nós localizados nas juntas de topo ou próximos a elas**

Os nós localizados nas juntas biseladas devem ser limitados a aqueles permitidos para a classificação da lamela e em nenhum caso eles devem exceder  $\frac{1}{4}$  da largura nominal da peça em lamelas que ocupem os 10% mais externos das lamelas tracionadas nos elementos fletidos.

Emendas dentadas de topo não devem conter nós, exceto naquelas que, ocasionalmente, ocorram com um pequeno nó que não exceda 10 mm de diâmetro, em elementos tracionados e em lamelas situadas nos 10% da altura mais externas do lado tracionado de elementos fletidos. Também um pequeno nó ocasional de 13 mm de diâmetro é permitido em juntas de topo nas outras partes dos elementos fletidos e nos elementos comprimidos. Em lamelas tracionadas de elementos fletidos e em elementos tracionados, próximos da emendas longitudinais não são permitidos nós a uma distância menor ou igual a 152 mm.

Em elementos comprimidos, não são permitidos nós com dimensões maiores que 19 mm em regiões próximas as emendas dentadas sendo a distância mínima permitida entre a emenda dentada e o nó, o diâmetro do nó em questão.

A medida do espaçamento do diâmetro do nó próximo das juntas de topo deve ser realizada paralela ao eixo longitudinal da peça de madeira. As distâncias dos nós das emendas dentadas devem ser medidas da lateral do nó mais próximo do início da junta.

#### **3.1.7.2.4 Espaçamento das juntas de topo em lamelas adjacentes**

O espaçamento entre juntas de topo em uma mesma lamela é determinado pela medida da distância entre qualquer parte das juntas em lamelas adjacentes na direção paralela ao eixo longitudinal de uma lamela simples.

O espaçamento de juntas biseladas é determinado pela medida da distância entre suas pontas ao longo da linha de colagem de lamelas simples. Além disso, um plano de ângulo reto com eixo do elemento que intercepta uma junta biselada na lamelagem não deve interceptar qualquer parte do outro plano da emenda biselada na lamela adjacente, como mostra na figura 2(a). O espaçamento de emendas dentadas é determinado pela medida da distância entre suas pontas ao longo da linha de colagem de lamelas simples, como mostra a figura 2(b).

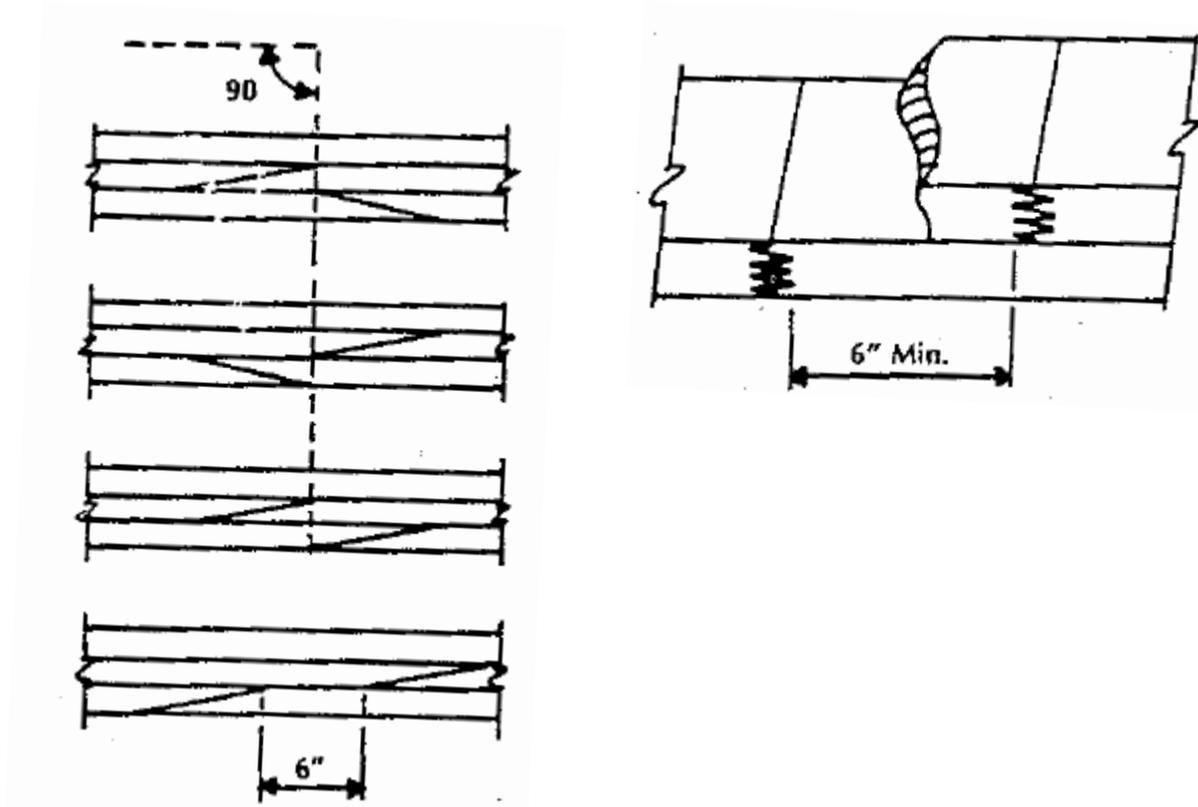


Figura 2(a). Espaçamento de emendas biseladas; (b). Espaçamento de emendas dentadas.

Quando são utilizadas lamelagens de múltiplas peças o espaçamento entre as emendas de topo em uma mesma lamelagem deve ser no mínimo de 152 mm, como é mostrado na figura 3.

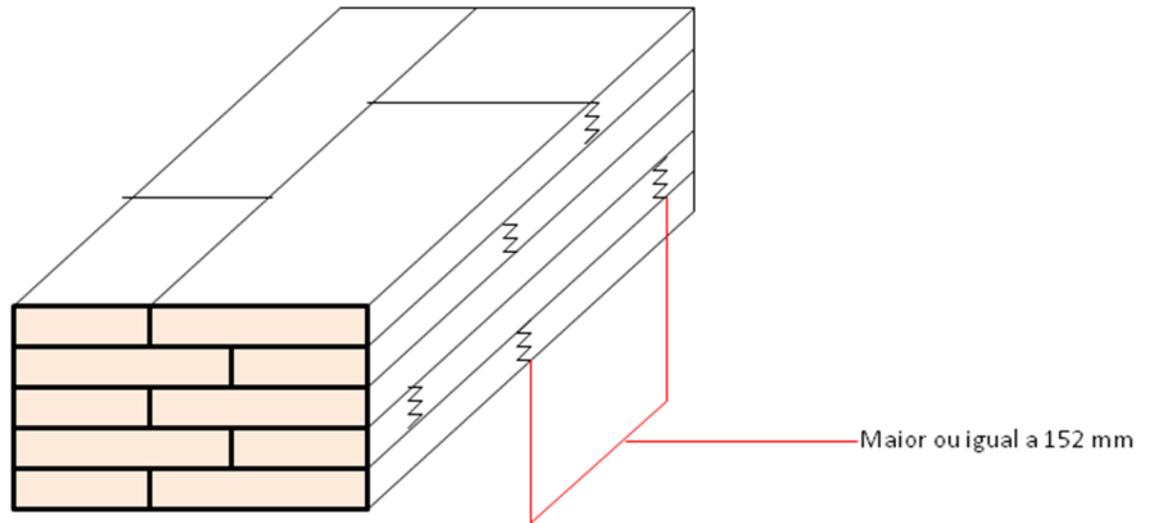


Figura 3 – Espaçamento entre emendas

Concentrações de junta de topo devem ser evitadas. Juntas de topo devem ser distribuídas como segue:

a) Elementos tracionados – quando um carregamento específico de um elemento estrutural é usado para determinar se o elemento será carregado com menos de 75% de seu valor de cálculo, uma ocorrência simples de dois nós em lamelagens adjacentes com espaçamento menor do que 152 mm é permitido a cada comprimento de 9,1 m;

b) Parte tracionada em elementos fletidos – o espaçamento mínimo deve ser de 152 mm para juntas de topo em lamelagens adjacentes em partes tracionadas de elementos fletidos para a parte mais externa correspondente a  $1/8$  da altura da barra. Esse espaçamento se aplica em 75% da zona solicitada à tração. Não há espaçamento mínimo para a porção restante da zona tracionada.

Quando são determinados os valores de cálculo das tensões na parte tracionada dos elementos fletidos para os carregamentos acima dos 50%, o espaçamento mínimo necessário se aplica somente nessas zonas;

c) Elementos comprimidos e partes comprimidas de elementos fletidos – não há requisitos para espaçamento mínimo de emendas de topo em elementos comprimidos ou em partes comprimidas de elementos fletidos;

d) Ocorrências ocasionais de emendas de topo espaçadas mais próximas do que os mínimos acima especificados são permitidos quando são considerados os defeitos da combinação estrutural da posição na barra e a ocorrência de outras características de redução da resistência;

e) Quando as emendas de topo são classificadas em ensaios de prova-de-carga de acordo com o método de ensaio AITC T 118 (2004) ou AITC T 121 (2004), não há requisitos para o espaçamento mínimo de junta de topo;

f) Quando as lamelagens externas do lado tracionado de um elemento fletido é reparado pelos procedimentos descritos pela AITC 403 (2005), a reparação deve ser feita de tal maneira que nenhuma emenda de topo na lamelagem externa ou próxima a lamelagem interna ocorra dentro do intervalo de 152 mm em qualquer lado desta reparação;

g) Nenhum espaçamento de junta de topo é aceito em arcos;

#### **3.1.7.2.5 Espaçamento das juntas de topo em uma mesma lamela**

a) As juntas de topo não devem ser espaçadas mais de 1,8 metros na mesma lamela em elementos tracionados ou na parte correspondente a 10% da altura mais externa na parte tracionada de elementos fletidos, exceto por uma ocorrência ocasional de duas emendas de topo serem espaçadas menos do que 1,8 metros. O espaçamento das linhas de topo na mesma lamela pode ser menor que 1,8 m no restante dos elementos fletidos ou nos elementos comprimidos;

b) Não há limitações de espaçamentos de emendas de topo na mesma lamelagem de qualquer tipo de elemento, desde que todas as lâminas sejam classificadas por ensaio de prova-de-carga em tração de acordo com o método de ensaio AITC T 121 (2004) e, que as lamelas sejam novamente aparelhadas após a realização da emenda com as tolerâncias dadas em 3.1.4.3.

### **3.1.8 Classificações de aparência**

A MLC deve ser acabada para uma estrutura do tipo industrial, arquitetônica ou classificação especial em função de sua aplicação final.

## **3.2 Sistema de Controle de Qualidade**

O sistema do controle de qualidade de uma indústria de MLC deve ser estabelecido, implementado, mantido pela indústria , aprovado e auditorado por uma agência de inspeção credenciada.

### **3.2.1 Manuais da Instalação**

Os procedimentos de produção e o sistema de controle de qualidade da instalação devem ser descritos nos manuais. Os pontos de controle da produção,

ensaios físicos e os procedimentos de inspeção visual devem ser incluídos no manual de controle de qualidade. Os manuais devem ser mantidos e utilizados na linha de produção. Estes manuais devem ser aprovados por uma agência de inspeção credenciada e devem ser periodicamente avaliados pela mesma.

### **3.2.2 Registros do Controle de Qualidade**

Os registros dos procedimentos do controle de qualidade devem ser mantidos pela indústria. Os seguintes registros devem ser mantidos por período mínimo de cinco anos:

A. Resultados dos ensaios de qualificação;

B. Realizações de ensaios diários na produção manufaturada, incluindo ensaios de cisalhamento, ensaios de delaminação cíclica e ensaios de resistência de juntas;

C. Resultados de ensaios na linha de produção – uma lista de ensaios diários em cada fase da linha de produção deve ser observada. Todos os itens devem ser conduzidos com comentários de acordo com as regras propostas. Quando alguma irregularidade for encontrada a ação e correção do procedimento deve também ser anotada;

D. A documentação de qualquer análise de engenharia realizada deve estar de acordo com o item 3.2.5.4.

### **3.2.3 Inspeção e procedimentos de ensaios**

Os requisitos de inspeção e procedimentos de ensaio para MLC a serem usado de acordo com essa norma são:

A. Qualificação da instalação, incluindo ensaios de qualificação como requeridos em 3.2.4 e verificação da qualificação por uma agência de inspeção credenciada;

B. O controle de qualidade diária como requerido em 3.2.5 consiste de:

1. Controle contínuo de cada estágio do processo de produção incluindo os ensaios em linha de produção;

2. Ensaios físicos do produto acabado;

3. Inspeção visual do produto acabado;

C. Auditoria regular por uma agência de inspeção credenciada.

### **3.2.4 Qualificação da instalação**

Os itens descritos a seguir são requeridos para a qualificação da instalação:

A. Qualificação das juntas de topo de acordo com o item 3.2.4.1;

B. Qualificação do adesivo descrito em 3.2.4.2;

C. Ensaio no lote de adesivo como descrito em 3.2.4.2.2;

D. Todos os outros ensaios de qualificação como apresentado em 3.2.4;

E. Ensaios físicos usados na instalação para o controle de qualidade diário como mostrado em 3.2.5;

F. Calibração dos equipamentos de ensaio e de produção

Um resumo dos ensaios de qualificação é mostrado na tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos ensaios de Controle de Qualidade

| Tipo de ensaio   | Número de amostras     | Número mínimo de corpos-de-prova por amostra | Tipo de Ensaio              | Requisitos ou limitações                | Referências a esta norma              |
|--|------------------------|--|-----------------------------|---|---------------------------------------|
| Juntas de face e lateral   | 2 vigas <sup>a,b</sup> | 10   | Cisalhamento T 107          | Resistência e Ruptura na madeira        | 3.2.4.2,3.1.5.3.1                     |
|  | 2 vigas <sup>a,b</sup> | 3  | Delaminação cíclica T 110   | Abertura na linha de cola               | 3.2.4.2,3.1.5.3.3                     |
| Juntas de topo   | 1 <sup>a</sup> .       | 30   | Tração T119                 | Resistência e Ruptura na madeira        | 3.2.4.1,3.1.5.3.2                     |
|  | 1 <sup>a,c</sup>       | 5  | Delaminação cíclica T 110   | Abertura na linha de cola               | 3.2.4.2,3.1.5.3.3                     |
| Os seguintes ensaios são necessários em complemento aos requisitos acima quando este processo e ou materiais são usados na indústria |                        |  |                             |   |                                       |
| Provas-de-Carga em juntas de topo  | 2                      | 30   | Flexão ou Tração T 118      | Resistência                             | 3.2.4.1.4                             |
|  | 10                     | 2  | Tração                      | Resistência e Ruptura na madeira        | 3.2.4.1.3, 3.2.4.1.5                  |
| Juntas de topo para reforço  | 1 <sup>d</sup> .       | 5  | Ensaio de viga              |   | AITC 403                              |
| Lamela manufaturada  | 1                      | 102  | Propriedade de Tensão T 123 | Resistência                             | 3.1.3.4,3.2.4.4, AITC 401             |
| SCL  | por aplicação          | por aplicação                                | Tração e Reforço            | Resistência                             | 3.1.3.5,3.2.4.3, ASTM D5456, AITC 402 |
|  |                        |  | T116                        | l/d=100(l=vão, d espessura)             | AITC 402                              |
| Reforço radial em elementos curvos   | 1                      | 10   |                             |   | AITC 404                              |
| Prova-de-carga na lamela   | 1                      | 102  | Propriedade de Tensão T116  | Resistência l/d=100(l=vão, d espessura) | 3.1.3.3, AITC 406                     |

a: Para cada combinação adesivo - espécie - tratamento preservativo usado;

b: Quando a colagem de junta de topo é um requisito estrutural;

c: Juntas de topo são permitidas em corpos-de-prova usados para colagem em juntas de face;

d: Procedimentos de reforços de junta de topo precisam ser verificados

para adequação dos ensaios complementares em escala real em adição aos da AITC T119 (2004).

### **3.2.4.1 Qualificação das juntas de topo**

A qualificação das juntas de topo é realizada com a finalidade de especificar os níveis de tensões necessárias nas lamelas em função da posição e da solicitação de tensão na lamela. Especial atenção deve ser dada nas lamelas tracionadas onde, normalmente, inicia-se a ruptura do elemento estrutural. Esta qualificação é realizada na indústria em ensaios contínuos nas lamelas solicitadas à flexão.

#### **3.2.4.1.1 Qualificação do nível de tensão (QSL)**

##### **A. Elementos fletidos**

Para juntas de topo usadas em elementos fletidos, à qualidade do nível de tensão (QSL) para lamelas de valor nominal 38 mm por 140 mm devem ser calculadas por flexão em situação de duração de carga normal e condições secas em serviço, considerando que as tensões nas fibras mais externas determinadas pela análise da seção transformada usando a média do módulo de elasticidade para cada nível de classificação não exceda a tensão de projeto em mais de 10%. Quando a tensão na fibra externa determinada pela análise da seção transformada exceder o valor de 10%, a QSL deve ser de 90% do valor determinado pela análise da seção transformada. Para os “layouts” utilizados com grupos de classificação uniformes com lamelas externas com tensões menores que 10% ao valor de cálculo para a flexão, a QSL pode ser de

até 90% do valor da tensão na fibra externa determinada pela análise da seção transformada.

#### B. Elementos tracionados

Para os elementos solicitados à tração ao longo de sua altura aplicam-se as mesmas recomendações de A, exceto quando a QSL for igual ao maior valor de cálculo para a resistência à tração paralela às fibras baseada na condição normal de carga e condições secas de serviço.

#### C. Elementos comprimidos

Para elementos solicitados à compressão paralela às fibras aplica-se o mesmo procedimento de A, exceto que o QSL seja determinado pelo maior valor de projeto pela compressão paralela às fibras em condições normais de carga e de umidade. A qualificação da junta de topo em seções nominais de 38 mm por 140 mm aplica-se para todas as larguras dos elementos comprimidos.

### **3.2.4.1.2 Qualificação do nível de tensão (QSL) para as lamelas internas de elementos fletidos**

Em elementos fletidos são permitidas as juntas de topo com níveis de tensão mais baixos do que aquelas necessárias para as lamelas externas nas lamelagens internas em zonas comprimidas ou tracionadas desde que:

A. As lamelas de cada QSL usadas na junta de topo devem ser claramente marcadas para identificar o nível de resistência.

B. A junta de topo com a mesma QSL seja qualificada com maior nível de tensão do que a junta a ser usada.

C. A junta de topo com a menor QSL não seja usada na zona de lamelas externas nem na zona de tração correspondente a 10% da altura da viga.

D. Juntas de topo com nível de QSL menores que 75% em relação à tensão da zona externa de tração, não podem ser usadas nas zonas externas de compressão.

E. O nível de tensão na qual a junta de topo de menor qualificação de QSL, deve ser determinada por uma interpolação linear das lamelas externas até meia altura da viga. Por este procedimento as tensões nas lamelas externas devem ser maiores do que as necessárias para uma dada combinação e a tensão na meia altura do elemento seja zero.

#### **3.2.4.1.3 Procedimento para qualificação de junta de topo**

As juntas de topo de cada linha de produção devem ser qualificadas pelo ensaio AITC T 119 (2004) e, devem ser determinados os valores médios do ensaio característico inferior a 5% com um intervalo de confiança de 75% (assegura que 5% da população é igual ou é excedido em 75% do intervalo). O ensaio AITC T 119 (2004) deve ser realizado para todas as espécies ou grupo de espécies que tenham resistências e características de colagem similares. A qualificação da junta de topo em qualquer largura também qualifica todas as larguras menores. Quando forem usadas na produção espessuras nominais de 19 mm e 38 mm, ambas devem ser ensaiadas se forem consideradas significativamente diferentes por uma agência de inspeção credenciada. A ruptura na madeira deve ser como aquela especificada em 3.1.5.3.2 para a colagem de juntas de topo. O valor da resistência característica de 5% no intervalo de confiança de 75% deve ser igual ou maior que 1,67 vezes o QSL para juntas de topo usadas em partes comprimidas de elementos fletidos ou comprimidos e

2,1 vezes o QLS para juntas de topo usadas em partes tracionadas de elementos fletidos ou de elementos tracionados. Ver a 3.2.4.1.1 para a determinação do QSL.

Este ensaio de qualificação de junta de topo se aplica para todas as lamelas do grupo adesivo – espécies – tratamento preservativo ensaiado.

O valor do QSL para juntas de topo é para valores nominais de lamelas de 38 mm X 140 mm, para outras larguras com espessura de 38 mm o QSL deve ser multiplicado pelos fatores apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Fatores de ajuste para o QLS para larguras maiores que os usados em T 119 (2004).

| Tamanho        | Todas as Espécies<br>*exceto Pinus do Sul | Pinus do Sul |
|----------------|---|--------------|
| 38 mm x 184 mm | 0,95                                      | 0,98         |
| 38 mm x 235 mm | 0,90                                      | 0,95         |
| 38 mm x 286 mm | 0,85                                      | 0,93         |

#### **3.2.4.1.4 Qualificação de juntas de topo usando prova-de-carga**

Quando é usada a prova-de-carga para a qualificação da junta de topo, esta deve ser qualificada pelo método de ensaio AITC T 118 (2004) por prova-de-carga de flexão ou pelo método de ensaio AITC T 121 (2004) por prova-de-carga de tração.

#### **3.2.4.1.5 Juntas de topo usadas em reparação de lamelas**

As juntas de topo usadas em reparação de lamelas devem ser qualificadas por ensaios de acordo com os procedimentos dados na AITC 403 (2005).

#### **3.2.4.2. Qualificação dos adesivos**

Parte importante no controle de qualidade dos elementos estruturais em madeira laminada colada é o adesivo. Existem vários tipos de adesivos que são utilizados para aplicações estruturais em interiores e exteriores, sendo recomendados ensaios para a qualificação dos adesivos.

##### **3.2.4.2.1. Ensaios de qualificação**

Cada combinação adesivo – espécie – tratamento preservativo usado para a colagem da face da lateral ou do topo devem ser qualificados para usos específicos antes da produção, em acordo com as regras aplicadas nesta seção e na seção 3.1.5. A ASTM D2559 especifica que um fornecedor de adesivo faça uma relação das espécies de madeira que são recomendadas para o uso do adesivo aprovado. Para situações de qualificação de espécies com características de colagem comparáveis com as outras espécies são permitidos serem agrupadas de acordo com as regras dadas em 3.2.4.5 e aprovadas por uma agência de inspeção credenciada. Os critérios para a resistência e ruptura na madeira apresentados em 3.1.5.3.1, 3.1.5.3.2 e 3.1.5.3.3

devem ser alcançados. As amostras devem ser usadas para a qualificação na indústria e devem ser preparadas em um lote representativo do processo industrial.

#### **3.2.4.2.2. Ensaio do lote de adesivo**

Os lotes de adesivo preparados no momento da qualificação devem ser ensaiados de acordo com os procedimentos especificados para novos lotes de adesivos em 3.1.5.3. Os itens na ruptura na madeira, resistência e durabilidade devem ser verificados de acordo com 3.1.5.3.1, 3.1.5.3.2 e 3.1.5.3.3.

#### **3.2.4.2.3 Outros ensaios de qualificação**

Todas as inspeções e procedimentos de ensaios requeridos em 3.2.5 para controle de qualidade diário devem ser realizados como parte do procedimento de qualificação.

#### **3.2.4.3 Qualificação de compósitos estruturais de madeira (SCL)**

Quando a qualificação de compósitos estruturas de madeira (SLC) é usada na produção de MLC a qualificação do SCL para uso como lamelas em MLC devem estar de acordo com a AITC 402 (2005).

#### **3.2.4.4 Qualificação das lamelas manufaturadas**

Quando lamelas manufaturadas são usadas na produção de MLC a qualificação da lamela manufaturada para uso na lamelagem de MLC devem estar de acordo com a AITC 401 (2005).

#### **3.2.4.5 Qualificação de grupos de espécies com resistência e características de colagem comparáveis.**

As espécies ou grupo de espécies dentro dos agrupamentos apresentados a seguir não devem ser qualificados separadamente.

Grupo 1 – Douglas Fir

Grupo 2 – Pinus do Sul

Grupo 3 – Hem – Fir, Mountain Hemlock, Douglas Fir South, Sitka Spruce

Grupo 4 – Coníferas incluindo Englemann Spruce, Lodgepole, Ponderosa Pine, Spruce – Pine – Fir and other Western species

Grupo 5 – California Redwood

#### **3.2.5 Controle de qualidade diário**

O controle de qualidade diário deve consistir dos critérios apresentados a seguir.

### **3.2.5.1 Ensaio na linha de produção**

Ensaio na linha de produção conduzidos em pontos pré-definidos de controle devem incluir, mas, não limitar-se a umidade, temperatura da superfície, juntas de topo, juntas laterais, juntas de face, mistura do adesivo, espalhamento da cola, tempo de montagem, pressão e condições de cura.

### **3.2.5.2 Ensaio físico**

Um resumo dos ensaios diários de controle de qualidade são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 – Resumo dos ensaios diários de controle de qualidade.

| Tipo de ensaio   | Número mínimo de corpos-de-prova por amostragem                  | Tipo de Ensaio                                 | Requisitos ou limitações para         | Referências a esta norma                  |
|--|--|--|---------------------------------------|---|
| Juntas de face e lateral <sup>a,b</sup>  | 10   | Cisalhamento T 107                             | Resistência e Ruptura na madeira      | 3.2.5.2.1, 3.2.5.2.2.,3.2.5.2.5,3.2.5.2.6 |
|  | 1  | Delaminação cíclica T 110                      | Abertura na linha de cola             | 3.2.5.2.10                                |
| Juntas de topo <sup>a,c,f</sup>  | 2  | Tração T119                                    | Resistência e Ruptura na madeira      | 3.2.5.2.1,3.2.5.2.3,3.2.5.2.7             |
|  | variável   | T105 <sup>c</sup>                              |                                       | 3.2.5.2.3                                 |
|  | 1  | Delaminação cíclica T 110                      | Abertura na linha de cola             | 3.2.5.2.3,3.2.5.2.10                      |
| Os seguintes ensaios são necessários em complemento aos requisitos acima quando este processo e/ou materiais são usados na indústria |  |  |                                       |   |
| Provas-de-Carga em juntas de topo  | Todas as juntas devem ser testadas na produção                   | Flexão ou Tração T 118                         | Resistência                           | 3.2.5.2.8                                 |
| Juntas de topo para reforço  | 1 ou 5 ou 10 Mais 1  | Tração T119<br>Tração T106<br>Cisalhamento 107 | Resistência e Ruptura na madeira      | AITC 403<br>3.2.5.2.10                    |
|  | 1  | T110 Delaminacao Ciclica                       | Abertura na linha de cola             | AITC 403<br>3.2.5.2.10                    |
| Lamela manufaturada  | varia <sup>d</sup>   | Propriedade de Tensão T 123                    | Resistência                           | AITC 401                                  |
| SCL  | por aplicação  | Tração e Reforço                               | Resistência                           | 3.1.3.5,3.2.4.3, ASTM D5456, AITC 402     |
|  |  | T116   | Grande vão MOE                        | AITC 402                                  |
| Reforço radial em elementos curvos   | Por fabricante e de acordo com o manual de controle de qualidade |  |                                       | AITC 404                                  |
| Prova-de-carga na lamela   | varia <sup>d</sup>   | T116   | Resistência l/d=100(l=vão, d largura) | AITC 406                                  |
|  | varia <sup>d</sup>   | T123 Propriedade de tração                     | Resistência                           | AITC 406                                  |

<sup>a</sup> Para cada combinação de adesivo-espécie-tratamento usado

- <sup>b</sup> Quando são requeridas juntas de topo estruturais
- <sup>c</sup> Em zonas de tração exterior
- <sup>d</sup> Tamanhos das amostras variam com o controle de qualidade requerido por cada qualificação de cada fabricante
- <sup>e</sup> Juntas de topo são permitidas em amostras usadas por juntas face coladas

### **3.2.5.2.1 Amostragem**

A resistência e durabilidade das emendas laterais e emendas de topo devem ser monitoradas diariamente com ensaios mecânicos. A colagem de face, lateral e de topo, para cada combinação de espécie, tipo de adesivo e tratamento preservativo usado durante a produção, deve ser representado por uma amostragem. As espécies de resistência e características de colagem similares, quando coladas concomitantemente, podem ser agrupadas e, pode ser realizado um ensaio de uma espécie representativa para todas as espécies nesse grupo por um dado período de amostragem. A amostragem de espécies do dia-a-dia pode ser obtida em proporção ao volume de produção de cada espécie.

Juntas de face ou laterais, com dez ou mais linhas de colas devem ser ensaiadas. Caso o elemento de produção contenha menos que dez linhas de cola, um mínimo de dez amostras devem ser preparadas. Quando as lamelas manufaturadas e lamelas serradas de mesma espécie são usadas durante a mesma produção, os ensaios de controle de qualidade diário de colagem para as juntas de face, lateral e topo precisam ser realizadas somente no material de controle dos valores dos ensaios como determinado durante a qualificação.

### **3.2.5.2.2 Juntas de face e laterais**

No mínimo uma amostra deve ser retirada para cada dez metros cúbicos de madeira serrada. Todas as amostras devem ser cortadas das pontas do elemento produzido ou de amostras especiais. Em todos os casos, as amostras devem ser representativas dos elementos produzidos naquelas condições especificadas.

### **3.2.5.2.3 Juntas de topo**

A dimensão do lote deverá ser estabelecido pelo produtor e aprovado pela agência de inspeção credenciada. O número de juntas de topo a serem testadas pela AITC T119 (2004) deve ser baseada na produção das juntas de topo da zona de laminação externa dos elementos fletidos (o mínimo de 10% da altura) e para a altura total de elementos tracionados. O número de juntas de topo a serem testados deve ser o mínimo de uma junta para cada duzentas lamelas, mas não menos que duas juntas por lote, produção, ou a cada dez metros cúbicos ou porção equivalente de produção.

Quando não são produzidas lamelas para as zonas externas ou para barras tracionadas, um mínimo de duas amostras por lote de produção, ou a cada dez metros cúbicos ou porção desta, deve ser ensaiada.

Os ensaios de junta de topo da combinação usada para determinar o QLS devem ser feitos usando lamelas que se enquadram nos requisitos do mais alto grau de lamelas necessárias para a zona correspondente a 5% da altura da viga do lado tracionado do elemento fletido.

Além disso, o mínimo de uma junta deve ser ensaiada pelo método de ensaio T105, nas condições especificadas a seguir:

- A. No começo de cada produção;
- B. Durante qualquer mudança nas variáveis da produção das emendas de topo incluindo o processo de cura e uma mudança das fresas de confecção da juntas;
- C. O método de ensaio AITC T 115 (2004) pode ser substituído pelo ensaio AITC T 105 (2004) quando são utilizadas emendas de topo do tipo biseladas. A seleção da amostragem dos ensaios e a avaliação dos resultados dos ensaios de todas as amostras devem estar em acordo com os procedimentos aprovados pela agência de inspeção credenciada.

#### **3.2.5.2.4 Linhas de produção separadas**

Os procedimentos para ensaios de juntas de topo dado em 3.2.5.2.3, 3.2.5.2.7 e 3.2.5.2.8 devem ser aplicados para cada processo de produção.

#### **3.2.5.2.5 Ensaios para a colagem de juntas de face**

Os ensaios de cisalhamento nas linhas de cola entre lamelas devem ser conduzidos de acordo com o método de ensaio AITC T 107 (2004). O valor médio da resistência de cisalhamento de todos os corpos-de-prova a serem avaliados devem ser igual ou exceder os valores especificados 3.1.5.3.1. A média dos valores da ruptura da madeira nas superfícies cisalhadas deve ser igual ou maior que 70% da média para adesivos usados com coníferas e folhosas não densas, e 50% para adesivos usados para folhosas densas.

### **3.2.5.2.6 Ensaio para colagem de juntas laterais**

Onde a colagem de junta lateral é um requisito estrutural para os ensaios de cisalhamento devem-se conduzir os mesmos de modo que os de junta de face, com as modificações apropriadas de largura dependendo da espessura da lamela. O critério apresentado em 3.2.5.2.5 deve ser aplicado.

### **3.2.5.2.7 Ensaio para colagem de juntas de topo**

As juntas de topo devem ser testadas diariamente pela resistência e ruptura da madeira de acordo com o método de ensaio AITC T 119 (2004). O critério de ruptura da madeira deve ser como o especificado em 3.2.5.2.5 para a colagem de junta de face. Os requisitos de resistência para o controle de qualidade devem ser baseados na amostragem do lote. O controle de qualidade do lote deve ser monitorado com um programa de controle de qualidade contínuo. Os limites do controle da resistência média das amostras por lote devem ser estabelecidos para manter os requisitos da QSL dado em 3.2.4.1.3.

#### **3.2.5.2.8 Ensaio de prova-de-carga de juntas de topo**

Quando são utilizados ensaios de prova-de-carga de juntas de topo, todas as análises diárias da linha de produção e, ensaios diários requeridos para as juntas de topo devem ser realizados. Além disso, todos os procedimentos para o controle de qualidade devem ser adotados de acordo com o método de ensaio AITC T 118 (2004) ou AITC T 121 (2004), conforme a aplicação desejada.

#### **3.2.5.2.9 Ensaio de junta de topo usados para reparação de lamelas**

Quando ensaios de junta de topo são usados para reparação de lamelas, o controle de qualidade diário e os tipos de ensaio a serem realizados devem estar de acordo com a AITC 403 (2005).

#### **3.2.5.2.10 Ensaio de integridade da linha de adesivo**

Ensaio de delaminação cíclica devem ser realizados de acordo com o método de ensaio AITC T110 (2004) e devem ser conduzidos em amostras de juntas de face, de topo e em juntas laterais quando a colagem da junta lateral é um requisito estrutural. Juntas de topo são permitidas nas amostras usadas para a colagem de junta de face. Quando é realizado um procedimento de reparação, uma amostra para o ensaio de delaminação cíclica precisa ser realizada em combinação com cada ensaio de amostra de resistência. A delaminação após um ciclo completo não deve exceder 5% para coníferas e 8% para folhosas. Caso a delaminação exceda esses valores após

um ciclo, um segundo ciclo deve ser realizado na mesma amostra e, nesse caso, a delaminação não deve exceder 10%, tanto para coníferas como para folhosas.

### **3.2.5.3 Inspeção da produção acabada**

Toda a produção deverá ser inspecionada tanto visualmente como por medidas de conformidade com os requisitos, da norma americana como apresentado a seguir:

- A. Dimensões (largura, altura e comprimento);
- B. Forma, incluindo contraflecha e uniformidade da seção transversal;
- C. Tipo, qualidade e locação das linhas de colagem estruturais;
- D. Classificação de aparência;
- E. Espécies de madeira e classificação dos grupos;
- F. Umidade;

G. Tipo de adesivo – caso o adesivo apresente cor diferente, o tipo precisa ser especificado nos registros ou determinado por ensaios adequados, caso os registros não corresponderem à observação visual;

H. Linha de colagem – caso a espessura da linha de colagem não esteja dentro da variação de  $0,2\text{mm} \pm 0,1\text{mm}$  (exceto para adesivos de preenchimento nos quais é permitida uma espessura de linha de cola maior) uma investigação dos procedimentos de produção devem ser realizados para assegurar a conformidade com esta norma. Ocorrências infreqüentes de separações da linha de cola devem ser limitadas (no julgamento de um inspetor qualificado) para não ser maior do que as características da lâmina permitida na linha de colagem. Qualquer separação da linha

de colagem requer uma investigação dos registros e dos procedimentos de produção e, podem requerer ensaios físicos adicionais. Provas-de-carga, aumento da temperatura do ensaio ou outros fatores podem ser usados para avaliar o grau de separação.

I. Aplicação dos selos de qualidades apropriados. Somente como ilustração são apresentados, nas figuras 4 e 5, os selos de controle de qualidade da AITC.

#### **3.2.5.4 Auditoria por uma agência de inspeção credenciada**

Todos os produtos de conformidade com essa norma devem ser produzidos em instalações que estejam sujeitas a auditorias periódicas e não programadas por uma agência de inspeção credenciada. Todos os processos e registros relevantes para a produção desses produtos devem estar sujeitos a auditoria.

### **3.3 Selos de controle de qualidade**

Todos os elementos estruturais de MLC certificados devem apresentar um selo de controle de qualidade. Cada peça ou conjunto de montagem deve ter pelo menos um selo com identificação, apresentado:

- a) Identificação da norma usada;
- b) Identificação da agência de inspeção credenciada;
- c) Identificação do fabricante da MLC;
- d) Número de identificação de controle, número de lote, ou uma data com a finalidade de identificar cada elemento após ou durante o processo de fabricação;
- e) Qualquer marca necessária para montagem em campo.

Todos os elementos estruturais em madeira laminada colada devem ser marcados de acordo com as recomendações normativas:

a) O símbolo de identificação estrutural de uso ou classes de tensão do fornecedor de madeira deve corresponder àqueles especificados nos desenhos de venda aprovados ou especificados;

b) A umidade do elemento estrutural de MLC deve ser mantida baixo de 16% durante o armazenamento e a fabricação a menos que os elementos fabricados sejam usados em condições ambientais úmidas e foram, adequadamente, tratados com produtos preservativos sob pressão;

c) As dimensões dos componentes estruturais de MLC devem ser como os especificados nos desenhos de venda;

Como exemplo de uma marca de controle de qualidade são apresentadas nas figuras 4 e 5, duas marcas típicas de controle de qualidade, com base na marca da American Industry of Timber Construction – AITC.

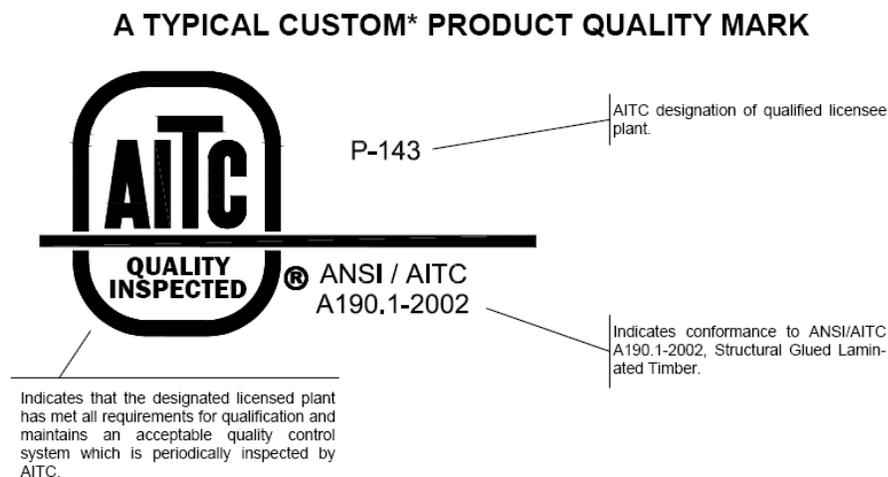


Figura 4. Exemplo de selo de qualidade da AITC.

### A TYPICAL NON-CUSTOM\*\* PRODUCT QUALITY MARK

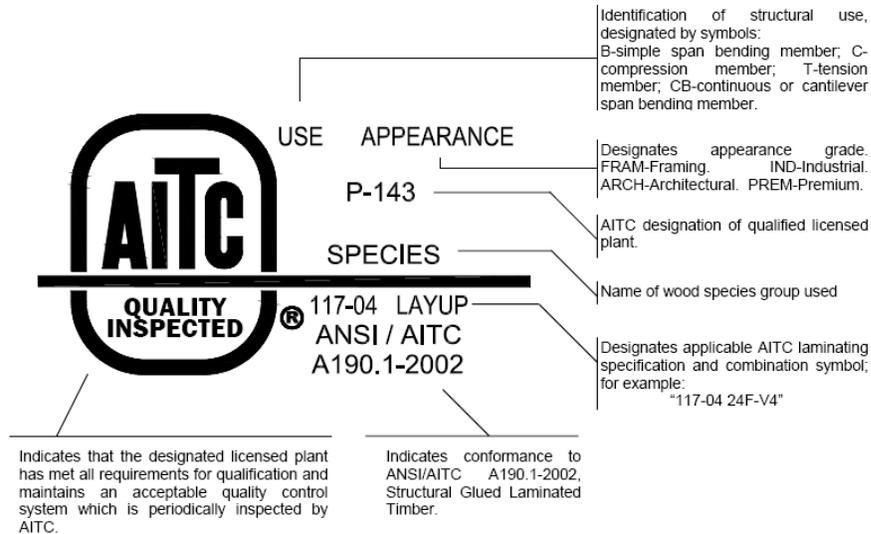


Figura 5. Exemplo de selo de qualidade da AITC.

### 3.4 Agências de inspeção credenciada (AIC)

Uma agência de inspeção credenciada (AIC) é definida como uma organização que:

- Opera um sistema de inspeção que credita o controle de qualidade dos fabricantes;
- Fornece pessoal para realizar a auditoria e identificar a conformidade com a norma em referência;

c) Determina a habilidade individual do fabricante de acordo com a norma em referência;

d) Realiza auditorias periódicas nas operações e qualidade da indústria para assegurar a conformidade com a norma em referência ;

e) Inspecciona e assegura o uso das marcas de qualidade e dos certificados;

f) Não é financiada e nem dependente de qualquer fabricante do produto que esta sendo inspecionada;

g) Não é de propriedade, operada ou controlada por qualquer fabricante;

h) Fornece o arbitro para concorrência entre as agências e o fabricante. Esta função deve incluir pelo menos três pessoas a saber:

h1) Uma autoridade reconhecida independente no campo da construção em madeira que será o coordenador;

h2) Ao menos um engenheiro registrado, especialista no cálculo e no uso de MLC;

h3) Ao menos uma pessoa especialista na fabricação de MLC e no controle de qualidade;

i) Ser credenciada pela norma ISO/IEC como uma agência de inspeção;

As figuras 6 e 7 apresentam dois exemplos de um certificado de qualificação de uma agência de AIC.



**Certificate of Qualification**

(name of certification agency)

This is to certify that the

(name of company)

plant at

(location)

has been examined and qualified under

**CSA 0177**

as a manufacturer of structural glued-laminated timber

---

Certification Agency Chief Executive \_\_\_\_\_ Date \_\_\_\_\_

*This certificate is the property of the certification agency and must be surrendered on failure to meet the minimum requirements of CSA 0177, Qualification code for manufacturers of structural glued-laminated timber.*

Figura 6. Certificado de Controle de Qualidade.



**Certificate of Conformance**

(name of certification agency)

under

**CSA 0177**

hereby declares that the

structural glued-laminated timber members

forming all or part of

\_\_\_\_\_

(name of project)

have been manufactured in accordance with CSA 0122.

Company \_\_\_\_\_

Certified by \_\_\_\_\_

Title of certifier \_\_\_\_\_

Date \_\_\_\_\_

Reference no. \_\_\_\_\_

*Additional information or references may be listed on reverse.*

Figura 7. Certificado de Controle de Qualidade

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

Apresenta-se nesse capítulo os métodos e resultados de ensaios realizados para o controle de qualidade de emendas de face (cisalhamento na linha de cola) e de juntas (emendas dentadas). Esses ensaios foram realizados no LaMEM com a finalidade de avaliar algumas combinações adesivo – espécie de madeira – tratamento preservativo conforme especificações da norma ANSI/AITC A190. Foram utilizadas três espécies de madeiras, sendo uma conífera *Pinus sp* e duas folhosas *Lyptus* e *Eucalyptus grandis*. A umidade média das lâminas antes e após o tratamento preservativo com CCA, foi de 12 %. As colagens foram realizadas com lamelas de madeira, com e sem tratamento, utilizando-se o adesivo bi-componente à base de isocianato Wonderbond® EPI EL-70 juntamente com o endurecedor Wonderbond® EPI WS 742 na proporção de 100 partes / peso do adesivo e 20 partes / peso do endurecedor.

Na colagem das emendas dentadas foi utilizada a gramatura de adesivo especificada pelo fabricante (linha simples de cola, 180 a 200 g/m<sup>2</sup>) e pressão de 10 MPa.

Após sete dias de cura do adesivo, os testes de tração em emendas dentadas possuindo dimensões estruturais com e sem tratamento preservativo foram realizados de acordo com a norma americana AITC T107 (2004) e AITC T119 (2004) utilizando-se um equipamento de tração da marca Metriguard, modelo 442 com capacidade de 1000 kN.

O tratamento químico com CCA foi realizado em autoclave na indústria após sete dias de cura do adesivo e climatizado até umidade relativa de 12 %. A madeira da espécie *Lyptus* foi fornecida pela Aracruz. A madeira da espécie *Pinus sp* foi fornecida pela empresa Matra Construtora Ltda, bem como o tratamento preservativo à execução e colagem das emendas dentadas. Para o *Eucalyptus grandis*, o tratamento foi realizado

após colagem, tratamento preservativo com CCB e secagem (umidade a 12%), foram adquiridas da indústria de preservação PREMA de Rio Claro.

As dimensões das lamelas variaram de 100 a 140 mm de largura por 30 a 40 mm de espessura com comprimento de 2500 a 3000 mm. As emendas dentadas foram realizadas no LaMEM com as dimensões padronizadas pela ANSI/AITC A190.1 – 2007, ou seja, 28 mm de comprimento.

## 5. RESULTADOS

A seguir estão apresentados os resultados obtidos nos testes experimentais realizados.

A primeira combinação refere-se aos resultados do ensaio de cisalhamento para a espécie *Pinus sp* sem nenhum tratamento com emendas de face e ruptura por cisalhamento ( $f_{vo}$  resistência de cisalhamento paralela às fibras). A tabela 4 e figura 8 mostram resultados obtidos nessa combinação.

### 5.1 Combinação 1 - espécie *Pinus sp* - sem tratamento - emendas de face – cisalhamento

Tabela 4 - Resultados dos ensaios de cisalhamento – *Pinus* - sem tratamento preservativo.

| Nº cp        | Dimensões da área de cola (mm x mm) |     | Carga de Ruptura (kN) | Modo de Ruptura | Porcentagem de Ruptura (%) | fvo MPa    | Desvio Padrão |
|--------------|-------------------------------------|-----|-----------------------|-----------------|----------------------------|------------|---------------|
| 1            | 91,5                                | 101 | 61,50                 | Linha Cola      | 50                         | 3,32       | 2,3           |
| 2            | 95                                  | 101 | 63,00                 | Madeira         | 80                         | 3,28       | 2,5           |
| 3            | 91,3                                | 102 | 88,50                 | Madeira         | 90                         | 4,75       | 3,5           |
| 4            | 91,4                                | 103 | 60,50                 | Madeira         | 90                         | 3,21       | 2,8           |
| 5            | 90,8                                | 101 | 40,00                 | Linha Cola      | 80                         | 2,14       | 7,1           |
| 6            | 92,5                                | 101 | 125,00                | Madeira         | 100                        | 6,68       | 11,38         |
| <b>Média</b> | -                                   | -   | <b>73,08</b>          | -               | -                          | <b>3,9</b> | -             |



Figura 8 – Modo de ruptura por cisalhamento de *Pinus* sem tratamento.

A tabela 5 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração paralela para a combinação 1, bem como o desvio padrão. De acordo com esta tabela, é possível verificar que o tipo de ruptura ocorreu na madeira, atingindo uma resistência média de 17,2 MPa e um desvio padrão de 7,14 MPa. A figura 8 ilustra a ruptura ocorrida nessa combinação.

Tabela 5 – Resultados dos ensaios de resistência à tração paralela das emendas dentadas de Pinus sem tratamento preservativo.

| Nº cp              | Seção transversal |               | Força de ruptura<br>(kN) | Resistencia<br>(MPa) | Tipo de<br>ruptura |
|--------------------|-------------------|---------------|--------------------------|----------------------|--------------------|
|                    | <i>b</i> (mm)     | <i>h</i> (mm) |                          |                      |                    |
| 1                  | 138               | 37            | 56                       | 11                   | madeira            |
| 2                  | 135               | 41            | 47                       | 8                    | madeira - nó       |
| 3                  | 130               | 40            | 58                       | 11                   | madeira - nó       |
| 4                  | 133               | 38            | 56                       | 11                   | madeira            |
| 5                  | 130               | 30            | 93                       | 24                   | madeira            |
| 6                  | 134               | 42            | 150                      | 26                   | madeira            |
| 7                  | 137               | 41            | 122                      | 21                   | madeira            |
| 8                  | 136               | 42            | 80                       | 13                   | madeira - nó       |
| 9                  | 133               | 39            | 104                      | 20                   | madeira            |
| 10                 | 130               | 39            | 140                      | 27                   | madeira            |
| <b>Média</b>       |                   |               | <b>90,6</b>              | <b>17,2</b>          |                    |
| <b>Desv.Padrão</b> |                   |               | <b>37,43</b>             | <b>7,14</b>          |                    |



Figura 9 – Ruptura da emenda dentada de *Pinus* sem tratamento durante o ensaio de tração paralela às fibras da madeira.

## 5.2 Combinação 2 - Pinus sp – Tratamento para ambiente seco/colado/tratado

A segunda combinação refere-se à espécie *Pinus sp* com tratamento preservativo CCA, com emendas de topo.

A tabela 6 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração paralela das emendas dentadas de *Pinus sp* após colagem, tratamento preservativo CCA e secagem (umidade 12 %). Após tratamento preservativo é possível verificar que a resistência média é de 16,0 MPa, ou seja, próximo dos resultados obtidos sem tratamento preservativo. A figura 10 ilustra a ruptura ocorrida nessa combinação.

Tabela 6 – Resultados dos ensaios de resistência à tração paralela das emendas dentadas após tratamento preservativo.

| Nº cp              | Seção transversal |        | Força de ruptura<br>(kN) | Resistência<br>(MPa) | Tipo de ruptura |
|--------------------|-------------------|--------|--------------------------|----------------------|-----------------|
|                    | b (mm)            | h (mm) |                          |                      |                 |
| 1                  | 135               | 40     | 87                       | 16                   | Linha Cola      |
| 2                  | 138               | 40     | 43                       | 10                   | Madeira         |
| 3                  | 135               | 40     | 92                       | 17                   | Linha Cola      |
| 4                  | 135               | 36     | 49                       | 10                   | Madeira         |
| 5                  | 136               | 42     | 67                       | 12                   | Madeira         |
| 6                  | 140               | 40     | 69                       | 12                   | 50% LC ; 50% M  |
| 7                  | 155               | 30     | 87                       | 19                   | Madeira         |
| 8                  | 128               | 30     | 72                       | 19                   | Linha Cola      |
| 9                  | 120               | 34     | 137                      | 34                   | Linha Cola      |
| 10                 | 140               | 40     | 60                       | 11                   | Madeira         |
| <b>Média</b>       |                   |        | <b>76,3</b>              | <b>16,0</b>          |                 |
| <b>Desv.Padrão</b> |                   |        | <b>26,74</b>             | <b>7,24</b>          |                 |



Figura 10 – Ruptura da emenda dentada de *Pinus* após colagem, tratamento preservativo CCA e secagem durante o ensaio de tração paralela.

### 5.3 Combinação 3 - *Lyptus* - sem tratamento - cisalhamento Seco

A terceira combinação refere-se à espécie *Lyptus* sem nenhum tratamento com emendas de face e ruptura por cisalhamento. A tabela 7 apresenta os resultados obtidos nessa combinação e figura 11 ilustra a ruptura ocorrida.

Tabela 7 - Resultados dos ensaios de cisalhamento – Lyptus - sem tratamento .

| Nº cp        | Dimensões da área de cola (mm x mm) |     | Carga de Ruptura (kN) | Modo de Ruptura | Porcentagem de Ruptura (%) | fvo MPa     | Desvio Padrão |
|--------------|-------------------------------------|-----|-----------------------|-----------------|----------------------------|-------------|---------------|
| 1            | 81                                  | 102 | 47,70                 | Linha Cola      | 100                        | 2,88        | 13,6          |
| 2            | 79                                  | 102 | 96,70                 | Madeira         | 90                         | 6,00        | 3,2           |
| 3            | 67                                  | 103 | 70,50                 | Linha Cola      | 80                         | 5,10        | 6,2           |
| 4            | 79                                  | 102 | 99,50                 | Madeira         | 100                        | 6,17        | 2,7           |
| 5            | 80                                  | 101 | 87,70                 | Linha Cola      | 60                         | 5,42        | 5,2           |
| 6            | 79                                  | 103 | 141,50                | Madeira         | 100                        | 8,69        | 5,7           |
| 7            | 80                                  | 102 | 179,00                | Madeira         | 100                        | 10,96       | 13,3          |
| 8            | 80                                  | 80  | 77,50                 | Madeira         | 100                        | 12,10       | 17,1          |
| 9            | 78                                  | 105 | 88,20                 | Madeira         | 90                         | 5,38        | 5,3           |
| <b>Média</b> | -                                   | -   | <b>98,70</b>          | -               | -                          | <b>6,97</b> | -             |



Figura 11 – Modo de ruptura por cisalhamento de Lyptus sem tratamento.

A tabela 8 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração paralela utilizando emendas dentadas confeccionadas com Lyptus após colagem, sem tratamento preservativo e secagem (umidade 12 %). De acordo com esta

tabela, é possível verificar que o tipo de ruptura ocorreu na madeira, atingindo uma resistência média de 37,0 MPa e um desvio padrão de 10,35 MPa. A figura 12 ilustra a ruptura ocorrida.

Tabela 8 - Resultados dos ensaios de resistência à tração paralela das emendas dentadas de Lyptus sem tratamento preservativo.

| Nº cp              | Seção transversal |               | Força de ruptura<br>(kN) | Resistência<br>(MPa) | Tipo de ruptura |
|--------------------|-------------------|---------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
|                    | <i>b</i> (mm)     | <i>h</i> (mm) |                          |                      |                 |
| 1                  | 102               | 39            | 164                      | 41                   | madeira         |
| 2                  | 100               | 39            | 146                      | 37                   | madeira - nó    |
| 3                  | 101               | 40            | 178                      | 44                   | madeira - nó    |
| 4                  | 101               | 40            | 149                      | 37                   | madeira         |
| 5                  | 102               | 40            | 108                      | 26                   | madeira         |
| 6                  | 103               | 40            | 102                      | 25                   | cola - madeira  |
| 7                  | 102               | 39            | 166                      | 42                   | madeira         |
| 8                  | 104               | 40            | 188                      | 45                   | madeira - nó    |
| 9                  | 102               | 39            | 209                      | 53                   | madeira         |
| 10                 | 105               | 39            | 83                       | 20                   | madeira         |
| <b>Média</b>       |                   |               | <b>149,3</b>             | <b>37,0</b>          |                 |
| <b>Desv.Padrão</b> |                   |               | <b>40,45</b>             | <b>10,35</b>         |                 |



Figura 12 – Ruptura da emenda dentada de Lyptus após colagem durante o ensaio de tração paralela às fibras de madeira.

#### **5.4 Combinação 4 - Lyptus - Seco/colado/tratado**

A quarta combinação refere-se à espécie Lyptus com tratamento preservativo em base de CCA com emendas de topo.

A tabela 9 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração paralela das emendas dentadas confeccionados com Lyptus após colagem, tratamento preservativo CCA e secagem (umidade 12 %). Após tratamento preservativo é possível verificar que a resistência média é de 35,60 MPa, ou seja, próximo dos resultados obtidos sem tratamento preservativo. A figura 12 apresenta os resultados obtidos nessa combinação. A figura 13 ilustra a ruptura ocorrida nessa combinação.

Tabela 9 - Resultados dos ensaios de resistência à tração paralela das emendas dentadas de Lyptus após tratamento preservativo.

| Nº cp              | Seção transversal |               | Força de ruptura<br>(kN) | Resistência<br>(MPa) | Tipo de ruptura |
|--------------------|-------------------|---------------|--------------------------|----------------------|-----------------|
|                    | <i>b</i> (mm)     | <i>h</i> (mm) |                          |                      |                 |
| 1                  | 100               | 40            | 144                      | 36                   | Linha de Cola   |
| 2                  | 105               | 40            | 132                      | 31                   | 50%LC ; 50% M   |
| 3                  | 102               | 40            | 111                      | 27                   | 50%LC ; 50% M   |
| 4                  | 113               | 38            | 93                       | 22                   | 100% M          |
| 5                  | 100               | 38            | 146                      | 38                   | Linha de Cola   |
| 6                  | 100               | 40            | 140                      | 35                   | Linha de Cola   |
| 7                  | 100               | 40            | 181                      | 45                   | Linha de Cola   |
| 8                  | 105               | 40            | 187                      | 45                   | Linha de Cola   |
| 9                  | 104               | 40            | 176                      | 42                   | Linha de Cola   |
| 10                 | 103               | 40            | 144                      | 35                   | Linha de Cola   |
| <b>Média</b>       |                   |               | <b>145,4</b>             | <b>35,6</b>          |                 |
| <b>Desv.Padrão</b> |                   |               | <b>29,95</b>             | <b>7,48</b>          |                 |



Figura 13 – Ruptura da emenda dentada de Lyptus após colagem, tratamento preservativo e secagem durante o ensaio de tração paralela às fibras da madeira.

### 5.5 Combinação 5 – *Eucalyptus grandis* - Tratado/colado

A quinta combinação refere-se à espécie *Eucalyptus grandis* tratado com emendas de topo.

A tabela 10 apresenta os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração paralela das emendas dentadas confeccionados com *Eucalyptus grandis*. As lamelas de dimensões nominais de 9 cm de largura, 3 cm de espessura e 250 cm de comprimento foram adquiridas da indústria de preservação PREMA de Rio Claro, secadas (12% umidade) e tratadas com CCB que é o produto de tratamento usado por esta empresa.

De acordo com a tabela 10, é possível verificar que o tipo de ruptura ocorreu na linha de cola, atingindo uma resistência média de 41,0 MPa e um desvio padrão de 11,5 MPa. A figura 14 ilustra a ruptura ocorrida nessa combinação.

Tabela 10 - Resultados dos ensaios de resistência à tração paralela das emendas dentadas de Eucalyptus Grandis após tratamento preservativo.

| <b>Nº cp</b> | <b>Seção<br/>mm x mm</b> | <b>Ruptura ( kN)</b> | <b>Resistência da<br/>Ligação<br/>Mpa</b> | <b>Modo de Ruptura</b> |
|--------------|--------------------------|----------------------|---|------------------------|
| 1            | 28x69                    | 94                   | 49  | 50% M e 50% LC         |
| 2            | 30x68                    | 117                  | 47  | Linha de Cola          |
| 3            | 30x87                    | 94                   | 37  | Linha de Cola          |
| 4            | 30x89                    | 86                   | 36  | Linha de Cola          |
| 5            | 29x88                    | 106                  | 38  | Linha de Cola          |
| 6            | 28x88                    | 127                  | 40  | Linha de Cola          |
| 7            | 29x87                    | 140                  | 40  | Linha de Cola          |
| 8            | 29x87                    | 136                  | 40  | Linha de Cola          |
| 9            | 34x86                    | 127                  | 35  | Linha de Cola          |
| 10           | 30x87                    | 119                  | 39  | Linha de Cola          |
| 11           | 28x86                    | 83                   | 43  | Linha de Cola          |
| 12           | 30x86                    | 85                   | 41  | Linha de Cola          |
| 13           | 30x87                    | 89                   | 41  | Linha de Cola          |
| 14           | 31x86                    | 87                   | 40  | Linha de Cola          |
| 15           | 29x88                    | 137                  | 42  | 50% M e 50% LC         |
| 16           | 29x87                    | 119                  | 43  | Linha de Cola          |
| 17           | 32x85                    | 108                  | 40  | Linha de Cola          |
| 18           | 31x87                    | 79                   | 41  | Linha de Cola          |
| 19           | 29x88                    | 118                  | 44  | Linha de Cola          |
| 20           | 29x87                    | 60                   | 45  | Linha de Cola          |
| Media        |                          | 104                  | 41  |                        |



Figura 14 – Ruptura da emenda dentada de *Eucalyptus grandis* após colagem, tratamento preservativo e secagem.

Com base nos resultados de resistência a tração paralela em emendas dentadas e de cisalhamento nas cinco combinações de tratamento – espécie – adesivo realizadas é possível concluir que o adesivo bi componente Wounderbond EPI EL – 70 com o endurecedor EPI WS 742 foram bons não apresentando diferenças estatisticamente significativas na resistência. Observou-se também que os modos de ruptura na linha de cola nas folhosas é maior em relação à conífera estudada, mostrando que a adesão em coníferas é mais eficiente que em folhosas. Mesmo assim os resultados obtidos com as folhosas foram satisfatórios sendo o adesivo testado uma boa alternativa técnica e econômica de MLC.

## 6. CONCLUSÕES

O sistema de controle de qualidade da madeira e de produtos engenheirados de madeira precisa ser imediatamente implementado para o sucesso da utilização do material. Considerando a experiência no uso das normas internacionais no assunto e a globalização, as normas brasileiras devem ser baseadas nas normas internacionais e adaptadas para as condições e materiais nacionais. Nesse trabalho propôs-se a utilização da norma americana para o sistema do controle de qualidade da madeira laminada colada (MLC) certificada. Observou-se que o ponto mais importante de adequação da norma refere-se ao item combinação espécie–adesivo–tratamento preservativo e, portanto, os próximos trabalhos devem focar os ensaios para a proposta de uma tabela com espécies brasileiras, adesivos comerciais e produtos preservativos utilizados no país para a correta utilização e produção da MLC.

No Brasil, o único programa de qualidade da madeira realizado até o momento foi o PNQM (Programa Nacional de Qualidade da Madeira) realizado pela ABIMCI (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente). Este programa teve como alvo principal o controle de qualidade na produção e certificação de compensados de madeira tropical e combinados de madeira tropical e pinus. Este programa teve início em fevereiro de 2002 e, contou com a participação de vários produtores localizados nos estados de Maranhão, Para, Paraná, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rondônia e Santa Catarina.

Espera-se que com a industrialização das estruturas de madeira no país, outros programas de controle de qualidade como os para treliças industrializadas e MLC sejam elaborados. No Brasil, existem apenas duas indústrias de MLC, sendo uma no estado do Rio Grande do Sul e uma no estado de São Paulo. O custo da MLC nessas indústrias é da ordem de 4 mil reais (2000 dólares) o metro cúbico, o que inviabiliza, no momento, a sua competitividade com madeiras serradas tropicais e de

reflorestamento. Somente para informação a MLC no Chile custa 750 dólares o metro cúbico e, nos Estados Unidos e Canadá na ordem de 1000 dólares o metro cúbico.

Com o trabalho apresentado, pretende-se que em breve uma norma para Madeira Laminada Colada seja elaborada, viabilizando a produção e uso da mesma.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Institute of Timber Construction. AITC 200-2004 - Manufacturing Quality Control Systems Manual. Centennial, Colorado. 118p. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T102 - Adhesive Spread Measurement. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T105 - Diagnostic Tests for Finger Joint Quality. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T107 - Shear Test. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T110 - Cyclic Delamination Test. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T115 - Machining Test for End Joints. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T116 - Modulus of Elasticity of E-rated Lumber for Static Loading. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T118 - Bending Proof Loading for End Joints. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T119 - Full Size End Joint Tension Test. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T121 - Tension Proof Loading for End Joints. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T122 - Mix Ratio Check for Automatic Adhesive Mixing Machines. Colorado. 2004

American Institute of Timber Construction. AITC Test T123 - Sampling, Testing and Data Analysis to Determine Tensile Properties of Lumber. Colorado. 2004

Canadian Standards Association. CAN/CSA 077 - Qualification Code for Manufactures of Structural Glued – Laminated Timber. Canada, 16p, 2006

American National Standard for Wood Products. AITC A190 - Structural Glued Laminated Timber. Colorado. 2007

EN 386 Glued Laminated Timber: performance requirements and minimum production requirements, 14p, 2001.

American Institute of Timber Construction. AITC TN10 - American Institute of Timber. Colorado. Technical Note 10, 2p, 2005

American Society of Testing and Materials, ASTM D2525. West Conshohocken, 12p, 2004

American Society of Testing and Materials, ASTM D905 - Standard Test Method for Strength Properties of Adhesive Bonds in Shear by Compression Load. West Conshohocken, p 25 - 29, 2003

American Society of Testing and Materials, ASTM D2559 - Standard Specification for Adhesives for Structural Laminated Wood Products for Use under Exterior Exposure Conditions. West Conshohocken, 12p, 2004

American Society of Testing and Materials, ASTM D3737 - Standard Methods for Establishing Stresses for Structural Glued-Laminated Timber (Glulam) Manufactured with Visually Graded Timber. West Conshohocken, 14p, 2005

American Society of Testing and Materials, ASTM D5456 - Standard Specification for Evaluation of Structural Composite Lumber Products. West Conshohocken, 13p, 2005

American Institute of Timber Construction. AITC 401- Standard for Manufacture Lumber for Use in Structural Glued Laminated Timber. Colorado. 2005

American Institute of Timber Construction. AITC 403 - Standard for End Joints for Use in Lamination Repair. Colorado. 2005

American Institute of Timber Construction. AITC 407 - Standard for Alternate Lumber Grades for Use in Structural Glued Values. Colorado. 2005

## 8. GLOSSÁRIO

Para fins dessas recomendações as seguintes definições são propostas:

Agência de Inspeção Credenciada (AIC)- uma organização de conformidade de acordo com o item 7;

Adesivo de preenchimento de falhas – um adesivo que tem a capacidade de preencher até 2 mm de espessura entre duas superfícies e possui a resistência e durabilidade necessárias;

Altura – a dimensão da seção transversal que é medida paralela a direção da carga principal no elemento fletido;

Amostra – um grupo de corpos-de-prova coletados para ensaios;

Amostras de ensaios – toda ou parte de uma amostragem que for selecionada para testes;

Compósitos estruturais de madeira SCL (Structural Composite Lamber) – um compósito de Lamelas de madeira ou de elementos outras partículas de madeira com fibras de madeira orientadas preferencialmente ao longo do comprimento do elemento estrutural;

Condições de serviço seca – condições de exposição no ambiente que resulta em uma umidade no elemento em serviço menor do que 16% ;

Condições umidade em serviço – condições de exposição ambiental que resultam em um elemento com umidade em serviço maior ou igual a 16%;

Contra-Flecha – a pequena curvatura dada no elemento de MLC para prever deslocamentos ou para facilitar drenagem de água;

Delaminação – a separação de lamelas na montagem devido a ruptura do adesivo ou no adesivo ou na interface entre o adesivo e a lamela;

Elementos Comprimidos – elementos tensionados principalmente em compressão como pilares, colunas, barras comprimidas de treliças e arcos;

Elementos Curvos – elementos que são projetados de tal modo que uma curvatura significativa permaneça após o deslocamento devido as cargas de serviço, tais como arcos;

Elementos Fletidos – elementos tensionados principalmente em flexão como vigas;

Emendas biseladas – uma junta de topo formada pela união com o adesivo de topos de duas peças que foram cortadas em ângulo para formar duas superfícies inclinadas;

Emendas dentadas – uma emenda feita de vários entalhes na madeira;

Ensaio de tração em dimensões estruturais – ensaios em tração paralela as fibras nas lamelas contendo juntas de topo;

Ensaio em linha – ensaios conduzidos durante a manufatura em vez dos da produção acabada;

Ensaio físicos – ensaios físicos como apresentados nessa norma inclui ensaios em linha e ensaios mecânicos para o controle de qualidade;

Enxertos – ripas de madeiras usadas para reparos não estruturais nos lados e faces da MLC;

Folhosa não densa – qualquer folhosa tendo uma densidade media de 0,42 ou menos quando determinada pela relação entre o peso seco e volume úmido;

Juntas de face – uma junta que ocorre entre as faces largas das Lamelas;

Juntas de topo – uma junta formada pela união de lamelas de topo ligadas com adesivos;

Juntas laterais – a junta formada por duas ou mais peças de madeira unidas lateralmente para formar uma lamela mais larga;

Lamela – placa ou tira de madeira com espessura menor que 50 mm

Lamela E-rated – lamela que foi classificada visualmente e mecanicamente em testes destrutivos para a determinação do modulo de elasticidade;

Lamela mecanicamente classificada – um resultado de um processo usando uma variação mecânica combinada com uma classificação visual, para classificar as lamelas em categorias a serem utilizadas como propriedades de resistência e rigidez de cálculo. A classificação mecânica E-rated e MSR.

Lamelagem – conjunto de lamelas simples ou múltiplas necessárias para a manufatura de uma peça do elemento estrutural.

Lamelagens de múltiplas peças – uma laminação que contem duas ou mais peças de madeira através de sua largura de laminação. Os lados podem ser ou não colados. Se não forem colados as juntas laterais em laminações adjacentes precisam ser niveladas pelo menos na espessura líquida da laminação;

Lamelas manufaturadas – duas ou mais peças de lamelas estruturalmente coladas para formar uma lamela única;

Laminação – o processo de colagem de lamelas incluindo a preparação das lamelas, a mistura e espalhamento do adesivo, a montagem da madeira e a adesão entre as lamelas pela aplicação da pressão nas linhas de cola e cura do adesivo na montagem total;

Largura – a dimensão da secção transversal a qual é medida perpendicular a direção da carga principal no elemento fletido;

Linha de Cola – a lamela do adesivo que junta dois aderentes;

Lote – uma quantidade definida de produto ou material acumulado sob condições que são consideradas uniformes para finalidade de amostragem;

Maquina de classificação por tensões (MSR) – lamelas que foram avaliadas por equipamento mecânico de classificação por tensões. Neste processo é também necessário a classificação visual;

Pontos de checagem da produção – pontos estratégicos na produção onde os elementos produzidos são checados para a conformidade com os requisitos dessa norma;

Prova-de-carga – aplicação de uma carga conhecida em uma lamela que pode ser tração ou flexão;

QSL – nível de qualificação de tensão (Qualification Stress Level) – a propriedade estabelecida pela divisão do valor correspondente aos 5% inferior de resistência com confiança de 75% por um fator que pode ser 1,67 para flexão e compressão ou 2,1 para tração.

Ruptura da madeira – aquela parte da superfície colada na qual a delaminação cíclica ou em ensaios de resistência apresentaram ruptura nas fibras da madeira como opostas na ruptura da linha de cola;

Tempo de armazenamento – o período de tempo durante o qual um adesivo pode ser armazenado sob temperaturas específicas e condições de umidades e permanecer adequado para uso;

Tempo de cura – período de tempo que o adesivo precisa para obter um grau especificado de cura ( secagem e adesão);

Tempo de Montagem – o tempo de montagem total é o intervalo de tempo entre o espalhamento do adesivo nas lamelas e a aplicação da pressão na montagem total. O tempo de montagem pode ser separado em dois períodos de montagem, ou seja, aberto e fechado;

Tolerância limite de 5% com confiança de 75% - um termo estatístico descrevendo o limite inferior estimado de um percentil de 5% que assegura que 5% da população é igual ou é excedido em 75% do intervalo;

Umidade – quantidade de água contida na madeira usualmente expressa como uma porcentagem do peso da madeira seca;

Umidade de equilíbrio – uma umidade na qual a madeira não adquire nem perde umidade com o ambiente;