

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

JEFERSON LUÍS BECKER

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE COLAGEM NA RESISTÊNCIA
DA LIGAÇÃO ADESIVA DE PAINÉIS EGP.

CURITIBA

2011

JEFERSON LUÍS BECKER

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS DO PROCESSO DE COLAGEM NA RESISTÊNCIA
DA LIGAÇÃO ADESIVA DE PAINÉIS EGP.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Disciplina AT063 Estágio Profissionalizante em Engenharia Industrial Madeireira – Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, do Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau de “Engenheiro Industrial Madeireiro”.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

CURITIBA

2011

“Quem faz pode cometer falhas. Mas a maior falha de
todas é não fazer nada”

Benjamin Franklin

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná por toda a minha formação acadêmica e suporte.

A empresa Henkel Ltda., em especial ao Srs. Luiz Augusto Geronazzo e Fabio Takayoshi Gameiro, pela constante instrução, interesse, disposição, sugestões e prontidão durante meu período de estágio.

A Srta. Maiara Kovalski e aos Srs. Álvaro Garcia e Jaison Formentin, pelo profissionalismo, ética e amizade demonstrada durante meu período de estágio.

Ao meu orientador Dr. Setsuo Iwakir e a todos os meus professores pelo apoio, incentivo, confiança, dedicação, auxílio na tomada de decisões e a acima de tudo pela amizade e tempo dispensados nesses anos de convivência.

Aos servidores do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, da Coordenação do Curso de Engenharia Industrial Madeireira e do Centro de Ciências Florestais e da Madeira.

A minha família, que sempre me fortaleceu, apoiando minhas decisões e estando presente tanto nos bons momentos quanto nos momentos ruins.

Em especial aos meus pais Alvaro Roberto Becker e Cleide Anelli Becker, por todo comprometimento, esforço e dedicação despendida em minha criação.

Aos meus avós, Valentim Anelli e Aurora Assagra Anelli, pelo exemplo de caráter, família e companheirismo que sempre esteve presente em minha vida.

A minha amada namorada Ana Claudia Pereira e seus pais, por toda compreensão e paciência que tiveram nos momentos em que não estive presente para dedicar-me à vida acadêmica.

Aos todos meus amigos, minha sincera gratidão pela amizade e pela oportunidade de conviver com pessoas de tamanha grandeza.

A Deus, por toda saúde, perseverança e oportunidade dada em todos os momentos da minha vida.

A todos que de alguma forma me auxiliaram na minha vida pessoal e acadêmica.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar a influência das variáveis de colagem na resistência da ligação adesiva de painéis EGP. Para isso foram colados em prensa pneumática de alta frequência nove painéis EGP de madeira, todos com sarrafos de madeira de *Pinus elliottii* e colados com adesivo base d'água PVAc. Destas colagens, uma foi realizada conforme orientações descritas no boletim técnico do adesivo (testemunha), e as restantes foram realizadas da seguinte forma: pressão lateral 2 kgf/cm², pressão lateral 4 kgf/cm², gramatura 100 g/m², gramatura 130 g/m², tempo em aberto 12 minutos, tempo em aberto 15 minutos, tempo de prensagem 30 segundos e tempo de prensagem 1 minuto e 30 segundos. Os ensaios laboratoriais foram realizados conforme as normas européias EN-204 e EN-205. Os resultados demonstraram que apenas o painel colado seguindo as orientações descritas no boletim técnico do adesivo (testemunha) obteve resultado perto ao citado pela normativa (testemunha: 1,963 Mpa; normativa: 2,00 Mpa). Todos os painéis em que alguma variável foi modificada obtiveram resultados de resistência a tração com valores inferiores, variando de 0,4Mpa a 1,58Mpa. Assim, conclui-se que as variáveis gramatura, pressão, tempo de prensagem e tempo em aberto são relevantes ao processo de produção dos painéis EGP, interferindo diretamente na resistência final do painel.

Palavras-chaves: *Pinus elliottii*, PVAc, painel colado lateral, variáveis de colagem.

ABSTRACT

The objective of this work is evaluate operating conditions of gluing for manufacturing of Edge Glued Panels (EGP). Therefore, were manufactured nine Edge Glued Panels (EGP) in pneumatic press high frequency, everyone made with Pinus elliottii wood glue with PVA adhesive. These gluing, one was performed according to guidelines described in the technical bulletin of the adhesive and the rest were made as follows: lateral pressure 2 kgf / cm ², lateral pressure 4 kgf / cm ², grammage 100 g / m², grammage 130 g/m², open time 12 minutes, open time 15 minutes, press time 30 seconds and press time 1 minutes and 30 seconds. Laboratory tests were performed according to European standards EN-204 and EN-205. The results showed that only the EGP made by following the guidelines described in the technical bulletin of the adhesive obtained the result close to mentioned by the normative (EGP: 1.963 Mpa normative: 2.00 Mpa). All panels in that some variable has changed the results obtained in tensile strength with lower values, varying from 0.4 MPa to 1.58 MPa. Therefore, we conclude that the variables grammage, pressure, press time and open time are relevant to the process of production of EGP, interfering directly in the final strength of the panel.

Key words: Pine Elliottii. Polyvinyl acetate. Edge Glued Panel (EGP). operating conditions of gluing.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação da norma EN-204.	22
Tabela 2 - Ciclos de condicionamento para ensaios conforme norma EN-204.	22
Tabela 3 - Propriedades do adesivo Dorus PL 299A.	25
Tabela 4 - Condições operacionais do adesivo Dorus PL 299A.	25
Tabela 5 Plano experimental para as variáveis de estudo.	26
Tabela 6 - Painel colado seguindo as especificações do boletim técnico do produto.	29
Tabela 7 - Painéis colados com gramatura abaixo do especificado pelo boletim técnico do produto.	29
Tabela 8 - Painéis colados com pressão abaixo do especificado pelo boletim técnico do produto.	29
Tabela 9 - Painéis colados com tempo de prensagem abaixo do especificado pelo boletim técnico do produto.	29
Tabela 10 - Painéis colados com tempo em aberto acima do especificado pelo boletim técnico do produto.	29
Tabela 11 - Resultados de resistência a tração conforme as normas EN-204.	31
Tabela 12 - Resistência média a tração conforme a norma EN-204.	32
Tabela 13 - Resistência média a tração conforme norma EN-204.	33
Tabela 14 - Resistência média a tração conforme a norma EN-204.	33
Tabela 15 - Resistência média a tração conforme a norma EN-204.	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção e Consumo de EGP no Brasil.....	18
Figura 2 - Exportações brasileiras de painéis EGP.....	19
Figura 3 – Dimensões do corpo de prova conforme norma EN-205.	23
Figura 4 – Lote de madeira espécie: <i>Pinus elliottii</i>	24
Figura 5 - Adesivo Dorus PL 299A.....	25
Figura 6 - Equipamento: prensa pneumática de alta freqüência.....	27
Figura 7 - Processo de colagem e montagem dos painéis EGP.....	28
Figura 8 - Máquina Universal de Ensaio.....	30
Figura 9 – Avaliação geral dos resultados de resistência a tração.....	35
Figura 10 – Avaliação geral dos resultados de resistência a tração.....	35

LISTA DE SIGLAS

ABIMCI – Associação Brasileira de Produtos Processados Mecanicamente;

EGP – “*Edge Glued Panel*” - Painel Colado Lateralmente;

EN – *European Norm* – Norma europeia.

PMVA – Produto de Maior Valor Agregado;

PVAc – Polivinil Acetato;

SBS – Sociedade Brasileira de Silvicultura.

US\$ - Dólares Americanos

LISTA DE UNIDADES

Mpa – megapascal;

kgf/cm² – quilograma força/centímetro quadrado;

N/mm² - Newton/milímetros quadrado;

cP – centipoises;

m – metro;

km² – quilometro quadrado;

m³ – metros cúbicos;

ha – hectare;

V – Volts;

Hz – *Hertz*;

g/m² – gramas/metro quadrado;

°C – graus celsius.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	MADEIRA	14
3.2	POLIVINIL ACETATO (PVAC).....	14
3.2.1	PROPRIEDADES DO ADESIVO PVAC	15
3.2.1.1	VISCOSIDADE	15
3.2.1.2	TEOR DE SÓLIDOS.....	16
3.2.1.3	PH	16
3.3	PRODUTO DE MAIOR VALOR AGREGADO (PMVA)	17
3.3.1	PAINEL COLADO LATERALMENTE (EGP)	17
3.3.2	PRODUÇÃO DE PAINÉIS EGP	19
3.3.2.1	PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE (PLANICIDADE).....	19
3.3.2.2	TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA.....	20
3.3.2.3	PROCESSO DE COLAGEM	20
3.4	NORMAS EN-204 E EN-205	21
4	MATERIAIS	24
4.1	MADEIRA	24
4.2	ADESIVO	24
5	METODOLOGIA	26
5.1	PLANO EXPERIMENTAL	26
5.2	PREPARAÇÃO DA MADEIRA.....	26
5.3	APLICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO ADESIVO	26
5.4	PRENSAGEM DOS PAINÉIS EGP.....	27
5.5	ENSAIOS.....	30
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
6.1	VARIÁVEL GRAMATURA	32
6.2	VARIÁVEL PRESSÃO	32
6.3	VARIÁVEL TEMPO DE PRENSAGEM.....	33
6.4	VARIÁVEL TEMPO EM ABERTO.....	34

6.5	AVALIAÇÃO GERAL DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS	34
7	CONCLUSÕES.....	37
8	RECOMENDAÇÕES	38
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
	ANEXO I.....	42
	ANEXO II.....	51

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da área florestal brasileira começou no início dos anos 60 onde a partir de programas de incentivos fiscais, o governo brasileiro iniciou a expansão das atividades de florestamento e reflorestamento principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil.

Segundo a ABRAF (2010), em 2009 a área total de florestas plantadas de eucalipto e pinus no Brasil atingiu 6.310.450 ha, sendo que 1.794.720 ha são provenientes de plantações de pinus, onde cerca de 38% destas florestas estão localizadas no estado do Paraná.

O momento atual da indústria de madeira processada mecanicamente é de readaptação. Nos últimos 10 anos os produtos de madeira fabricados no Brasil vêm mudando gradativamente. As commodities do setor como toras, madeira serrada e compensado, vem perdendo espaço para os produtos de maior valor agregado, mais conhecidos como PVMA. (FUMAGALLI, 2008,)

Segundo IWAKIRI (2005), os produtos feitos a partir de madeira reconstituída podem contribuir benéficamente para a qualidade de vida da sociedade, pois possibilita o aumento da oferta de produtos de madeira, melhorando também as propriedades dos produtos de madeira, aumentando assim a sua utilização, podendo também servir de produtos alternativos a outros materiais como metálicos e poliméricos.

Uma das alternativas de produção de PVMA é o EGP. Este produto consiste de sarrafos de madeira serrada colados lateralmente unidos pelo topo ou não, formando um painel de madeira sólida. Várias indústrias já trabalham com este produto utilizando-se basicamente de madeira de florestas plantadas, principalmente de pinus. (ABIMCI, 2007)

Contudo, com a crescente concorrência entre os mercados nacionais e internacionais, a madeira e os produtos derivados dela vêm sendo afetados por barreiras técnicas e fatores decorrentes da falta de mão de obra especializada, modernização de tecnologias e suas plantas industriais.

2 OBJETIVOS

Avaliar a influência dos parâmetros do processo de colagem na resistência adesiva dos painéis colados lateralmente (EGP).

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir painéis colados lateralmente com diferentes gramaturas, tempos em aberto, tempos de prensagem e níveis de pressão;
- Avaliar através de ensaios de cisalhamento a influência da gramatura, tempo em aberto, tempo de prensagem e pressão na qualidade de colagem dos painéis EGP conforme a norma EN-204.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 MADEIRA

Os primeiros plantios de Pinus de que se tem notícia foi no Rio Grande do Sul de *Pinus canariensis*, proveniente das Ilhas Canárias, por volta de 1880. Essa grande diversidade de espécies e raças geográficas testadas, provenientes não só dos Estados Unidos, mas também do México, da América Central, das ilhas caribenhas e da Ásia foi de grande importância para que se pudesse traçar um perfil das características de desenvolvimento de cada espécie e assim viabilizar plantios comerciais nos mais variados sítios ecológicos existentes no país. Dentre as inúmeras espécies introduzidas, o *Pinus elliotti* e o *P. taeda* foram as duas espécies que mais se destacaram pela facilidade nos tratamentos culturais, rápido crescimento e reprodução intensa no Sul e Sudeste do Brasil. (BALLONI, C. J. V; BARREIROS, R. M., 2010)

Proveniente da América do Norte (EUA), a espécie é muito plantada em toda a região sul daquele país. Grande produtora em quantidade de resina, possui também boa qualidade de seus produtos derivados.

A importância das florestas plantadas brasileiras podem ser expressas em números, no Brasil elas ocupam uma área de 4,8 milhões de hectares, Desse total, cerca de 3 milhões de hectares correspondem a plantações de Eucalipto, e 1,8 milhões de hectares a plantações de pinus. (REMADE,2006)

Embora *Pinus elliottii* seja amplamente utilizado na fabricação de celulose e papel nos Estados Unidos, o mesmo não ocorre no Brasil. Isso se deve ao custo no processo industrial, por causa do alto teor de resina na madeira. Portanto, o uso de *Pinus elliottii*, no Brasil, se limita à produção de madeira para processamento mecânico e extração de resina. (REMADE, 2006)

3.2 POLIVINIL ACETATO (PVAC)

A emulsão de acetato de polivinila (PVAc) foi desenvolvida no início da década de 50, sendo a resina termoplástica mais utilizadas pelas indústrias de painéis de madeira. (IWAKIRI 2005)

Os adesivos vinílicos são produtos sintéticos, produzidos a partir da polimerização do acetato de vinílica disperso em água. São comumente chamados de “colas brancas” ou “adesivos PVA”. Na colagem de madeiras são utilizados para toda e qualquer operação de colagem e, dentre essas operações, as principais são colagem de painéis sarrafeados, finger-joint, laminação e montagem. (REMADE, Ed. 103, 2007)

Todavia, devido a baixa resistência a umidade, é restrita ao uso interior. Através de alterações no processo químico de fabricação, surgiu a resina PVAc - termofixas com polimerização e cura em prensas a quente e de alta frequência. Esta resina apresenta alto desempenho na colagem, com excelente resistência a água e a temperatura. (IWAKIRI, 2005)

3.2.1 PROPRIEDADES DO ADESIVO PVAc

Os adesivos PVAc, de acordo com U.S. Products Laboratory (1999), apresentam características como sendo um líquido pronto para uso, de cor branco a castanho-claro ao amarelo, sendo que a interface de colagem apresenta-se incolor. Quanto à colagem em si, este líquido pode ser aplicado diretamente na madeira, prensado em temperatura ambiente ou através de alta frequência, sendo que depois de colado, o produto apresenta alta resistência mecânica quando em ambiente seco, seu ponto crítico de utilização se dá em ambientes com altas temperaturas e alta umidade. (PRATA, 2010)

3.2.1.1 VISCOSIDADE

Para FRUHWALD (1977), citado por SCHULTZ (2008), a viscosidade influencia no espalhamento do adesivo na madeira, bem como na penetração para as demais camadas do painel. A linha de cola também é influenciada pela viscosidade. Quando a viscosidade for baixa, a absorção do adesivo pela madeira poderá ser alta, o que resultará em uma baixa qualidade de colagem. Em caso de ser alta, poderá dar origem a uma linha de cola espessa originando uma penetração insuficiente do adesivo na estrutura da madeira, não ocorrendo a interligação entre a cola e a superfície, conseqüentemente ocasionando uma baixa qualidade de colagem.

Segundo IWAKIRI (2005), citado por PRATA (2010) a viscosidade dos adesivos PVAc apresenta-se na faixa de 600cP a 8000cP a uma temperatura de 25°C.

3.2.1.2 TEOR DE SÓLIDOS

Para IWAKIRI (2005), o teor de sólidos é definido como a quantidade de sólidos contidos na resina. A resina é composta por componentes sólidos e líquidos voláteis constituídos de solventes orgânicos.

De acordo com BANDEL (2001), citado por PRATA (2010), a quantidade de sólidos presentes na resina esta diretamente relacionada com a velocidade de formação da película adesiva, ou seja, quanto maior for à quantidade de água (menor o teor de sólidos) na resina, mais lenta será a velocidade de formação da película devido ao maior tempo de evaporação desta água.

Mas uma baixa viscosidade do adesivo nem sempre significa que o adesivo contenha mais água, porque existem adesivos com altos teores de sólidos, mas com a viscosidade baixa.

3.2.1.3 pH

Segundo Nock e Richter (1978) citado por PRATA (2010), a dispersão da solução de PVAc original é ligeiramente ácida. Em geral de acordo com Marra (1992), a acidez se apresenta entorno de 4,0 a 5,0. Esta acidez, mesmo que não prejudique a madeira colada, é capaz de provocar manchas e descolorações quando entra em contato prolongado com ferro.

Em se tratando de colagens de madeiras, é importante considerar a influência do pH tanto para madeira como da resina. A resina não deve ter limites de pH ultrapassando a faixa de 2,5 a 11, pois podem resultar em degradação das fibras da madeira. Além disso, um pH muito baixo pode provocar uma formação excessiva de espuma na mistura, prejudicando sensivelmente a aplicação do adesivo. (IWAKIRI, 2005)

3.3 PRODUTO DE MAIOR VALOR AGREGADO (PMVA)

A madeira proveniente das florestas nativas está sendo gradativamente substituída por produtos reconstituídos ou oriundos de florestas plantadas de rápido crescimento. Inúmeros produtos novos vêm substituindo os produtos tradicionalmente usados em virtude da melhor relação preço/desempenho e da crescente conscientização, dentro da sociedade moderna, de que não é mais viável a convivência com processos que utilizam reservas florestas nativa. (REMADE, Ed. 107, 2007)

Os Produtos de Maior Valor Agregado são obtidos pelo reprocessamento da madeira serrada, com vistas à agregação de valor ao produto primário. Considera-se PMVA: portas, molduras, painel colado lateralmente (EGP), pisos de madeira e outros componentes estruturais.

A produção de PMVAs é fragmentada e diversificada no Brasil. Tanto a produção de EGP, como a de molduras, está baseada principalmente na madeira de pinus cujos principais produtores se localizam nos estados do Paraná e de Santa Catarina. Os volumes são representativos em se considerando o desenvolvimento relativamente recente desses produtos no Brasil que data do final da década de 80. (SBS, 2008, p.56)

A produção de madeira serrada e seu beneficiamento oferecem grandes oportunidades de agregação de qualidade e valor a produtos, especialmente quando destinados ao mercado de exportação. Isto representa especialmente para as madeiras de reflorestamento, um conjunto de nichos de mercado, até agora pouco explorados. (REMADE, Ed. 124, 2010)

3.3.1 PAINEL COLADO LATERALMENTE (EGP)

O EGP é caracterizado como um conjunto de peças de madeira coladas lateralmente, formando um painel. Os sarrafos podem apresentar união de topo, que pode ser reta ou do tipo finger-joint. A maior parte da produção nacional é feita em madeira de pinus, embora sejam encontrados painéis colados lateralmente fabricados em madeira de folhosas tropicais e em madeira de eucaliptos. Com ou

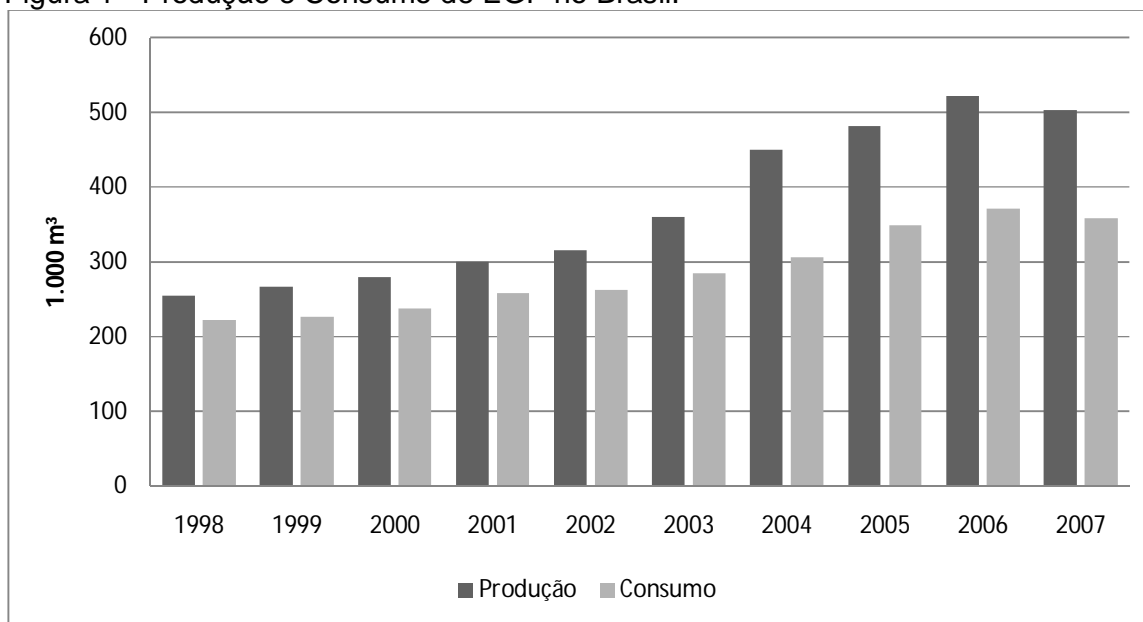
sem revestimento, o EGP é utilizado principalmente na fabricação de partes e peças de móveis em madeira. Comumente, não são aplicados revestimentos ao EGP, pois o efeito decorativo é dado pelo próprio desenho da madeira e/ou pelas emendas. (MATTOS; GONÇALVES; CHAGAS, 2008, p. 126)

As vantagens de utilizar técnicas de colagem lateral (*edge gluing*) e colagem de face (*face gluing*) são: melhorar as propriedades e a qualidade da madeira, manter os recursos naturais renováveis, trabalhar com diferentes dimensões de toras/tábuas e, por fim aumentar a taxa de aproveitamento da madeira. (LOPES, M.; GARCIA, A.,2005)

Além disso, o que antes podia ser resíduo, agora se transforma em produto valioso, sendo a técnica bastante eco eficiente e sustentável. Através dessa tecnologia podem ser obtidas tábuas para construções, habitações, portas, prateleiras, pisos, forros, etc. Podem ainda ser construídas peças estruturais de maiores dimensões e resistências. (REMADE, 2006)

Estima-se que a produção brasileira de painéis de sarrafos colados, ou EGP (*Edge Glued Panel*), cuja maior parcela é orientada para a indústria moveleira nacional, tenha alcançado 503 mil m³ em 2007, representando queda de 3,6% em relação ao ano anterior. O consumo foi de 358 mil m³, apresentando também queda de 3,5% em relação aos 371 mil m³ consumidos em 2006. (SBS, 2008, p. 58)

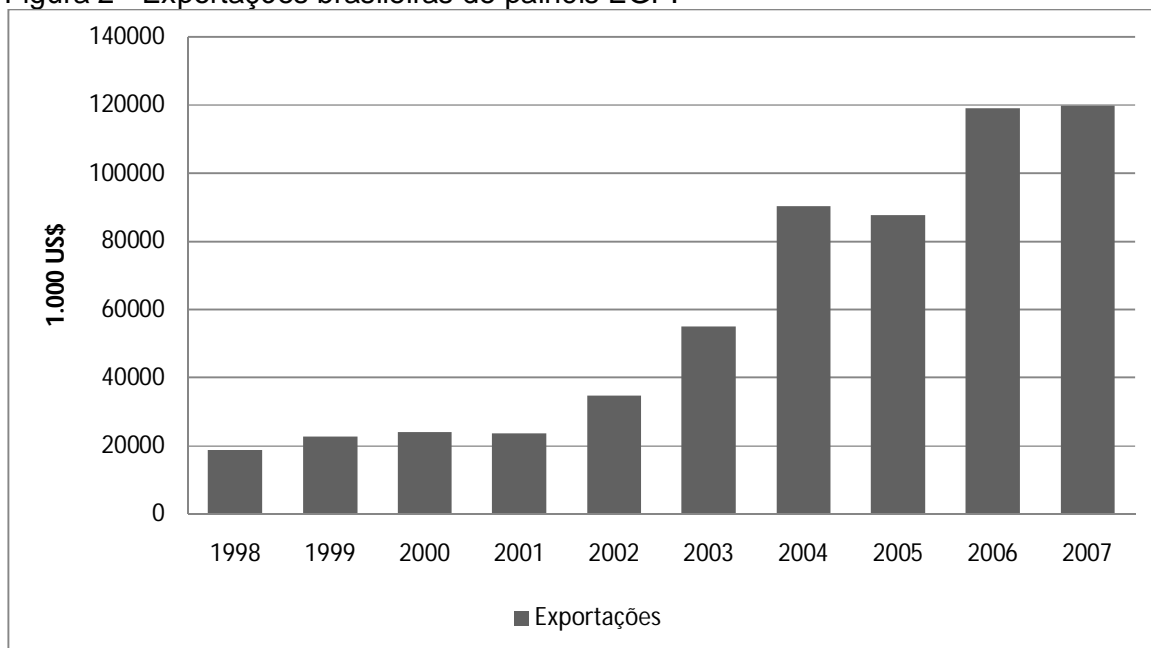
Figura 1 - Produção e Consumo de EGP no Brasil.



Fonte: STCP 2008, adaptado pelo autor.

Os volumes exportados de EGP são crescentes, tendo atingido em 2007, cerca de US\$ 119,8 milhões (0,6% a mais que em 2006). (SBS, 2008, p.58)

Figura 2 - Exportações brasileiras de painéis EGP.



Fonte: STCP 2008, adaptado pelo autor.

3.3.2 PRODUÇÃO DE PAINÉIS EGP

3.3.2.1 PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE (PLANICIDADE)

A superfície de madeira a ser colada deve estar adequadamente preparada para assim obter um painel de boa qualidade. Na busca desta qualidade deve-se: atentar para que as superfícies se encaixem o mais perfeitamente possível; evitar a utilização de madeiras com defeitos de secagem como empenamentos, peças tortas, etc.; observar sempre a qualidade e manutenção das ferramentas de corte, pois se a ferramenta de corte estiver desgastada pode provocar o esmagamento das fibras e logo, prejudicar a penetração e adesão do adesivo; evitar o acúmulo de serragem e sujeiras nas superfícies a serem coladas. (M. LOPES; A. GARCIA, 2005)

Pizzi (1982) citado por Prata (2010), explica que as superfícies a serem coladas devem estar limpas e livres de serragem e as máquinas de corte também devem ser limpas para evitar a contaminação da superfície de corte.

3.3.2.2 TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA

A madeira é um material poroso e fibroso, por isso, sensível a variações higrométricas ambientais. Ela incha quando o estado higrométrico aumenta, e se retrai quando diminui. Nestas condições, a variação dimensional do material poderá ser considerável, atingindo a representação de alguns milímetros. (REMADE, Ed. 70, 2003)

Adesivos PVAc são à base d'água, e curam com a perda de água, à medida que ocorre a sua evaporação ou penetração na madeira. Sendo assim, o processo de secagem do adesivo fica muito mais lento quando o conteúdo de umidade da madeira é muito alto, pois isto retarda o processo de absorção e evaporação da água da cola. (REMADE, Ed. 62, 2002)

Segundo Lopes e Garcia (2005) a umidade da madeira deve estar na faixa de $10 \pm 2\%$ e é importante o uso de equipamentos de precisão para a aferição da umidade da madeira ao longo do processo de colagem. Pois a madeira é um material higroscópico, ou seja, possui a capacidade absorver e perder umidade conforme o ambiente de exposição logo, a madeira está sempre na busca pelo equilíbrio com a umidade do ambiente.

3.3.2.3 PROCESSO DE COLAGEM

Segundo Lopes e Garcia (2005) além das propriedades químicas e físicas do adesivo, cuidados com o processo de aplicação são fundamentais para a produção de painéis de madeira. As principais fontes de variação e de controle da qualidade em um processo de colagem são:

- A quantidade de adesivo: buscar sempre uma distribuição uniforme do adesivo e em quantidade adequadas para que não falte ou exceda; recomenda-se para painéis colados lateralmente que a gramatura fique na faixa de 140-200g/m².
- O tempo: monitorar o tempo desde a aplicação do adesivo / montagem até a prensagem para que não ultrapasse o tempo recomendado pelo fabricante; cada adesivo apresenta uma especificação de tempo em aberto.

- A pressão: proporciona o contato entre as peças a serem coladas, é um fator que influencia diretamente na qualidade da colagem, pois sem a pressão correta não haverá uma boa união entre as peças; depende de inúmeras variáveis como densidade da madeira, dimensões das peças, etc.
- A prensagem: a utilização de máquinas de prensagem como prensas carrosséis, prensas quentes e prensa alta frequência são tecnologias que bem utilizadas garantem a produtividade de uma empresa e o aproveitamento da madeira; cada máquina apresenta suas características, porém a qualidade do equipamento depende dos cuidados com a manutenção e uso.

Muitas outras características de processo devem ser observados como a qualidade da madeira (presença de nós resinados), a qualidade do rolo aplicador, a distribuição das linhas de adesivo, a controle das temperaturas ao longo dos pratos (prensa quente), dos manômetros, entre outras inúmeras variáveis que no dia-a-dia com a produção de painéis de madeira devem tornar-se um controle saudável da qualidade.

3.4 NORMAS EN-204 E EN-205

A norma EN-204 (2001) classifica os adesivos a base de resinas termoplásticas para madeira de usos nãoestruturais, em classes de durabilidade que variam de D1 a D4. Estas classes são baseadas em resistências úmidas e secas da linha de cola sobre condições específicas após varias condições de tratamentos.

De acordo com as normas EN-204 e EN-205 citadas por PRATA (2010), as classes de durabilidade dos adesivos são divididos em quatro grupos. O grupo menos exigido é a classe D1, que são adesivos aplicados em componentes de uso interior que ficam expostos em ambientes que apresente condições de umidade de equilíbrio de 15%. Para isto, estes componentes necessitam simplesmente alcançar resistência mínima de 10 N/mm² sob condições secas, onde o adesivo é avaliado na sua forma normal, sem passar por nenhum tratamento. O grupo mais exigido é a classe D4, que são adesivos aplicados em componentes de uso interior e exterior e que ficam expostos ao tempo com algum tipo de proteção, e onde além de atingir a resistência mínima exigida pela classe D1, tem que apresentar resistência mínima

de 4 N/mm² para imersão em quatro dias à temperatura ambiente e para seis horas em fervura com duas horas imersão em água a temperatura ambiente.

A tabela 1 exemplifica as classes de durabilidade dos adesivos PVAc com base em sua utilização de acordo com a norma EN-204.

Tabela 1 - Classificação da norma EN-204.

Classes de durabilidade	Condições para aplicação
D1	Uso interior (UE < 15%)
D2	Uso interior (UE < 18%)
D3	Uso interior – exterior (não diretamente exposto ao tempo)
D4	Uso interior – exterior (exposto ao tempo com proteção)

Fonte: EN-204, adaptado pelo autor.

A tabela 2 descreve os ciclos de acondicionamento para os ensaios laboratoriais e a resistência mínima citada pela normativa conforme a classificação do adesivo.

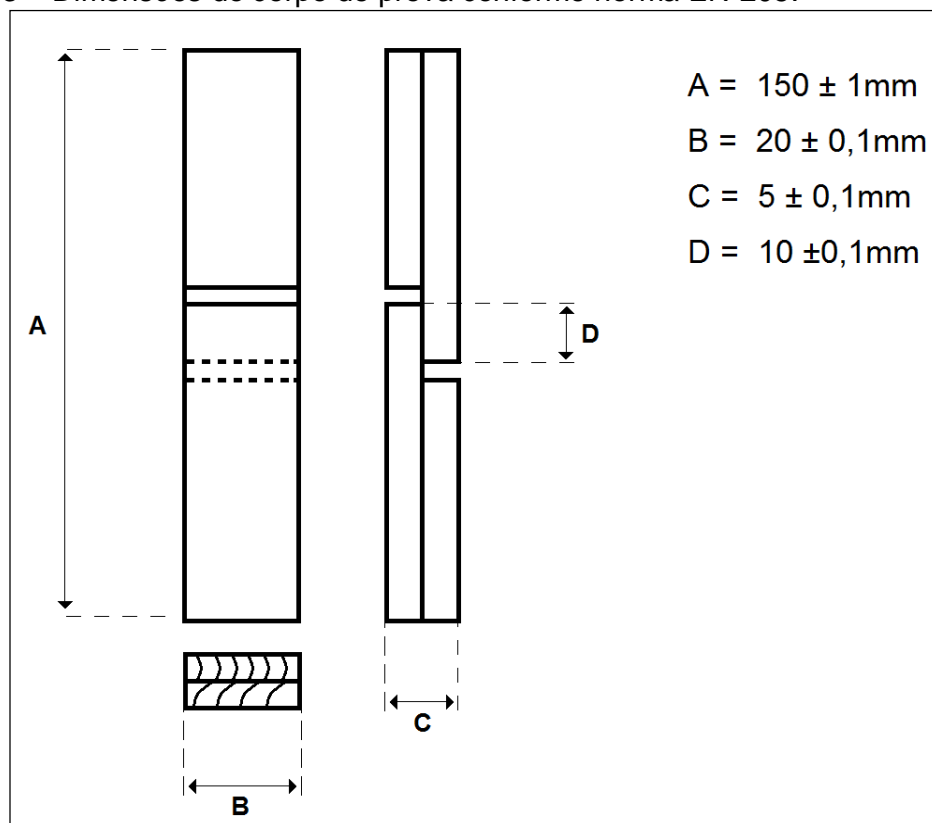
Tabela 2 - Ciclos de condicionamento para ensaios conforme norma EN-204.

Classes	Condicionamento	Resistência mínima
D1	7 dias de climatização	≥ 10 N/mm ² (Mpa)
D2	7 dias de climatização	≥ 8 N/mm ² (Mpa)
	3 horas em água temperatura ambiente	
D3	7 dias de climatização	≥ 2 N/mm ² (Mpa)
	4 dias em água	
	7 dias em climatização	
D4	7 dias em climatização	≥ 4 N/mm ² (Mpa)
	4 dias em água	
	6 horas em fervura	
	2 horas em água fria	≥ 4 N/mm ² (Mpa)

Fonte: EN-204, adaptado pelo autor.

A Norma EN-204 faz referência a outra norma EN-205, essa norma determina como devem ser os ensaios para preparação dos corpos de prova, e conseqüente teste de cisalhamento, para adesivos não estruturais. (REMADE, Ed. 103, 2007)

Figura 3 – Dimensões do corpo de prova conforme norma EN-205.



Fonte: EN-205, adaptado pelo autor.

4 MATERIAIS

4.1 MADEIRA

A madeira utilizada nas colagens foi da espécie *Pinus elliottii*, proveniente de floresta própria de reflorestamento, localizada no município de Ipiranga/PR.

Figura 4 – Lote de madeira espécie: *Pinus elliottii*



Fonte: Autor, 2011.

4.2 ADESIVO

O adesivo utilizado foi o PVAc, DORUS PL 299A, fabricado pela empresa Henkel Ltda. Este adesivo é monocomponente e foi especialmente desenvolvido para colagens do tipo laminação, porém apresenta excelente desempenho em colagem de painéis (EGP) e emendas do tipo finger-joint. Pode ser utilizado em prensa fria, prensa quente, alta frequência e emendadeiras finger-joint. Segundo o fabricante, este adesivo atende às normas americanas ANSI / HPVA HP 1-2000 Tipo II para laminação, ASTM D-5572 Tipo II para uniões finger-joint e as normas européias EN 204/205 D3 para colagem de painéis e blocos.

Figura 5 - Adesivo Dorus PL 299A.



Fonte: Autor, 2011.

As propriedades físicas e químicas do adesivo pertencente ao lote 1714038 com data de fabricação 08/07/2010 são apresentadas na tabela 03. E as condições operacionais recomendadas pelo fabricante estão expressas na tabela 04.

Tabela 3 - Propriedades do adesivo Dorus PL 299A.

Propriedades	Descrição
Teor de sólidos	45,90 %
Viscosidade*	7980 cPs
pH	3,9

*Viscosidade Brookfield determinada a 20rpm e 25°C

FONTE: HENKEL Ltda – boletim técnico, produto Dorus PL 299A, adaptado pelo autor.

Tabela 4 - Condições operacionais do adesivo Dorus PL 299A.

Condição operacional	Descrição
Teor de umidade da madeira	8 a 12%
Tempo de prensagem	Prensa fria: 40 minutos (mínimo)
	Prensa quente: de 3 a 5 minutos
	Prensa alta frequência: 70 a 180 segundos
Gramatura	160-200g/m ²
Pressão	Madeiras moles = 6-8kgf/cm ²
	Madeiras duras = 9-11kgf/cm ²
Tempo em aberto	8 minutos a 20°C de temperatura e 65% UR.

Fonte: Henkel Ltda - Boletim técnico, produto Dorus PL 299A, adaptado pelo autor.

5 METODOLOGIA

5.1 PLANO EXPERIMENTAL

O plano de estudo foi direcionado de forma que para cada variável de operação, pelo menos dois painéis EGP fossem confeccionados em condições distintas. Assim, estes painéis serão comparados com o painel que foi confeccionado seguindo as condições de operações estabelecidas pelo boletim técnico do produto (testemunha).

Tabela 5 Plano experimental para as variáveis de estudo.

Variável modificada	Colagens	Valor de operação
Gramatura	1 colagem	Aproximadamente 100 g/m ²
	1 colagem	Aproximadamente 130 g/m ²
Tempo em aberto	1 colagem	12 minutos
	1 colagem	15 minutos
Tempo de prensagem	1 colagem	30 segundos
	1 colagem	1 minuto e 30 segundos
Pressão lateral	1 colagem	2 kgf/cm ²
	1 colagem	4 kgf/cm ²
Nenhuma	1 colagem	Recomendado pelo fabricante

Fonte: O Autor, 2011.

5.2 PREPARAÇÃO DA MADEIRA

A madeira fornecida pela madeireira foi seca em estufa convencional com 12% de umidade de equilíbrio. Os sarrafos foram preparados em dimensão específicas e usinados conforme especificação S2S, isso para que as superfícies dos sarrafos tenham o máximo de planicidade possível.

5.3 APLICAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DO ADESIVO

Para que não houvesse interferência quanto a idade e/ou posição de madeira dentro da espécie, antes da aplicação de adesivo, os sarrafos de madeira foram selecionados de forma aleatória.

Na seqüência, a aplicação do adesivo se deu através de rolos de espuma convencionais e a distribuição de adesivo na superfície dos sarrafos foi controlada visualmente.

O controle da gramatura foi realizado com o auxílio de uma balança digital, neste processo mediu-se a área de colagem e o peso dos sarrafos antes e depois da aplicação de adesivo. De posse destas informações a gramatura pode ser calculada a partir da seguinte fórmula.

$$GM = \frac{(P_{ca} - P_{sa})}{A}$$

Onde:

GM = Gramatura (g/m²)

Psa = Peso sem aplicação de adesivo (g)

Pca = Peso com aplicação de adesivo (g)

A = Área (m²)

5.4 PRENSAGEM DOS PAINÉIS EGP

Seguindo no processo de colagem dos painéis EGP, após a aplicação de adesivo, sua distribuição uniforme e o devido controle de gramatura, os sarrafos de madeira foram encaminhados para prensa onde ocorreu a aplicação de pressão (esquema representado na figura 7). O equipamento utilizado foi a Prensa Pneumática de Alta Freqüência, modelo *PPAF1200*, tensão *380V*, freqüência *60Hz* fabricado pela empresa *Maquimóvel*.

Figura 6 - Equipamento: prensa pneumática de alta freqüência.



Fonte: Autor, 2011.

Figura 7 - Processo de colagem e montagem dos painéis EGP.



Controle da gramatura



Prensagem em Prensa alta frequência



Fonte: Autor, 2011.

Em todas as colagens, as condições de operação foram devidamente controladas, sempre seguindo as orientações do fabricante e modificando apenas a variável pretendida. Em seguida são apresentadas as condições de colagens individuais dos painéis colados em condição específica de colagem. As fichas completas das colagens realizadas podem ser melhor visualizadas no anexo do trabalho.

Tabela 6 - Painel colado seguindo as especificações do boletim técnico do produto.

Identificação	Gramatura (g/m ²)	Pressão (kgf/cm ²)	Tempo em aberto	Tempo de prensagem
Testemunha	187,83	7	2`50"	3`

Tabela 7 - Painéis colados com gramatura abaixo do especificado pelo boletim técnico do produto.

Identificação	Gramatura (g/m ²)	Pressão (kgf/cm ²)	Tempo em aberto	Tempo de prensagem
GM100	112,70	7	2`	3`
GM 130	127,70	7	2`15"	3`

Tabela 8 - Painéis colados com pressão abaixo do especificado pelo boletim técnico do produto.

Identificação	Gramatura (g/m ²)	Pressão (kgf/cm ²)	Tempo em aberto	Tempo de prensagem
P 2	202,80	2	2`40"	3`
P 4	202,80	4	2`50"	3`

Tabela 9 - Painéis colados com tempo de prensagem abaixo do especificado pelo boletim técnico do produto.

Identificação	Gramatura (g/m ²)	Pressão (kgf/cm ²)	Tempo em aberto	Tempo de prensagem
TP 1`30"	195,34	7	2`20"	1`30"
TP 30"	187,80	7	2`	30"

Tabela 10 - Painéis colados com tempo em aberto acima do especificado pelo boletim técnico do produto.

Identificação	Gramatura (g/m ²)	Pressão (kgf/cm ²)	Tempo em aberto	Tempo de prensagem
TA 12	195,30	7	12`	3`
TA 15	187,80	7	15`	3`

5.5 ENSAIOS

Após as colagens dos painéis, os mesmos ficaram acondicionados (protegidos da exposição por temperatura e umidade) por dois dias para cura total do adesivo e em seguida foram encaminhados para processo de corte para confecção dos corpos de prova.

Os corpos de prova foram confeccionados seguindo especificações da norma europeia EN-205 e posteriormente submetidos ao ciclo de ensaio destinado a adesivos com classificação D3, conforme procedimento da norma europeia EN-204. Neste ciclo os corpos de prova foram submetidos a sete dias de climatização e posteriormente a quatro dias em água a temperatura ambiente.

Ainda úmidos, os corpos de prova foram ensaiados na máquina universal de ensaios e os resultados visualizado no programa Test fornecido pela empresa EMIC fabricante do equipamento.

Figura 8 - Máquina Universal de Ensaio



6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de resistência a tração obtidos com os corpos de prova confeccionados a partir dos painéis EGP, são apresentados na tabela a seguir e seus valores individuais, juntamente com as curvas de tensão e deformação, podem ser visualizadas no anexo do trabalho.

Tabela 11 - Resultados de resistência a tração conforme as normas EN-204.

IDENTIFICAÇÃO	MÉDIA (Mpa)	Coefficiente de variação (%)	Desvio padrão (%)	Valor mínimo citado pela normativa (Mpa)
TESTEMUNHA	1,9630	6,69	13,15	≥ 2,0
GRAMATURA 100	0,4001	89,38	35,76	≥ 2,0
GRAMATURA 130	1,0340	35,45	36,64	≥ 2,0
PRESSÃO 2 kgf/cm ²	0,3414	66,94	22,85	≥ 2,0
PRESSÃO 4 kgf/cm ²	0,6779	87,10	59,05	≥ 2,0
TEMPO DE PRENSAGEM 1'30"	1,5820	9,52	15,06	≥ 2,0
TEMPO DE PRENSAGEM 30"	0,5205	100,90	52,53	≥ 2,0
TEMPO EM ABERTO 12'	1,1600	22,85	26,49	≥ 2,0
TEMPO EM ABERTO 15'	0,9109	16,13	14,69	≥ 2,0

Condições operacionais amostra testemunha: gramatura: 187 g/m², pressão: 7 kgf/cm², tempo em aberto: 2'10", tempo de prensagem: 3'.

Nota-se que nenhuma das amostras atingiu o valor mínimo de resistência citado pela normativa, porém os resultados apresentados referem-se à madeira de *Pinus elliottii* usada para confecção dos painéis e os valores citados pela normativa referenciam a madeira de *Fagus sylvatica* como padrão para os ensaios, não sendo possível uma comparação adequada.

Nota-se também que o maior valor de resistência (1,963 Mpa) foi medido para a amostra escolhida como testemunha. Amostra esta, que teve todas as condições de colagem seguidas conforme orientações no boletim técnico do produto. Esta amostra também apresentou os menores valores de desvio padrão e coeficiente de variação.

Para que haja uma melhor apresentação dos dados e entendimento dos resultados, as variáveis estudadas foram divididas e discutidas individualmente a seguir.

6.1 VARIÁVEL GRAMATURA

A tabela 12 apresenta os valores médios de resistência a tração, obtidos com os corpos de prova confeccionados a partir dos painéis colados lateralmente, onde pretendeu-se analisar a interferência da variável gramatura.

Tabela 12 - Resistência média a tração conforme a norma EN-204.

IDENTIFICAÇÃO	RESISTÊNCIA (Mpa)
GRAMATURA 100 g/m ²	0,4001 c
GRAMATURA 130 g/m ²	1,0340 b
TESTEMUNHA (gramatura 187 g/m ²)	1,9630 a
VARIÂNCIA	
$F_{CAL} = 66,35\% > F_{0,05;2;27} = 3,35\%$	

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Através a análise da variância nota-se a diferença estatística entre a testemunha e as amostras coladas com gramaturas inferiores ao indicado no boletim técnico do produto. Com teste de Tukey, constatou-se que o resultado obtido com a amostra testemunha é superior ao resultado da amostra colada com uma gramatura de 130 g/m² que por sua vez apresentou um resultado superior ao da amostra colada com gramatura de 100 g/m².

A grande variação entre os resultados pode estar relacionado a quantidade de adesivo aplicado sobre a superfície da madeira. Uma aplicação insuficiente de adesivo pode gerar falhas no processo de penetração do adesivo, prejudicando a adesão final.

Para BANDEL A. (1991), uma aplicação escassa de adesivo, tende a diminuir o tempo de prensagem, o tempo em aberto e também a resistência final da colagem.

6.2 VARIÁVEL PRESSÃO

A tabela 13 apresenta os valores médios de resistência a tração, obtidos com os corpos de prova confeccionados a partir dos painéis colados lateralmente, onde pretendeu-se analisar a interferência da variável pressão.

Tabela 13 - Resistência média a tração conforme norma EN-204.

IDENTIFICAÇÃO	RESISTÊNCIA (Mpa)
PRESSÃO 2 kgf/cm ²	0,3414 b
PRESSÃO 4 kgf/cm ²	0,6779 b
TESTEMUNHA (pressão 7 kgf/cm ²)	1,9630 a
VARIÂNCIA	
$F_{CAL} = 31,61\% > F_{0,05;2;23} = 3,42\%$	

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Com a análise da variância, ficou constatado que a variação de pressão alterou o valor médio de resistência das 3 amostras avaliadas, ou seja, podemos perceber que a variável pressão é relevante ao processo de produção de painéis EGP. O teste de Tukey indica que os resultados obtidos com as amostras coladas com pressão lateral 2 kgf/cm² e 4 kgf/cm² não possuem diferença estatística. O mesmo teste indica que o resultado obtido com a amostra testemunha é superior a estes dois resultados.

BANDEL A. (1991) cita que uma pressão baixa corresponde a um tempo de prensagem maior e isto influencia diretamente na resistência da colagem.

6.3 VARIÁVEL TEMPO DE PRENSAGEM

A tabela 14 apresenta os valores médios de resistência a tração, obtidos com os corpos de prova confeccionados a partir dos painéis colados lateralmente, onde pretendeu-se analisar a interferência da variável tempo de prensagem.

Tabela 14 - Resistência média a tração conforme a norma EN-204.

IDENTIFICAÇÃO	RESISTÊNCIA (Mpa)
TEMPO DE PRENSAGEM 30"	0,5205 c
TEMPO DE PRENSAGEM 1'30"	1,5820 b
TESTEMUNHA (tempo de prensagem 3')	1,9630 a
VARIÂNCIA	
$F_{CAL} = 50,82\% > F_{0,05;2;25} = 3,39\%$	

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

A análise da variância indica que o tempo de prensagem também interfere na resistência final do painel, sendo relevante para o processo de fabricação dos

mesmos. Com teste de Tukey, constatou-se que o resultado obtido com a amostra colada adequadamente (testemunha) é superior ao resultado da amostra colada com tempo de prensagem de 1 minuto e 30 segundos que por sua vez apresentou um resultado superior ao da amostra colada com tempo de prensagem de 30 segundos.

6.4 VARIÁVEL TEMPO EM ABERTO

A tabela 15 apresenta os valores médios de resistência a tração, obtidos com os corpos de prova confeccionados a partir dos painéis colados lateralmente, onde pretendeu-se analisar a interferência da variável tempo em aberto.

Tabela 15 - Resistência média a tração conforme a norma EN-204.

IDENTIFICAÇÃO	RESISTÊNCIA (Mpa)
TEMPO EM ABERTO 15'	0,9109 b
TEMPO EM ABERTO 12'	1,1600 b
TESTEMUNHA (tempo em aberto 2'10")	1,9630 a
VARIÂNCIA	
$F_{CAL} = 78,16\% > F_{0,05;2;27} = 3,59\%$	

Médias seguidas por letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

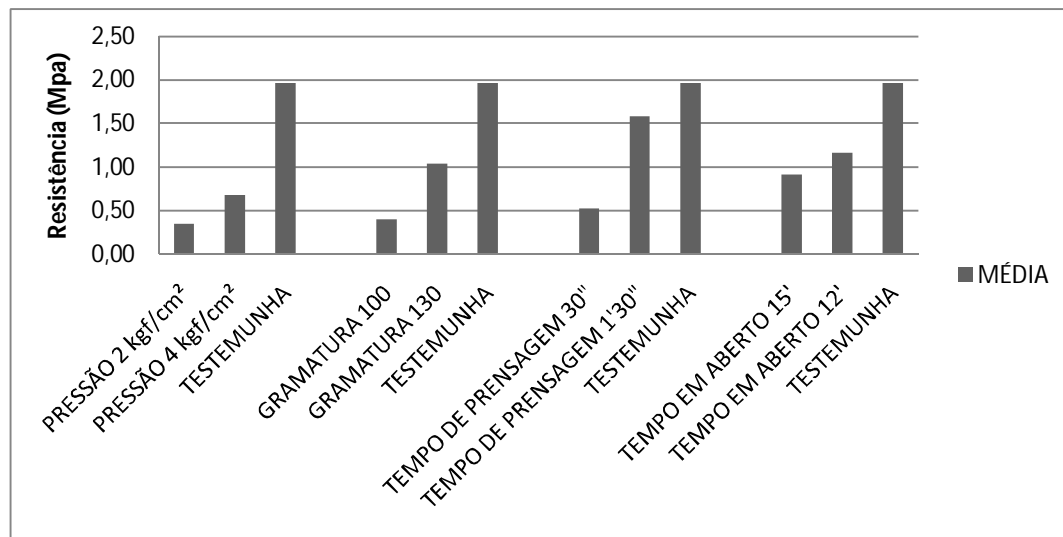
A análise da variância indica que o tempo em aberto também interfere na resistência final do painel, sendo relevante para o processo de fabricação dos mesmos. Com teste de Tukey, constatou-se que o resultado obtido com a amostra testemunha é superior aos resultados das amostras coladas com tempo em aberto de 15 minutos e 12 minutos, que por sua vez não diferem entre si estatisticamente.

Segundo BANDEL A. (1991), quanto maior for o tempo em aberto, maior será a fase crítica para formação da película adesiva e o poder de adesão final tenderá a diminuir.

6.5 AVALIAÇÃO GERAL DAS VARIÁVEIS ESTUDADAS

A figura 9 apresenta uma visão geral dos resultados, comparando os resultados das colagens em que foi modificada alguma variável com o resultado da colagem testemunha.

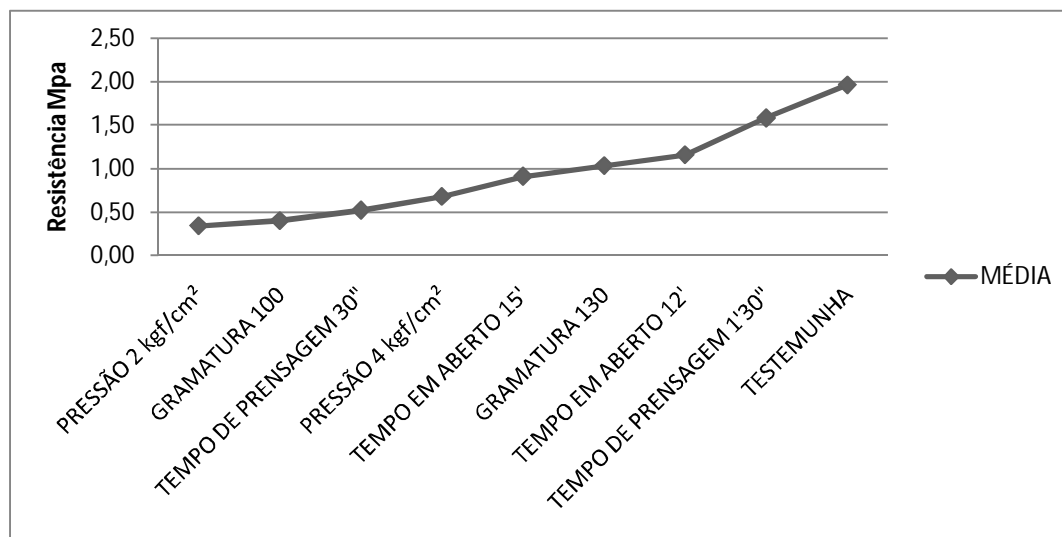
Figura 9 – Avaliação geral dos resultados de resistência a tração.



Fonte: Autor, 2011.

Na figura 10, os resultados de resistência a tração estão dispostos de forma crescente, isso para que se possa ter uma idéia da influencia das variáveis operacionais na resistência final dos painéis EGP.

Figura 10 – Avaliação geral dos resultados de resistência a tração.



Fonte: Autor, 2011.

Como detalhado nas figuras 9 e 10, há uma grande variação na resistência final dos painéis quando as variáveis de colagem ou operação não seguem as indicações do boletim técnico do produto.

7 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e de algumas situações observadas durante a realização do estudo, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- a.** A variável “gramatura” é relevante ao processo de fabricação dos painéis uma vez que a alteração desta variável proporcionou uma alteração significativa à resistência final de colagem;
- b.** A variável “pressão” é relevante ao processo de fabricação dos painéis uma vez que a alteração desta variável proporcionou uma alteração significativa à resistência final de colagem;
- c.** A variável “tempo em aberto” é relevante ao processo de fabricação dos painéis uma vez que a alteração desta variável proporcionou uma alteração significativa à resistência final de colagem;
- d.** A variável “tempo de prensagem” é relevante ao processo de fabricação dos painéis uma vez que a alteração desta variável proporcionou uma alteração significativa à resistência final de colagem;
- e.** Níveis baixos de pressão, tempo de prensagem curto e gramatura inferior ao indicado pelo fabricante, foram as variáveis que apresentaram maior relevância à resistência final dos painéis colados lateralmente.

8 RECOMENDAÇÕES

Em função dos resultados e conclusões obtidas neste estudo, as seguintes recomendações são sugeridas:

- a.** Propor a avaliação das mesmas variáveis, porém com um número maior de amostras para cada variável estudada;
- b.** Realizar um estudo específico sobre a variável gramatura, a fim de estipular valores ideais de produção;
- c.** Analisar a interferência das condições climáticas sobre colagem e sua resistência final;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMCI. **Estudo setorial 2008: indústria de madeira processada mecanicamente: ano base 2007**. Associação brasileira da industria de madeira processada mecanicamente, Curitiba, PR, 2008.
- ABRAF. **Anuário estatístico Abraf 2010 – ano base 2009**. Associação brasileira de produtores de florestas plantadas - Brasília, 2010
- BANDEL A. **Adhsivos y tecnologia Del encolado em La industria de La madeira**. – Milano – 1991
- BALLONI, C. J. V; BARREIROS, R. M. **Caracterização Física e Química da Madeira de *Pinus elliottii***. Lavras/MG, 2010.
- EN 204 – **Classification of Thermoplastic Wood Adhesives for Non-structural Applications**. European Stardard, Bruxelas 2001.
- EN 205 – **Adhesives – Wood Adhesives for Non-structural Applications – Determination of Tensile Shear Strength of Lap Joints**. European Stardard, 13p. Bruxelas 2002.
- FUMAGALLI, L. A. W. **Processo de Internacionalização no Setor de Produtos de Maior Valor Agregado da Indústria Madeireira**. 106 f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2008
- HAUBRICH, L.; GONÇALVES, C.; TONET, A. **Revista da Madeira: Adesivos vinílicos apresentam soluções para madeira**. Edição nº 103 – março de 2007.
- IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005.
- LOPES, M.; GARCIA, A. **Revista da Madeira: Controle da qualidade na colagem de painéis de madeira**. Edição nº 89 – Abril de 2005

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; CHAGAS, F. B. Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas. **Banco Nacional de Desenvolvimento Setorial**. Rio de Janeiro, n. 27, p.121-156, mar. 2008.

MORETTIN, Pedro Alberto, 1942-; BUSSAB, Wilton de Oliveira. **Estatística básica**. 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 526p., il., grafs. Inclui bibliografia. ISBN 8502034979 (broch.).

PRATA, J.G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (*edge glued panels – egp*)**. Tese (Pós-graduação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2010.

REMADE. Revista da Madeira: **Efeitos da umidade sobre a colagem da madeira**. Edição nº70 – março de 2003.

REMADE. Revista da Madeira: **Madeiras – PMVA – Produtos de maior valor agregado – EGP**. Disponível em http://www.remade.com.br/br/madeira_pmva.php?num=2&title=EGP, acessado em 03/01/2010.

REMADE. Revista da Madeira: **Atividades industriais com madeira de Pinus: atualidade e desafios**. Edição nº 124 – Julho de 2010.

REMADE. Revista da Madeira: **Produtos de eucalipto com maior valor agregado**. Edição nº 107 – Julho de 2007.

REMADE. Revista da Madeira: **Pinus na silvicultura brasileira**. Edição nº99 – setembro de 2006.

SCHULTZ A. C. P. **Avaliação da colagem e da variação de umidade na produção de painéis de madeira compensada com mistura de espécies**. Trabalho de

conclusão de curso em Engenharia Industrial Madeireira, apresentado à Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2008.

SHIMIZU, Jarbas Yukio. **Pinus na silvicultura brasileira**. Embrapa Florestas. 2006. Disponível em: < <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./florestal/index.html&conteudo=./florestal/artigos/pinus.html>>. Acessado em: janeiro de 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). **Fatos e Números do Brasil Florestal**. São Paulo, Dezembro de 2008.

ANEXO I



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE PAINÉIS – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 20 TBU: 16
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliottii</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	11,2
PRENSA UTILIZADA	Prensa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	2 minutos
TEMPO DE PRESAGEM	3 minutos
GRAMATURA (g/m²)	112,70
Área de colagem (m ²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1752,50
Peso com cola (g)	1760,00
PRESSÃO LATERAL	7 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	1,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	0,5
DATA DA COLAGEM	26/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	Dorus PL 299 – 1714038 – GM 100



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE PAINÉIS – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 20 TBU: 16
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliotti</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	11,2
PRENSA UTILIZADA	Prensa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	2 minutos e 15 segundos
TEMPO DE PRESAGEM	3 minutos
GRAMATURA (g/m ²)	127,70
Área de colagem (m ²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1606,50
Peso com cola (g)	1615,00
PRESSÃO LATERAL	7 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	2,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	1,0
DATA DA COLAGEM	26/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	Dorus PL 299 – 1714038 – GM 130



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE PAINÉIS – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 20 TBU: 18
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliottii</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	10,8
PRENSA UTILIZADA	Pressa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	2 minutos e 50 segundos
TEMPO DE PRESAGEM	3 minutos
GRAMATURA (g/m²)	202,80
Área de colagem (m²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1946,50
Peso com cola (g)	1960,00
PRESSÃO LATERAL	4 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	1,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	0,5
DATA DA COLAGEM	26/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	Dorus PL 299 – 1714038 – P4



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE PAINÉIS – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 20 TBU: 18
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliotti</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	10,8
PRENSA UTILIZADA	Prensa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	2 minutos e 40 segundos
TEMPO DE PRESAGEM	3 minutos
GRAMATURA (g/m ²)	202,80
Área de colagem (m ²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1822,50
Peso com cola (g)	1836,00
PRESSÃO LATERAL	2 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	1,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	0,5
DATA DA COLAGEM	26/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	Dorus PL 299 – 1714038 – P2



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE **PAINÉIS** – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 20 TBU: 16
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliottii</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	11,2
PRENSA UTILIZADA	Prensa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	12 minutos
TEMPO DE PRESAGEM	3 minutos
GRAMATURA (g/m²)	195,30
Área de colagem (m²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1634,50
Peso com cola (g)	1647,50
PRESSÃO LATERAL	7 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	1,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	0,5
DATA DA COLAGEM	26/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	Dorus PL 299 – 1714038 – TA 12



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE PAINÉIS – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 24 TBU: 20
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliotti</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	11,3
PRENSA UTILIZADA	Prensa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	15 minutos
TEMPO DE PRESAGEM	3 minutos
GRAMATURA (g/m ²)	187,80
Área de colagem (m ²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1923,50
Peso com cola (g)	1935,50
PRESSÃO LATERAL	7 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	1,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	0,5
DATA DA COLAGEM	26/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	Dorus PL 299 – 1714038 – TA 15



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE PAINÉIS – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 20 TBU: 16
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliottii</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	11,7
PRESA UTILIZADA	Prensa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	2 minutos e 20 segundos
TEMPO DE PRESAGEM	1 minuto e 30 segundos
GRAMATURA (g/m ²)	195,34
Área de colagem (m ²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1938,50
Peso com cola (g)	1951,50
PRESSÃO LATERAL	7 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	1,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	0,5
DATA DA COLAGEM	26/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	Dorus PL 299 – 1714038 – TP 1` 30”



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE PAINÉIS – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 27 TBU: 21
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliotti</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	11,4
PRENSA UTILIZADA	Prensa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	2 minutos
TEMPO DE PRESAGEM	30 segundos
GRAMATURA (g/m ²)	187,80
Área de colagem (m ²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1984,50
Peso com cola (g)	1997,00
PRESSÃO LATERAL	7 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	1,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	0,5
DATA DA COLAGEM	28/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	Dorus PL 299 – 1714038 – TP 30”



FICHA DE CONTROLE DE COLAGEM DE PAINÉIS – EN 204-205

VARIÁVEIS	DADOS DO ENSAIO
PRODUTO	DORUS PL 299A
LOTE	1714038
TEMPERATURA (°C)	TBS: 20 TBU: 16
TIPO DE MADEIRA	<i>Pinus elliotti</i>
TEOR DE UMIDADE MADEIRA (%)	11,5
PRESA UTILIZADA	Prensa pneumática alta frequência
TEMPO EM ABERTO	2 minutos e 10 segundos
TEMPO DE PRESAGEM	3 minutos
GRAMATURA (g/m ²)	187,83
Área de colagem (m ²)	0,06655
Peso sem cola (g)	1732,50
Peso com cola (g)	1745,00
PRESSÃO LATERAL	7 kgf/cm ²
PRESSÃO SUPERIOR	8 bar
CARGA INICIAL (A)	1,0
ESTABILIZOU CARGA (A)	0,5
DATA DA COLAGEM	26/10/2010
RESPONSÁVEL	Jeferson Becker
IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	TESTEMUNHA

