

WALMIR DA SILVA MOREIRA

Extensores Alternativos para Produção de
Compensados com Resina
Uréia Formaldeído.

Dissertação apresentada à Comissão Examinadora do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciências.

CURITIBA
1985



COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

PARECER

Os membros da Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pelo candidato WALMIR DA SILVA MOREIRA, sob o título "ALTERNATIVAS DE EXTENSORES NA PRODUÇÃO DE COMPENSADOS COM RESINA UREIA FORMALDEÍDO", para obtenção do grau de Mestre em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração: TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS, após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Dissertação, completando assim os requisitos necessários para receber o grau e o Diploma de Mestre em Ciências Florestais. Observação: O critério de avaliação da Dissertação e defesa da mesma a partir de novembro de 1980 é apenas APROVADA ou NÃO APROVADA.

Curitiba, 12 de novembro de 1985

Professor Luiz Tadashi Watai, M.Sc.
Primeiro Examinador



Professor Edva Oliveira Brito, M.Sc.
Segundo Examinador

Professor Sidon Keinert Junior, DR.
Presidente

AOS MEUS FILHOS E ESPOSA

À MINHA MÃE

E EM MEMÓRIA DE MEU PAI

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Sidon Keinert Junior, pela orientação, dedicação, apoio e amizade dispensada durante a realização do trabalho.

Ao professor Franz Wolf, pela orientação inicial e co-orientação durante a realização do trabalho.

Ao professor Ivan Tomaselli, pela co-orientação durante a realização do trabalho.

A Fundação Universidade Federal de Mato Grosso, pelo apoio financeiro.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, por possibilitar a realização do presente curso.

Ao professor Versides Sebastião Moraes e Silva, pela ajuda valiosa na elaboração e análise estatística dos dados.

Aos demais colegas do curso e aqueles que direta e indiretamente colaboraram na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

WALMIR DA SILVA MOREIRA, filho de Pedro Henedino Moreira e Clarice da Silva Moreira, nasceu no dia 14 de julho de 1954, na cidade de Várzea Grande, Estado de Mato Grosso.

Iniciou seus estudos na cidade de Várzea Grande, em 1960, terminando o primeiro grau no Ginásio Estadual "Fernando Leite de Campos" em 1969.

Em 1970 iniciou o segundo grau na Escola Técnica Federal de Mato Grosso, e concluindo-o no Colégio Estadual de Mato Grosso em 1972.

Em 1975 ingressou no curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, concluindo em 1978. Nomeado em janeiro de 1974, Auxiliar Administrativo na Escola Estadual de Segundo Grau " João Pompeu de Campos Sobrinho", permanecendo até fevereiro de 1979.

Contratado pela Universidade Federal de Mato Grosso em 1979 como Professor Auxiliar de Ensino do Departamento de Engenharia Florestal.

Ingressou nesse mesmo ano no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, na opção " Tecnologia de Produtos Florestais", concluindo os créditos em junho de 1981 para obtenção do Título de Mestre em Ciências - M.Sc.

Nomeado em 1982 como Professor Assistente I.

Atualmente leciona as disciplinas, Anatomia da Madeira e Industrialização Florestal.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Provável ligação covalente que ocorre entre adesivos contendo formaldeído e a celulose e lignina da madeira (TROUGHTON, FILHO ⁹)...	8
2. Provável ligação covalente que ocorre entre grupos Guaiacil da lignina e adesivos de fenol formaldeído (FF) (ALLAN & NEOGI, FILHO ⁹)	10
3. Forma e tamanho de diferentes tipos de grânulos microscópicos de amido (CORN INDUSTRIES RESEARCH FOUNDATION INC. ⁸).....	12
4. Viscosidade de resina formaldeído (UF) e fenol formaldeído (FF) em dependência da temperatura (FRUHWALD ¹¹).....	14
5. Resistência da linha de cola após tratamento de cozimento (cyclic boiling test) em função da proporção de extensor na mistura de cola (NOCK & RICHTER ²¹).....	19
6. Vida útil de resina uréica formaldeído com diferentes catalizadores (FRUHWALD ¹¹).....	21
7. Vida útil de resina uréica formaldeído em relação ao conteúdo de extensor (FRUHWALD ¹¹).	22
8. Esquema mostrando as dimensões do corpo de prova para ensaio ao cisalhamento por tração	40
9. Esquema mostrando as dimensões do compensador e como os corpos de prova foram obtidos.	41
10. Relação entre a resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm ²) (ensaio sêco) e variação no grau de extensão	53

11.	Relação entre a % de falha na madeira (ensaio sêco) e a variação no grau de extensão	55
12.	Relação entre a resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm^2) (ensaio úmido) e variação no grau de extensão	58
13.	Relação entre a porcentagem (%) de falha na madeira (ensaio úmido) e a variação no grau de extensão	60

LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1.	Graus de extensão das formulações	36
2.	Formulações utilizadas e seus componen <u>tes</u>	37
3.	Viscosidades das combinações com base na mistura (resina UF, extensor, água).	44
4.	Valores médios do teor de cinzas das combinações de extensores e do trigo ..	44
5.	pH das combinações de extensores e do trigo	46
6.	Viscosidade e tempo de gelificação (<u>vi</u> da útil) das diferentes misturas de <u>co</u> la usadas na confecção dos compensados.	49
7.	Valores médios da resistência da linha de cola e porcentagem de falha na madei <u>i</u> ra das diversas misturas	52
8.	Análise de variância dos valores médios da resistência ao cisalhamento por tra <u>ç</u> ão (kgf/cm ²) (ensaio sêco).....	62
9.	Análise de variância dos valores médios de resistência ao cisalhamento por tra <u>ç</u> ão(kgf/cm ²) (ensaio úmido).....	62
10.	Teste de Tukey (ensaio sêco) para as mé dias de resistência ao cisalhamento por tra <u>ç</u> ão (kgf/cm ²).....	63
11.	Teste de Tukey (ensaio úmido) para as médias de resistência ao cisalhamento por tra <u>ç</u> ão (kgf/cm ²).....	64

12.	Valores médios da resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm ²) (ensaio sêco)	80
13.	Valores médios da resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm ²) (ensaio úmido)	81

S U M Á R I O

	Página
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE QUADROS	vii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Teorias da Colagem	5
2.2. Critérios de qualidade de extensores e mistura de cola	9
2.2.1. Viscosidade	9
2.2.2. pH	16
2.2.3. Tempo de gelificação (Vida útil)	18
2.2.4. Teor de cinzas	20
2.3. Conceitos e caracterizações de extenso res	23
2.4. Trigo no Brasil	26
2.5. Efeitos dos extensores nas propriedades e qualidades dos compensados	28
3. MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1. Extensores estudados	32
3.2. Preparação dos extensores e posterior seleção	32
3.3. Determinação das propriedades das combi nações de extensores	34
3.3.1. pH	34
3.3.2. Teor de Cinzas	34

3.4. Preparação das Misturas de colas	35
3.5. Coleta de dados referente às <u>propriedades</u> das misturas produzidas	35
3.5.1. Viscosidade	35
3.5.2. Tempo de gelificação (Vida útil)..	35
3.6. Confeção dos painéis compensados	38
3.6.1. Lâminas utilizadas	38
3.6.2. Prensagem	38
3.6.3. Condicionamento	38
3.7. Determinação das características de <u>colagem</u>	39
3.7.1. Preparo dos corpos de prova	39
3.7.2. Ensaio de resistência da colagem.	39
3.8. Delineamento estatístico	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1. Seleção dos extensores	43
4.1.1. Critério de seleção	43
4.2. Propriedades dos extensores	44
4.2.1. Teor de Cinzas	44
4.2.2. pH	46
4.3. Propriedades das misturas de cola <u>utilizadas</u>	48
4.3.1. Tempo de gelificação (Vida útil) e viscosidade	48
4.4. Propriedades da linha de cola (resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm ²) e porcentagem de falha na madeira	51

5.	CONCLUSÕES	65
6.	RESUMO	68
7.	SUMMARY	69
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
9.	APÊNDICE	75

1. INTRODUÇÃO

A fabricação de compensados nasceu da necessidade de um melhor aproveitamento das madeiras e também para que originassem produtos que aproveitassem boas características mecânicas através da alternância da direção da grã das lâminas, contribuindo significativamente para diminuir os efeitos da anisotropia dimensional, possibilitando o emprego fácil e econômico de peças mais largas, menos espessas e mais leves, conseguindo-se com isso, utilização mais eficiente da madeira nos mais variados setores da indústria madeireira.

A arte de confeccionar compensados é antiga, data do tempo dos faraós do Egito, romanos e da idade média, sendo produzidas utilizando colas à base de caseína e colas de origem animal.

Com o advento das resinas sintéticas, a partir de 1930, houve um desenvolvimento técnico rápido das indústrias de compensados, principalmente aquelas que usam resinas a base de Uréia formaldeído (UF) e Fenol formaldeído (FF).

No Brasil, a indústria de compensados cresceu e expandiu durante o conflito mundial de 1939 e 1945. Com a introdução das resinas sintéticas nas indústrias de compensados, tornou-se importante o uso de extensores e materiais de enchimento.

Extensores são substâncias tendo alguma ação adesiva que adicionadas a um adesivo, reduz o custo da cola, consequentemente menor quantidade de adesivo é utilizado.

Materiais de enchimento são substâncias não adesivas que adicionadas a um adesivo, melhora sua propriedade de manipulação, vida útil e outras qualidades.

Os extensores utilizados principalmente nas resinas Uréia formaldeído (UF) são na maioria, substâncias farináceas, como farinhas de cereais, de raízes e algumas proteícas. Contudo nem todas as farinhas mencionadas podem ser usadas como extensores na indústria de compensados, pois a maioria delas apresentam comportamentos diferentes principalmente relacionados com a absorção de água. Algumas apresentam alta capacidade de absorção e outras apresentam baixa capacidade de absorção, o que influe diretamente em termos de viscosidade (manipulação) e resistência mecânica da linha de cola.

A indústria brasileira de compensados usa como extensor nas resinas uréia formaldeído, a farinha de trigo. Esta farinha confere uma melhor viscosidade com uma porcentagem de água geralmente igual ao peso da farinha empregada. O trigo por ser um produto importado e em grande parte largamente utilizado na alimentação humana, principalmente das classes menos favorecidas, leva o governo a subsidiar o produto com a intenção de beneficiar essas classes.

Até 1978, a evolução do preço do trigo em grão entre que aos moinhos não apresentou profundas alterações, isto se deveu em parte a não elevação do preço do trigo importado, à sua disponibilidade em grande quantidade no mercado externo e também a responsabilidade do governo ao subsidiar o consumo interno, mantendo os preços estáveis e oferecendo um produto acessível à população.

A partir de 1980, percebendo o governo que o subsídio ao trigo estava refletindo no índice inflacionário do país, resolveu retirar de maneira gradativa o subsídio, gerando desta forma uma elevação no preço real do mesmo. No ano passado (1984), foi prevista a importação de 4,25 milhões de tonela

das, com gastos de divisas de 720 milhões de dólares, pois a produção nacional esperada de 3,0 milhões de toneladas, devido principalmente as condições climáticas adversas, mal chegaria a 1,85 milhões de toneladas.*

Como parte do trigo consumido no país é usado na indústria de compensados, a retirada gradual do subsídio promovido pela SUPERINTENDÊNCIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO (SUNAB) com prognóstico para retirada total até meado de 1985, acarretará um substancial aumento no preço do trigo, tendo reflexão no preço da mistura da cola, conseqüentemente aumento do preço do compensado produzido. Este aumento poderá influir negativamente, em um parque industrial que emprega, só na capital do Estado do Paraná, 60 mil trabalhadores e atinge diretamente mais de 200 mil pessoas. Além disso, todo compensado utilizado pela indústria madeireira apresenta a farinha de trigo como extensor em sua constituição e conseqüentemente estas áreas seriam duramente atingidas. Estas situações conflitantes e a necessidade da indústria de compensados não depender de um produto que tenha preços e disponibilidade instáveis e oscilantes, originou-se a necessidade de encontrar outros produtos que possam substituir o trigo, apresentando iguais ou semelhantes propriedades.

O principal objetivo do presente trabalho é encontrar outras substâncias alternativas que possam ser usadas como extensores, que misturadas a resina uréica formaldeído forneçam se não as mesmas propriedades e eficiência, pelo menos semelhantes às fornecidas pelo trigo tradicionalmente utilizado na indústria de produção de compensados.

*Fonte informativa: DERAL-Departamento de Economia Rural.

Das substâncias misturadas à resina uréica formaldeído
espera-se encontrar:

- a. Boa aplicabilidade
- b. Viscosidade adequada
- c. Vida útil suficiente
- d. Adequada resistência mecânica da linha de cola.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. TEORIAS DA COLAGEM

Adesão ou colagem pode ser entendida como um fenômeno que fornece um mecanismo de transferência de tensões entre dois sólidos através de processos moleculares.

A adesão pode ainda ser definida como a atração entre uma superfície sólida e uma segunda fase; esta fase consiste de partículas individuais como moléculas, pequenas gotas, pó ou de uma película contínua, líquida ou sólida.

De acordo com FILHO, um adesivo necessita aderir (ligar-se) à superfície de um sólido e possuir uma força de coesão adequada. Ele também esclarece que o modo pelo qual um adesivo adere a superfície de um sólido e as forças envolvidas no processo são objeto das principais teorias:

- a) Teoria Mecânica: O mecanismo de adesão se daria através de um enganchamento mecânico. A fluidez e penetração do adesivo em substrato poroso levaria, de acordo com esta teoria, a formação de ganchos fortemente presos ao substrato após a solidificação do adesivo. Esta teoria tem aplicação bastante restrita, sendo parcialmente válida apenas na colagem de materiais porosos como a madeira, o papel e produtos têxteis.
- b) Teoria de Difusão dos Polímeros: De acordo com esta teoria, idealizada por Voyutskii, a adesão se daria através da difusão de segmentos de cadeias de polímeros. As forças de adesão podem ser visualizadas como as mesmas produzidas na adesão mecânica, só que agora a nível molecular. A mobilidade de de longas cadeias de polímeros é bastante restrita, limi

tando severamente a interpenetração proposta nesta teoria. A maioria dos pesquisadores, no campo da adesão, acredita atualmente que a difusão molecular tem grande importância somente para a adesão molecular entre duas partes do mesmo material.

- c) Teoria de Adesão Química: Segundo esta teoria, a adesão se daria através de ligações primárias (iônicas, covalentes, coordenadas e metálicas) e/ou através das forças secundárias intermoleculares (forças de Kaeson, Debye e London). Acredita-se hoje que a adesão na interface, do ponto de vista molecular, deve-se, praticamente, à ação das forças secundárias, com exceção de casos específicos, como por exemplo a soldagem metal-metal onde ocorre formação de ligações primárias.⁹ FILHO acentua que, de acordo com a teoria química da adesão, a ligação ou colagem resulta das atrações químicas e elétricas entre o adesivo e o substrato, quando se consegue suficiente proximidade entre suas estruturas atômicas e moleculares. Acredita-se que a ligação ou adesão resultem principalmente da ação das forças secundárias, as quais seriam de magnitude suficiente para gerar colagens com adequada resistência. A proximidade e o íntimo contato adesivo-substrato é de suma importância, visto que estas forças secundárias agem somente a curta distância, podendo-se tomar como média, distâncias da ordem de 3 a 5 unidades Angstrom. ($1\text{A}^\circ = 10^{-8}\text{cm}$).⁹

Mesmo acreditando na maior importância das ligações secundárias no processo de adesão, vários pesquisadores tem se dedicado, nos últimos anos, tentando comprovar a ocorrência de ligações primárias entre a madeira e os adesivos usados para sua colagem e sua contribuição para o processo.

TROUGHTON & CHOW^{*} citado por FILHO forneceram evidências da existência de ligações primárias entre adesivos e a madeira, através de estudos da cinética da hidrólise ácida de adesivos uréia-formaldeído (UF), fenol-formaldeído (FF) e melamina-formaldeído (MF). Nesses estudos os pesquisadores obtiveram diferentes parâmetros cinéticos para os adesivos isoladamente e para os sistemas adesivos-madeira e os adesivos mencionados.⁹

TROUGHTON^{**} citado por FILHO propôs um modelo (Figura 1) segundo o qual estas ligações realizaram-se por pontes de oximetileno formados pela condensação do grupo metilol do adesivo com hidroxilas alifáticas da celulose ou lignina.⁹

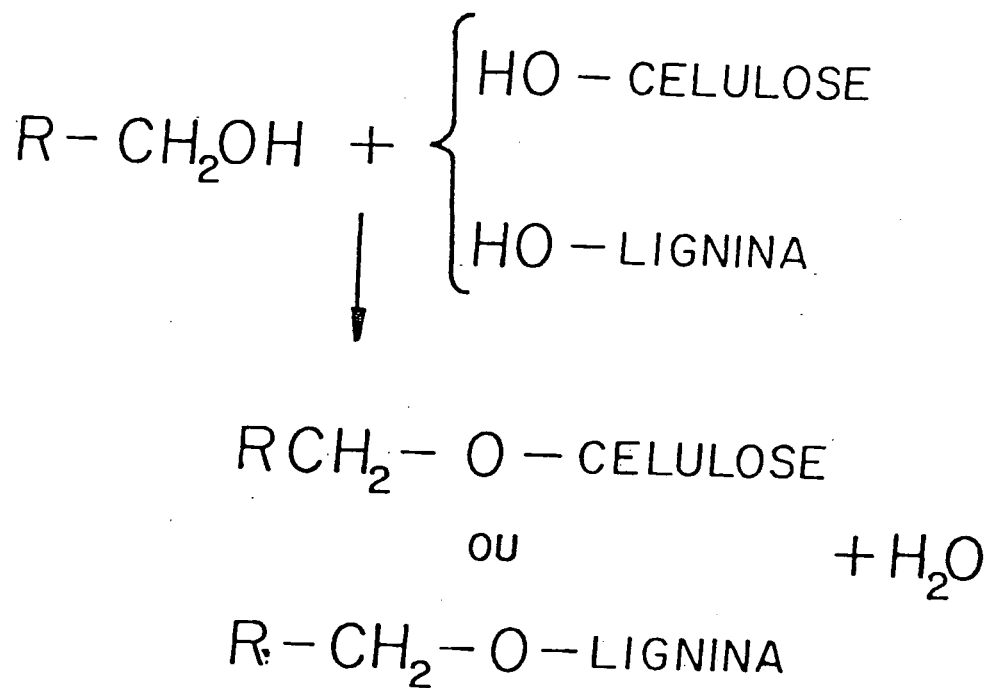
RAMIAH & TROUGHTON^{***} citado por FILHO, comprovaram a existência de ligações primárias entre compostos celulósicos e adesivos uréia-formaldeído (UF) e melamina-formaldeído, através de estudos utilizando técnicas termo gravimétricas.⁹

* TROUGHTON, G.E. & CHOW, S. Evidence for covalent bonding between melamine formaldehyde glue and wood. Parte I: Bond degradation. Journal of the Institute of Wood Science. 21:29-34.

**TROUGHTON, G.E. 1969. Accelerated aging of glue-wood bonds. Wood Science, 1(3), 172-176.

***RAMIAH, M.V. & TROUGHTON, G.E. 1970. Thermal studies on formaldehyde glue mixtures. Wood Science 3(2), 120-125.

FIGURA 1 - Provável ligação covalente que ocorre entre adesivos contendo formaldeído e a celulose e lignina da madeira. (TROUGHTON, FILHO⁹)



ALLAN & NEOGI* citado por FILHO, utilizando moléculas marcadas com bromo e técnica de ativação de neutrons, demonstraram a ocorrência de reações entre o adesivo e fibras lignificadas, as quais, de acordo com o modelo proposto (FIG. 2), levam à formação de ligações-covalentes entre o adesivo e as unidades Guaiacil de lignina.⁹

2.2. CRITÉRIOS DE QUALIDADE DE EXTENSORES E MISTURA DE COLA

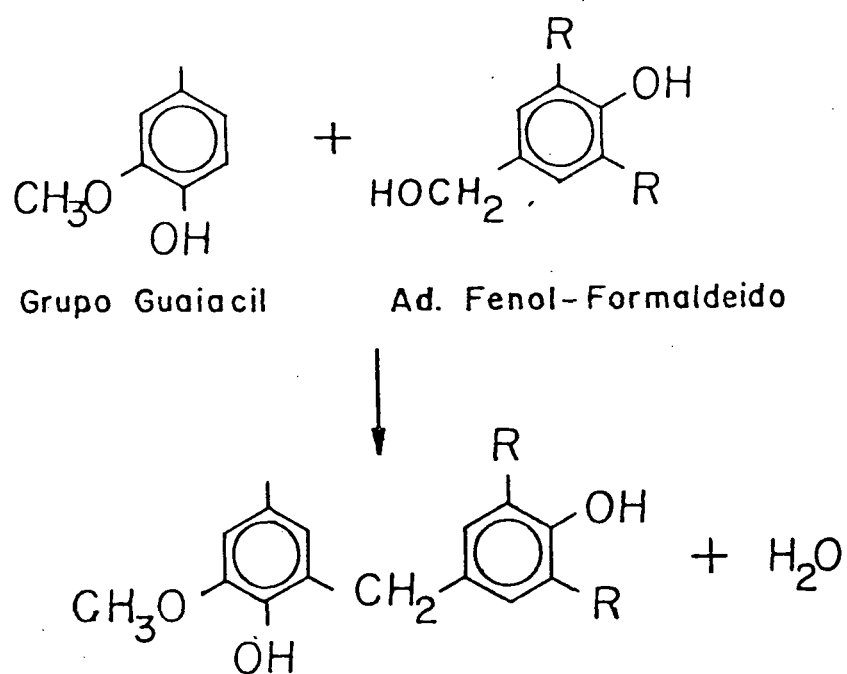
2.2.1. Viscosidade

De acordo com GONÇALVES, viscosidade é uma grandeza que caracteriza a existência de atrito entre as moléculas de um fluido, e ela se manifesta por ocasião do escoamento dos fluidos.¹⁴

Segundo NOCK & RICHTER, viscosidade é a resistência ao fluxo livre entre camadas de uma matéria, quanto mais densa a matéria, maior é a resistência (no caso de sólidos: cisalhamento), no caso de viscosidade de líquidos ela é proporcional a pressão e inversamente proporcional a temperatura e, aumenta com o peso molecular. Eles também mencionaram que no caso

* ALLAN, G.G. & NEOGI, A.N. 1971. Fiber surface modification. Part VIII. The mechanism of adhesion of phenol-formaldehyde resins to cellulosic and lignocellulosic substrates. *Journal of Adhesion*, 3(1), 13-18.

FIGURA 2 - Provável ligação covalente que ocorre entre grupos Guaiacil da lignina e adesivos de fenol formaldeído (FF). (ALLAN & NEOGI, FILHO⁹)



das colas à base de proteína e de amido, a viscosidade é uma medida direta do grau de polimerização e da qualidade da proteína. Quanto maior a porcentagem de proteína na substância seca da cola, maior a viscosidade. Quanto às colas sintéticas líquidas, a viscosidade é um critério de avaliação da idade da cola a qual sob reação química de polimerização atinge maior viscosidade com o tempo, perdendo pouco a pouco a propriedade de umectação.²¹

A viscosidade de uma cola influencia particularmente, no espalhamento do adesivo na madeira. Com espalhadores de rolos a quantidade de cola espalhada por unidade de superfície pode ser elevada se a viscosidade for muito alta. Utilizando espalhamento por cortina, quando a viscosidade da cola é alta, a quantidade de cola espalhada pode ser pouca, e muita, quando a viscosidade é baixa, além de gerar um espalhamento desuniforme.

A qualidade da linha de cola também é influenciada pela viscosidade. Quando a viscosidade for baixa, a absorção da cola na madeira poderá ser alta, o que resultará em uma baixa qualidade de colagem. Em caso da viscosidade ser alta, poderá dar origem a uma linha de cola espessa e juntamente com uma colagem efetuada à baixa pressão, originará uma insuficiente penetração da cola na estrutura da madeira, não ocorrendo a interligação entre a cola e a superfície da madeira consequentemente ocasionando uma baixa qualidade de colagem (FRUHWALD)¹¹.

Os extensores comumente utilizados, principalmente nas resinas uréia formaldeído (UF), são, na maioria, substâncias farináceas como cereais, farinha de raízes e algumas farinhas protéicas. Em temperaturas suficientemente altas, essas subs

tâncias tendem a inchar com a adição de água, principalmente as amiláceas. Este processo de inchamento continua até estourarem os grânulos e, formarem uma dispersão coloidal. Embora este comportamento não seja igual para todas as formas de amido, devido a cada tipo, forma e tamanho dos grânulos (Ver FIGURA 3), o processo de gelatinização do amido ajuda a manter a viscosidade da resina estável no período de aumento de temperatura. Com o aumento da temperatura a viscosidade da resina cai (FIG. 4). No entanto esta queda é momentânea, pois ocorre novamente um aumento devido o processo químico de endurecimento (catalizador, calor). É neste período que a resina na sua fase de maior liquidez (20°C - 60°C), tende a afastar se da linha de cola desaparecendo nos orifícios e irregularidades da camada superficial da madeira, fato este aumentado pela pressão aplicada, e com isto resultando na ultrapassagem da cola na madeira dando origem a uma linha de cola fraca. É por esta razão que a adição de extensores é vantajosa e em muitos casos necessária. O amido gelatinizado não permite que a viscosidade da resina atinja um nível muito baixo. Se o tempo de cura for menor do que o ponto de gelatinização, os amidos comportam-se basicamente como material de enchimento inerte, pouco contribuindo para as propriedades aderentes da mistura de cola. (NOCK & RICHTER, GEORGE).21,13.

Para ARCHER o extensor, em uma mistura de partes iguais com resinas, deve absorver igual quantidade de água ou até mais 10% proporcionando uma viscosidade de 4000 a 6500 cP, e conseqüentemente permitir aos adesivos, espalhamento uniforme e fácil controle de manipulação.¹

ROBERTSON & ROBERTSON, esclarecem que os extensores e materiais de enchimento se prestam para:

FIGURA 3 - Forma e tamanho de diferentes tipos de grânulos microscópicos de amido.

(CORN INDUSTRIES RESEARCH FOUNDATION INC.⁸⁾

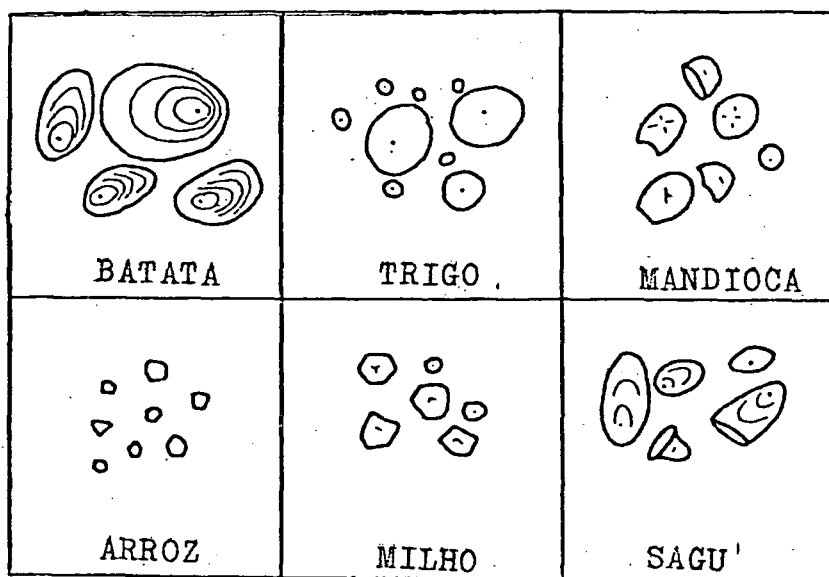
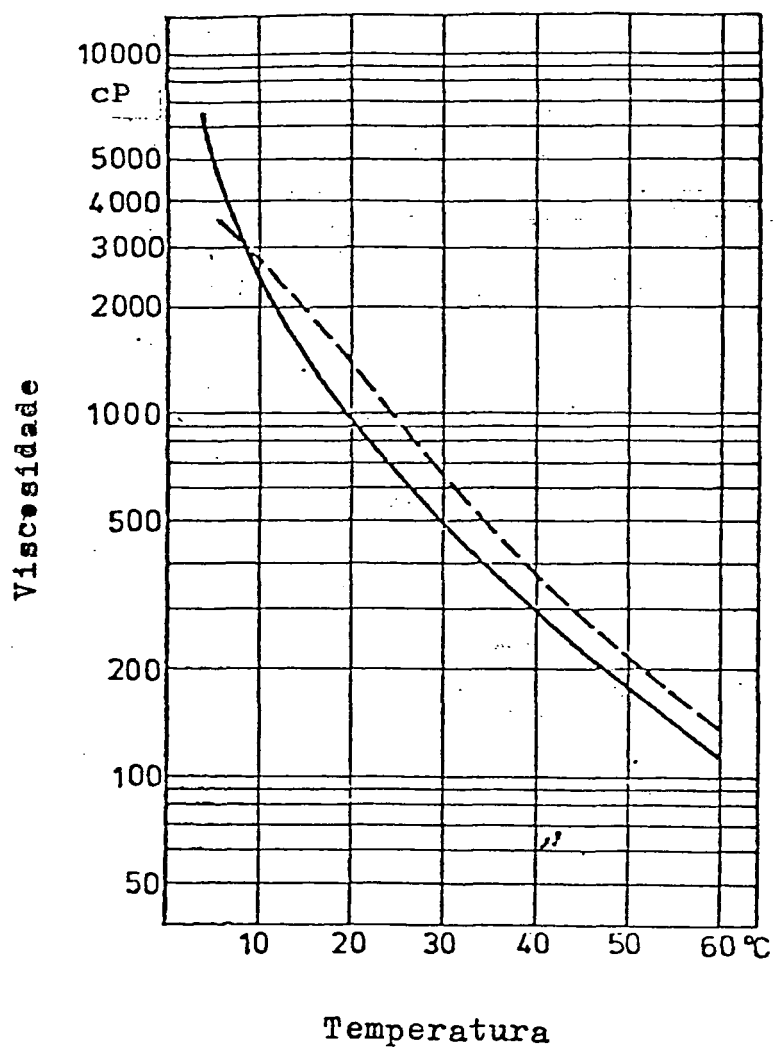


FIGURA 4 - Viscosidade de resina uréia formaldeído (UF) e fenol formaldeído (FF) em dependência da temperatura . (FRUHWALD¹¹).

————— uréia formaldeído
- - - - - fenol formaldeído



1. Controle da viscosidade, importante em relação ao armazenamento e espalhamento.
2. Controle da cura da linha de cola e penetração da mistura de cola no aderente (madeira).

Eles também esclarecem que os extensores e materiais de enchimento não só promovem um controle melhor de aplicação e uniformidade de espalhamento, como também promovem a estabilidade da viscosidade da mistura de cola quando, esta é estocada em grande quantidade. Com a manutenção da propriedade de viscosidade e teor de umidade do adesivo líquido, o extensor ajuda a controlar a cura e penetração, que se não forem devidamente controlados podem causar falhas na colagem.²³

Para REINHARDT, os extensores podem conferir uma coesividade (ligação íntima entre as moléculas) para a mistura de cola, a qual torna-se mais pronunciada quando da elevação do grau de extensão. Esta coesividade é relatada como a habilidade do extensor para reter água.²²

Segundo GEORGE, as três principais exigências de um extensor são:

- a) Ser facilmente disperso em colas líquidas originando uma mistura uniforme e mantendo sua viscosidade durante a aplicação.
- b) Melhorar a capacidade de ligamento da cola e melhorar a sua vida útil.
- c) Auxiliar no espalhamento de quantidades específicas de misturas de colas, evitando a ultrapassagem excessiva pelas lâminas.¹³

GEORGE também esclarece, que a quantidade de extensor que pode ser adicionado na cola varia consideravelmente, dependendo da densidade, geometria da partícula e composição

química do material. O pequeno tamanho da partícula (150 e 200 mesh (malha) é necessário para assegurar uma facilidade maior no espalhamento da mistura.¹³

ROBERTSON afirma, que os objetivos amplos do uso de extensores são auxiliar no controle da viscosidade, melhorar o comportamento da mistura de cola e reduzir o seu custo. Ele ainda afirma que a viscosidade ideal, que o extensor deve fornecer, quando adicionado à mistura de cola, é no máximo 90° e mínimo de 35° Mac-Michael de viscosidade.²⁵

2.2.2. pH

Por definição, pH de uma solução é o cologaritmo da concentração de íon hidroxônio H_3O^+ , expresso em ions-grama por litro: $pH = \text{colog} | H_3O^+ |$

Sabe-se que o produto iônico da água pura a 25°C é de $| H_3O^+ | \cdot | OH^- | = 10^{-14}$

Mas na água pura tem-se:

$$| H_3O^+ | = | OH^- | \text{ portanto}$$

$$| H_3O^+ | \cdot | OH^- | = | H_3O^+ |^2 = 10^{-14} \quad | H_3O^+ | = 10^{-7}$$

Esta concentração indica que em dez milhões de moléculas apenas uma dissocia ionicamente. O logaritmo decimal desta concentração é igual a - 7:

$$\log | H_3O^+ | = -7 \rightarrow \log | H_3O^+ | = 7 \rightarrow \text{colog} | H_3O^+ | = 7 \quad \text{onde} \\ pH = 7.$$

Tratando-se de uma solução ácida tem-se $| OH^- | > 10^{-7}$ e portanto $| H_3O^+ | < 10^{-7}$, porque o produto $| H^+ | \cdot | OH^- |$ é constante, tem-se então: $| H_3O^+ | < 10^{-7}$ donde $pH > 7$. O pH das soluções básicas é portanto superior a 7. A medida do pH de so

lução é feita em aparelhos denominados pH metros ou potenciometros (SAFFIOTI)²⁸.

Segundo FRUHWALD, a cura da maioria das colas para madeira é uma reação físico química. Por este motivo um certo valor de pH deve ser checado. Ele também esclarece que os valores de colas líquidas estão geralmente entre pH=2,5 e pH = 11, baixo ou alto valor de pH causa na madeira destruição das fibras o qual resulta em baixa qualidade de colagem.¹¹

A cura ou endurecimento da maioria das resinas sintéticas nada mais é do que a continuação e complementação da reação de condensação que anteriormente foi interrompida pelo neutralizador. A resina torna-se cada vez mais viscosa e menos solúvel em água, até que se formem redes tridimensionais de moléculas insolúveis termoestáveis. A velocidade da reação de endurecimento (cura) é aumentada rapidamente com a adição de ácidos (como catalizador) e com uso de altas temperaturas (energia) que acelera a reação durante a prensagem. Ácidos livres quase não se usam mais como catalizadores, pois neste caso a reação de endurecimento seria muito rápida, não permitindo a execução dos vários processos industriais. Empregam-se normalmente substâncias que devido a reação química mais lenta e regulável, põem em liberdade o ácido necessário para a reação. O pH da solução da cola influe na velocidade de cura e este depende do tipo de ácido empregado. Quanto mais ácida a solução da cola, mais rápida será a cura. Geralmente, exige-se um pH dos extensores (em solução aquosa) de aproximadamente 7 (sete), isto é neutro, o qual não deve sofrer alteração significativamente durante o tempo de mistura, principalmente no que se refere a espera da mistura antes da prensagem para não interferir no processo de reação por condensação

(NOCK & RICHTER).²¹

De acordo com ROBERTSON & ROBERTSON, valores de pH baixo inferiores 5,7 indica uma farinha tratada ou branqueada e que pode produzir excessiva formação de espuma na mistura da cola.²³

Segundo o CORN INDUSTRIES RESEARCH FOUNDATION INC, a maioria dos amidos gelatiniza, mais rapidamente em, valores de pH baixos ou altos. Em valores intermediários de pH (entre 4 a 7) a gelatinização se processa mais lentamente. O início e a quantidade de estouro dos grânulos são igualmente retardados no pH intermediário.⁸

2.2.3. Tempo de gelificação (Vida Útil)

De acordo com NOCK & RICHTER, o tempo de formação de gel (vida útil) é por definição o tempo (seg., min., ou h), desde a preparação da cola para sua utilização (com catalizador, etc) até o ponto de endurecimento (fase de gel).

Eles também salientam que a vida útil da mistura de cola ou tempo de utilização da cola quase sempre aumenta com o aumento da proporção de extensor. Eles ainda mencionam que a adição de extensores, principalmente à base de amido, aumenta a capacidade da linha de cola em absorver água, consequentemente, abaixa a resistência da linha de cola à umidade e aumenta, ao mesmo tempo, a sensibilidade da linha de cola ao ataque de fungo (VER FIGURA 5).²¹

A vida útil de uma cola é usualmente definida como o tempo de duração entre o adicionamento do endurecedor ou catalizador e o ponto quando alcança a máxima viscosidade apropriada para aplicação (manipulação). Neste caso, a vida útil

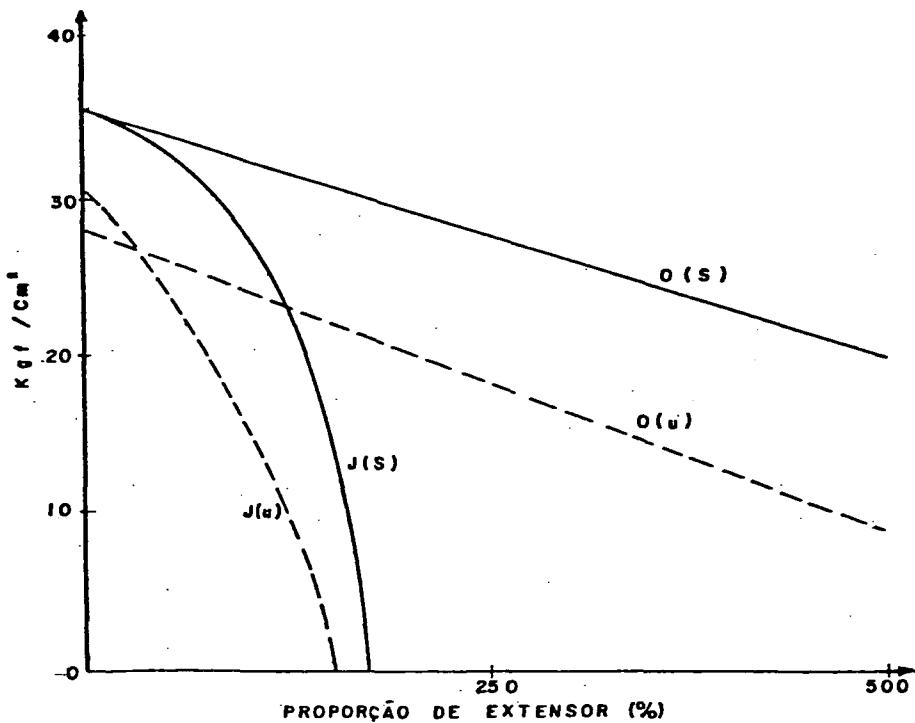
FIGURA 5 - Resistência da linha de cola após tratamento de cozimento (cyclic boiling test) em função da proporção do extensor na mistura de cola. (NOCK e RICHTER).

O(s) extensor orgânico (ensaio sêco)

O(u) extensor orgânico (ensaio úmido)

J(s) extensor inorgânico (ensaio sêco)

J(u) extensor inorgânico (ensaio úmido)



pode ser de poucos minutos ou muitas horas, a qual depende do tipo e quantidade do catalizador (VER FIGURA 6). A vida útil das misturas de cola é grandemente influenciada pelo grau de extensão e por influências externas, por exemplo pela evaporação da água da cola já espalhada, quando são usados espalhadores ou pela adição de extensores e materiais de enchimento (VER FIGURA 7) (FRUHWALD)¹¹. A vida útil ou tempo de gelificação pode ser definido ainda, como o tempo medido desde o momento da adição do catalizador até o tempo necessário para que o adesivo alcance o estado de máxima elasticidade (BRUYNE & HOUWINK)⁶.

2.2.4. Teor de Cinzas

O teor de cinzas dá uma visão da quantidade de impurezas minerais presentes na farinha usada como extensor. O teor de cinzas dá também uma idéia de quantidade de material abrasivo presente na farinha, e isto pode prejudicar as ferramentas de corte (ARCHER).¹

Para ROPELLA, o teor de cinzas para farinhas utilizadas como extensor deverá ser de 0,45 a 0,90 %.²⁷

ROBERTSON & ROI-CHARLOTTE*, citado por ROBERTSON & ROBERTSON, afirmam que baixo teor de cinzas em uma farinha

* ROI-CHARLOTTE, Tips on glue extender flour by gum magazine, Reichold Chemical, Inc. New York.N.X. 24(3),1953, 13pp.

FIGURA 6 - Vida útil de resina uréia formaldeído com diferentes catalizadores. (FRUHWALD¹¹)

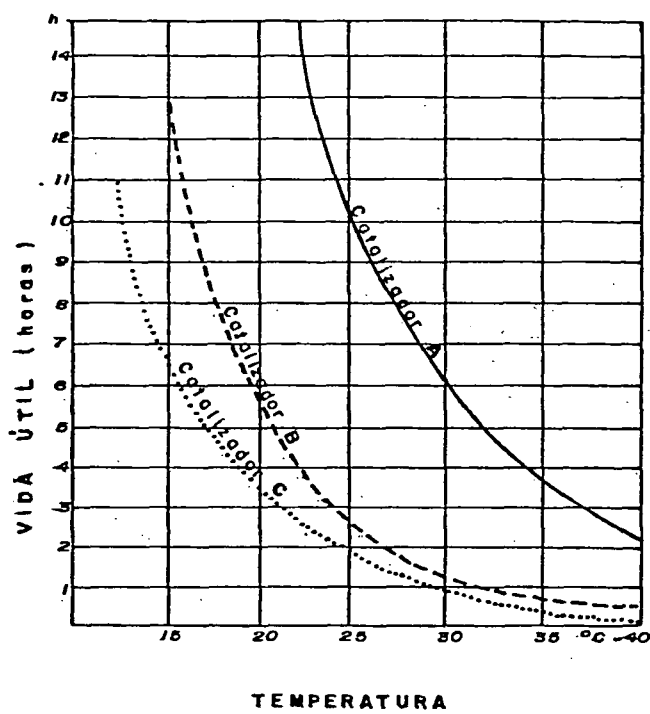
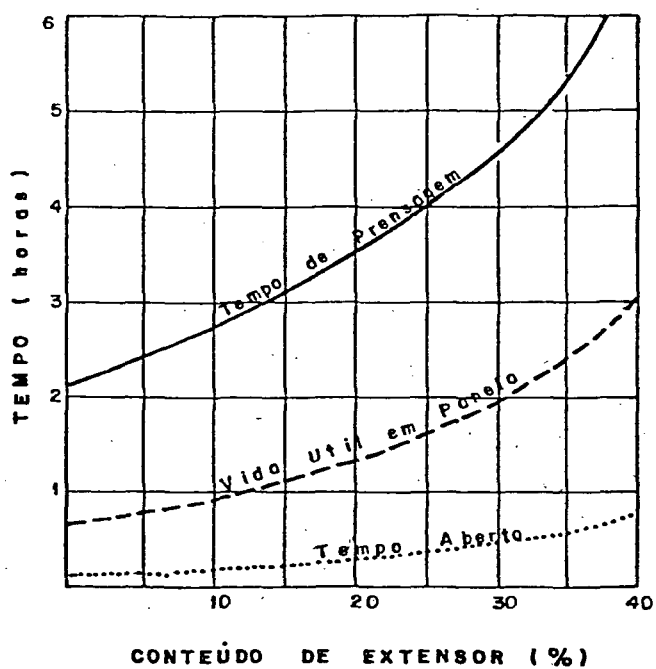


FIGURA 7 - Vida útil de resina uréia formaldeído em relação ao conteúdo de extensor. (FRUHWALD¹¹)



usada como extensor, indica que o extensor é originado de cereal puro, apresentando alta qualidade e baixa abrasividade. Alto teor de cinzas está associado com baixa qualidade da farinha, alta abrasividade e um maior adicionamento de água para conseguir viscosidade desejável.²⁴

Para ROBERTSON, o teor de cinzas para farinhas utilizadas como extensor deverá ser especificado com um valor máximo de 0,55%.²⁵

2.3. CONCEITOS E CARACTERIZAÇÕES DE EXTENSORES

Segundo REINHARDT, os extensores são ingredientes contendo amido em seu estado natural ou degradado, cereal e farinha de leguminosa que contenha proteína. O seu emprego é para melhorar as características de manuseio e reduzir os custos do adesivo. Ele salienta também que como a viscosidade da resina uréica formaldeído, decresce com o aumento de temperatura no ato da prensagem, a adição de extensores reduz a formação de má colagem.²²

ROBERTSON & ROBERTSON citam que os extensores são materiais protéicos-amiláceos os quais possuem algum poder adesivo e participam da ação adesiva da mistura da cola. Alguns dos benefícios do uso dos extensores protéicos-amiláceos incluem melhoria no controle da viscosidade e aumento da vida útil da mistura de cola. A principal função dos extensores é facilitar a maior efetividade de espalhamento da mistura de cola.²⁴

De acordo com TORREY, extensores são substâncias contendo materiais amiláceos, que não só reduzem o custo total da mistura de cola, como também desempenham várias funções

no sistema adesivo. Os extensores, sob alta condição de alcalinidade presente no sistema resínico fenólico, gelatinizam-se ocasionando um aumento na viscosidade. Com estas propriedades os extensores ocasionam melhora na linha de cola, controle de aplicação e penetração nas camadas da madeira da mistura de cola.³¹ TOREY também menciona que a farinha de trigo é o principal extensor a base de amido que é empregado atualmente em colas à base de uréia formaldeído na fabricação de compensados.³¹

Segundo LAMBUTH*, citado por ROBERTSON & ROBERTSON os extensores amiláceos representam um papel importante na confecção de compensados com resina uréica, tendo participação ativa na redução dos custos da mistura de cola. Os extensores amiláceos custam mais caro que os extensores celulósicos mas contribuem com melhores propriedades reológicas.²³

ZAVALA menciona que, dos extensores que podem ser facilmente adicionado às misturas de resinas uréica formaldeído tem se comprovado que, a farinha à base de amido e proteína é o mais indicado deles, devido o seu alto conteúdo de amido e proteína. Ele menciona também que para este mesmo fim, pode-se usar uma farinha de centeio bem peneirada, farinha de milho ou de favas.

BABCOCK et al, realizaram uma pesquisa e comprovaram que farinha de linhaça, soja e milho poderiam ser usadas como

* LAMBUTH, A.L. Adhesives for products from Wood Adhesives symposium proceedings, U.S. Forest Products Laboratory Madison, 1975, pp. 20-34.

extensores em colas a base de resina fenólica. Eles salientaram também que alto conteúdo de proteína e baixa capacidade de absorção de água são propriedades desejadas nos extensores. Seus resultados indicaram que a farinha de linhaça só poderia ser usada como extensor em pequena quantidade, devido a sua alta capacidade de absorção de água enquanto que a farinha de soja só poderia ser usada se fossem extraídos os componentes insolúveis em água. Já a farinha de milho seria apropriada como extensor, pois possui baixa quantidade de produtos insolúveis em água.²

BABCOCK et al, também pesquisaram a extensão de colas à base de resina resorcinol com farinha de soja e farinha de milho, e chegaram a conclusão que a farinha de milho se adaptava melhor como extensor que a farinha de soja.³

Segundo BROUSE & BLOMQUIST, o método mais comum para reduzir os custos da linha de cola é a adição de extensores baratos. Eles também mencionaram que quando as resinas sintéticas foram introduzidas nos Estados Unidos, inicialmente foi usado como extensor farinha de centeio, que logo depois foi substituída pela farinha de trigo, que é atualmente usada.⁵

De acordo com BOOTH & BUTTON, os extensores mais comumente usados nos Estados Unidos para misturas com resinas sintéticas são: farinha de cereais e sangue. O grande consumo de farinhas de cereais tem sido na indústria de compensados, onde a resina uréia formaldeído é utilizada como adesivo. Nesta indústria a farinha de trigo tem se destacado como a melhor. Outras farinhas de cereais como centeio, apesar de custos mais favoráveis em muitas localidades, não são geralmente recomendados por não possuírem propriedades de adesivos. Extensores à base de sangue tem mostrado características favorá

veis para produção de compensados, sendo aconselhado a sua mistura com farinha de soja. Quando a farinha de soja é usada como extensor surgem ótimos resultados com respeito ao custo da mistura, às propriedades de manuseio, pré-prensagem e resistência da colagem tipo interior.⁴

MC LAGLEN*, citado por ROBERTSON & ROBERTSON menciona que no início da produção de compensados sentiu-se a necessidade de extensores e materiais de enchimento serem adicionados à mistura de cola. Ele também salienta que cola estendida com farinha de trigo é superior à resina pura.²³

JAIN et al produziram e testaram um gel de arroz, e constataram com base nos resultados encontrados, que o referido gel poderia substituir satisfatoriamente a farinha de trigo.¹⁷

2.4. TRIGO NO BRASIL

LAVIGNE, foi um dos primeiros autores no Brasil a sentir a necessidade de substituição da farinha de trigo como extensor. Ele esclarece que enquanto importamos trigo estamos exportando farinhas como a mandioca, por exemplo, que poderia se prestar satisfatoriamente para esta substituição.¹⁹

LAVIGNE salienta a necessidade de um projeto de âmbito nacional, visando o uso da farinha de produção nacional, e uma vez comprovada sua praticabilidade industrial não será fo

* MC LAGLEN, D.F. Extender an Extension, Nort Carolina, State School of Forestry, 4, 1950, pp. 17-19.

ra de propósito uma enérgica ação governamental proibindo o emprego do trigo, para outros usos, a não ser para fins alimentícios. Em seu trabalho, baseado principalmente em farinha de soja, raspa de mandioca e farinha de sangue, produziu misturas de cola que comparadas com as obtidas com o trigo, apresentaram excelentes resultados.¹⁹

Em uma publicação da REVISTA BRASIL MADEIRA, é mencionado que o amido de trigo usado como extensor destinado ao uso em madeira compensada, poderia ser substituído pela torta de soja, ou por qualquer outra torta provenientes de grãos oleaginosos. A substituição do trigo pela farinha de soja, poderia ser feita total ou parcialmente nas colas para uso em madeira, sem que houvessem alterações no nível de resistência à umidade, ou no tempo de cura do adesivo. A farinha de soja seria uma alternativa de maior peso, em função do montante de produção registrada em cada safra. Existem, no entanto, outros oleaginosos que poderiam ser igualmente usados na fabricação de colas de madeira, entre eles estariam presentes a torta de amendoim, a semente de mamona e a de algodão.⁷

2.5. EFEITOS DOS EXTENSORES NAS PROPRIEDADES E QUALIDADES DOS COMPENSADOS

O interesse pelo descobrimento de extensores que pudessem ser misturados às resinas sintéticas para a produção de compensados não é recente.

Como mostra o trabalho de ROPELLA, feito em 1947, onde são testados vários tipos de farinha como trigo, centeio e soja, observa-se que dependendo do grau de extensão, centeio e soja podem ser usados em substituição ao trigo na produção de compensados.²⁷

Em 1942 o FOREST PRODUCTS LABORATORY REPORT, revela um trabalho visando verificar a resistência e durabilidade da linha de cola de compensados, com a variação da extensão de farinha de centeio em resina uréica, onde chegou-se à conclusão, que com o aumento da extensão ocorria uma diminuição na resistência e durabilidade da linha de cola.¹⁰

De acordo com BRYNE & HOUWINK, quando usaram uréia formaldeído para fabricação de compensados, era prático e comum estendê-la e barateá-la misturando-a com quantidades relativamente grandes de extensores como farinha de centeio. Eles ainda constataram que a diluição da resina uréia formaldeído nesta forma produzia pouca redução na resistência à seco em madeira compensada, no entanto, sua resistência à úmido decrescia rapidamente ao aumentar a quantidade de farinha adicionada.⁶

ARCHER, em um estudo sobre a influência dos extensores na resistência de colagem à seco e a úmido com resinas uréia formaldeído, usando farinha de trigo como extensor, verificou que não houve acentuada variação na resistência mecânica.

nica de colagem à seco (12% de umidade) e na porcentagem de falha na madeira quando foi variada proporcionalmente a quantidade de extensor adicionado nas misturas usadas no estudo. Entretanto, houve uma marcante variação na resistência à água, quando ocorreu o aumento da quantidade do extensor adicionado nas misturas.

Pesquisas foram levadas a efeito por STELLER, em compensados de 3 camadas de Abeto (Picea sp) e Faia (Fagus sp), visando verificar a influência da quantidade do extensor farinha de trigo a ser adicionado em resina uréica formaldeído da quantidade de cola a ser espalhada sobre a resistência à tração da linha de cola. Chegou-se a conclusão que a variação da quantidade de extensor adicionado (0-20%), não produziu efeito marcante e que os valores da resistência a tração da linha de cola foram similares nas colas espalhadas em quantidade de 130 a 300 g/cm².²⁹

ALEXANDER & KRUEGER^{*}, citado por TORREY, estabeleceram que certos produtos de cereais com alto conteúdo de fibras moídas e processadas industrialmente poderiam funcionar como extensor na produção de compensados com resina uréica formaldeído, substituindo as misturas de colas que usam uréica formaldeído e como extensor a farinha de trigo. Estes materi

* ALEXANDER, R.S. & KRUEGER, K.R. Krause Milling Company, 24, jan, 1978, U.S. Patent 4070314.

ais incluem produtos de grãos moídos como milho, sorgo, aveia cevada, arroz e produtos processados de sementes como soja e algodão.³¹

ROI & NAHA produziram compensados usando como extensor, cola animal e resíduos de café em resina uréia formaldeído, e semente de tamarino em pó e torta de amendoim em resina fenol formaldeído, encontrando resultados favoráveis para resistência ao cisalhamento e porcentagem de falha na madeira.²⁶

THOMAS & TAILOR, analisando a influência proporcionada pela adição de farinha de sangue em uréia formaldeído estendida e não estendida em relação a resistência à umidade de compensados para uso interior, concluíram que, com o adicionamento de farinha de sangue, ocorria um aumento na resistência à umidade dos compensados produzidos.³⁰

HIRATA & MINEMURA testaram a utilização de amido de batatas inaproveitáveis em resinas uréia formaldeído e fenol formaldeído, concluíram que poderia ser utilizado como extensor, na produção de compensados.¹⁵

MINEMURA et al, produziram uma mistura composta de melamina, proteína e batata, para ser combinadas com resina uréia formaldeído e chegaram a conclusão que a combinação produzida poderia ser usada na preparação de misturas de cola a serem usadas na confecção de compensados, a partir do uso de lâminas com baixo teor de umidade.²⁰

GILLESPIE et al testaram a durabilidade da linha de cola de compensados de vidoeiro amarelo (Betula sp) feito com diferentes proporções de resina uréia formaldeído curável a frio (temperatura ambiente); uréia modificada com acetato polivínilico e resina uréia formaldeído estendida com sangue

curáveis sob pressão e a quente. Eles encontraram resultados indicando que a mistura de cola que apresentou maior durabilidade foi a modificada com acetato polivinílico e a estendida com sangue. Resultados melhores foram apresentados quando se misturava sangue com a resina modificada com acetato polivinílico.¹²

KUBOTA et al evidenciaram que serragem de madeira e casca em pó misturados com amido produzido de batatas inaproveitáveis poderiam atuar como extensor em resinas uréia formaldeído e fenol formaldeído na produção de compensados, onde apresentam excelentes qualidades com relação à viscosidade e resistência na colagem.¹⁶

LIN avaliou o efeito de vários extensores com farinha de trigo, mandioca, emulsão de PVA (acetato de polivinila) e cola animal, adicionados a uréia formaldeído em concentrações de 10 e 50% através da resistência cisalhamento por tração da linha de cola de compensados de Castanopsis carlissii depois de um período de 9 meses de exposição. Este constatou que todos os extensores usados reduziram a contração e rachaduras finas. PVA (acetato de polivinila) e cola animal foram mais efetivas na prevenção de rachaduras largas, e a resistência ao cisalhamento por tração não reduziu significativamente na maioria dos extensores.¹⁸

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Extensores estudados

Os extensores estudados como alternativa neste trabalho foram: farinha de arroz, farinha de mandioca, farinha de milho, farinha de soja, farinha de batata inglesa, farinha de batata doce, farinha de sangue, polvilho de mandioca, polvilho de araruta. A seleção dessas farinhas na fase inicial do trabalho se prendeu ao fato delas serem as mais facilmente encontradas, terem preço mais acessível e algumas com grande disponibilidade no mercado.

3.2. Preparação dos extensores e posterior seleção

Inicialmente, através da moagem utilizando um moinho de martelo, foram produzidas as farinhas de arroz, milho, batata inglesa, batata doce, já que as mesmas não foram encontradas em forma de farinha no mercado.

Posteriormente procedeu-se o peneiramento das farinhas com peneiras PRUFSIEB DIN 4188 (malha 0,050 mm [†] 300 MESH^{*}).

A seleção dos extensores foi feita com base na capacidade de absorção da água, adotando-se uma parte da fórmula

*KOLB, K. Scientific Technical Supplies Comparison table, Germany, 3 rd edition, 1974.

ção ' D ' recomendada para CASCAMITE 5 H (prensa-quente) no boletim técnico da ALBA-ADRIA S/A:

SUBSTÂNCIAS	PARTES POR PESO
RESINA UF	100
EXTENSOR	100
ÁGUA	110

A viscosidade foi determinada utilizando-se um viscosímetro BROOKFIELD LVF e baseando-se na Norma ASTM D 2556-69 (1974).

Com base nos resultados de viscosidade dentro do intervalo de 4000 a 6500 cP (centipoise), pois dentro desse intervalo é que as misturas de colas apresentam um melhor comportamento em termos de manipulação e espalhamento, foram selecionadas várias combinações que incluíram extensores de farinhas de alta capacidade de absorção de água e de baixa capacidade de absorção de água.

As combinações de extensores previamente selecionados foram utilizadas nas misturas de colas e estas foram empregadas na confecção dos compensados para testes posteriores.

3.3. DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS COMBINAÇÕES DE EXTENSORES

3.3.1. pH

A determinação do pH foi feita através do pHmetro MESSGERÄT de fabricação alemã, utilizando a Norma ASTM E 70-74.

3.3.2. TEOR DE CINZAS

A determinação do teor de cinzas foi feita utilizando o MÉTODO I - Oficial de Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists.*

* A citação da marca registrada não significa endosso pelo pesquisador.

* OFFICIAL AND TENTATIVE METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS, EDITORIAL BOARD, WASHINGTON 4, DC, 1945, 269 p.

3.4. PREPARAÇÃO DAS MISTURAS DE COLAS

As misturas foram preparadas em um misturador HOBART, com tempo de 10 (dez) minutos para cada mistura. Como adesivo foi utilizado uma resina comercial à base de URÉIA FORMALDEÍDO com 60% de conteúdo de sólidos. As misturas foram produzidas, com variação em três (3) graus de extensão, dando origem às formulações apresentadas no Quadro 1.

A partir das formulações foi montado o QUADRO 2 onde os componentes são expressos em gramas.

3.5. COLETA DE DADOS REFERENTES ÀS PROPRIEDADES DAS MISTURAS PRODUZIDAS

3.5.1. Viscosidade

A viscosidade das misturas foi determinada utilizando um Viscosímetro BROOKFIELD LVF e baseando na Norma ASTM D 2556-69 (1974)

3.5.2. Tempo de gelificação (Vida útil)

O tempo de gelificação das misturas foi obtido utilizando o aparelho TECHNE GELATION TIMER MODELS GT-3 AND GT-4, em sala de climatização com clima controlado ($20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $65\% \pm 5\%$ de umidade relativa).

QUADRO 1: GRAUS DE EXTENSÃO DAS FORMULAÇÕES

<u>MISTURA</u>	<u>PARTES POR PESO</u>
<u>A</u>	
RESINA URÉIA FORMALDEÍDO	100
EXTENSOR	75
ÁGUA	80
FARINHA DE SANGUE	7,5
CATALIZADOR (NH ₄ Cl).....	5
<u>B</u>	
RESINA URÉIA FORMALDEÍDO	100
EXTENSOR	100
ÁGUA	110
FARINHA DE SANGUE	10
CATALIZADOR (NH ₄ Cl).....	5
<u>C</u>	
RESINA URÉIA FORMALDEÍDO	100
EXTENSOR	125
ÁGUA	140
FARINHA DE SANGUE	12,5
CATALIZADOR (NH ₄ Cl).....	5

A, B, C - Misturas com diferentes graus de extensão.

QUADRO 2 - FORMULAÇÕES UTILIZADAS E SEUS COMPONENTES

COMPONENTES DA COLA	TA	TB	TC	AMA	AMB	AMC	MMiA	MMiB	MMiC	ABdA	ABdB	ABdC	MBiA	MBiB	MBiC	PMSA	PMSB	PMSC
Resina Uréia Formaldeído (60% de sólidos)	237,87	195,70	166,25	237,87	195,70	166,25	237,87	195,70	166,25	237,87	195,70	166,25	237,87	195,70	166,25	237,87	195,70	166,25
Água	190,22	215,29	232,78	190,22	215,29	232,78	190,22	215,29	232,78	190,22	215,29	232,78	190,22	215,29	232,78	190,22	215,29	232,78
Farinha de Sangue	17,87	19,72	20,80	17,87	19,72	20,80	17,87	19,72	20,80	17,87	19,72	20,80	17,87	19,72	20,80	17,87	19,72	20,80
Catalizador	11,95	9,60	8,21	11,95	9,60	8,20	11,95	9,60	8,20	11,95	9,60	8,20	11,95	9,60	8,20	11,95	9,60	8,20
Farinha de trigo	178,10	195,70	207,97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30% de Farinha de Mandioca	-	-	-	53,43	58,71	62,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70% de Farinha de Arroz	-	-	-	124,67	136,99	145,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20% de Farinha de Mandioca	-	-	-	-	-	-	35,62	39,14	41,60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
80% de Farinha de Milho	-	-	-	-	-	-	142,48	156,56	166,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40% de Farinha de Arroz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71,24	78,28	83,19	-	-	-	-	-	-
60% de Farinha de Batata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106,86	117,42	124,78	-	-	-	-	-	-
30% de Farinha de Mandioca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,62	39,14	41,60	-	-	-
70% de Farinha de Batata Inglesa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	142,48	156,56	166,37	-	-	-
40% de Farinha de soja	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71,24	78,28	83,19
60% de Polvilho de mandioca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	106,86	117,42	124,78

1- Valores dado em grammas (g).

3.6. CONFECÇÃO DOS PAINÉIS COMPENSADOS

3.6.1. Lâminas utilizadas

As lâminas utilizadas foram de Pinho do Paraná (Araucaria angustifolia (Bert.) Ktze (espécie que possui um peso específico médio de $0,56 \text{ g/cm}^3$ a 15% de umidade), e apresentavam as seguintes características:

- Dimensões: 55 cm x 55 cm
- Espessura: 1,4 mm a 1,6 mm
- Teor de umidade: $11\% \pm 1\%$

3.6.2. Prensagem

Todos os compensados de 3 (três) lâminas foram confeccionados seguindo as condições de prensagem que estão descritas abaixo:

- Temperatura da prensa ou de colagem 110°C
- Tempo de prensagem - 6 minutos
- Pressão - 8 kgf/cm^2
- Tempo após a aplicação da cola nas lâminas - 10 minutos.
- Quantidade de cola aplicada - 350 g/m^2

3.6.3. Condicionamento

Após a prensagem as chapas foram colocadas em sala de climatização com clima controlado ($20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $65\% \pm 5\%$ de umidade relativa) durante uma semana.

3.7. DETERMINAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE COLAGEM

3.7.1. Preparo dos corpos de prova

Dos compensados foram retirados 20 (vinte) corpos de prova (VER FIG. 8), baseando-se na Norma ASTM D 906-64 (1976). A retirada dos corpos de prova de cada compensado foi feita conforme a Figura 9.

3.7.2. Ensaios de resistência da colagem

Os ensaios foram feitos a sêco e a úmido, de acordo com o padrão PS 1 - 74 (For Constructions & Industrial Plywood) * .

Os corpos de prova retirados dos 90 compensados confeccionados foram usados para ensaios de resistência ao cisalhamento por tração na linha de cola. De cada compensado foram retirados 20 (vinte) corpos de prova, sendo que 10 (dez) foram para ensaio a sêco e 10 (dez) para ensaio a úmido. Dos 10 (dez) corpos de prova foram escolhidos ao acaso 5 (cinco) que foram realmente ensaiados.

*U.S. Product Standard PS 1 - 74 - For Constructions & Industrial Plywood with Typical APA GRADE-TRADE MARKS, Product Standards Section, National Bureau of Standard, 1974
33 p.

FIGURA 8 - Esquema mostrando as dimensões do corpo de prova para ensaio ao cisalhamento por tração.

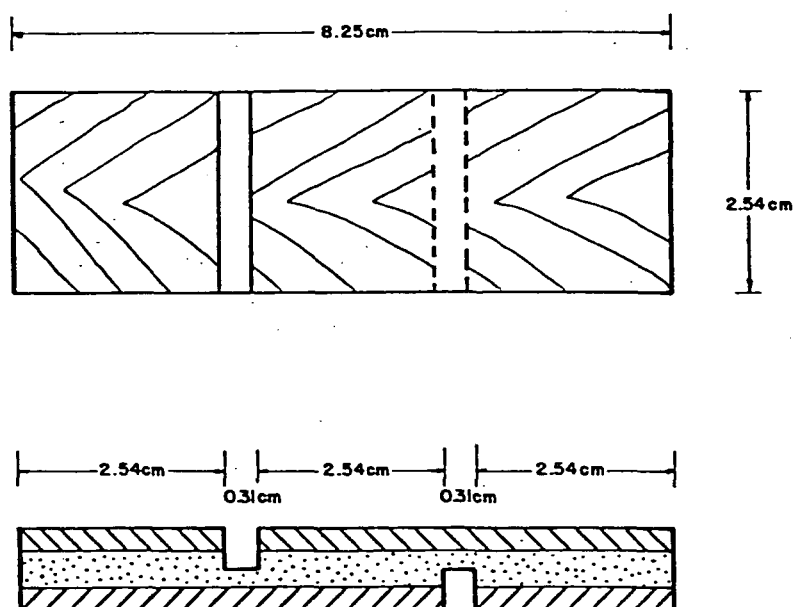
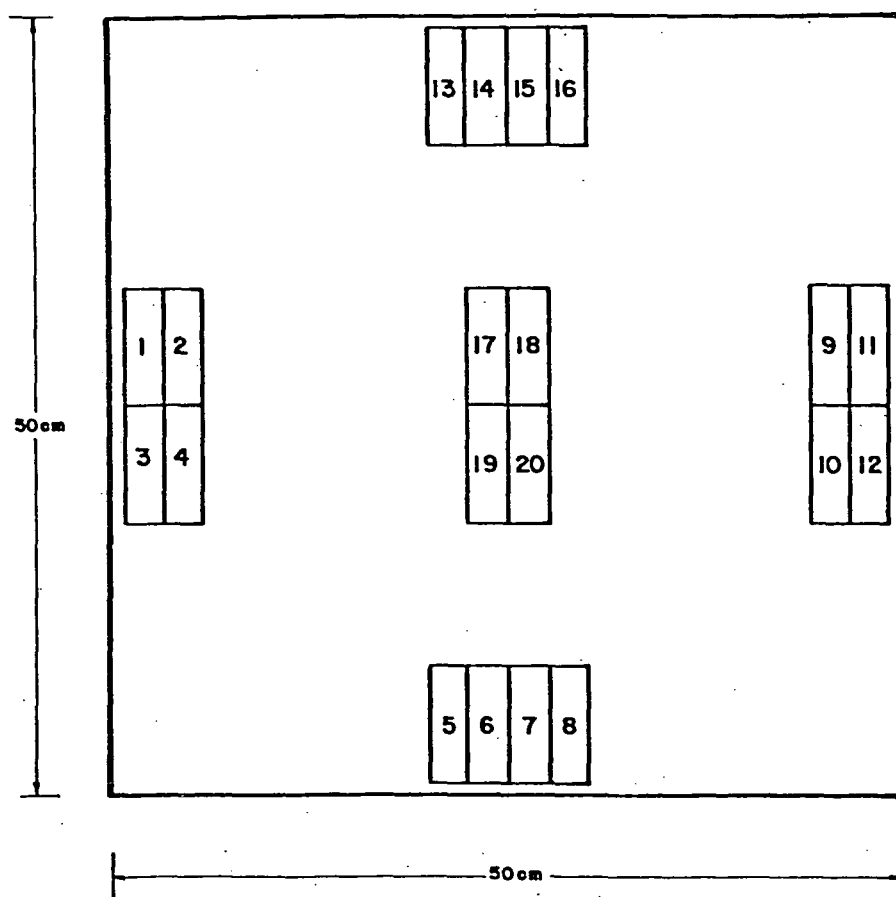


FIGURA 9 - Esquema mostrando as dimensões do compensado e como os corpos de prova foram obtidos.



A máquina utilizada para os ensaios é de marca TINUS OLSEN, com capacidade de carga para 30 toneladas/força sendo que a escala utilizada foi a de até 300 kgf, a qual melhor se adaptou para o ensaio de resistência do material. Após a execução dos ensaios, foi verificada também a qualidade da linha de cola através da avaliação do aspecto da área rompida (% de falha na madeira).

3.8. DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

Para uma avaliação estatística do experimento foi usado o delineamento de blocos casualizados. O experimento foi instalado com 6 (seis) tipos de extensores, com 3 (três) grau de extensão, totalizando 18 (dezoito) tratamentos. Para cada tratamento foram produzidos 5 (cinco) compensados (blocos). De cada chapa (repetição) foram obtidos 20 (vinte) corpos de prova, sendo 10 (dez) para serem usados no ensaio a sêco e 10 (dez) para o ensaio a úmido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. SELEÇÃO DOS EXTENSORES

4.1.1. Critério de Seleção

Para a seleção dos extensores baseou-se em viscosidade de equivalente de 4000 a 6500 cP.

Inicialmente foi verificado que individualmente, nenhum extensor (farinha) conseguiu enquadrar em termos de viscosidade de 4000 a 6500 cP. Alguns extensores apresentaram viscosidade bem abaixo de 4000 cP (baixa capacidade de absorção de água) e outras apresentaram viscosidade bem acima de 6500 cP (alta capacidade de absorção de água).

Para conseguir extensores que se enquadram na viscosidade de 4000 a 6500 cP ou próximo desses valores (importante em termos de manipulação e espalhamento da mistura de cola), foi necessário combinar farinhas com baixa capacidade de absorção de água (farinha de arroz, farinha de milho, farinha de batata inglesa, polvilho de mandioca, polvilho de araruta), com farinhas de alta capacidade de absorção de água (farinha de mandioca, farinha de soja, farinha de batata doce, farinha de sangue).

As seguintes combinações de farinhas foram utilizadas como extensores:

1. 30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz (AM)
2. 20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho (MMi)
3. 40% de farinha de arroz + 60% de farinha de batata doce (ABd)
4. 30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa (MBi)

5. 40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca(PMs)

No quadro 3 pode-se notar claramente a viscosidade da mistura (Resina UF, Extensor, água, formulação ' D' recomendada para cascamite 5H (Prensa-quente) no boletim técnico da Alba - Adria S/A), utilizada para selecionar as combinações. As viscosidades das combinações mostradas no quadro 3, foram as melhores que se ajustaram nos critérios mencionados anteriormente.

QUADRO 3: VISCOSIDADE DAS COMBINAÇÕES, COM BASE NA MISTURA (RESINA UF, EXTENSOR, ÁGUA)

MISTURA	TRIGO	AM	MMi	ABd	MBi	PMS
VISCOSIDADE(cP)	5.600	6.600	4.600	5.500	5.900	7.000

4.2. PROPRIEDADES DOS EXTENSORES

4.2.1. Teor de cinzas

Os resultados do teor de cinzas encontram-se no QUADRO 4.

QUADRO 4: VALORES MÉDIOS DO TEOR DE CINZAS DAS COMBINAÇÕES DE EXTENSORES E DO TRIGO

COMBINAÇÕES DE EXTENSORES	TEOR DE CINZAS (%)
MMi	0,849
AM	1,031
ABd	1,138
MBi	1,209
Trigo	2,288
PMS	2,294

Pelos valores médios encontrados no Quadro 4, pode-se observar que somente a mistura MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho), apresentou resultado menor que 1% (0,849), e a mistura AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz) com valor em torno de 1% (1,031) enquanto que a PMS (40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca e trigo apresentaram valores relativamente altos (2,294 e 2,288, respectivamente).

ROBERTSON & ROI-CHARLOTTE*, afirmam que baixo teor de cinzas em uma farinha usada como extensor indica que o extensor é originado de cereal puro, apresentado alta qualidade e baixa abrasividade. Alto teor de cinza está associado com baixa qualidade de farinha, alta abrasividade e um maior adicionamento de água para conseguir viscosidade desejável.²⁵ De acordo com ARCHER, as farinhas usadas como extensor não devem conter material abrasivo, pois isto viria prejudicar a ferramenta de corte.¹

Os resultados encontrados mostram que a mistura MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) apresentou teor de cinzas relativamente baixo se enquadrando na especificação de ROPELLA, onde o extensor deve apresentar teor de cinzas de 0,4% a 0,90%²⁷. Mas de acordo com ROBERTSON, a mesma mistura não se enquadrou na especificação de no máximo 0,55% de teor de cinzas²⁵. Os resultados mostram que a mistura MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha

* ROI-CHARLOTTE, op. cit, p.20

de milho) foi a que apresentou um teor de cinzas relativamente baixo, indicando uma farinha com pouca impureza e baixa abrasividade. Já as outras misturas apresentaram resultados acima de 1% (um), ou sejam, MBI (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa) ABd (40% de farinha de arroz + 60% de farinha de batata doce), AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz), PMS (40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca) e Trigo, sobressaindo as misturas PMS (40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca e trigo que apresentaram teores de cinzas relativamente altos, provavelmente contendo impurezas minerais em suas composições.

A razão para que o trigo apresentasse um teor de cinzas de certa maneira elevado, se deve provavelmente, ao fato de que a farinha utilizada no trabalho foi a comumente produzida e vendida pela indústria, sendo possível que na sua preparação tenha sido utilizada farinha de trigo de baixa qualidade, com o intuito de baratear o custo da farinha.

4.2.2. pH

Os valores de pH das combinações de extensores e do trigo são mostrados no QUADRO 5.

QUADRO 5: pH DAS COMBINAÇÕES DE EXTENSORES E DO TRIGO

COMBINAÇÕES DE EXTENSORES	pH
AM	5,70
ABd	4,85
MMi	5,60
MBi	5,95
PMS	5,00
Trigo	5,76

De acordo com NOCK & RICHTER, o pH da solução da cola influi na velocidade de cura e esta depende do ácido empregado (catalizador). Eles também mencionam que os extensores devem apresentar de preferência um pH (em solução aquosa) de aproximadamente 7 (sete), isto é neutro, o qual não deve sofrer alteração no pH durante a preparação da mistura de cola, bem como durante a espera da mistura antes da prensagem, para não interferir no processo de polimerização por condensação.²¹ O valor do pH das misturas de cola tem importância fundamental na qualidade da colagem, pois alto ou baixo pH pode causar destruição das fibras originando, uma baixa qualidade de colagem (FRUHWALD).¹¹ Pode-se notar que a maioria das combinações de extensores não diferiram acentuadamente em termos de valor do pH especificado, por ROBERTSON⁽²⁵⁾, para farinhas usadas como extensor ($\text{pH}=6,0 \pm 0,2$). Observa-se também que somente a combinação ABd apresentou pH relativamente ácido (4,85). Nota-se que todos os resultados enquadraram-se em valores de pH intermediários de 4 a 6, onde o amido gelatiniza mais lentamente (CORNINDUSTRIES RESEARCH INC)⁸ o que é fundamental na prensagem a quente, pois quanto mais lentamente se processa a gelificação do amido, dependendo do tempo de prensagem, ocorrerá um maior controle da viscosidade da mistura de cola. Foi observado que a maioria das combinações, mesmo algumas apresentando valores de pH abaixo de 5,7 e outras um pouco acima, não apresentaram formação de espuma quando da preparação das misturas de cola, discordando em certo ponto do afirmado por (ROBERTSON & ROBERTSON).²³

4.3. PROPRIEDADES DAS MISTURAS DE COLA UTILIZADAS

4.3.1. Tempo de gelificação (vida útil) e viscosidade

No Quadro 6 encontra-se os resultados do tempo de gelificação (vida útil) e viscosidade de cada mistura utilizada na confecção dos compensados.

A vida útil ou tempo de gelificação, é definido como tempo medido desde o momento de adição do catalizador, até o tempo necessário que o adesivo alcance o estado de máxima elasticidade.

Com a adição do catalizador, geralmente ocorre uma diminuição na vida útil das misturas de cola, pois o adição do catalizador participa no aumento ou diminuição do pH da mistura de cola e isto influencia diretamente no processo químico de aceleração de condensação, conseqüentemente alterando a vida útil da mistura. Pode-se observar tanto no Quadro 5 (valores pH das combinações dos extensores) e Quadro 6 (valor da vida útil das misturas de cola) que a maioria das combinações, a exceção do trigo, quando apresentou um pH tendendo a levemente básico, resultou nas seguintes misturas de cola com maior vida útil: MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho); AM (60% de farinha de arroz + 40% de farinha de mandioca) e MBi (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa).

A diferença marcante existente entre a vida útil das misturas de cola, provavelmente se deve a diferença do valor pH das misturas mas como também a diferença existente em termo de tamanho, forma (Ver Fig. 3) e constituição química dos amidos e proteínas que compõem essas diferentes misturas, podendo ter participação em relação a uma maior absor

QUADRO 6: VISCOSIDADE E TEMPO DE GELIFICAÇÃO (VIDA ÚTIL) DAS DIFERENTES MISTURAS DE COLA USADAS NA CONFECÇÃO DOS COMPENSADOS

M I S T U R A	TA	TB	TC	AMA	AMB	AMC	MMiA	MMiB	MMiC	ABdA	ABdB	ABdC	MBiA	MBiB	MBiC	PMSA	PMSB	PMSC
VISCOSIDADE(cP)	5300	5500	5700	5500	6200	6600	5200	5600	6200	5900	6300	6800	6300	6400	6500	6500	6800	7000
TEMPO DE GELIFI CAÇÃO (Horas e minutos)	2,25	3,00	3,21	9,23	10,30	16,29	12,37	13,35	18,18	1,55	2,24	2,35	8,31	10,80	11,34	2,12	3,40	3,36

ção e retenção de água (REINHARDT)²², que influenciará na atividade reativa do catalizador como também em uma menor evaporação da água e conseqüentemente aumentando o tempo de manuseio e manipulação das misturas.

Pelos resultados apresentados no Quadro 6, pode-se observar que houve um acentuado aumento na vida útil das misturas de cola, quando procedeu-se um aumento no grau de extensão. Este aumento da vida útil comprovou o que foi afirmado por GEORGE, ROBERTSON & ROBERTSON, ROBERTSON & ROBERTSON, ROBERTSON, NOCK & RICHTER, FRUHWALD, que o adicionamento do extensor e aumento no grau de extensão prolongam a vida útil da mistura de cola. (13,23,24,25,21,11)

Os resultados de viscosidades das diferentes misturas de cola também estão mostrados no Quadro 6. Com base nos valores apresentados nota-se que a maioria das combinações dos extensores apresentaram resultados próximos dos apresentados pela farinha de trigo. Pode-se observar, ainda que o aumento do grau de extensão acarretou uma acentuada elevação da viscosidade, principalmente na mistura C. Isto se deve certamente a presença de um maior teor de sólidos que promove uma maior absorção de água resultando em uma elevação de viscosidade (NOCK & RICHTER).²¹

4.4. PROPRIEDADES DA LINHA DE COLA (RESISTÊNCIA AO CISCALHAMENTO POR TRAÇÃO (kgf/cm^2) E PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA).

Os resultados dos ensaios de cisalhamento por tração (sêco e úmido) e porcentagem de falha na madeira estão sumarizados no Quadro 7. No quadro 12 (Ver APÊNDICE), os valores médios da resistência ao cisalhamento por tração (ensaio sêco) são apresentados levando em consideração que o experimento foi conduzido utilizando o delineamento blocos ao acaso.

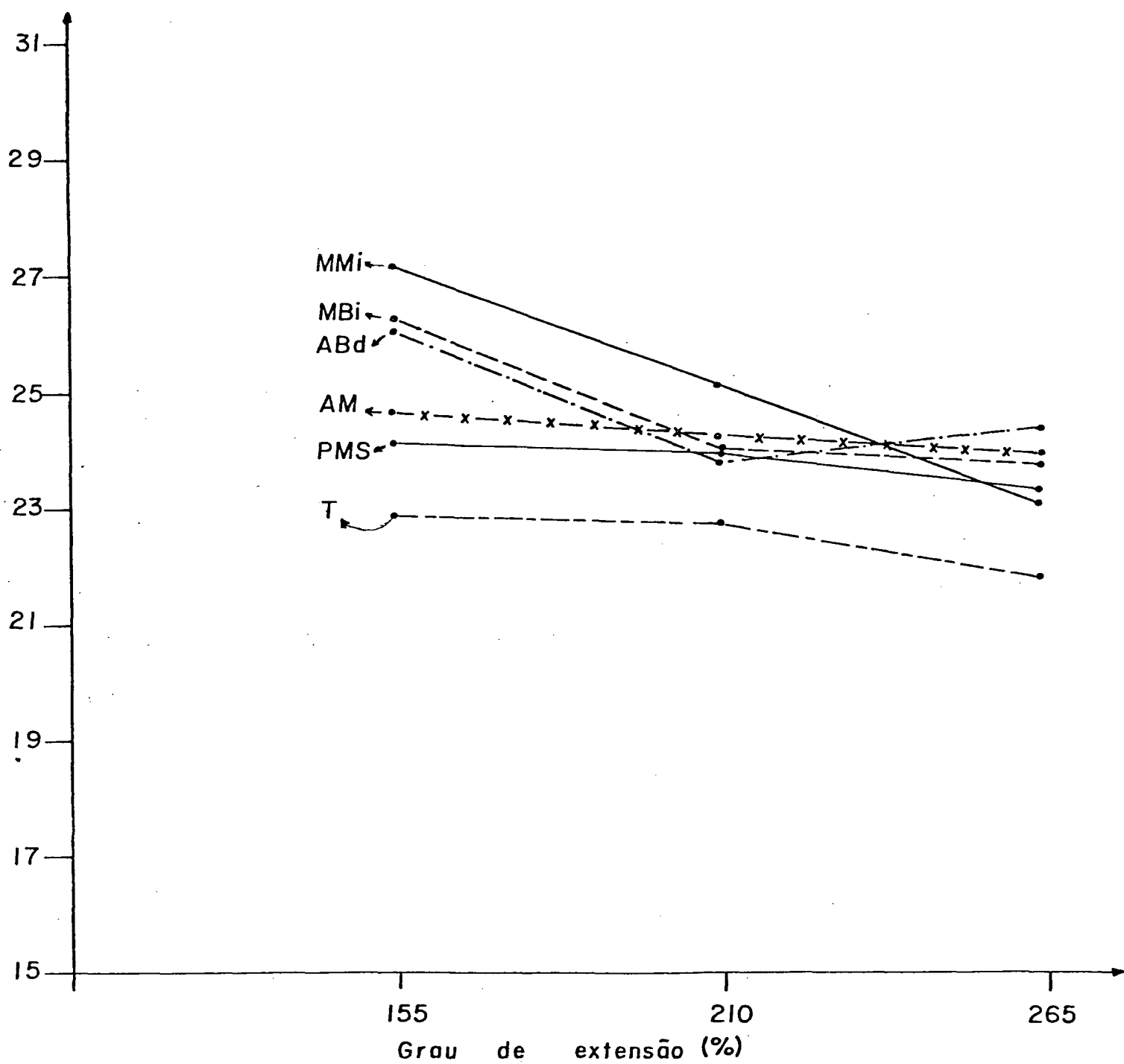
Dessa maneira tornou-se viável fazer uma análise estatística do experimento para verificar se havia diferença significativa entre os blocos (repetições) e os tratamentos (misturas de cola) (Ver Quadro 8). Na análise de variância através do teste F ao nível de 5% de probabilidade, verificou-se não existir diferenças significativas entre os blocos (repetições) e notou-se diferença significativa entre os tratamentos (misturas).

Aplicou-se então o teste de TUKEY ao mesmo nível de probabilidade (VER QUADRO 10), para verificar quais os tratatamentos que variaram entre si. Observou-se que só variaram significativamente as misturas MMiA (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho mistura A) e TC (Trigo, mistura C). Os resultados encontrados concordam com o que foi afirmado por BRUYNE & HOUWINK e constatado por ARCHER, que a variação no grau de extensão pouco afeta a resistência da colagem e cisalhamento por tração (ensaio sêco).^(1, 6) Isso pode ser bem visualizado na FIGURA 10 onde foi feita uma relação entre a resistência da linha de cola e a variação no grau de extensão. Ela nos mostrou que as outras misturas a

QUADRO 7: VALORES MÉDIOS DE RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA E
PORCENTAGEM DE FALHA NA MADEIRA DAS DIVERSAS MISTURAS

MISTURA	ENSAIO SÊCO			ENSAIO ÚMIDO		
	Resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm ²)	Desvio padrão (s)	Falha na madeira (%)	Resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm ²)	Desvio padrão	Falha na madeira (%)
TA	22,964	1,807	90	16,283	1,073	87
TB	22,887	1,115	88	15,697	1,303	82
TC	21,998	1,113	87	16,251	1,396	71
AMA	24,708	2,195	76	16,766	2,850	83
AMB	24,341	3,107	75	15,433	1,778	66
AMC	24,082	2,580	67	14,172	1,121	60
MMiA	27,742	2,546	90	16,856	2,362	86
MMiB	25,708	3,117	87	15,731	1,400	80
MMiC	23,281	0,763	65	12,503	1,025	50
ABdA	26,178	1,827	83	14,739	2,192	60
ABdB	23,985	2,739	69	13,736	2,146	33
ABdC	24,579	1,257	67	12,489	1,473	25
MBiA	26,879	2,684	80	13,771	1,827	35
MBiB	24,144	1,895	76	12,765	0,931	31
MBiC	23,921	2,787	70	12,064	1,370	15
PMSA	24,260	2,281	67	14,424	0,506	55
PMSB	24,106	2,327	64	14,416	1,582	47
PMSC	23,335	2,266	61	13,042	1,379	40

FIGURA 10 - Relação entre a resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm^2) (ensaio sêco) e a variação no grau de extensão.

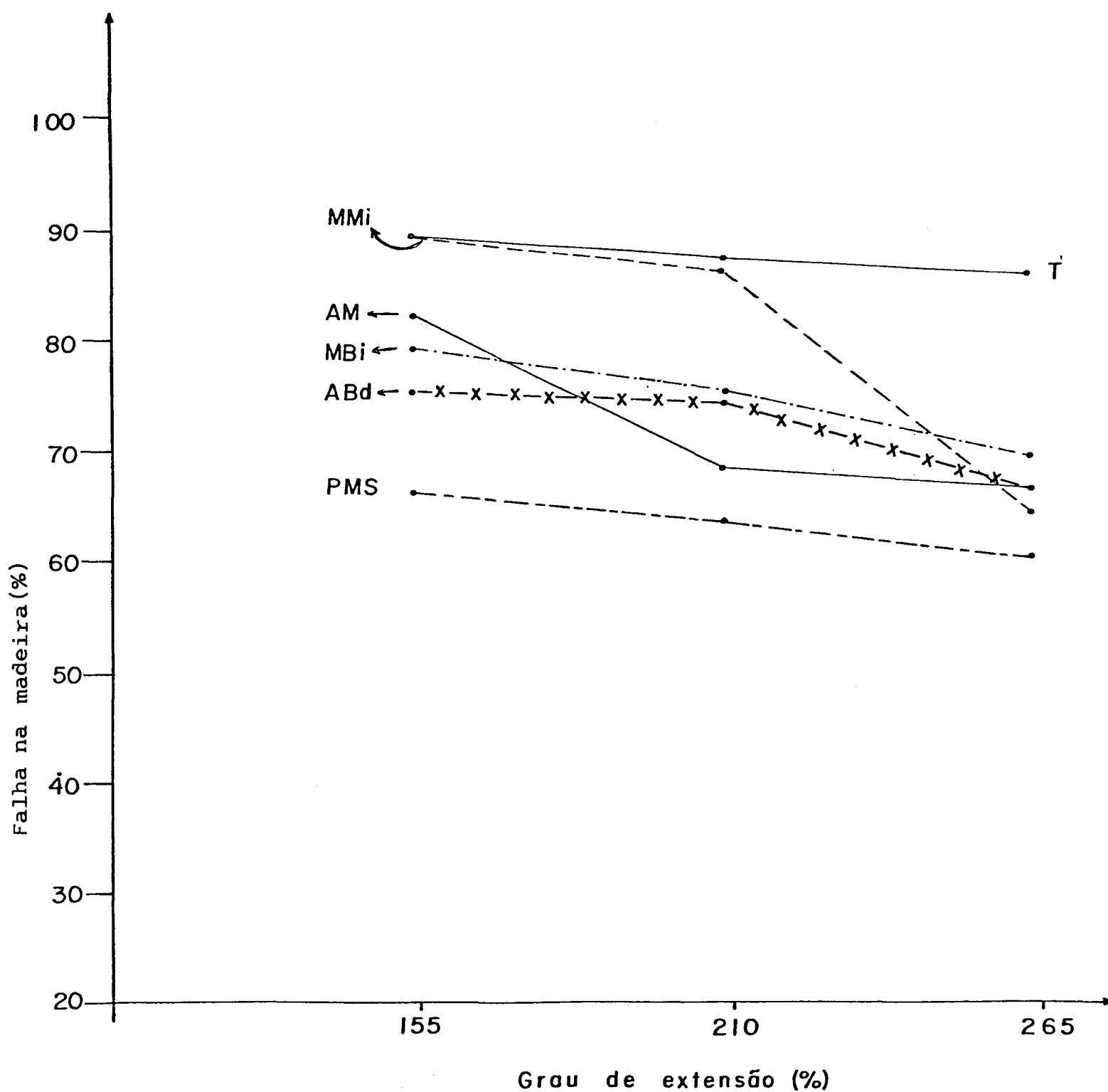


presentaram resultados um pouco maiores que as misturas onde foi usado o trigo como extensor. Entretanto, na mesma figura pode-se observar que os resultados apresentados pelas misturas que continham trigo, AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz) e PMS (40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca) foram as mais uniformes em relação a variação do grau de extensão, e pode-se observar também a mistura MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) apresentou uma diminuição ligeiramente mais acentuada na resistência da linha de cola, quando ocorreu um aumento no grau de extensão.

Com relação a porcentagem de falha na madeira pode-se observar que as misturas TA (trigo mistura A), TB (trigo mistura B), TC (trigo mistura C), AMA (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz mistura A), AMB (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz mistura B), MMiA (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho mistura A), MMiB (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho mistura B), ABdA (40% de farinha de arroz + 60% de farinha de batata doce mistura A), MBiA (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa mistura A), MBiB (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa mistura B), MBiC (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa mistura C) apresentaram resultados acentuadamente melhor que os outros.

Na figura 11, onde foi feita uma relação entre a porcentagem de falha na madeira e a variação no grau de extensão, pode-se observar que as misturas que continham trigo foi as que apresentaram melhores resultados, enquanto as misturas de farinhas que continham as combinações de farinha de

FIGURA 11 - Relação entre a porcentagem (%) de falha na madeira (ensaio seco) e a variação no grau de extensão



soja e polvilho de mandioca como extensor apresentaram os piores resultados. A mesma figura mostra também que as misturas MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) e AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz), apresentaram acentuada queda na porcentagem de falha na madeira quando procedeu-se aumento no grau de extensão. Isto ocorreu principalmente na mistura C, onde era maior o grau de extensão, conseqüentemente maior quantidade de extensor na mistura.

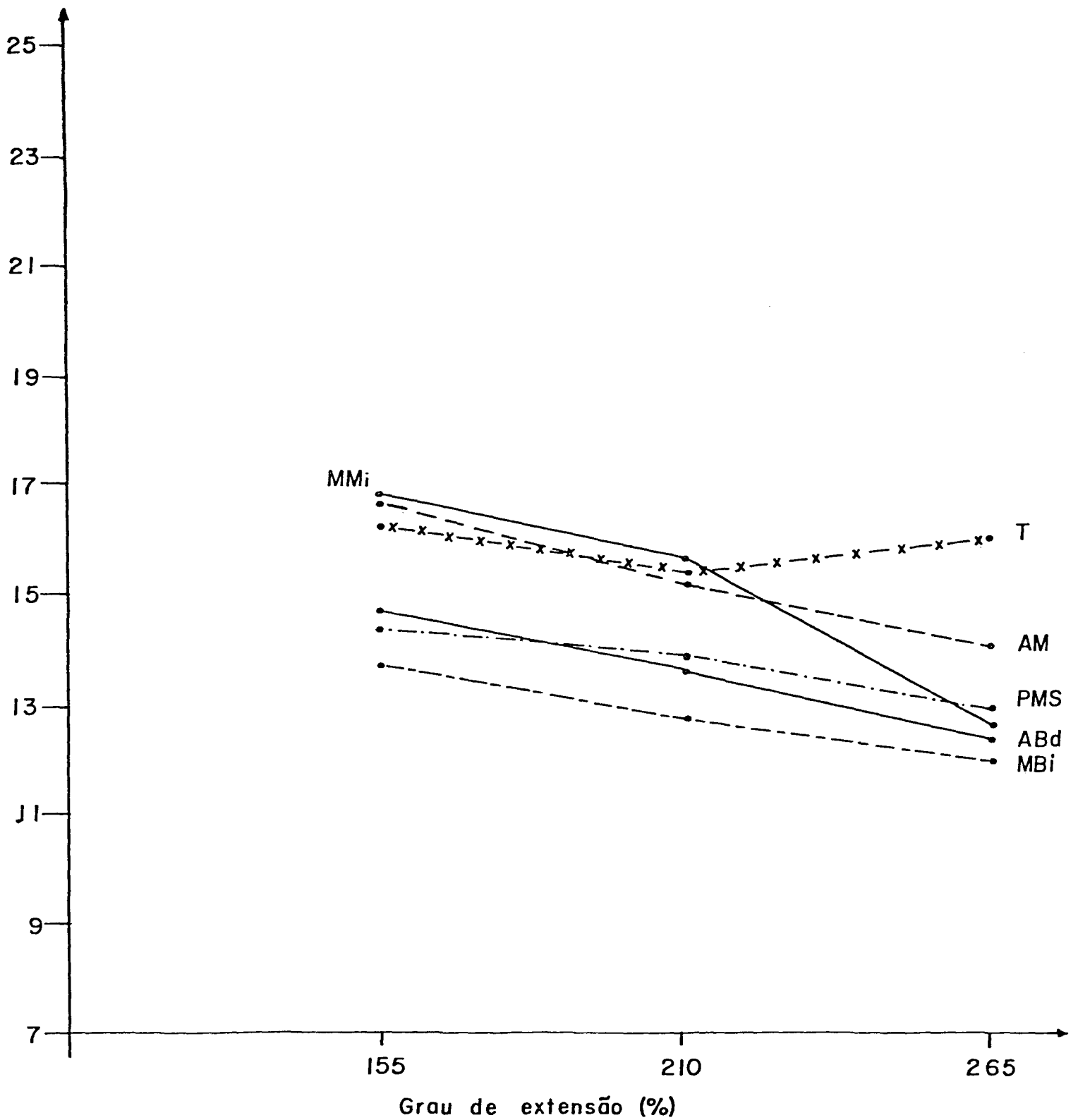
A diminuição na resistência a cisalhamento por tração da linha de cola da mistura MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho), juntamente com a porcentagem de falha na madeira da mistura PMS (40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca) e da maioria que continha a mistura C, se deve ao aumento do grau de extensão, que conseqüentemente aumenta a viscosidade da mistura de cola tendo participação na qualidade de colagem, pois de acordo com FRUHWALD⁽¹¹⁾, quando a viscosidade é baixa pode ocorrer uma absorção de adesivo pela madeira muito alta e isto resulta em uma baixa qualidade de colagem, quando a viscosidade é alta a penetração da cola na madeira é insuficiente e pode ocorrer uma má interligação entre a cola e a superfície da madeira, originando também uma baixa qualidade de colagem. Pode-se também observar pelos resultados que a porcentagem de falha na madeira foi maior nas misturas que apresentaram um pH mais ácido, pois segundo FRUHWALD, pH acentuadamente ácido ou básico, pode originar colagens de baixa qualidade, pela possibilidade de causar destruição das fibras na madeira.¹¹

No Quadro 13 (VER APÊNDICE), os valores da resistên

cia a cisalhamento por tração (ensaio úmido), também foi montado levando em consideração que o experimento foi conduzido segundo o delineamento blocos ao acaso. Pela análise da variância que está mostrada no Quadro 9, pode-se observar que não houve diferença significativa entre os blocos e houve diferença entre os tratamentos ao nível de 5% de probabilidade. Neste caso também houve a necessidade de aplicar o teste de TUKEY (Quadro 11), onde pode-se observar que houve diferença significativa somente entre as misturas MBiC (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa mistura C), com MMiA (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho, mistura A), AMA (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz, mistura A), TA (Trigo, mistura A) e TC (trigo mistura C), ABdC (40% de farinha de arroz + 60% de farinha de batata doce, mistura C) com MMiA (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho mistura A), AMA (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz, mistura A) e TA (trigo mistura A), MMiC (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho, mistura C) com MMiA (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho, mistura A), AMA (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz, mistura A) e TA (Trigo mistura A) e MBiB (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa mistura B) com MMiA (20% de farinha de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho, mistura A) e AMA (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz, mistura A), as outras misturas não variaram entre si significativamente.

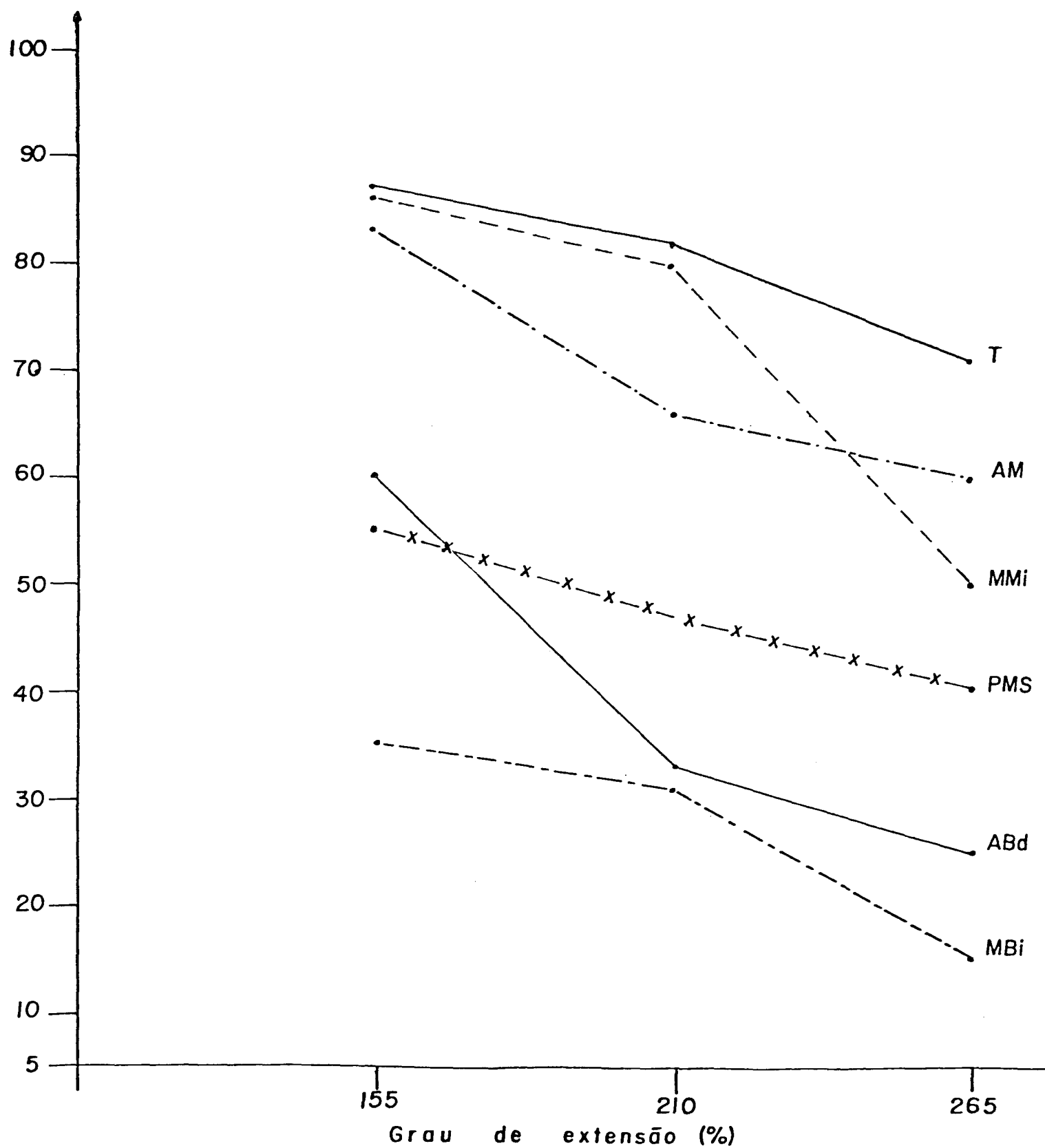
Na Figura 12 onde foi feita uma relação entre a resistência ao cisalhamento por tração e a variação do grau de extensão, pode-se observar que as misturas que apresenta

FIGURA 12 - Relação entre a resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm^2) (ensaio úmido) e a variação no grau de extensão



ram resultados inferiores foram PMs (40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca), ABd (40% de farinha de arroz + 60% de farinha de batata doce), e MBi (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa). Na mesma figura pode-se notar que AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz, mistura A e B) e MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho, mistura A e B) apresentaram resultados pouco superiores ao do trigo, somente a mistura MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) apresentou uma acentuada queda quando ocorreu o aumento do grau de extensão (mistura C), pois de acordo com NOCK e RICHTER⁽²¹⁾, o aumento do grau de extensão promove um aumento na capacidade da linha de cola em absorver água conseqüentemente, abaixa a resistêcia da linha de cola à umidade. Já com o trigo ocorreu o contrário, pois houve um certo aumento na resistêcia ao cisalhamento por tração, quando ocorreu aumento no grau de extensão (mistura C). Com relação a falha na madeira pode-se observar tanto no Quadro 7 como na Figura 13, que as misturas que apresentaram melhores resultados foram TA (Trigo mistura A), TB (Trigo mistura B), TC (Trigo mistura C), AMA (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz mistura A), AMB (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz mistura B) MMiA (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho mistura B), MMiB (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho mistura B). Pode-se observar também uma redução acentuada na porcentagem de falha na madeira quando realizou-se o ensaio úmido. Pelos resultados encontrados constata-se que somente as misturas MBi (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa) ABd (40% de arroz + 60% de fari

FIGURA 13 - Relação entre a porcentagem (%) de falha na madeira (ensaio úmido) e a variação no grau de extensão



nha de batata doce) e PMS (40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca) não preencheram os requisitos PS-1 - 74 For Construction & Industrial Plywood* para colagens tipo interior do padrão. Essas misturas preencheriam se 90% dos painéis ensaiados tivessem pelo menos 30% de falha na madeira ou maior, o que não aconteceu.

*PS-1-74 For Construction & Industrial Plywood, op.cit. pg.39

QUADRO 8: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES MÉDIOS DE RESIS
TÊNCIA AO CISALHAMENTO POR TRAÇÃO (kgf/cm^2) (EN
SAIO SÊCO).

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
Blocos	4	3,082	0,770	0,147 n.s
Tratamentos	17	177,034	10,413	1,995*
Resíduo	68	354,838	5,218	
TOTAL	89	534,954		

n.s - Não significativa ao nível de 95% de probabilidade sig
nificante.

* - significativa

QUADRO 9: ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES MÉDIOS DE RESIS
TÊNCIA AO CISALHAMENTO POR TRAÇÃO (kgf/cm^2) (EN
SAIO ÚMIDO)

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q.	Q.M	F
Blocos	4	10,132	2,533	0,937 n.s
Tratamentos	17	204,201	12,011	4,447*
Resíduo	68	183,650	2,700	
TOTAL	89	397,984		

n.s - Não significativa ao nível de 95% de probabilidade

* - significativa.

QUADRO 10 - TESTE DE TUKEY (Ensaio Sêco) - Para as médias de resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm²)

TRATAMENTO	MMiA	MMiC	ABdA	MMiB	AMA	ABdC	AMB	PMSA	MBiB	PMSB	AMC	ABdB	MBiC	MMiC	PMSC	TA	TB	TC
Médias	27,742	26,879	26,179	25,708	24,708	24,579	24,341	24,260	24,144	24,106	24,082	23,985	23,921	23,781	23,335	22,964	22,887	21,998
TC	21,998	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
TB	22,887	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
TA	22,964	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-
PMSC	23,335	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
MMiC	23,781	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-
MBiC	23,921	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-
ABdB	23,985	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-
AMC	24,082	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-
PMSB	24,106	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-
MBiB	24,144	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PMSA	24,260	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMB	24,341	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABdC	24,579	ns	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AMA	24,708	ns	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMiB	25,708	ns	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABdA	26,178	ns	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMiC	26,879	ns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MMiA	27,742	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* significante ao nível de 95%

ns-não significante

QUADRO 11 - TESTE DE TUKEY (Ensaio Úmido) - Para as médias de resistência ao cisalhamento por tração (kgf/cm²)

TRATAMENTO	MMiA	AMA	TA	TC	MMiB	TB	AMB	AMdA	PMSA	PMSB	AMC	MBiA	ABdB	PMSC	MBiB	MMiC	ABdC	MBiC
Médias	16,856	16,766	16,283	16,251	15,731	15,696	15,433	14,739	14,423	14,416	14,172	13,781	13,736	13,042	12,766	12,503	12,489	12,063
MBiC	12,063	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
ABdC	12,489	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
MMiC	12,503	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-		
MBiB	12,766	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-			
PMSC	13,042	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-				
ABdB	13,736	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-					
MBiA	13,781	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-						
AMC	14,172	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-							
PMSB	14,416	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-								
PMSA	14,423	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-									
ABdA	14,739	ns	ns	ns	ns	ns	ns	-										
AMB	15,433	ns	ns	ns	ns	ns	-											
TB	15,696	ns	ns	ns	ns	-												
MMiB	15,731	ns	ns	ns	-													
TC	16,251	ns	ns	-														
TA	16,283	ns	ns	-														
AMA	16,766	ns	-															
MMiA	16,856	-																

* significante ao nível de 95%

ns- não significante

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, chegou-se às seguintes conclusões:

1. As combinações que apresentaram melhores resultados levando em consideração o teor de cinzas foram a MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) e a AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz).
2. O pH das combinações se aproximaram de uma certa neutralidade com exceção da combinação ABd (40% de farinha de arroz + 60% de farinha de batata doce), que apresentou leve acidez. O pH das combinações AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz), MBi (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa) e MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) foi que mais se aproximou do trigo, mostrando que em termos de pH estas combinações podem perfeitamente, substituir o trigo sem causar profundas alterações no comportamento e cura da prensagem.
3. As viscosidades das misturas de cola quando comparadas com a do trigo não apresentaram grandes diferenças. Apenas PMS (40% de farinha de soja + 60% de polvilho de mandioca, misturas A, B, C), AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz, mistura C), ABd (40% de farinha de arroz + 60% de farinha de batata doce, misturas B e C) MBi (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa, misturas A, B e C), apresentaram viscosidades um pouco maior que as demais.
4. As misturas de cola que apresentaram maiores tempo de gelificação ou vida útil foram AM (30% de farinha de mandio

ca + 70% de farinha de arroz), MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) e MBi (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa). Isto comprova que as misturas AM, MMi e MBi apresentam um maior tempo de utilização.

5. Com relação a resistência ao cisalhamento por tração e falha na madeira (ensaio sêco), foi observado que não houve acentuada diferença entre as misturas. Estatisticamente somente as combinações MMiA (20% de farinha de mandioca e 80% de farinha de milho mistura A) e TC (trigo mistura C) variaram significativamente. Observou-se que a mistura MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) apresentou uma queda na resistência ao cisalhamento por tração e porcentagem de falha da madeira mais acentuada, do que para as outras misturas, quando aumentou-se o grau de extensão. Mas, de maneira geral, houve uma predominância na redução das propriedades, principalmente para porcentagem de falha da madeira, quando aumentou-se o grau de extensão.

Com relação ao ensaio úmido ocorreu uma pequena diferença entre as misturas, tanto na resistência ao cisalhamento por tração como na falha da madeira. Verificou-se que as seguintes misturas variaram significativamente com relação à resistência ao cisalhamento por tração: MBiC com MMiA, AMA, TA e TC, ABdC com MMiA, AMA e TA, MMiC com MMiA, AMA e TA, MBiB com MMiA e AMA.

6. No ensaio úmido os resultados de porcentagem de falha na madeira mostraram que somente as misturas MBi, PMS, ABD, não se enquadraram no critério do Padrão PS-1-74.

6. RESUMO

Neste trabalho desenvolveu-se um experimento com o objetivo de se encontrar alternativas de extensores que misturados com resina uréia formaldeído fornecessem propriedades e eficiência fornecida pelo trigo, que é o extensor comumente usado na indústria de compensado. Selecionou-se 5 combinações de extensores que mostraram ótimas propriedades em termos de viscosidade, disponibilidade no mercado e preço acessível. Das combinações selecionadas e do trigo foram obtidos teor de cinzas e pH. Constatou-se que aquelas que possuíam 20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho (MMi) e aquelas com 30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de arroz (AM) apresentaram de maneira geral os melhores resultados. Com as 5 combinações selecionadas e o trigo foram produzidas misturas de cola com 3 variações no grau de extensão e foram determinados, a viscosidade e tempo de gelificação (vida útil). Constatou-se que os valores de viscosidade das misturas de cola que mais se aproximaram daquela que continha trigo foram as que continham mandioca/milho (MMi) e mandioca/arroz (AM) em suas constituições. Observou-se que as mesmas misturas apresentaram os melhores tempos de gelificação (vida útil). Foi observado também que ocorreu um aumento na vida útil das misturas quando se processou um aumento no grau de extensão. Com as combinações de extensores e o trigo procedeu-se a confecção de compensados utilizando colas e realizou-se a avaliação da resistência ao cisalhamento por tração para verificar a qualidade da linha de cola e observou-se a porcentagem de falha na madeira. Foi verificado com relação à resistência ao cisalhamento por tração (en

saio seco) que somente MMiA (20% de farinha de mandioca + 20% de farinha de milho, mistura A) e TC - trigo (mistura C) variaram significativamente. Comprovou-se que o aumento no grau de extensão não provocou mudanças nos resultados. Foi observado que no ensaio de resistência ao cisalhamento por tração (ensaio úmido), ocorreu uma maior variação entre as misturas. As misturas de cola que apresentaram melhores resultados quando comparadas com o trigo foram MMi (20% de farinha de mandioca + 80% de farinha de milho) e AM (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de Arroz). Foi constatado que tanto no estado seco como úmido a mistura MMi apresentou uma acentuada queda na resistência mecânica quando ocorreu um aumento no grau de extensão. Com relação a porcentagem de falha na madeira (ensaio úmido) somente as misturas MBi (30% de farinha de mandioca + 70% de farinha de batata inglesa), PMS (40% de soja + 60% de polvilho de mandioca) e ABd (40% de farinha de arroz + 60% de farinha de batata doce) não se enquadraram no critério do Padrão PS - 1 - 74.

7. SUMMARY

An experiment was developed with the objective of finding alternatives for extensors that, when mixed with formaldehyde urea resin would provide properties and efficiency compared to those showed by wheat, which is the usual extensor in plywood industry.

Five extensor combinations were selected because of their excellent properties related to viscosity, market availability and price. Ash rates and pH were obtained for the selected combinations and wheat. It was observed that best results were generally obtained with 20% manioc flour + 80% maize flour (MMi) and 30% manioc flour + 70% rice flour (AM) combinations. Glue mixtures with 3 different degrees of extension were produced from each combination and wheat ; viscosity and time of gelification (lifetime) were determined. Manioc/maize (MMi) and manioc/rice (AM) glue mixtures showed the closest viscosity values to that of wheat. It was also observed that the same glue mixtures showed the best gelification time (lifetime).

An increase in lifetime occurred when extension degree was increased. Plywood boards were made from the the extensor combinations and wheat by using glues, and resistance to tensile shearing was analysed in order to determine the glue line quality: wood failure percentage was also analysed. Only MMiA (20% manioc flour + 20% maize flour, mixture A) and TC (wheat, mixture C) showed significative variation for resistance to tensile shearing (dry test). It was confirmed that the increase in the extension degree caused no changes in the results. A greater variation between occurred in the resistance to tensile shearing test (wet test). When compared

to wheat, best results were obtained with MMi (20% manioc flour + 80% maize flour) and AM (30% manioc flour + 70% rice flour) glue mixtures. Mixture MMi showed a strong decrease in mechanical resistance both for dry and wet conditions when an increase in extension degree occurred. Only mixtures MBi (30% manioc + 70% potato flour), PMS (40% soybean + 60% manioc starch) and ABd (40% rice flour + 60% sweet potato flour) did not fit the PS - 1 - 74 Standard criterium for wood failure percentage (wet test).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARCHER, L.B. O uso de extensores no preparo de adesivos de Resinas uréia formaldeído para fabricação de madeira compensada, Brasil Florestal, 6(2),1971, pp. 20 - 23.
2. BABCOCK, E. GLENN e SMITH, A.K. Extending Phenolic Resin Plywood Glues with Proteinaceous Material, Ind. and Eng. Chem. V. 39, 1947, pp. 85-88.
3. _____ Extending Resorcinol Resin Glue with Corn Gluten, Modern Plastics, 8 (153) 1947. p. 82.
4. BOOTH, C.C. e BUTTON, N.F. Prepressing Plywood. Forest Products. Journal, 16(2), 1966, pp. 15-19.
5. BROUSE, D. e BLOMQUIST, R.F. Postwar Developments in Wood-working Glues, Forest Products Research Society, V. 1, 1947, pp. 74-86.
6. BRUYNE, A.N. e HOUWINK, R. Adherencia y Adesivos(teoria Tecnologia y Analisis), Madrid, 1957, pp. 283-284.
7. COLA PARA MADEIRA SOJA EM VEZ DE TRIGO, Brasil Madeira , N.39, mar. 1980, pp. 17-18.
8. CORN INDUSTRIES RESEARCH FOUNDATION INC, Corn Starch, Washington, D.C. 1964, p.42.
9. FILHO, S. M. Adesão e Adesivos para Madeira, IBDF, Brasília, V. 1, n. 5, 1982, p.22.
10. FOREST PRODUCTS LABORATORY REPORT, Efect of Extending Hot Press Urea Resin Glue with Rye Flour on Strength Durability of the Glue Joints, 1942, pp. 83-86.

11. FRUHWALD, A. Adhesive Testing Procedures and Bonding Strength Testing Equipment United Nations Industrial Development Organization, Austria, 1977, pp.46.
12. GILLESPIE, R.H. OLSON, Z.W. e BLOMQUIST, R. F. Durability of Urea Resin Glues Modified with Polyvinyl Acetate and Blood, Forest Products Journal, 14(8), 1964. pp . 345-349.
13. GEORGE, J. Economics of Production of Synthetic Resin Adhesive, United Nations Industrial Developments Organization India, 1977, pp. 40.
14. GONÇALVES, D. Física de científico e do vestibular, ao Livro Técnico, V.2, Rio de Janeiro, 1974, pp. 305.
15. HIRATA, S. e MINEMURA, N. The utilization of starch-waste as a Filler of Adhesive, Journal of the Hokkaido Forest Products Research Institute, 1974, pp. 58.
16. KUBOTA, M. SAITA, M. MORI, S. The utilization of wood wast as a filler of plywood adhesive: Effects od Blending them with potato starch mills wast water, Journal of the Hokkaido Forest Products Research Institute, 10, 1974, pp. 5-10.
17. JAIN, N.C. CUPTA, R.C. e SHAH, R.S. A note on poddy husk gel as extender for urea formaldehyde glue forplywood Repr. From Pamtindia Bombay, 1965, pp.2.
18. LIN, C.Y. Study on wood gluing, The durability of urea resin glue Forest Research Institute 186, 1969, pp.10.
19. LAVIGNE, M. Madeira Compensada (II), Extensores. Revista Floresta, 3, 1970, pp.74.

20. MINEMURA, N. IMURA, S. e HIRATA S. SATO, M. The efect of melamine and potato-protein as reinsforcing material in the production of urea treated plywood, Forest Products research Institut, 9, 1975, pp. 5-9.
21. NOCK, H.P. & RICHTER, H.G: Adesão e Adesivos (Adesivos e sua aplicação na indústria madeireira), UFPR, Curitiba, (Apostila do Curso de Pós-Graduação), 1978, pp. 94.
22. REINHARDT, J. Industrial application and formulation of Synthetic Resin Adhesive in the wood Ba ead Panel Industry, United Nations Industrial Development Organization, Englend, 1977, p.38.
23. ROBERTSON, J.E. e PHIL ROBERTSON, R.R. Review of filler and Extender Quality Evaluation, Forest Products Journal, 27(4), 1977, pp. 30-38.
24. _____ State-of-The-Art Report Fillers and Extenders in plywood Production, U,S. and Foreing pratices, Forest Products Jpurnal, 29 (6)1979 pp. 15-21.
25. ROBERTSON, J.E. 1973. Plant-site observations of Asian Ply wood Glue Extender. Forest Products Journal, 24 (11), 1974, pp. 35-41.
26. ROI, D.C. e NAHA, P. In si tu formation of UF and PF resin during plywood manufacture: Journal of the IPRI 4(4), 1974, pp. 34-38.

27. ROPELLA, L.A. Effect of Extending Hot Press Urea Resin with Diffirent Tips of Wheat and Rve Flour on the Stength and Water Resistence of the glue joints , Forest Products Research Society, V.3, 1949 pp. 121-125.
28. SAFFIOTI, W. Fundamentos de química, Companhia Editora Nacional, V. 1, São Paulo, 1968, pp. 688.
29. STELLER, S. Evaluation of some factores on the quality of gluing of intencion. Drev. Vyskum, 2, 1970, pp.83-90.
30. THOMAS, R.J. e TAILOR, F.W. Urea-Formaldhyde Resins Modified with water solubre blood, Forest Products Journal, 12 (3), 1962, pp. 111-115.
31. TORREY, S. Adhesives Techology, U.S.A., 1980, pp. 169 - 174.
32. ZAVALA, J.A.A. Adesivos de uréa formaldeído, GEAG/Pr - CIT 5 (6), 1978, pp. 16-25.

9. A P Ê N D I C E

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS VALORES DA RESISTÊNCIA AO CISCALHAMENTO POR TRAÇÃO (kgf/cm^2) (ENSAIO SÊCO) (APRESENTADO NO QUADRO 8).

TESTE DE F PARA BLOCOS

O valor de F, dado pela Tabela é $F(4, 68, 95\%) = 2,51$

O valor de F (calculado presente no Quadro 8) foi de 0,147 ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$), indicando que não houve diferença significativa ao nível de 95% de probabilidade entre os blocos.

TESTE DE F (Tratamentos)

O valor de F, dado pela Tabela é $F(17, 72, 95\%) = 1,79$

O valor de F (calculado presente no Quadro 8) foi de 1,995 ($F_{\text{calculado}} > F_{\text{tabelado}}$), indicando significância ao nível de 95% de probabilidade e comprovando haver diferenças entre os tratamentos.

TESTE DE TUKEY

Notando que existe diferenças significativas entre os tratamentos, há necessidade de comparar as médias objetivando situar os melhores tratamentos.

Para comparar as médias dos tratamentos utilizou-se o "Teste de TUKEY", que forneceu ao nível de 95% de probabilidade os seguintes valores:

ERRO PADRÃO DA MÉDIA (S_x) = 1,021

Nº de tratamentos = 18

G.L. para a média quadrada dentro dos tratamentos = 72

Nível de probabilidade = 95%

- Comparador = $W = q_{\alpha}(t, G.L. \text{ ERRO}) \times S_x$

$q_{0,05}(18,72) = 5,138$

$W = 5,138 \times 0,997 = 5,113$

Para o " Teste de TUKEY " nota-se que houve diferença significativa somente entre os tratamentos MMiA e TC, os demais tratamentos não diferiram significativamente.

ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS VALORES DA RESISTÊNCIA AO C^{ISALHA}
M^{ENTO} POR TRAÇÃO (kgf/cm^2) (ENSAIO ÚMIDO) (APRESENTADO NO
QUADRO 9)

TESTE DE F PARA BLOCOS

O valor de F, dado pela Tabela é $F(4, 68, 95\%) = 2,51$

O valor de F (calculado presente no Quadro 9), foi de 0,937
(F calculado $<$ F tabelado) indicando não haver significância
entre os Blocos.

TESTE DE F (Tratamentos)

O valor de F, dado pela Tabela é $F(17, 72, 95\%) = 1,79$

O valor de F (calculado presente no Quadro 9), foi de 4,447
(F calculado $>$ F tabelado) indicando significância ao nível
de 95% de probabilidade e comprovando haver diferenças en
tre os tratamentos.

TESTE DE TUKEY

Notando que existe diferenças significativas entre os tratamen
tos, há necessidade de comparar as médias objetivando si
tuar os melhores tratamentos.

Para comparar as médias dos tratamentos utilizou-se o " Teste
de TUKEY ", que forneceu ao nível de 95% de probabilidade
os seguintes valores:

ERRO PADRÃO DA MÉDIA (S_x) = 0,734

Nº de tratamentos = 18

G.L. para a média quadrada dentro do tratamento = 72

Nível de probabilidade = 95%

Comparador = $W = q_{\alpha}(t, G.L. ERRO) \times S_x$

$$q_{0,05}(18,72) = 5,138$$

$$W = 5,138 \times 0,733 = 3,776$$

Para o "Teste de TUKEY" nota-se que houve diferença significativa somente entre as misturas MBiC com (MMiA, AMA e TC), ABdC com (MMiA, AMA e TA), MMiC com (MMiA, AMA e TA) e MBiB com (MMiA, AMA), as outras misturas não variaram entre si significativamente.

QUADRO 12: VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR
TRAÇÃO (kgf/cm²) (ENSAIO SÊCO)

TRATAMENTOS	B L O C O S				
	I	II	III	IV	V
TA	22,384	22,520	20,804	25,739	23,370
TB	21,998	23,462	24,140	23,376	21,457
TC	21,772	20,839	23,272	20,714	23,354
AMA	25,928	24,977	23,180	27,454	21,908
AMB	23,175	24,382	29,536	21,306	23,308
AMC	26,860	21,985	26,938	22,555	22,073
MMiA	27,361	26,806	27,860	24,864	31,818
MMiB	30,122	27,449	24,781	24,051	22,138
MMiC	22,668	24,156	22,606	24,057	22,916
ABdA	25,063	23,719	27,499	28,251	26,371
ABdB	19,864	23,631	27,024	22,866	25,544
ABdC	26,361	24,057	23,263	23,847	25,358
MBiA	27,492	24,174	26,754	31,041	24,933
MBiB	21,669	26,107	23,036	24,591	25,867
MBiC	23,157	23,900	22,617	28,614	21,319
PMSA	20,856	27,146	25,171	24,069	24,059
PMSB	23,509	25,733	20,880	23,495	26,914
PMSC	23,327	24,909	20,925	22,854	24,662

QUADRO 13: VALORES MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO POR
TRAÇÃO (kgf/cm²) (ENSAIO ÚMIDO)

TRATAMENTOS	B L O C O S				
	I	II	III	IV	V
TA	14,795	15,767	17,604	16,355	16,893
TB	15,725	15,697	13,562	16,851	16,650
TC	14,638	16,693	14,917	17,295	17,711
AMA	17,164	14,172	21,422	16,204	14,866
AMB	15,559	13,312	18,183	15,435	14,677
AMC	12,407	14,892	13,739	14,669	15,152
MMiA	16,537	14,425	14,824	18,933	19,660
MMiB	15,726	17,453	15,719	16,188	13,569
MMiC	12,423	11,744	12,552	11,610	14,185
ABdA	11,034	16,651	15,132	14,845	16,032
ABdB	13,396	12,749	16,035	15,657	10,844
ABdC	13,936	12,274	10,080	12,924	13,231
MBiA	15,575	13,048	11,609	15,783	12,843
MBiB	12,117	12,932	13,354	13,818	11,608
MBiC	11,405	13,680	10,337	13,145	11,750
PMSA	14,373	15,142	13,832	14,661	14,106
PMSB	12,817	16,287	16,467	13,570	15,945
PMSC	13,472	14,356	12,359	14,108	11,017