

Submitted: Feb 16th, 2024

Approved: Mar 22th, 2024

Estudo do inchamento de painel de MDF com resina UF e MUF

Study of wooden panel MDF with UF and MUF resin

estudio de hinchamiento de paneles de MDF con resina UF y MUF

Mariana Giliane Guimarães de Paula

Bacharelado em Engenharia Química pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: mariana47817@unifatecpr.com.br

Alessandra Novais Bassetto Berton

Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Química pela Universidade Federal do Paraná

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: Curitiba, Paraná, Brasil

E-mail: alessandra.berton@unifatecpr.com.br

RESUMO

No presente projeto foi feita a análise comparativa dos adesivos sintéticos de resina UF (ureia-formaldeído) e dos adesivos de resina MUF (ureia formaldeído melamina), afim de comprovar que a resina MUF é mais resistente à umidade, portanto, painéis constituídos a partir dela são mais viáveis para a utilização em todos os tipos de ambiente interno e externo. Estas resinas são utilizadas como adesivos na indústria de painéis de madeira reconstituída para colar os painéis de MDF e MDP, entre outros na indústria de painéis de madeira que são utilizados, como por exemplo, na indústria moveleira. O objetivo foi avaliar e comparar as taxas de inchamento pela umidade em painéis de MDF com resina UF e com resina MUF. Os painéis de resinas MUF obtiveram um inchamento de 50% abaixo do seu valor máximo permitido.

Palavras-chave: UF, MUF, resina, MDF, MDP.

ABSTRACT

In this project, a comparative analysis was made carried out between synthetic UF resin adhesives (urea-formaldehyde) and MUF resin adhesives (urea formaldehyde melamine), in order to prove that MUF resin is more resistant to humidity, therefore, panels made from They are more viable for use in all types of internal and external environments. These resins are used as adhesives in the reconstituted wood panel industry to glue MDF and MDP wood panels, among others in the wood panel industry that are used, for example, in the furniture industry. The objective was evaluate and compare the moisture swelling rates in MDF panels with UF resin and MUF resin. MUF resin panels achieved a swelling of 50% below their maximum allowable value.

Keywords: UF, MUF, resin, MDF, MDP.

RESUMEN

En este proyecto se analizaron adhesivos de resina sintética UF (urea formaldehído) y adhesivos de resina MUF (urea formaldehído melamina) con el fin de demostrar que la resina MUF es más resistente a la humedad, por lo que los paneles fabricados con ella son más viables para su uso en todo tipo de ambientes interiores y exteriores. Estas resinas se utilizan como adhesivos en la industria de tableros de madera reconstituida para unir tableros MDF y MDP, entre otros en la industria de tableros de madera que se utilizan, por ejemplo, en la industria del mueble. El objetivo era evaluar y comparar las tasas de hinchamiento por humedad en paneles de MDF con resina UF y con resina MUF. Los paneles con resina MUF alcanzaron un hinchamiento del 50% por debajo de su valor máximo admisible.

Palabras clave: UF, MUF, resina, MDF, MDP.

1 INTRODUÇÃO

Os adesivos sintéticos UF (ureia-formaldeído) é o principal adesivo utilizado na colagem de painéis de madeira, tem um custo mais baixo, porém apresenta baixa resistência à umidade, o que faz com que sejam adequados somente para locais internos e livres de umidade. Já os adesivos MUF (ureia -formaldeído -melamina), é basicamente a resina UF, mas é adicionado um percentual de melamina na fórmula o que faz com que se obtenha uma maior resistência a umidade, o que permite o uso desses painéis em locais úmidos e ambientes externos (FREIRE, 2019).

Afim de solucionar esta problemática de danos sofridos pelos painéis com o inchamento devido a umidade, a substituição dos adesivos de resina UF por de resina MUF pode ser a solução.

Uma das formas de medir a capacidade de resistência a umidade de um painel de madeira reconstituída é feita pelo teste de inchamento de painéis, e os resultados obtidos são comparados com a norma vigente estabelecida para este tipo de teste, serão avaliadas as taxas de inchamento em painéis de madeira com resina UF e com resina MUF, verificando se a melamina realmente oferece resistência a umidade, no presente trabalho observaremos especificamente esse fenômeno nos painéis de MDF por serem os mais vendidos no Brasil e no mundo.

Observou se que a melamina ofereça resistência à umidade e, que os painéis com resina MUF apresentem uma menor taxa de inchamento em relação as resinas UF, o que

confirmará essa teoria.

1.1 OBJETIVO GERAL

Verificar se a resina MUF realmente oferece maior resistência à umidade em comparação com a resina UF.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar o teste de inchamento 24 horas e analisar a taxa de inchamento em painéis de MDF, com adesivos de resinas UF e MUF, comparando os resultados obtidos com os parâmetros estabelecidos pelas normas vigentes para este tipo de teste.

1.3 JUSTIFICATIVA

Por ser graduanda em engenharia química e estagiar no departamento de P&D em uma indústria resineira que desenvolve resinas UF e MUF, senti a necessidade de publicar um documento acadêmico que seja acessível a todos, e que demonstrasse de forma contundente a resistência a umidade pelos painéis MDF com resinas MUF através do teste de inchamento 24 horas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 A INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA PROCESSADA

O Brasil ocupa atualmente a posição de 8º no ranking dos maiores produtores de painéis de madeira reconstituída do mundo, sendo a China o maior produtor. De acordo com o Relatório Iba 2023, as vendas no mercado interno brasileiro de painéis de madeira em 2022 foram de 7,0 milhões de metros cúbicos, os painéis de MDF são responsáveis por 4,2 milhões de metros cúbicos correspondendo 61% das vendas. Foi na década de 1990 que a madeira reconstituída teve a sua incrementação no mercado brasileiro passando a ser consumida em larga escala. A aplicação desse produto tem como sua principal vantagem a substituição da escassa e cara madeira maciça em diferentes usos

como por exemplo, rodapés, portas, janelas e móveis em geral (BIAZUS; HORA; LEITE, 2009).

A indústria de painéis de madeira processada desenvolveu diferentes tecnologias com madeiras em lâminas ou em diferentes estágios de desagregação que, aglutinadas pela ação de pressão, de temperatura obtendo os mais variados tipos de painéis, como por exemplo: compensado, aglomerado, MDF (*Medium Density Fiberboard*), entre outros. Em todos esses tipos de painéis estão envolvidos dois substratos principais: madeira e adesivo (LESSMANN, 2008).

No entanto, a madeira é um material higroscópico, ela absorve ou emite umidade na forma líquida ou de vapor quando em contato com o ar até atingir um equilíbrio de umidade, essa perda ou ganho de umidade tem grande importância para o uso adequado de cada tipo de painel, pois, além de serem indesejáveis as deformações decorrentes das reações de contato com a umidade, também tem relação direta com as demais propriedades do painel, podendo afetar significativamente a resistência mecânica e dimensional (LOURIVAL *et al.*, 2014)

2.2 O PAINEL MDF

A madeira em toras é descascada e triturada na forma de lascas de 5 a 10 cm de largura e comprimento por 2 a 5 cm de espessura. Essa madeira é lavada e cozida com vapor, as lascas entram em um equipamento chamado “desfibrador”, este por meio de dois discos paralelos em alta rotação, aplica um esforço de cisalhamento. A madeira é reduzida a fibras de 0,1 a 2 cm de comprimento e espessura de dezenas de micra, nessas condições já podem receber o adesivo, o qual mais utilizado é a resina ureia -formaldeído, (LESSMANN, 2008).

Como no presente trabalho falaremos sobre a ação das resinas MUF e UF especificamente nos painéis de MDF, conforme explicado anteriormente no item 1, por serem os painéis de madeira reconstituída mais vendidos no Brasil e no mundo, vou citar os principais fatores que afetam as características dos painéis de MDF, (ELEOTERIO, 2002).

As matérias-primas o processo e os produtos incorporados aos painéis MDF ao longo de seu processo produtivo afetam as suas características finais, sejam: físicas, mecânicas e ambientais, os fatores atuam de forma isolada, mas também agem entre si,

com fatores influenciando um no comportamento do outro, (ELEOTERIO, 2002).

2.3 A INFLUÊNCIA DA DENSIDADE

As propriedades do painel são fortemente afetadas pelo fator densidade, um método fácil para melhorar as propriedades dos painéis é a densificação, que em alguns casos um volume adicional de resina não é necessário tendo em vista o seu uso mais eficiente desta, como resultado do incremento da densidade do painel, que é influenciado pelo teor de umidade e resina no colchão de fibras, assim também como pela pressão aplicada. Ocorre um maior contato entre as fibras com o aumento da densidade, significando menor perda de resina entre espaços vazios, quanto maior a compactação, maior o contato entre as partículas de madeira e as partículas de adesivo. Muitas propriedades mecânicas são positivamente afetadas com o aumento da densidade do painel, como por exemplo, o módulo de elasticidade de ruptura e de flexão estática, em painéis de maior espessura a densidade é mais importante do que nos de menor espessura. Os painéis com maior densidade nas faces têm alta resistência a flexão, melhor superfície a laminação, absorção e inchamento, e maior resistência a ignição e propagação de chamas, (ELEOTERIO, 2002). na figura-1 veremos a ilustração do painel de MDF.

Figura 1. Painel MDF



Fonte: Lessmann, 2008.

Termorrígidos, que por definição são: por aquecimento ou outra forma de tratamento, tornam-se infusíveis, pois, assumem estrutura reticulada com ligações cruzadas (MANO, 1999). Termofixos são inicialmente líquidos e, durante a formação das ligações cruzadas, passam pelo ponto de gel, região onde o líquido se torna extremamente viscoso e gradativamente endurece, até tornar-se um sólido rígido (NUNES, *et al.* 2014).

As resinas MUF (melamina-ureia-formaldeído) e UF (ureia - formaldeído) que são amplamente utilizadas como adesivos nas indústrias de madeira reconstituída são do

grupo dos termorrígidos.

2.4 RESINAS UF (RESINA UREIA-FORMALDEÍDO)

Inúmeros adesivos estão disponíveis no mercado de compósitos de madeira. As resinas UF são os adesivos mais utilizados, cerca de 90 % das chapas de madeira reconstituída devido a sua versatilidade e baixo custo em relação as outras resinas praticadas no mercado como as MUF e as MF(Melamina-Formaldeído). No entanto, moveis e demais estruturas confeccionadas a partir das resinas ureia-formaldeído devem ser restritas a ambientes internos e livres de umidade (CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA E TECNOLOGIA.2017).

A resina ureia-formol (UF), é o adesivo mais utilizado na fabricação de painéis de madeira aglomerada e MDF. Seu amplo emprego deve-se a: ter a água como veículo, em comparação com outras resinas tem alta velocidade de cura e pouco desenvolvimento de cor, resistência a chama pela presença de nitrogênio (LESSMANN, 2008).

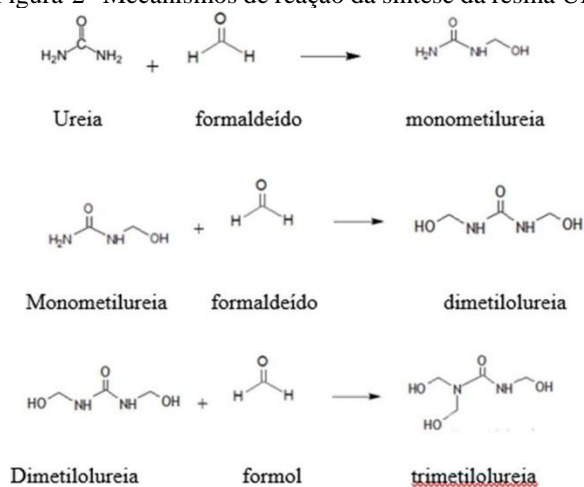
2.5 SÍNTESE DE RESINAS UREIA-FORMOL: DESCRIÇÃO DE PROCESSO

O processo de resinificação da ureia-formaldeído ocorre em duas etapas principais, adição ou metilolação e condensação. Na primeira fase uma porção inicial de ureia é adicionada na primeira etapa, e sofre hidroximetilação alcalina (pH 8,0 a 9,0) pelo formol e temperatura entre 80 a 90°C, a metilolação da ureia é uma reação controlada de modo que 1 mol de ureia se combina com 2 moles de formaldeído produzindo predominantemente dimetilol ureia; a polimerização ocorre na segunda etapa em meio ácido (pH 4,0 a 7,0), e temperatura entre 80 a 90°C. A adição de segunda porção de ureia, é realizada na terceira etapa da síntese, o pH é novamente ajustado para levemente alcalino (pH 8,0 a 9,0) e temperatura entre 40 a 70°C e acrescenta-se uma segunda porção de ureia, que reage com o formol livre produzindo mais hidroximetiluréias. Esta etapa reduz a emissão de formol a partir dos painéis e confere melhor estabilidade de armazenamento às resinas, está técnica foi introduzida a partir da década de 70. A relação molar formol/ureia final varia tipicamente entre 1,00 e 1,80 (LESSMANN, 2008).

A forma final da resina amino produzida depende de fatores como temperatura de reação, controle de pH, proporção de reagentes e grau de polimerização. (ALMEIDA,

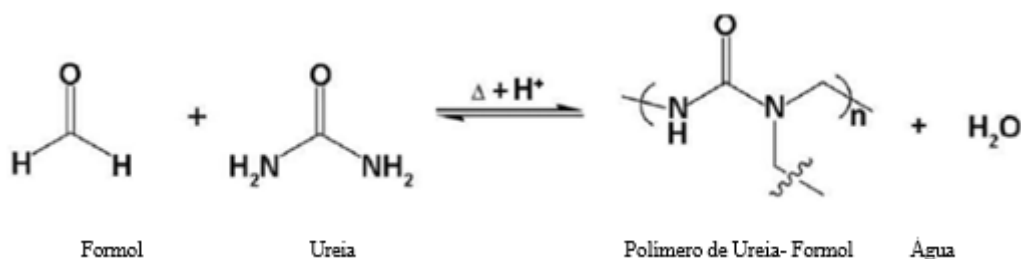
2016). Existem diferentes espécies químicas na resina UF: formol livre, hidroximetiluréias monoméricas formadas pela adição da segunda ureia que reagem com o formol livre, hidroximetiluréias oligoméricas devido não terem reagido totalmente na condensação ácida, moléculas de polímero (no sentido mais preciso do termo), são moléculas de massa molecular maior (LESSMANN, 2008), A seguir a Figura-2 mostra os mecanismos de reação da síntese da resina UF primeira e terceira etapa, na Figura-3 mostra -se de forma sintetizada a reação de polimerização ureia-formaldeído, e o polímero em si no sentido da palavra.

Figura-2 Mecanismos de reação da síntese da resina UF.



Fonte: Adaptado Lessmann, 2008.

Figura- 3 A reação da uréia com formaldeído para formar o polímero uréia-formaldeído



Fonte: Adaptado de Frihart *et al.*, 2013.

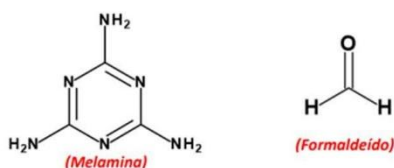
2.6 RESINA MUF (MELAMINA-UREIA-FORMALDEÍDO)

As resinas MF (Melamina-Formaldeído) têm maior resistência a hidrólise do que as UF, no entanto, seu custo é elevado. Para baixar o custo e ainda conseguir aumentar a retenção de formaldeído gerando ligações mais estáveis fazendo com que haja menor emissão deste pelos painéis, passou-se a adicionar ureia nas resinas MF, formando as

resinas MUF (ALMEIDA, 2016).

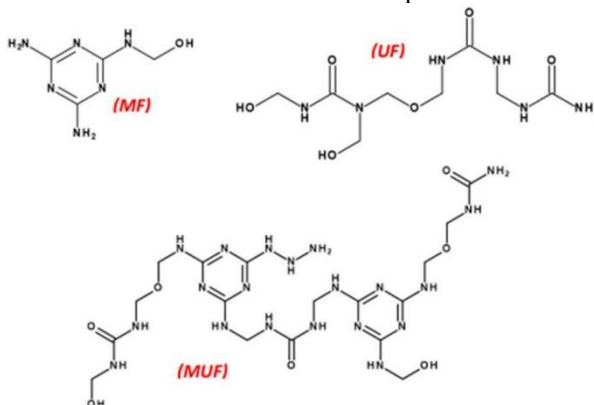
As resinas melamínicas também chamadas de resina amino, pertencentes a classe dos termorrígidos, sua rigidez não se altera a temperaturas relativamente elevadas. Elas são caracterizadas por apresentarem baixa solubilidade em água, isso se deve por serem compostas por moléculas quelantes cuja a estrutura é formada por grupos nitrogenados. Essas resinas podem ser encontradas facilmente uma vez que são produzidas e comercializadas industrialmente. O produto é extremamente versátil com possibilidade de aplicação na fabricação de vários tipos de materiais como: plásticos, adesivos, colas, resinas, e produtos antichamas. Sendo utilizada principalmente na indústria madeireira na fabricação de contraplacados, laminados, compósitos de madeira de moldagem. A seguir veremos as estruturas químicas da melamina e do formaldeído na Figura 4, e das três principais resinas utilizadas pelas indústrias madeireiras, resinas MF, UF e MUF na Figura 5, (FREIRE, 2019).

Figura-4 Fórmula estrutural dos produtos melamina e formaldeído.



Fonte: Freire, 2019.

Figura-5 Fórmulas estruturais das três resinas mais utilizadas pela indústria madeireira, UF, MF e MUF.



Fonte: Freire, 2019.

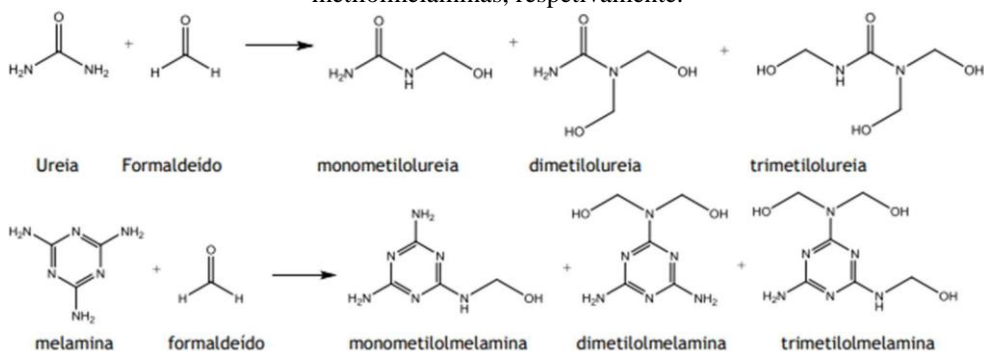
2.7 SÍNTESE DE RESINA MELAMINA-UREIA-FORMOL: DESCRIÇÃO DE PROCESSO

Existem diferentes métodos descritos na literatura para a síntese da MUF: através da mistura das resinas MUF e UF já sintetizadas; pode ser feita a condensação dos monômeros da melamina-ureia-formaldeído numa reação com várias etapas de síntese; pode se polimerizar a resina UF e adicionar a melamina. No primeiro método a dificuldade encontrada é a homogeneização da mistura, no terceiro método são duas fases em que se polimeriza a resina UF deixando a menos viscosa e por fim adiciona se em uma única fase a melamina reagindo-a em condições neutras. Sendo o segundo método o mais utilizado para a síntese deste tipo de resina, dividindo-se em três fases vamos descreve lo.: (ALMEIDA 2016).

Primeira etapa, adição de formaldeído e melamina a um pH alcalino entre 9,0-10,0 e temperatura entre 40 e 50 °C. Nesse processo os azotos do grupo amino da melamina fazem um ataque nucleofilico ao carbono do formaldeído formando grupos metilol. A metilolação ocorre nos 3 grupos da melamina podendo ser parcial ou completa, essa mistura contém entre 2 a 6 grupos metilol. (Figura 6), (ALMEIDA 2016).

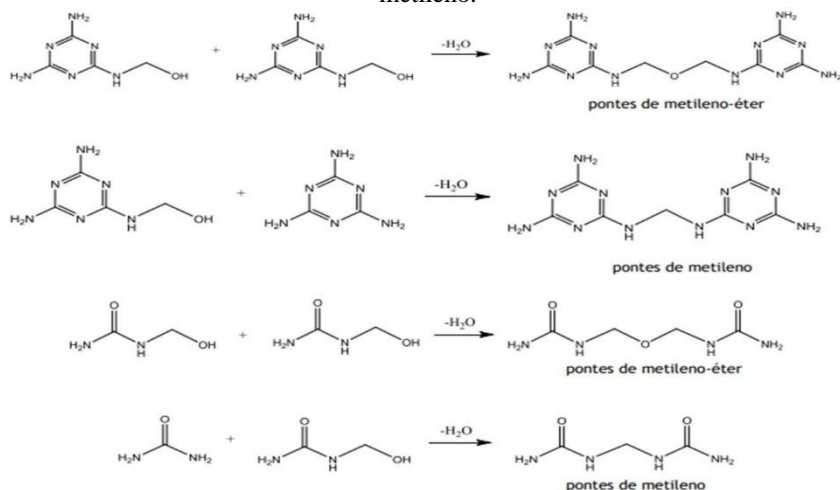
Na segunda etapa ocorre metilolação da ureia e condensação, nessa fase a ureia é adicionada por etapas não excedendo temperatura entre 75 e os 85 °C. Durante a reação ureia formaldeído, ocorre a metilolação que é o resultado da substituição dos hidrogénios do grupo amina da ureia por grupos metilol, formando monometilolureia, dimetilolureia e trimetilolureia. O polímero da resina MUF começa a se formar após a metilolação da ureia. As metileno-éter (quando ocorre reação entre dois grupos metilol), são originadas quando aminas livres, ureia e melamina metioladas reagem, e pontes de metileno (quando ocorre reação entre um grupo metilol e um grupo amina), pH's elevados favorecem as pontes de éter, enquanto que a pH baixos as pontes metileno são predominantes. Resultando moléculas lineares e parcialmente ramificadas tendo massas moleculares médias a elevadas, (Figura 7), (ALMEIDA 2016). Na terceira etapa é adicionada a ureia final, dessa forma todos os grupos metilol e o formaldeído livre possam reagir e terminar a reação de condensação ajustando se o pH da resina entre 9,0 e 10,0. Na figura (Figura 8), mostra-se de forma sintetizada a reação de polimerização da Melamina-ureia-formaldeído, e o polímero em si no sentido da palavra, (ALMEIDA 2016).

Figura 6 – Reação de metilolação da ureia e da melamina com o formaldeído originando metilolureias e metilolmelaminas, respetivamente.



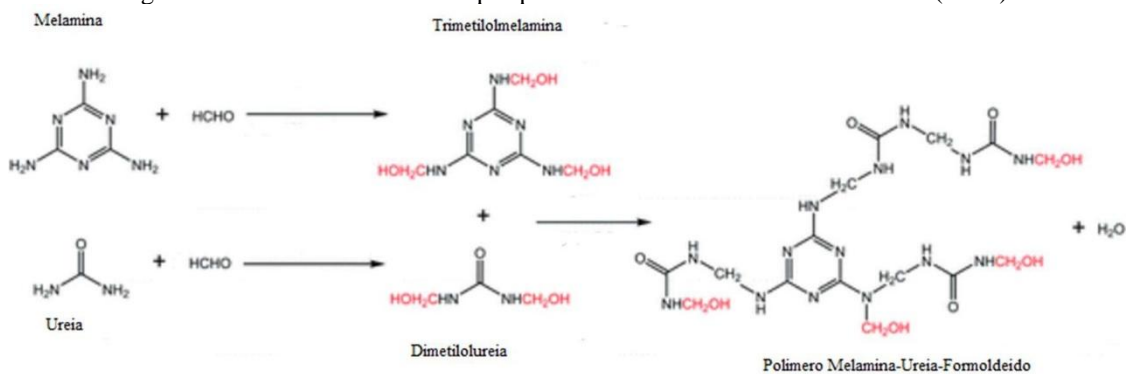
Fonte: Almeida, 2016.

Figura 7 – Condensação das metilolureias e metilolmelaminas para formar pontes metileno e de éter-metileno.



Fonte: Almeida 2016.

Figura 8 – Processo de síntese do pré-polímero melamina-uréia-formaldeído (MUF).



Fonte: Adaptado College Of Forestry; Key Laboratory Of Wood Industry And Furniture Engineering, 2021.

3 PARTE EXPERIMENTAL

Os testes de inchamento foram realizados segundo a norma ABNT NBR 15316-2:2019, que normatiza a Determinação do inchamento por 24 horas:

3.1 APARELHAGEM NECESSÁRIA E UTILIZADA

- ✓ Micrometro para medir espessura de 0,01 mm;
- ✓ Banho maria com água deionizada mantido a temperatura de $(20\pm 1,0)$ °C;
- ✓ Termostato com resolução mínima de 1,0°C;
- ✓ Dispositivo para manter os corpos de prova submersos no recipiente.

3.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Obteve-se dez corpos de prova para o painel comercial do tipo MDF 15 mm (painel não estrutural uso em condições secas), de resina UF medindo (50x50) mm, procedeu-se da mesma forma para os corpos de prova do painel MDF-H (painel não estrutural de uso em condições úmidas), de resina MUF, e foram aferidas as medidas iniciais de espessura com o auxílio de um paquímetro como mostra as tabelas 1e 2. Em seguida os corpos de prova foram submergidos no banho maria que foi previamente ambientado a 20°C em aparato apropriado para que ficassem submersos com o nível de água a 25 mm acima da superfície superior dos corpos de prova.

Após 24 horas de imersão os corpos de prova foram retirados do banho maria que se manteve em temperatura constante a 20°C durante todo o processo, com o auxílio de um papel absorvente foi removido o excesso de água. Posteriormente a espessura dos corpos de prova foram novamente medidos com o auxílio do paquímetro utilizado no início do teste.

4 RESULTADOS E DISCUSSOES

Para verificação de uma menor taxa de inchamento de painel de resina MUF em relação a ao painel de resina UF, comprovando assim a maior resistência à umidade da parte das resinas MUF foram feitos cálculos de inchamento de espessura.

Para o cálculo de inchamento de espessura do corpo de prova, utilizou se a seguinte equação:

$$I = \frac{E_f - E_i}{E_i} \times 100$$

Onde:

I= é o inchamento em espessura do corpo de prova, expresso em porcentagem (%)

Ef= é a espessura do corpo de prova após o período de imersão considerado, expressa em milímetros (mm);

Ei= é a espessura do corpo de prova antes da imersão, expressa em milímetros (mm).

Com o teste do inchamento 24 horas obtiveram-se os seguintes resultados nos painéis UF e MUF, conforme se pode ver a seguir na tabela nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1: Inchamento 24 horas resina UF.

RESINA UF 15 mm										
Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espessura inicial (mm)	15,48	15,35	15,39	15,4	15,4	15,28	15,40	15,40	15,41	15,33
Espessura final (mm)	16,47	16,53	16,41	16,44	16,24	16,31	16,37	16,51	16,42	16,28
Inchamento (%)	7	7	7	7	5	7	6	7	7	6
Inchamento (media %)					7					

Fonte: O Autor, 2024.

Tabela 2: Inchamento 24 horas resina MUF.

RESINA MUF 19 mm										
Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espessura inicial (mm)	19,11	19,17	19,11	19,10	19,10	19,15	19,19	19,17	19,15	19,09
Espessura final (mm)	19,84	19,86	19,84	19,84	19,86	19,86	19,82	19,82	19,82	19,87
Inchamento (%)	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4
Inchamento (media %)					4					

Fonte: O Autor, 2024.

Segundo a norma ABNT NBR 15316-2:2019, os painéis testados são de média densidade, pois, compreendem uma espessura que está entre, (>12 a 19mm), para estes painéis a norma diz que: painéis MDF não estruturais com uso em condições secas, a taxa de inchamento máxima é de 12% e para painéis MDF.H não estruturais com uso em condições úmidas, a taxa máxima de inchamento é de 8%.

5 CONCLUSÕES

A molécula de melamina formol, devido a sua estrutura química e configuração tridimensional, é mais estável ao processo de hidrólise, conforme observado nos resultados, nas tabelas 1 e 2 onde os dois painéis não só atenderam a norma como também ficaram abaixo de suas faixas de inchamento máximas.

Os painéis para uso em ambientes úmidos (como é o caso do painel com resina MUF), tem uma porcentagem máxima de inchamento 4% abaixo do que os painéis para uso em ambientes secos (como é o caso das resinas UF).

Dessa forma podemos concluir que os painéis de resina MUF obtiveram um excelente desempenho, pois, tiveram um inchamento de 50% a baixo do seu valor máximo permitido, demonstrando que a resina MUF é mais resistente a umidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ana Isabel Gomes de. **Desenvolvimento de resinas melamina-ureia-formaldeído flexíveis para a produção de painéis de aglomerado de cortiça**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2016. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/88649/2/149021.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2024.

BIAZUS, André; HORA, André Barros da; LEITE, Bruno Gomes Pereira. **Panorama de mercado: painéis de madeira**. Rio de Janeiro: BNDES, 2009. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/1765/2/BS%2032%20Panorama%20de%20mercado%20pain%C3%A9is%20de%20madeira_P.pdf. Acesso em: 16 set. 2024.

COLLEGE OF FORESTRY; KEY LABORATORY OF WOOD INDUSTRY AND FURNITURE ENGINEERING. Improved performance of soy protein adhesive with melamine–urea–formaldehyde prepolymer. *RSC Advances*, Londres, v. 11, p. 24199–24207, 2021. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2021/ra/d1ra00850a#fn1>. Acesso em: 27 nov. 2024.

ELEOTERIO, Jackson Roberto. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis MDF de diferentes densidades e teores de resina**. 2002. 141 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11149/tde-18102002-164850/publico/jackson.pdf>. Acesso em: 16 set. 2024.

FREIRE, Emerson dos Santos. **Síntese e caracterização de resina à base de melamina, tioureia e formaldeído para remediação de mercúrio em amostras ambientais**. 2019. 30 á 32 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019.

FRIHART, Charles R.; WESCOTT, James M.; CHAFFEE, Timothy L.; GONNER, Kyle M. Formaldehyde emissions from urea-formaldehyde– and no-added formaldehyde–bonded particleboard as influenced by temperature and relative humidity. Disponível em: <file:///C:/Users/Matheus/Downloads/Frihart2013FormaldehydeEmissionsFPJ.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2024.

LESSMANN, Valter Ernesto. **O desenvolvimento sustentável no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Paraná (2008).

MANO, Eloisa B. **Introdução a polímeros**. Disponível em: Minha Biblioteca, (2nd edição). Editora Blucher, 1999

MENDES, Lourival Marin; MENDES, Rafael Farinassi; PROTÁSIO, Thiago de Paula; OLIVEIRA, Stefânia Lima; MESQUITA, Ricardo Gabriel de Almeida. Umidade de equilíbrio de painéis OSB produzidos com inclusão laminar e com diferentes tipos de adesivos. *Cerne*, Lavras, v. 29, e-103063, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cerne/a/WnXKYBL3zNB4gndbn7c8YvC/?lang=pt#>. Acesso em:

08 ago. 2024.

NUNES, Edilene de Cássia, D. e Fábio Renato Silva Lopes. **Polímeros - Conceitos, Estrutura Molecular, Classificação e Propriedades.** Disponível em: Minha Biblioteca, SRV Editora LTDA, 2014.

SOUSA, Lívia Dal Sasso de *et al.* **Adesivos ureia-formaldeído e sua aplicação na produção de painéis de madeira.** (Congresso Brasileiro de Tecnologia da Madeira Florianópolis 2017) -Universidade Federal de Viçosa, [2017].