

DESENVOLVIMENTO DE RESINA À BASE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) RESIDUAL*

Gabriela Olsson Schneider¹

Paula Vieira Schwade²

Cristiane Krause Santin³

Tatiana Louise Avila de Campos Rocha⁴

Resumo

O acúmulo de poliestireno expandido (EPS) em sua forma pós-consumo é atualmente um motivo de preocupação em termos de impacto ambiental. Desenvolve-se, portanto, diferentes formulações de uma resina veículo para tinta que aproveitam este material como matéria-prima, através da dissolução do mesmo em solventes de origem natural extraídos da casca de laranja, quais sejam o próprio óleo essencial e seu componente majoritário D-limoneno, e em C9 aromático, junto aos copolímeros termoplásticos ESBR, SIS, SBS e SEBS e óleo de soja epoxidado (ESBO) como plastificantes. Obtém-se, em diferentes formulações, um desempenho favorável à futura adição de pigmento e demais aditivos, em termos de compatibilidade, elasticidade e aderência avaliados conforme normatização nacional e internacional. Observa-se especial sucesso com o uso do copolímero SEBS e do ESBO como plastificantes, concomitantemente à eficiência semelhante dos três solventes utilizados, o que permite a substituição do C9 aromático por componentes de origem natural e residual.

Palavras-chave: Poliestireno expandido; D-limoneno; Polímeros; Tinta.

DEVELOPMENT OF RESIN BASED ON RESIDUAL EXPANDED POLYSTYRENE (EPS)

Abstract

The accumulation of expanded polystyrene (EPS) postconsumer is currently a reason for preoccupation in terms of environmental impact. Thereby, varied formulations of a vehicle resin for paint are developed and utilize this as a raw material, through its dissolution in natural solvents extracted of orange peels, namely the very essential oil and its main component D-limonene, and in C9 aromatic, along with thermoplastic copolymers ESBR, SIS, SBS and SEBS and epoxidized soybean oil (ESBO) as plasticizer. In different formulations, it is obtained a favorable performance for future addition of pigments and other additives, in terms of compatibility, elasticity and adhesion evaluated according national and international standardization. Special success was observed with the use of copolymer SEBS and ESBO as plasticizers, simultaneously to the similar efficiency of the three solvents that were used, which allows the substitution of C9 aromatic with components with natural and residual origins.

Keywords: Expanded polystyrene; D-limonene; Polymers; Paint.

¹ Engenharia Química, estudante de graduação, Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

² Engenharia Química, estudante de graduação, Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

³ Química, Dra. em Ciência dos Materiais, professora, Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

⁴ Química Industrial, Dra. em Ciência dos Materiais, professora, Escola Politécnica, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos é um assunto bastante polêmico no Brasil, visto que se mostra deficitária e pouco efetiva principalmente quando relacionada a destinação final dos materiais. Só no ano de 2013, a geração de resíduos sólidos urbanos ultrapassou o valor de 76 milhões de toneladas, acréscimo de 4,1% em relação ao ano anterior [1], concomitantemente ao fato de que apenas 58,3% desse descarte é encaminhado a vias corretas, sendo o restante depositado em aterros sanitários ou omitido ao meio ambiente. Esta eliminação incorreta provoca não só agressões ambientais, como também risco a saúde pública, trazendo diversas patologias, mau cheiro e detrimento visual [2]. O poliestireno expandido, popularmente conhecido pela marca Isopor[®], é um material que representa esse tipo de problema, em decorrência de sua ampla aplicabilidade em diversas áreas do comércio. Seu baixo peso facilita o transporte e armazenamento de objetos, e devido a sua resistência mecânica e à compressão [3] auxilia na proteção de equipamentos em geral. Na área da construção civil, o Isopor[®] pode ser utilizado na estrutura de prédios, uma vez que atua como isolante térmico e sonoro [4]. Devido a sua baixa densidade e expansivo volume, este material diminui o espaço físico de aterros sanitários e impede a penetração de água no solo em virtude de sua propriedade impermeabilizante [5].

Uma pesquisa feita no Brasil (2012) indica que apenas 34,5% [6] de EPS foram reciclados durante o ano, liberando 25.770 toneladas ao ambiente natural [7]. Dentre a porcentagem reciclada, podemos destacar a geração de energia e a fabricação de concreto leve como métodos de reutilização do EPS [8]. Todavia, a necessidade por métodos ainda mais viáveis e eficazes se faz presente. Deste modo, a pesquisa propõe um novo destino ao resíduo em estudo através da elaboração de um produto com alto índice de comercialização, qual seja uma tinta para construção civil, e faz-se uma análise sobre diferentes formulações de resina veículo em que posteriormente se efetua a dispersão de pigmento e de aditivos específicos. Tintas são produtos multifuncionais que aumentam o tempo de vida de uma superfície e contribuem para a redução de custos com manutenção da mesma, bem como para melhorar as condições de higiene e sanidade, tendo em vista a redução da proliferação de micro-organismos e da adesão de sujeira em superfícies porosas e rugosas.

Tem-se como objetivo não só desenvolver o veículo para uma tinta de alta qualidade, concorrente às tintas já existentes no mercado, como também criar um produto de caráter sustentável em conjunto com a viabilidade econômica. Incentiva-se, assim, a população a consumir produtos que utilizem a logística inversa, isto é, relacionada ao destino de materiais já descartados, contribuindo para a preservação do meio ambiente.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Elaboração de Resina

As formulações de resina foram desenvolvidas utilizando EPS residual. Fez-se, portanto, a remoção completa de porções do material com grande quantidade de contaminantes seguida da retirada de traços finos de impureza utilizando um pincel macio. O EPS foi fragmentado manualmente para facilitar a dissolução posterior. Como solventes, foram utilizados o C9 aromático, o óleo essencial da casca de

laranja e seu componente majoritário, o D-limoneno. O uso de diferentes solventes nas formulações tem como objetivo avaliar o desempenho de alternativas ao solvente aromático, mais comum na indústria, quais sejam o D-limoneno ou o óleo essencial de casca de laranja, também de origem residual e extraído da matéria orgânica através de um processo de menor complexidade, sem exigir destilação e, portanto, reduzindo o custo de obtenção deste componente. Com a finalidade de contrapor a rigidez inerente ao EPS, utiliza-se como plastificantes poliméricos os copolímeros termoplásticos ESBR, SIS, SBS e SEBS, bem como o óleo de soja epoxidado (ESBO). A escolha destes copolímeros se dá devido a compatibilidade do mesmo com o poliestireno expandido, uma vez que ESBR possui blocos randomizados de estireno ao longo de sua estrutura e os demais possuem blocos bem definidos de estireno nas extremidades das cadeias poliméricas.

O procedimento de formulação é bastante simples, e consiste na dissolução gradativa de fragmentos de EPS no solvente, seguida da adição do plastificante polimérico. Mantém-se a resina em regime de agitação esporádica ao longo de uma semana, permitindo assim que sejam eliminados interferentes provenientes do gás expensor do EPS.

2.2 Preparação dos Corpos de Prova e Aplicação do Filme

A superfície dos corpos de prova foi preparada de acordo com a norma técnica brasileira [9] que determina que toda superfície a ser pintada deve estar limpa, seca e lixada, isenta de partículas soltas, livre de impurezas como gordura e ferrugem, bem como restos de pintura antiga e pó. Na execução do lixamento deve-se utilizar sucessivamente lixas de gramatura 220, 400 e 600 para nivelar a superfície. Durante as aplicações, utiliza-se uma lixa média (gramatura 400) para auxiliar na abertura dos poros do material, facilitando a aderência da sequente aplicação.

Segue-se um padrão no revestimento de superfícies de forma a evitar erros e diferenças entre os resultados. Para aplicações feitas com pincel, apenas 2/3 do comprimento dos pelos é mergulhado na resina/tinta e posteriormente levados à superfície dos corpos de prova, com uma pequena inclinação do pincel para favorecer o deslizamento. O espalhamento é uniforme, nivelando e alisando as camadas por meio de longas pinceladas cruzadas sobre as iniciais.

2.3 Teste de Elasticidade (Cold Check)

Este teste visa verificar a resistência do filme quando submetido a sucessivos estiramentos e contrações devido a bruscas mudanças de temperatura, simulando situações naturais extremas. O *Cold Check* é bastante utilizado na indústria e fundamenta-se na execução de ciclos de três horas, repetidos dez vezes. Na primeira hora do ciclo, submete-se os corpos de prova a uma estufa na temperatura de 49°C. Em seguida, são transferidos para um refrigerador a -15°C, onde permanecem por mais uma hora. Por fim, os substratos permanecem em repouso em temperatura ambiente. A cada hora, os corpos de prova são inclinados a um ângulo de 45° e em local iluminado, realiza-se a análise quanto ao aspecto físico das películas [10].

2.4 Teste de Adesão ao Substrato

A adesão é um critério de grande importância para um revestimento, visto que a sua falta pode provocar a formação de bolhas de ar e de umidade, deteriorando a película. O teste refere-se a execução de cortes em grades, formando 25 quadrados (2mmx2mm), sobre o filme e na posterior adição de fita com adesividade de 25g/cm³ durante um minuto. Em seguida, retira-se a fita e analisa-se a fração do filme representada pela área destacada da película, obtendo resultados percentuais [11].

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Formulação e Aplicação de Resinas no Substrato

Ao todo, foram desenvolvidas dezesseis formulações de resina, onde foram combinados ao EPS teores variados de plastificantes, quais sejam as borrachas termoplásticas ESBR, SBS, SIS e SEBS, e o óleo de soja epoxidado (ESBO). Como solventes, foram utilizados o solvente C9 aromático, o solvente natural D-limoneno e o óleo essencial da casca de laranja (Tabela 1).

Tabela 1. Formulações de resina conforme variação de plastificantes e solvente

FORMULAÇÃO	SOLVENTE	PLASTIFICANTE
F1	C9 aromático	ESBR (5%)
F2	D-limoneno	ESBR (4,5%)
F3	D-limoneno	ESBR (3%)
F4	D-limoneno	SIS (5%)
F5	D-limoneno	SBS (5%)
F6	D-limoneno	SEBS (5%)
F7	C9 aromático	SBS (5%)
F8	C9 aromático	SIS (5%)
F9	D-limoneno	SEBS (6%)
F10	D-limoneno	SBS (5%)
F11	D-limoneno	SIS (5%)
F12	D-limoneno	SIS (4%)
F13	D-limoneno	SBS (4%)
F14	D-limoneno	SEBS (4%)
F15	Óleo essencial da casca de laranja	SEBS (5%)
F16	D-limoneno	ESBO (5%)

As avaliações foram realizadas sobre o filme de resina formado na superfície dos substratos de madeira, tanto MDF quanto Pau-marfim, PM (Tabela 2).

Tabela 2. Relação MDF/PM para cada formulação

FORMULAÇÃO	MDF	PM
F1	X	-
F2	X	-
F3	X	-
F4	X	X
F5	X	X
F6	X	X
F7	X	-
F8	X	-
F9	-	X
F10	-	X
F11	-	X
F12	-	X
F13	-	X
F14	-	X
F15	-	X
F16	-	X

3.2 Compatibilidade e Elasticidade

A resina F1 mostrou-se bastante esponjosa e opaca. Ambas as características tornam-se mais evidentes após a realização do teste de elasticidade. Este resultado é atribuído à supersaturação de plastificante na formulação, de modo que foi elaborada a formulação F2, desta vez com 4,5% de ESBR. Esta característica não foi suficientemente reduzida, o que motivou uma reformulação com somente 3% da borracha na elaboração de F3. O aspecto do filme desta última é significativamente mais homogêneo em relação às anteriores, mas o teor mais elevado de poliestireno torna o filme rígido e quebradiço. Portanto, observa-se que a baixa compatibilidade deste plastificante com os demais componentes diminui sua eficiência em tornar a resina resistente à dilatação e à contração exigidas por variações térmicas a que o filme aplicado à madeira pode ficar suscetível.

Para melhor compreender os fenômenos observados, foi realizada análise com Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV). O aspecto do filme das resinas F1 e F3, em diferentes condições, é apresentado nas imagens a seguir. Observa-se separação de fases na resina F1 (Figura 1) como consequência da solubilidade parcial do plastificante no solvente, que impede a dispersão homogênea da borracha em toda a extensão do filme, o que justifica o aspecto esponjoso evidente na superfície. Considera-se que o aspecto do filme de F3 antes de ser submetido a variações térmicas não representa más condições na aplicação (Figura 2). Comparando-se as figuras 2 e 3, percebe-se que o teor reduzido deste plastificante não confere boa elasticidade ao filme, visto que, durante o Cold Check, não sofreu deformação suficientemente elástica para impedir que se formassem rachaduras. Ao mesmo tempo, comparam-se as figuras 2 e 4 e percebe-se que o substrato não contribui significativamente para a maior ou menor formação das rachaduras, logo se atribui esse fenômeno estritamente às interações intrarresinosas.

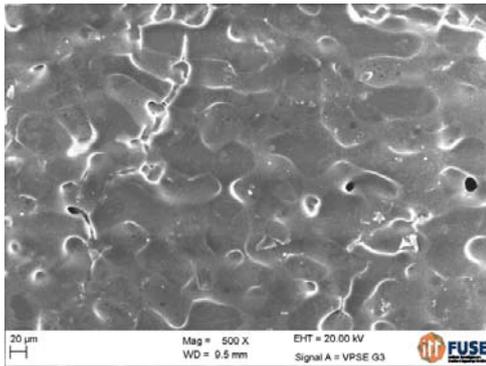


Figura 1. F1 em MDF sem Cold Check

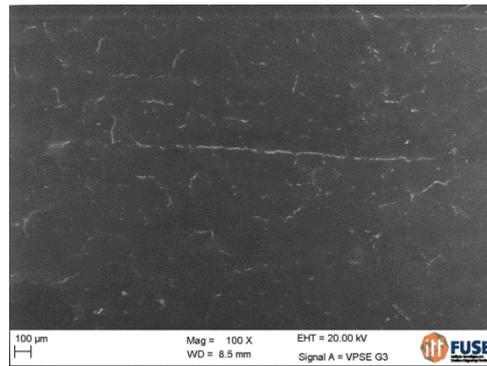


Figura 2. F3 em MDF sem Cold Check

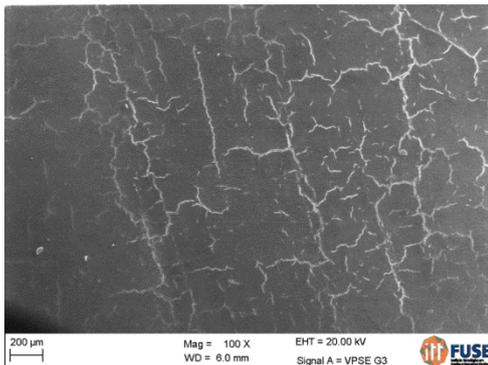


Figura 3. F3 em MDF com Cold Check

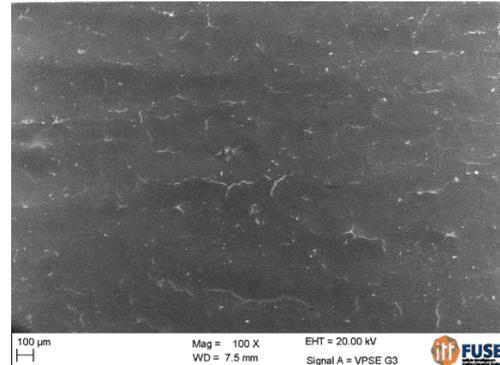


Figura 4. F3 em PM sem Cold Check

A formulação F4 apresenta, logo após a aplicação, um aspecto bastante heterogêneo, onde a separação de fases torna o filme semelhante a uma “casca de laranja”. Após Cold Check, foram percebidas rachaduras no filme e desprendimento do plastificante. A formulação F5 tem resultados semelhantes aos da formulação F4, mas não se observa desprendimento de fibras de borracha após o teste de elasticidade. A formulação F6 forma um filme mais homogêneo que todas as anteriores, e não apresenta sinais de rachadura mesmo após ser submetido a variações térmicas. Esse aspecto é atribuído à interação mais intensa entre o solvente D-limoneno e o plastificante SEBS, mais solúvel por conter uma porção de etileno, representando, portanto, a causa da dispersão eficiente da borracha ao longo do filme. As formulações F4, F5 e F6 apresentaram crescente esbranquiçamento ao longo do Cold Check, o que demonstra que a incompatibilidade entre os componentes é reforçada quando em repetidas dilatações e contrações e, possivelmente, há desprendimento do substrato.

As resinas supracitadas foram aplicadas também em substratos de Pau-Marfim, e os resultados observados foram os mesmos das aplicações em MDF.

Para confirmar que os resultados encontrados em F4 e F5 são decorrentes de incompatibilidade entre plastificante e solvente, fez-se as resinas F7 e F8, substituindo o solvente natural pelo C9 aromático, e observou-se aspecto muito homogêneo, com brilho e cobertura uniforme. Estes filmes, quando submetidos ao Cold Check, permaneceram homogêneos, com formação de rachaduras localizadas em alguns pontos nas laterais do filme da resina F8. Os resultados mostram que, devido à baixa compatibilidade do solvente natural com os intermediários isopreno e butadieno, respectivamente, os plastificantes SIS e SBS não são plenamente solúveis no D-limoneno e, por este motivo, resinas com estes componentes combinados devem reproduzir a separação de fases e esbranquiçamento observados.

O sucesso em manter homogênea a solução com o plastificante SEBS serviu de motivação para avaliar também uma formulação F9 com 6% deste plastificante. O que se percebeu foi que o filme adquiriu uma separação de fase mais evidente, embora não tão distinta quanto a das resinas F4 e F5.

As resinas F10 e F11 foram elaboradas com D-limoneno proveniente de novo lote, para buscar indícios de que a mistura racêmica do limoneno, dependente do resíduo de origem do óleo essencial de onde é destilado, tem influência na formação do filme. Os resultados foram semelhantes aos das resinas F4 e F5, logo a influência da mudança na origem do solvente mostrou-se pouco significativa.

A resina F15 foi elaborada com o intuito de observar se haveria diferença significativa no desempenho da resina utilizando não o D-limoneno, mas o óleo essencial não destilado. Observou-se que a resina ainda na forma fluida de armazenamento apresentava leve amarelamento, mas era mais homogênea do que a formulação com D-limoneno e mesmo teor do plastificante. Uma vez aplicado, o filme permaneceu homogêneo, mas adquiriu certa opacidade e, após Cold Check, o revestimento resistiu bem ao estiramento e não mostrou sinais de ruptura ou trinca. A única alteração no aspecto antes e depois da avaliação de elasticidade consiste no surgimento de poucas manchas próximas às extremidades do corpo de prova, aspecto atribuído à possível umidificação do substrato ou a uma separação de fase de algum dos componentes minoritários do óleo essencial. O surgimento destas manchas próximo ao perímetro do filme se deve à maior troca de calor sofrida nesta região.

A resina F16 utilizou um óleo como plastificante, diferentemente das formulações anteriores. Foi mantido, no entanto, o percentual médio de 5% para fins comparativos. O fluido da resina é extremamente homogêneo e, conseqüentemente, o filme aplicado manteve esta característica. Em contraste com F15, esta formulação tinha elevado brilho na superfície, e manteve esta característica após o Cold Check, sem formar quaisquer rachaduras ou trincas.

3.3 Adesão ao Substrato

Os testes de adesão foram realizados sempre após o Cold Check, visando observar o comportamento das amostras na situação mais desfavorável à avaliação, e também antes do processo nos corpos de prova com resinas F4, F6, F7 e F8, em MDF, o que permite estabelecer o efeito do Cold Check também sobre a adesão ao substrato das diferentes resinas formuladas (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados dos testes de adesão ao substrato

FORMULAÇÃO	ADESÃO SEM COLD CHECK		ADESÃO COM COLD CHECK	
	MDF	PM	MDF	PM
F1	-	-	85%	-
F2	-	-	95%	-
F3	-	-	65%	-
F4	95%	-	35%	85%
F5	-	-	35%	65%
F6	95%	-	85%	35%
F7	Mais de 95%	-	65%	-
F8	Mais de 95%	-	65%	-
F9	-	-	-	95%
F10	-	-	-	65%
F11	-	-	-	85%
F12	-	-	-	65%
F13	-	-	-	85%
F14	-	-	-	Mais de 95%
F15	-	-	-	95%
F16	-	-	-	35%

Os testes conduzidos antes de submeter os corpos de prova ao Cold Check mostram que o C9 aromático, por ser muito mais compatível tanto com o poliestireno quanto com os plastificantes, também confere à resina maior adesão. Após o Cold Check, no entanto, seu desempenho cai significativamente. O mesmo se observa com as resinas F4 e F6, mas as formulações com C9 ainda prevalecem sobre F4 com a melhor adesão.

Dentre os testes realizados após o Cold Check, destacam-se as resinas que combinam D-limoneno e SEBS, em especial F14, que obteve resultados de adesão ao substrato acima de 95% mesmo após sucessivos ciclos de variação térmica. Este resultado indica que teores menores do plastificante conferem maior adesão ao substrato. Ao contrário, a resina F16 teve baixa adesão ao substrato, o que sugere que a resina não acompanhou elasticamente os processos de dilatação e contração da madeira ou, ainda, que há uma grande incompatibilidade deste plastificante com a superfície do corpo de prova.

Os resultados também indicam que a textura da superfície é determinante na adesão do filme aplicado, uma vez que as mesmas formulações foram aplicadas em tipos diferentes de madeira e a diferença entre um e outro é significativa.

3.4 Relação Entre Resina e Textura Superficial da Madeira

O tipo de madeira sobre o qual se aplicou as resinas demonstra ter grande influência na adesão. Percebe-se variação visto que, enquanto o MDF é um painel de madeira reconstituída (e, como tal, compõe-se de aglomerados de diferentes materiais em fibras desordenadas), a madeira de pau-marfim foi utilizada em sua forma natural, com fibras dispostas uniformemente na mesma direção. O MDF, dada sua natureza, possui superfícies opostas e lisas, sobre as quais foi aplicada a resina, mas suas laterais são fibrosas, e ao aplicar resina sobre estas superfícies, não houve formação de filme visível. A diferença entre as superfícies é evidente na comparação entre as figuras 5 e 6.



Figura 5. Superfície lisa de MDF.



Figura 6. Superfície fibrosa de MD

A diferença de aspecto entre superfícies é perceptível através de um teste utilizando a resina F5. Nas figuras 7 e 8, percebe-se não somente a formação do filme sobre a superfície lisa da madeira, como também a separação de fase e a estrutura de rompimento do filme, anteriormente mencionados. A figura 9 mostra a superfície fibrosa após ser submetida ao mesmo processo de aplicação da resina, e não há recobrimento efetivo. Há, nesta situação, uma distribuição da resina por uma área maior que concerne as fronteiras das fibras individualmente, impossibilitando o acúmulo visível de resina.

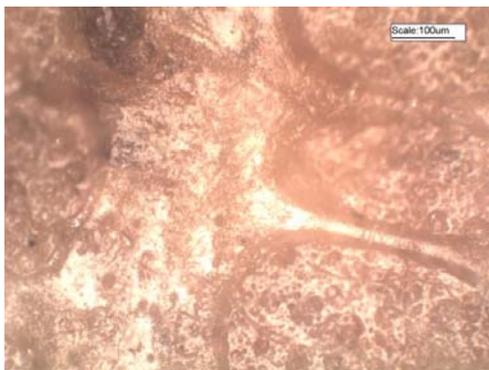


Figura 7. F5 e separação de fases



Figura 8. F5 e rachadura do filme

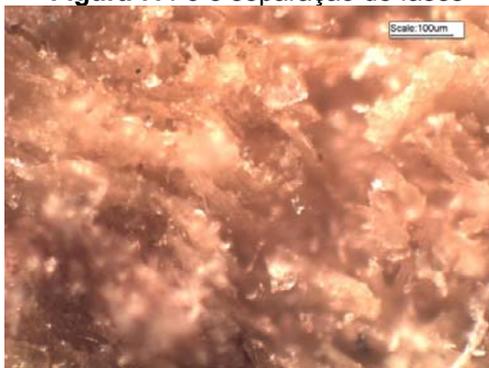


Figura 9. F5 sobre fibras de MDF



Figura 10. Fronteira de F5 sobre PM

O revestimento real de peças de madeira com o produto final, uma vez inserido no mercado, não seria seletivo e, portanto, passa-se a aplicar resinas somente sobre substratos de madeira Pau-marfim, cujas fibras orientadas paralelamente podem ser observadas na figura 10, elevando a qualidade e a validade dos resultados. Em substrato de PM, o filme tem espessura visível em qualquer uma das faces. Assim, é possível fazer também uma comparação visual com a madeira pura ou recoberta com a resina, observando-se a figura 10, que mostra a fronteira da aplicação parcial de resina sobre uma superfície.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nas avaliações, percebe-se que as formulações F6, F14 e F15 tiveram desempenho promissor, ou seja, que sugere ser possível dispersar pigmentos e demais aditivos para transformar o produto desenvolvido até este momento em uma tinta de caráter sustentável e de bom desempenho em termos das propriedades avaliadas. A formulação F16 evidencia que, embora o ESBO não confira boa adesão, confere excepcional homogeneidade e brilho e, portanto, pode ser aplicado como aditivo. Os solventes naturais demonstraram eficiência semelhante ao C9 aromático, e, por este motivo, são considerados bons substituintes na formulação de tinta com esta composição sólida. A comparação entre os desempenhos do óleo essencial e do D-limoneno também pressupõe que, de fato, é possível tornar ainda maior o reaproveitamento de resíduos como matéria-prima no fabrico de tinta e, conseqüentemente, reduzir o custo de obtenção do solvente através da utilização do componente menos refinado.

Agradecimentos

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS.
Edital Capes/Fapergs 15/2013_PICMEL.

REFERÊNCIAS

- 1 Jacobi, PR; Besen, GR. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. São Paulo. Jan./Apr. 2011; 25(71).
- 2 Araújo, MCB; Costa, MF. Lixo no ambiente marinho. Pernambuco, 2003 [acesso em 17 jul. 2012]. Disponível em: <http://artigocientifico.uol.com.br/uploads/artc_1151246820_25.pdf>.
- 3 Aminudin, E; Din, MFM; Mohamad, Z; Noor, ZZ; Iwao, K. A Review on Recycled Expanded Polystyrene Waste as Potential Thermal Reduction in Building Materials, Singapura. 2011; 12: 133–188.
- 4 Tessari, J. Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- 5 ABRAPEX - Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. São Paulo: 2010 [acesso em 01 dez. 2014]. Disponível em:<www.abrapex.com.br>.
- 6 PLASTIVIDA – Instituto Sócio-Ambiental dos Plásticos. Estudo da MaxiQuim revela nível de reciclagem de isopor no Brasil. 2014 [acesso em 14 out. 2014]. Disponível em: <http://www.cliptvnews.com.br/mma/pdf/amplia_pdf.php?id_noticia=60875>.
- 7 Tsutomu, N. New EPS Recycling System using d-Limonene.Proceedings of the Symposium on Electrical and Electronic Insulating Materials and Applications in Systems. Japão. 2005; 32: 305-308
- 8 Sun, J. D-limonene: Safety and Clinical Applications. 2007; 12(3): 259–264.
- 9 Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT NBR 13245 –Tintas para construção civil - Execução de pinturas em edificações não industriais –Preparação de superfície, São Paulo: 2011.
- 10 American Society for Testing and Materials: ASTM D358 – Standard Specification for Wood to Be Used as Panels in Weathering Tests of Coatings, United States of America: 2012.
- 11 International Organization for Standardization: ISO 2409 - Paints and varnishes – Cross-cut test, Geneva: 2010.