



III-099 - RESÍDUOS DA PRODUÇÃO DE ERVA-MATE COMO MATÉRIA-PRIMA NA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS

Adilson Moacir Becker Junior⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Ambiental – UNISC, membro do grupo de Pesquisa em Reciclagem de Plásticos, bolsista FAPERGS.

Adriane Lawisch Rodríguez

Doutora em Engenharia/TU-Berlim-Alemanha, Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia da UFRGS; Engenheira Química pela Escola de Engenharia da PUCRS. Professora do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

Cláudia Mendes Mählmann

Doutoranda em Engenharia, PPGM-UFRGS, Professora do Departamento de Química e Física, Universidade de Santa Cruz do Sul-UNISC.

Mebur Bardini

Graduando em Engenharia Ambiental – UNISC, membro do grupo de Pesquisa em Reciclagem de Plásticos, bolsista PIBIC/CNPq.

Endereço⁽¹⁾: Rua Vereador Ivo Cláudio Wiegel, 276 – Barrio Universitário – Santa Cruz do Sul – RS – 96815555– Brasil – Tel: (51)3717-6230 – e-mail: adilsonbecker.jr@gmail.com

RESUMO

Um dos problemas atuais está ligado ao Gerenciamento de Resíduos Sólidos, dentro deste contexto, as resinas plásticas aparecem como uma das grandes causadoras do mesmo. A reciclagem é uma forma de reutilização e minimização dos impactos causados pelo mau Gerenciamento. Este presente trabalho tem como objetivo o reaproveitamento de Resíduos de uma Indústria Ervateira na produção de Compósitos Poliméricos, tendo como Matriz Polimérica o Polipropileno. Este novo material foi caracterizado pelas suas propriedades mecânicas, físicas e biológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Polipropileno, Compósitos Poliméricos, Problemas Ambientais, Biodegradação.

INTRODUÇÃO

As resinas Plásticas aparecem em grande quantidade dentro dos Resíduos Sólidos. Estas, tem como possibilidade de recuperação a sua reutilização na forma de Compósitos Poliméricos. Estes materiais são formados por duas fases, uma Matriz e uma fase Dispersa, sendo este último, um enchimento ou reforço, sendo definido de acordo com as características finais do Compósito.

Neste trabalho foram utilizados resíduos da Ervateira Madrugada, uma Indústria de grande porte da Região. Nesta Ervateira entram aproximadamente 58 Toneladas de produto in-natura, onde aproximadamente 14 Toneladas são aproveitadas para produção da Erva-Mate; o restante são perdas na própria colheita e eliminação da água no durante o processo de secagem. A Figura abaixo apresenta um fluxograma de todas as etapas que o produto in-natura passa.

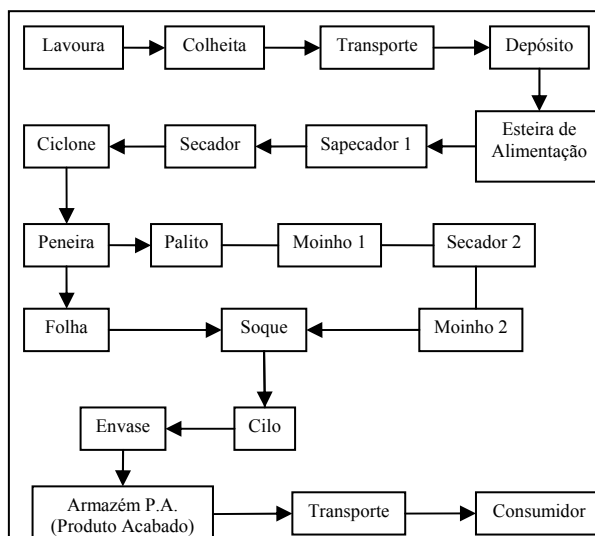


Figura 1 – Fluxograma do processamento da Erva-mate [THOMAS, 2007]

Os problemas decorrentes da Poluição Ambiental gerada pelos Resíduos Plásticos e Industriais têm levado a comunidade científica a refletir sobre alternativas possíveis para o problema. Alternativas de utilização e revalorização destes dois tipos de resíduos, oriundos da coleta seletiva e de um processo produtivo têm um apelo e uma justificativa tanto no aspecto ambiental quanto econômico. Assim, o desenvolvimento de Compósitos com fibras naturais contribui para a redução da poluição Ambiental, bem como para a criação de novos empregos e para a utilização de recursos naturais disponíveis. [Mano, 1991].

O interesse em polímeros Biodegradáveis tem crescido muito nos últimos anos, em nível mundial, uma vez que os mesmos têm sido considerados como alternativas aos plásticos convencionais em certas aplicações, como por exemplo, na agricultura. Defini-se como Polímero Biodegradável um Polímero que pode ser degradado pela ação de microorganismos como bactérias e fungos. [Rosa, 2003].

A adição do resíduo de processos produtivos ao plástico vai de encontro com a necessidade de sustentabilidade, sendo que, com sua utilização nos compósitos, além de eliminá-los do meio ambiente, temos a possibilidade de aumentar propriedades mecânicas do material original (Pós-consumo). Sendo este resíduo de origem vegetal, como é o caso do pó e palito de erva mate utilizado no trabalho, podemos trabalhar com a possibilidade de uma degradação mais rápida no meio ambiente, considerando que, normalmente, materiais plásticos puros têm uma vida inerte muito longa.

MATERIAL E MÉTODOS

Os Resíduos de Plástico foram obtidos através de uma coleta no Campus da Universidade, material oriundo de garrafas de água mineral. Os Resíduos de Erva Mate são oriundos de uma ervateira da Região, como já citado. Para a preparação do material, os resíduos plásticos foram limpos e moídos, enquanto que os resíduos de Erva Mate passaram por um processo de secagem por estufa, durante 24 horas à 80°C. Como resíduos de Erva Mate entende-se pó, palito e uma mistura em proporções iguais de pó e palito de erva mate (figura 2).



Figura 2 – Materiais para a elaboração dos compósitos.
A) Pó de erva mate; B) Palito de erva mate; C) PP pós consumo.



A obtenção dos compósitos foi feita através de um Homogeneizador MH – 100, onde os resíduos de Polipropileno (PP) foram submetidos à agitação por atrito por cerca de 8 segundos até se fundirem. Então, adicionou-se a fase dispersa, como carga de pó, palito e pó e palito nas proporções de 5, 10 e 15% em massa, e homogeneizou-se novamente.

Este material resultante foi moído e, posteriormente, injetado na forma de corpos de prova, em uma injetora HIMACO H450 com as seguintes temperaturas: 180°C, 190°C e 200°C, sendo o tempo de injeção 10 segundos e o tempo de resfriamento 15 segundos. Com os corpos de prova obtidos foram realizados os ensaios de tração em uma *máquina universal de ensaios Emic* seguindo a norma ASTM D638.

Foram também realizados ensaios de dureza Shore D em um *Woltest SD 300*, de acordo com a norma ASTM D-2240 03 e, estudaram-se as densidades dos Compósitos, seguindo a norma ASTM D-792, realizado em uma balança analítica da marca Import Denver Instrument Company.

Os Compósitos foram avaliados de acordo com sua capacidade de absorção de água, seguindo a norma ASTM D570. Corpos de prova foram selecionados para a exposição ao intemperismo, durante 75 dias aproximadamente, os quais foram submetidos ao ensaio de tração.

Além destes ensaios comentados, geralmente padrões nos estudos de novos materiais compósitos e poliméricos, esta sendo desenvolvido um estudo adicional relacionado à possível biodegradação do material conforme a norma ASTM G 160-03. Nesta análise, foram selecionados corpos de prova PP 100%, PP + 5% pó de erva resíduo e PP + 5% palito de erva resíduo, que, foram enterrados (até sua metade) em um solo simulado, composto em proporções iguais de terra preta fértil, esterco de aves e areia (Figura 3)



Figura 3 – Compósitos em ensaio de biodegradação.

As amostras foram divididas em tempo de contato com o solo, variando de t_0 a t_5 , de acordo com os meses de permanência. Cada recipiente com o solo simulado abrigou quatro corpos de prova de cada composição citada anteriormente, sendo avaliados conforme a variação de massa e ensaio de tração. As amostras permaneceram em estufa, na faixa de 25°C, sendo umedecidas a cada semana. Para este controle de umidade, todos os recipientes com o solo e os corpos de prova foram pesados no início das análises com 10 ml de água. Então, a seguir, a cada semana se pesou estes sistemas e acrescentou água a fim de retomar a massa padrão original.

RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Analisando a aparência visual do material obtido, não foram observadas manchas ou bolhas superficiais, supondo-se assim que a secagem em estufa tenha propiciado um resultado positivo. Segundo Zanin, Desiderá, Logarezzi e Correa (2002), a umidade deve ser rigidamente controlada, uma vez que esta produz

descontinuidades de processo e peças com características inaceitáveis devido à presença de bolhas ou manchas superficiais causados por processos termo-oxidativos. No processamento, não se obteve nenhuma grande dificuldade, salva a exceção do odor forte característico do trabalho com fibras, que, mesmo assim, não prejudicou as propriedades e ensaios realizados.

De forma geral, os compósitos obtidos demonstraram propriedades iguais ou muito próximas do material 100% polipropileno virgem e pós-consumo. Em relação aos ensaios de tração realizados, foram consideradas as propriedades de Módulo de Elasticidade (MPa), Deformação Específica (%) e Tensão na Força Máxima (N). Analisando os compósitos em função da taxa de carga que possuem, percebe-se uma tendência geral de quanto maior a porcentagem de erva resíduo, qualquer seja sua forma, maior também seu módulo de elasticidade.

Na figura 3 pode ser notado o aumento do Módulo de Elasticidade tanto no Pó, quanto no palito, o que significa um aumento da rigidez dos compósitos. Destaca-se aqui o valor de 848 MPa para os Compósitos com 10% de Palito, que difere do valor de 715,80 MPa do PP pós-consumo.

O aumento das resistências mecânicas em compósitos dá-se pelo fato de que toda tensão aplicada ao corpo, é transferida para a carga (reforço). [Callister, 2000] A seguir então, segue o gráfico exemplo do módulo de elasticidade nos compósitos 5% (figura 4).

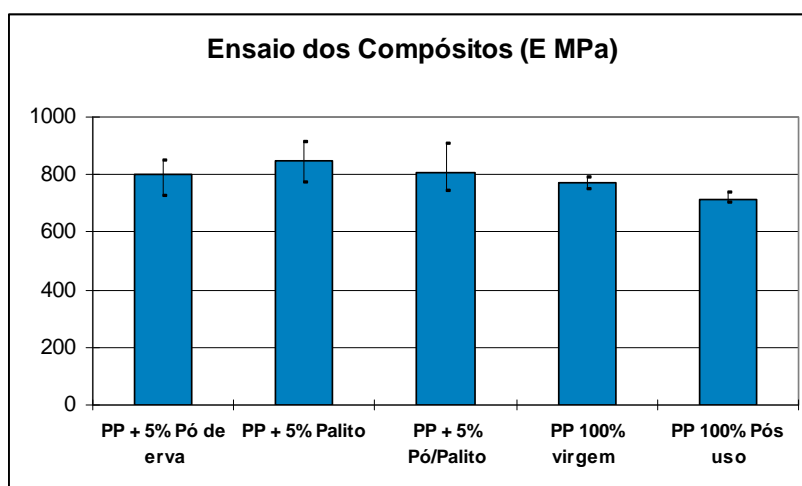


Figura 4 – Módulo de Elasticidade, nos compósitos 5 % e materiais plásticos puro.

No gráfico anterior percebe-se um relativo aumento nas propriedades de módulo de elasticidade dos compósitos. O mesmo pode ser observado para os Compósitos com 10% de teor de Pó e Palito (Figura 5).

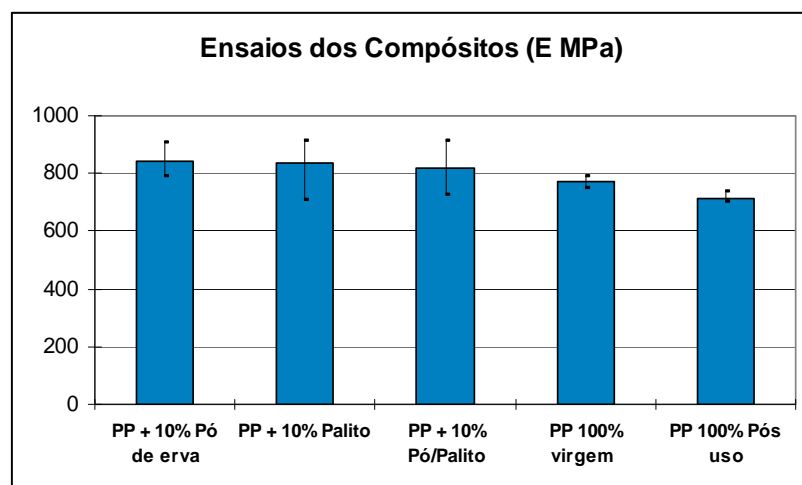


Figura 5 – Módulo de elasticidade nos compósitos 10%, comparados ao material plástico puro.



A seguir, segue o gráfico (figura 6) dos compósitos 15% em massa, que tiveram os maiores aumentos relativos ao módulo de elasticidade.

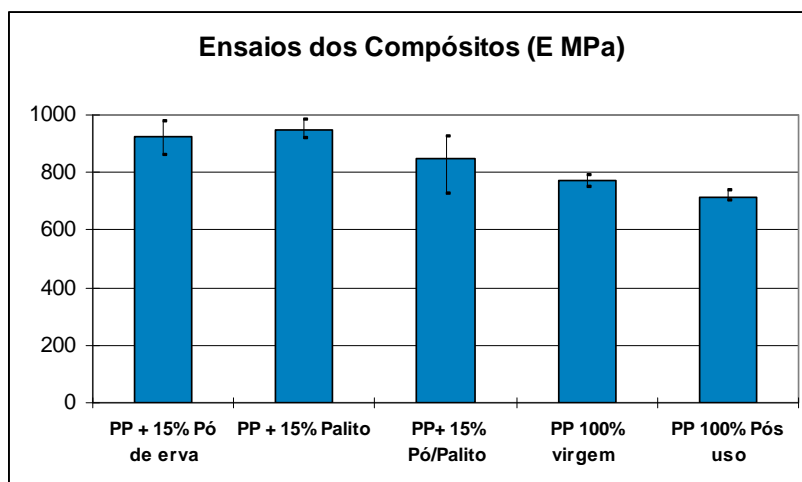


Figura 6 – Módulo de elasticidade nos compósitos 15%, comparados ao material plástico puro.

É importante ressaltar novamente que todos os compósitos obtidos tiveram ao menos uma manutenção no módulo de elasticidade, sendo, na maioria dos casos, seguido por um ligeiro acréscimo, principalmente nos compósitos 15% de resíduo em massa.

Apesar das partículas não serem capazes de resistir à tensões, elas impedem o deslocamento da matriz quando exposta à certa tensão, com isso, explicando o fato do aumento do Módulo dos Compósitos com Pó e Palito de Erva Mate.

Em relação a Tensão Máxima (resistência mecânica) dos compósitos, observaram-se valores bastante próximos tanto para pó de erva quanto para palito. Nas amostras com pó de erva, o valor máximo é atingido no teor 5%, igual a 21,9 MPa e mínimo de 20,6 MPa no teor 10%, enquanto que para o palito, a maior tensão é registrada nas amostras com 15% (24,2MPa) e a menor nas amostras 5% (23,4MPa). Apesar da baixa variação entre as concentrações, percebe-se uma mudança considerável na troca de material da fase dispersa, confirmando a carga palito como mais efetiva na melhoria das qualidades do compósito, justificado pela sua maior proximidade com fibras (tamanho principalmente). Comparando-se os resultados encontrados em todas as amostras aos verificados nos testes com polipropileno puro, seus valores também são superiores, sendo que os encontrados para PP virgem e pós uso são, respectivamente, de 16,7 MPa e 17,68 MPa.

Quanto à ductilidade (deformação específica), todas as amostras apresentaram redução na propriedade. Conforme o aumento do teor de fase dispersa (resíduo), menor a relativa deformação específica. Os maiores resultados encontrados foram relativos às amostras 5%, sendo que os compósitos pó/palito apresentaram maior deformação específica (16,4%), seguido das amostras com pó de erva apenas (15%) e finalmente palito de erva (12,3%). Estes resultados justificam-se pela melhor agregação a matriz polimérica. Além disso, tanto os compósitos de pó de erva e pó e palito de erva apresentaram sua fase dispersa com diâmetros bem menores comparados ao palito, justificando as menores influências na deformação dos plásticos. Entretanto, para os materiais puros de plástico, os valores foram significativamente maiores, de 73,1% e 109,9% respectivamente para PP virgem e pós-consumo.

Assim, percebe-se uma fragilidade maior quanto à propriedade, mas que poderia ser recuperada perante a adição de outros plásticos ou materiais (aditivos ou compatibilizantes) que contribuíssem na recuperação da deformação original do Polipropileno.

Na tabela 1 constam os valores de Densidade das amostras. Partindo-se da comparação com o PP, cuja densidade é 0,90 g/cm³ observou-se um aumento das densidades de algumas amostras. A presença de poros é a explicação mais adequada para as amostras que obtiveram valores inferiores à 0,90 g/cm³ (Tabela 1).

**Tabela 1 - Densidade dos Compósitos.**

Amostras	Densidade [g/cm ³]
PP + 10% Pó de Erva	0,88
PP + 15% Pó de Erva	0,92
PP + 10% Palito	0,89
PP + 15% Palito	0,9
PP + 10% Pó/Palito	0,91
PP + 15% Pó/Palito	0,9

Quanto à capacidade de absorção de água, os resultados foram satisfatórios, pois estes compósitos foram elaborados a partir de componentes naturais, sendo que estas possuem uma afinidade por água (SILVA, 2003). Além disso, pode-se perceber a tendência em absorção pelo aumento da mesma com a maior quantidade de teor. Segue abaixo a tabela com os valores encontrados (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de Absorção de Água.

Amostras	Absorção de Água [%]
PP + 10% Pó de Erva	0,14
PP + 15% Pó de Erva	0,06
PP + 10% Palito	0,19
PP + 15% Palito	0,3
PP + 10% Pó/Palito	0,14
PP + 15% Pó/Palito	0,25

Pelo ensaio de dureza obtém-se um valor relativo à rigidez do material. A exemplo da avaliação do módulo de elasticidade, os resultados para o teste de dureza apresentaram-se superiores ao polipropileno puro virgem e pós-consumo. Confirma-se também que o compósito com maior módulo resultou na maior dureza Shore D encontrada, a amostra de 15% palito de erva.

Em relação aos ensaios de biodegradação, ainda não foram obtidos resultados expressivos. Isso se justifica pelo fato do pouco tempo de contato entre os corpos de prova e o solo simulado até o presente momento, sendo que se iniciou o teste em meados de março, e o mesmo irá prolongar-se até metade do ano. Até o momento, foi retirado o primeiro conjunto de amostras, referentes ao primeiro mês de ensaio.

Como citado na metodologia do trabalho, a biodegradação será avaliada a partir do percentual de perda de massa. Este foi realizado em quatro corpos de prova, obtendo-se uma variável nos resultados, o que se justifica devido ao fato de estarmos trabalhando com pequenas diferenças na massa. Assim, qualquer mínima diferença (como por exemplo, na lavagem e/ou secagem) pode interferir o resultado. Dessa forma então, para o primeiro mês, temos os seguintes resultados (tabela 3):

Tabela 3 – Resultados obtidos no primeiro mês de biodegradação para o percentual da perda de massa.

Amostras	CP.1 (%)	CP.2 (%)	CP.3 (%)	CP.4 (%)	Média (%)
PP 100%	0.0014	0.07	0.0156	0.02	0.0089
PP + 5% Pó erva mate	0.04	0.02	0.02	0.05	0.03
PP + 5% Palito erva mate	0.06	0.37	0.03	0.37	0.21

Através da análise dos resultados parcialmente obtidos, confirma-se a tendência esperada, pois obteve-se uma perda de massa dos compósitos. Essa perda em percentual foi pouco significativa em valores, mas, levando-se



em consideração este ter sido o primeiro mês de exposição ao solo, pode-se esperar uma crescente ainda maior nas próximas análises. Além disso, percebeu-se a presença de fungos na amostra de solo, o que pode ser apontado como a causa da degradação dos presentes compósitos. No prosseguimento do trabalho, será feita uma análise para identificação dos fungos presentes.

Além da avaliação padrão de perda em percentual de massa, foram realizados também ensaios adicionais de tração. Dessa forma, estes ensaios complementares para a biodegradação podem demonstrar uma perda parcial nas características e propriedades do material. A seguir, seguem os gráficos de módulo de elasticidade e tensão máxima dos corpos de provas referidos (figura 7 e 8)

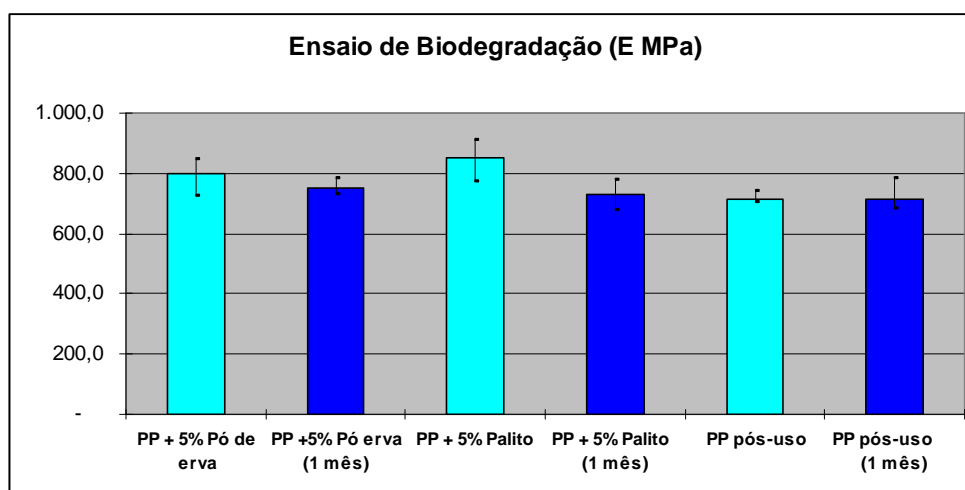


Figura 7 – Módulo de Elasticidade para primeiro mês de biodegradação.

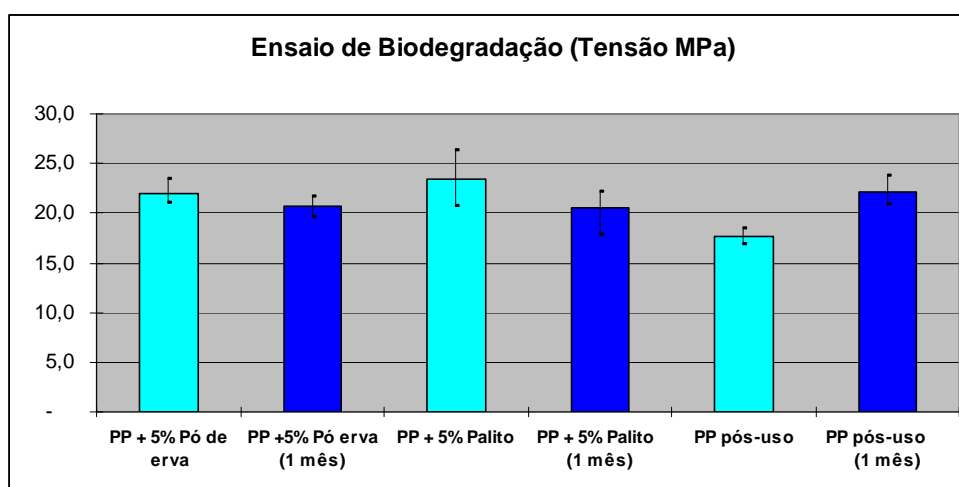


Figura 8 – Tensão Máxima para primeiro mês de biodegradação.

Analisando os gráficos apresentados, percebemos pouca variação nos resultados obtidos. Pelo módulo de elasticidade, percebemos uma redução nos valores, o que pode representar a degradação do material pelos microorganismos e fungos presentes na amostra de solo. Pela tensão, percebem-se as mesmas características e observações presentes no anterior. É importante destacar que os resultados iniciais encontrados vão em paralelo ao que se espera durante o ensaio: A deteriorização do material, perdendo em parte suas “melhorias” em propriedades devido à ação da degradação.

Como parâmetros comparativos, temos alguns estudos pesquisados sobre a biodegradação. No artigo científico de Couto (2008) (estudo sobre compósitos de Poli (Σ - Caprolactona) /Fibra de Coco Verde), foi buscado o método utilizado como base na elaboração do ensaio realizado (principalmente na norma de ensaio de

biodegradação – ASTM G – 160 03. Couto (2008) cita o ensaio de biodegradação realizado durante 17 semanas, com amostras obtidas por prensagem, nas concentrações de PCL puro (polímero puro), PCL + 1% fibra de coco 35 mesh não modificada quimicamente e PCL + 1% fibra de coco 35 mesh pré-tratada. Assim, as fibras de coco sofreram peneiramento utilizando peneiras de 35 mesh, para posterior modificação química por acetilação (anidrido acético) e lavagem com solução 2% NaOH. Para os ensaios realizados neste trabalho, segue os resultados obtidos (Tabela 4):

Tabela 4 – Resultados obtidos para ensaio de biodegradação (Estudo com PCL e fibra de coco)

<i>Amostras.</i>	<i>Tempo em Semanas</i>	<i>Percentual da Perda de Massa</i>
PCL Puro. (A.0)	0	0 %
PCL Puro. (A.2)	2	1 %
PCL Puro. (A.4)	4	5.2%
PCL Puro. (A.12)	12	5%
PCL Puro. (A.15)	15	7%
PCL Puro. (A.17)	17	8.5%
PCL/fibra de coco (B.0)	0	0 %
PCL/fibra de coco (B.2)	2	1.1 %
PCL/fibra de coco (B.4)	4	2.2 %
PCL/fibra de coco (B.12)	12	4.8 %
PCL/fibra de coco (B.15)	15	5 %
PCL/fibra de coco (B.17)	17	7.1 %
PCL/fibra de coco modificada (C.0)	0	0 %
PCL/fibra de coco modificada (C.2)	2	0.2 %
PCL/fibra de coco modificada (C.4)	4	1.8 %
PCL/fibra de coco modificada (C.12)	12	3.3 %
PCL/fibra de coco modificada (C.15)	15	3 %
PCL/fibra de coco modificada (C.17)	17	6.8 %

Segundo (Couto 2008), a redução da biodegradação nos compósitos com fibra modificada pode ser justificada pela influência dos produtos químicos, dificultando a ação dos microorganismos. Entretanto, em geral, observa-se uma alta média da biodegradação, o que deve-se ao fato da utilização de um polímero biodegradável (PCL). Assim, serve como parâmetro para os ensaios com PP, mas não de forma tão comparativa. Além disso, nos estudos do presente artigo a intenção maior é notar e analisar a biodegradação pela ação do resíduo vegetal, o que não ocorre no estudo acima citado, exclusivamente por influência do PCL.

Também foi buscado na literatura um estudo a partir de compósitos com PHB (Polihidroxibutirato), sintetizado por microorganismos a partir do açúcar da cana-de-açúcar, e farinha de madeira em proporção de 10 a 40% em massa, pré-misturados manualmente. As misturas foram então extrusadas, na temperatura média de 170°C, numa extrusora de dupla rosca, e posteriormente injetadas na forma de corpos de prova (tipo gravata) em injetora Sandretto 65micro [CARASCHI, 2002]

Segundo Caraschi (2002), o teste de degradação natural dos compósitos foi realizado em cinco situações de ambientes nos quais as amostras foram dispostas da seguinte maneira: imersas em água limpa (pH 6,50); imersas em águas corrente do Córrego Lavapés (da cidade de Botucatu, que recebe diariamente o esgoto industrial e doméstico do município); enterradas em solo argiloso (pH 5,90); enterradas em solo de aterro sanitário (pH 6,01) e dispostas ao ar livre sobre o solo argiloso, sofrendo as influências ambientais do tipo contato com microorganismos (biodegradação), luminosidade (fotodegradação), temperatura, chuva, radiação solar, umidade, etc. Nos compósitos de PHB 100%, obteve-se um baixo índice de degradação, chegando a no máximo 0,86% no final do ensaio (300 dias). Em compósitos 20% madeira, essa variação aumentou consideravelmente com o passar do tempo, obtendo 2,91% na metade do ensaio (150 dias) e 3,84% no final. Já nos compósitos 40% madeira, nos primeiros 30 dias obteve-se 2,18% de massa degradada, enquanto que para 150 dias teve-se 5,26% e para 300 dias, 6,28%.



Também citado no presente trabalho, a seguir seguem os ensaios de intemperismo (figura 9 e 10), com a discussão dos resultados obtidos logo a seguir

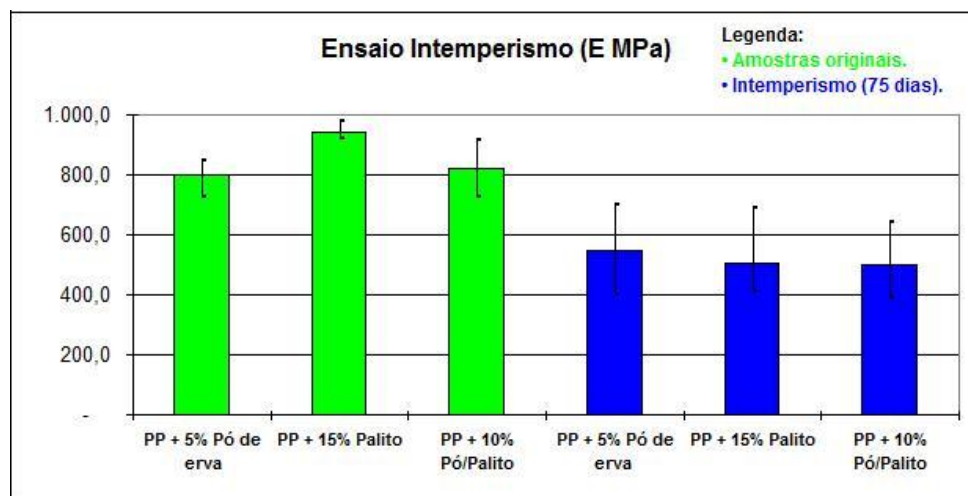


Figura 9 – Módulo de Elasticidade nos ensaios de intemperismo.

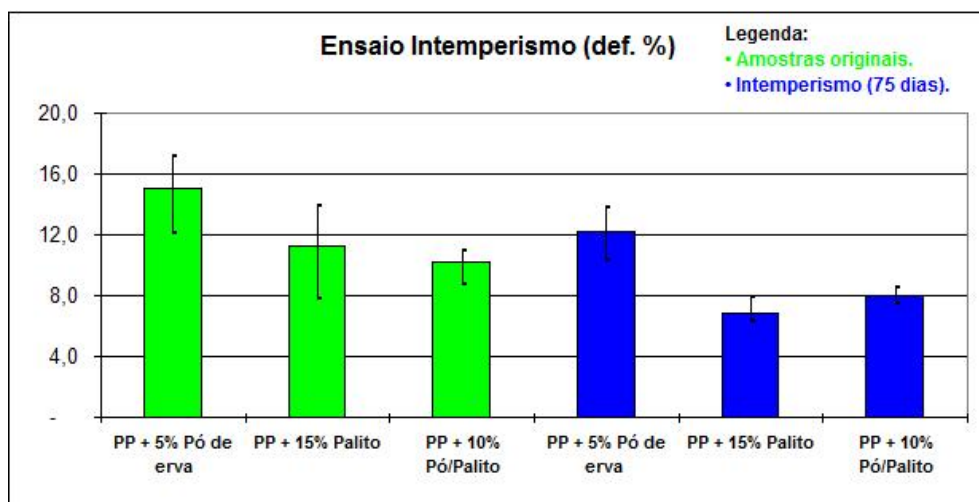


Figura 10 - Deformação Específica nos ensaios de intemperismo.

Podemos observar que, com a exposição ao intemperismo (75 dias aproximadamente) as amostras ensaiadas apresentaram menores deformações específicas comparadas aos compósitos originais. Além disso, o módulo de elasticidade reduziu consideravelmente, o que se justifica pela redução na rigidez do material, com o tempo exposto a intempérie. Entretanto, na análise de tensão da força máxima, não foi possível tirar expressivas conclusões, devido a uma variável presente nos ensaios, sendo que a máquina universal de ensaios apresentou uma variabilidade na forma de fixar os corpos de prova.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a adição de resíduos da produção de Erva-mate em Compósitos é satisfatória. Além de se apresentar como um reforço à tensões, serve como uma fonte de destino para esta grande quantidade de resíduos que são gerados em sua fonte. Assim, surge uma possibilidade de “solução ideal”, aproveitando os resíduos e recolocando como matéria-prima para possíveis produtos novos ou alternativos.

Um fator a ser investigado é a temperatura de trabalho na preparação dos compósitos pois a degradação das partículas deve ser evitada. A absorção de água do material foi muito boa quando comparados à outros trabalhos



que utilizaram fibras vegetais como reforço. Nos ensaios de tração, obteve-se um ligeiro aumento na resistência e no módulo de elasticidade

Para finalizar, salienta-se que compósitos com fibras/partículas vegetais, a princípio, apresentam um potencial de biodegradação superior quando comparados com os compósitos convencionais. Assim sendo, os presentes estudos ainda serão mantidos para se ter uma avaliação mais completa da degradação destes materiais. Como resultados parciais, obteve-se uma boa resposta, com a tendência de aumento nas porcentagens de perda de massa, bem como o declínio das propriedades no ensaio de tração. Em relação aos estudos de exposição ao intemperismo, pode-se notar a redução quanto ao módulo de elasticidade e deformação específica, o que era em parte esperado. Entretanto, em relação as demais características, não se pôde tirar conclusões precisas, principalmente devido a diferenciação na execução do ensaio, o que interferiu nessa análise.

AGRADECIMENTOS

Ao Pólo de Modernização Tecnológica – Vale do Rio Pardo, ao CNPq, à FAPERGS, ao Professor Valeriano Antonio Corbellini e à UNISC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CALLISTER, W.D.Jr. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução*. Rio de Janeiro – RJ. (2005).
2. DEMAJOVIC, J. Da política tradicional do tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos. *Empresas*. São Paulo, v. 35, nº 3, 1995.
3. SILVA, R. V. *Compósito de resina poliuretano derivada de óleo de mamona e fibras vegetais*. Tese de D.Sc., USP, São Carlos, SP, Brasil, 2003.
4. ROSA, Derval dos Santos; FILHO, Rubens Pantano. *Biodegradação: um ensaio com polímeros*. São Paulo: Editora Moara, 2003.
5. CALLISTER, William D. Jr. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2000.
6. CANEVAROLO, Sebastião V. Jr. *Ciência dos Polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros* – São Paulo : Artliber Editora, 2002.
7. CARASCHI, José Claudio; RAMOS, Uirá Manzolli; LEÃO, Alcides Lopes. *Compósitos biodegradáveis de polihidroxibutirato (PHB) reforçado com farinha de madeira: propriedade e degradação*. Maringá, v. 24, n. 6, p. 1609-1614, 2002. São Paulo, Brasil.
8. COUTO, L.O. et al. *Avaliação da biodegradação de compósitos de Poli (ϵ - Caprolactona)/Fibra de coco Verde*. 18º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 24 a 28 de Novembro de 2008, Porto de Galinhas, PE, Brasil.
9. ZANIN, M. et al. *Sistematização da extensão do uso de resíduos de serrarias e potencialidade de aplicação*. 2002.
10. MANO, E. B. **Polímeros como materiais de Engenharia**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda, 1991.
11. MANO, E. B.; MENDES, L. C.; **Introdução a polímeros**, 2ª edição. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1999.
12. THOMAS, Gustavo Becker. *Estudo da utilização do resíduo de uma indústria ervateira no desenvolvimento de materiais compósitos com matriz polimérica*. 2007. Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Química Industrial para a obtenção do título de Bacharel em Química Industrial. Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2007.
13. LEVY NETO, F.; PARDINI, L. C. *Compósitos Estruturais – Ciência e Tecnologia*. Editora Edgard Blucher Ltda. 1ª Edição. São Paulo – SP, 2006.