



# Avaliação da incorporação de resíduos de palmilha à base de EVA – Poli[(etileno)-co-(acetato de vinila)] – no gesso acartonado

Gabriela Bronca Lopes <sup>1</sup>  
Vitória Gabriela Berlitz <sup>2</sup>  
Vitória Müller Gerst <sup>3</sup>  
Schana Andréia da Silva <sup>4</sup>

## Resumo

Com o aumento de resíduos industriais e custos relacionados, são buscadas alternativas de reutilização e reciclagem ao descarte. O EVA – Poli[(etileno)-co-(acetato de vinila)] é largamente utilizado na indústria calçadista, principalmente na produção de palmilhas. Sua reciclagem é um processo oneroso, pois a palmilha é composta por outros materiais, e as formas de reutilização exigem a separação desses. Esse processo diminui o lucro, fazendo as companhias optarem por descartá-los em aterros industriais. Dessa forma, porcentagens de incorporação completa do resíduo (10%, 15% e 20% em massa) foram analisadas, em relação ao gesso puro. Para verificar se o gesso acartonado modificado estava adequado, ensaios foram realizados tais como determinação de massa específica, resistência à compressão, isolamento acústico e térmico. A massa específica diminuiu, enquanto a uniformidade das placas permaneceu indiferente à incorporação dos resíduos. Os isolamentos térmico e acústico melhoraram, assim como a resistência à compressão. Foi possível reutilizar completamente o resíduo, ainda apresentando melhoras no gesso acartonado.

**Palavras-chave:** EVA. Reaproveitamento. Gesso acartonado.

## Abstract

*Because of the increase in the related industrial wastes and costs, alternatives for reusing and recycling their disposal are being sought. The EVA – Poly[(ethylene)-co-(vinyl acetate)] is widely used in the footwear industry, mainly in the production of insoles. Their recycling is an expensive process, because the insole consists of other materials, and the forms of reuse require the separation of them. This process decreases the profit, making the companies choose to discard them in landfills. Therefore, percentages of complete incorporation of residue (10%, 15% and 20% in mass) were analyzed compared to pure gypsum. In order to verify if the modified drywall would be adequate, tests were performed such as determination of specific weight, compressive strength, thermal and acoustic insulation. The specific weight has decreased, while the uniformity of the slabs remained indifferent to the residue incorporation. The thermal and acoustic insulation have also shown improvement, as well as the compressive strength. It was possible to reuse all residue still presenting improvements on the drywall.*

**Keywords:** EVA. Reuse. Drywall.

1 Aluna do curso Técnico em Química pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS, Brasil. E-mail: gabrielabroncalopes@gmail.com

2 Aluna do curso Técnico em Química pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS. E-mail: vberlitz@gmail.com

3 Aluna do curso Técnico em Química pela Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS. E-mail: vitoriamullergerst@gmail.com

4 Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil e professora da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (FETLSVC), Novo Hamburgo, RS. E-mail: schana.silva@liberato.com.br

## 1 Introdução

A crescente geração de resíduos industriais implica a necessidade de uma consciência ecológica voltada para a destinação adequada. Além disso, a atual competitividade empresarial depende da conciliação entre a qualidade e sustentabilidade. A criação de um conjunto de normas internacionalmente aceitas (ISO 14000), das quais uma (ISO 14001) estabelece a padronização para implementação dos Sistemas de Gestão Ambiental, provocou a definitiva concentração para o correto descarte (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004a, 2004b).

Uma parcela dos resíduos poliméricos termofixos, que não se decompõe facilmente com aquecimento e apresenta difícil reprocessamento, é o caso do Poli[(etileno)-co-(acetato de vinila)] – EVA, o qual apresenta alta durabilidade e baixo custo, garantindo a sua utilização na indústria calçadista, na composição de palmilhas e solados (ZATERRA *et al.*, 2005). A maior flexibilidade, oferecida pela palmilha à base de EVA em relação à de papelão, provocou a substituição no mercado nacional, passando de 8.142 toneladas em 1985 para 59.200 em 2011 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO, 2011).

A região sul-brasileira concentra grande produção calçadista, porém a reciclagem dos resíduos à base de EVA é desfavorável à empresa geradora, necessitando da separação dos componentes, o que torna o processo oneroso. A alternativa encontrada é pagar uma taxa para armazenar os resíduos em aterros industriais, porém essa é temporária, uma vez que a empresa geradora é responsável, indefinidamente, pela destinação e cuidado dos resíduos para com o meio ambiente.

Procurando-se novas alternativas para a gestão do material, surge a questão do possível e completo reaproveitamento dos resíduos de palmilhas à base de EVA expandido, através de sua incorporação em placas de gesso acartonado, baseada nas propriedades adquiridas pelo gesso adicionado de

apenas EVA (LEAL *et al.*, 2012). O projeto visou, além de adequar seu destino, comparar algumas propriedades físicas entre o gesso puro e o modificado, a fim de relatar se o composto formado estava adequado para comercialização no mercado e utilização na construção civil.

## 2 Fundamentos teóricos

Intitula-se copolímero, o polímero formado por mais de um monômero, como exemplo o Poli[(etileno)-co-(acetato de vinila)] – EVA – que apresenta a fórmula  $(C_2H_4)_n-(C_4H_6O_2)_m$ , onde os valores dos monômeros  $n$  e  $m$  são definidos pela porcentagem de etileno e de acetato de vinila, respectivamente, presentes na estrutura, variando-se assim os gêneros de EVA. O EVA é sólido, insolúvel em água e, quando termorrígido, apresenta difícil reciclagem (ZATERRA *et al.*, 2005).

O gesso é formado basicamente por sulfato de cálcio, variando de acordo com a sua hidratação e pureza. A fonte mineral do gesso é o gipso, composto essencialmente por gipsita (sulfato de cálcio dihidratado –  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ), além da anidrita ( $CaSO_4$ ) e pequena quantidade de impurezas. As diferentes temperaturas da calcinação da gipsita resultam em diferentes tipos de gesso, de acordo com o grau de hidratação (COUTINHO, 2006). O gesso utilizado na construção civil é o hemidrato beta ( $\beta$ ), conhecido por gesso de Paris ou gesso comum, que apresenta menor pureza e regularidade na estrutura cristalina em relação ao gesso hemidrato alfa ( $\alpha$ ) (utilizado na odontologia e ortopedia), também responsável na fabricação de elementos pré-moldados, como o gesso acartonado (LEITÃO, 2005).

O processo de produção das chapas inicia, quando a gipsita é extraída de minérios, passando pela moagem e posterior calcinação entre temperaturas de 130 °C a 160 °C. Entre duas folhas de papel cartão, aplica-se a mistura homogênea entre o gesso em pó, a água e, em alguns casos, aditivos. Um cilindro de calandra é passado sobre a mistura para uniformização da superfície e adição do papel cartão superior. Quando necessário, após o tempo de secura, as placas são

cortadas por uma guilhotina nos comprimentos requeridos. O tempo no secador para a retirada da água excedente é de extrema importância, pois garante a aderência entre o gesso e o papel cartão. Posteriormente, as placas são acondicionadas para o transporte (PLACO, 2009).

No Brasil, por falta de profissionais capacitados, tem-se perda de qualidade nas instalações do gesso acartonado, resultando no mau isolamento acústico. O problema pode ser resolvido pela adição de materiais isolantes, como a lã de vidro, mas representa elevação do custo (LOSSO; VIVEIROS, 2004).

### 3 Materiais e métodos

Os resíduos utilizados foram provenientes da empresa BoxFlex – Componentes para Calçados Ltda (Campo Bom – RS) e moídos até granulometria 4,0 mm em um processador industrial e, posteriormente, peneirados até granulometria entre 1,4 e 2,0 mm.

O gesso acartonado foi produzido em laboratório, através da mistura e homogeneização manual e adaptação dos processos realizados na produção industrial, utilizando o gesso fundição. Primeiramente, foi realizada a mistura entre o pó de gesso e o resíduo nas porcentagens de 10%, 15% e 20% m/m e, posteriormente, foi adicionada água na relação água/gesso de 0,9. Os corpos-de-prova foram feitos a partir de moldes padrões, nos quais, com prensa, se garantiu seu preenchimento total.

Todos os corpos-de-prova foram submetidos à secagem em estufa a 120 °C, durante 48 horas, para eliminação da água excedente, conforme o processo industrial.

#### 3.1 Ensaio de determinação da massa específica

Determinou-se a massa específica dos corpos-de-prova preparados com um molde de placa de 10,0 X 10,0 X 2,0 cm. Após a montagem e secagem dos corpos-de-prova, seguiu-se à pesagem e medição das dimensões (utilizando um paquímetro).

#### 3.2 Ensaio de determinação de resistência à compressão - NBR 12129 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1991)

Realizou-se três ensaios de compressão a uma temperatura de 25 °C com moldes cúbicos de 50,0 mm de aresta, pela aplicação de carga contínua em uma das faces do corpo-de-prova, até a sua ruptura. A média dos três resultados foi obtida.

#### 3.3 Ensaio de medição de ruído para determinação do isolamento acústico – NBR 10151 (adaptado) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000)

Para esse ensaio, foi construída uma caixa de gesso puro e uma de cada percentual de resíduo incorporado. O teste foi realizado em uma sala com ruídos externos, isolando-se as medições, foram feitas a 1,5 metros da fonte sonora. A fonte sonora utilizada foi um alarme de incêndio. No interior de cada caixa, colocou-se a fonte sonora e realizaram-se cinquenta medições da intensidade do som através de um decibelímetro, a cada cinco segundos.

#### 3.4 Ensaio de determinação de isolamento térmico

Numa placa de metal de aquecimento uniforme, foram colocados os moldes de 10,0 X 10,0 X 2,0 cm, para determinar a massa específica. Em três realizações de duração de trinta e cinco minutos cada, a temperatura da água, contida em um béquer, que estava em cima dos moldes, foi determinada por um termômetro, a cada um minuto. A partir do aumento da temperatura da água em função do tempo, foi calculado o percentual do isolamento térmico.

## 4 Resultados e discussões

#### 4.1 Ensaio de determinação da massa específica

A tabela 1 mostra que a incorporação dos resíduos resultou em uma diminuição da massa específica de até 15% m/m, provocada pelo EVA que possui menor massa específica.

Tabela 1: Resultados do ensaio de determinação da massa específica

Moldes	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )		Média massa específica e desvio padrão (kg/m <sup>3</sup> )
Gesso puro	787,38	761,84	774,61 ± 18,06
Gesso + 10% resíduo	695,08	677,20	686,14 ± 12,64
Gesso + 15% resíduo	687,02	676,31	681,67 ± 17,52
Gesso + 20% resíduo	730,78	743,61	737,20 ± 09,07

Fonte: Os autores (2013).

A diminuição da massa específica é uma característica favorável para aplicação na construção civil, uma vez que a estrutura do prédio ficaria mais leve. O aumento do resultado nas amostras em 20% m/m foi, provavelmente, provocado pela saturação de incorporação, pois, como o volume de resíduo era alto, a mistura manual na preparação pode ter sido prejudicada pela dificuldade de homogeneização e, conseqüente, compactação, devido à heterogeneidade do resíduo.

Conforme a figura abaixo, podemos observar que, mesmo que ocorra a incorporação dos resíduos, a uniformidade da placa permanece regular, quanto à visibilidade. Isso se torna um benefício, pois garante que o produto seja inserido normalmente no mercado.

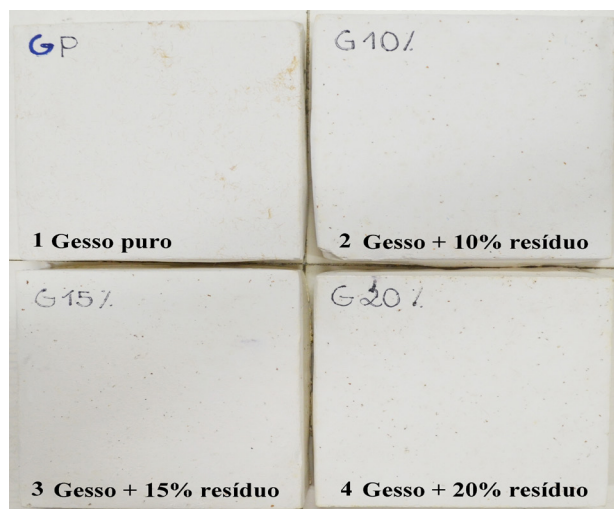


Figura 1: Aspecto do gesso puro e modificado  
 Fonte: Os autores (2013).

#### 4.2 Ensaio de determinação de resistência à compressão - NBR 12129 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1991)

O aumento da resistência à compressão com a incorporação dos resíduos se deve à alta flexibilidade do EVA, ali contidos. Pelas porcentagens de 0% m/m e 10% m/m, o desvio padrão é relativamente alto, enquanto que, nas porcentagens de 15% m/m e 20% m/m, o desvio apresenta-se menor (figura 2). Isso se deve à baixa resistência mecânica dos blocos de gesso puro e dos blocos com 10% de resíduo. Ambos trincavam durante a realização do teste.

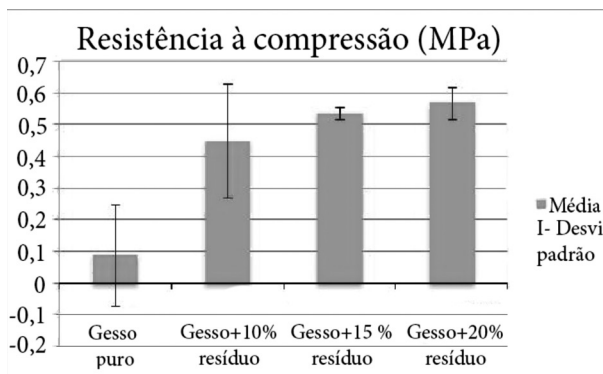


Figura 2: Resultados do teste de resistência à compressão  
 Fonte: Os autores (2013).

#### 4.3 Ensaio de medição de ruído para determinação do isolamento acústico - NBR 10151 (adaptado) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000)

Segundo a norma, quando as medições passarem de seus níveis de critério de avaliação, de

acordo com área e horário da medição, um novo critério passa a ser o considerado como primário. Por isso, apenas a medição do alarme de incêndio

(tabela 2) foi considerada como critério de avaliação do desempenho das caixas de gesso puro e modificado.

Tabela 2: Média e desvio padrão das medições realizadas no ensaio de determinação do isolamento acústico

Moldes	Média e desvio padrão (dB)
Sem gesso	100,40 ± 0,59
Gesso puro	92,70 ± 3,59
Gesso + 10% resíduo	90,35 ± 0,96
Gesso + 15% resíduo	84,09 ± 4,49
Gesso + 20% resíduo	83,51 ± 1,17

Fonte: Os autores (2013).

A partir dos resultados, calculou-se a porcentagem do isolamento acústico (figura 3).

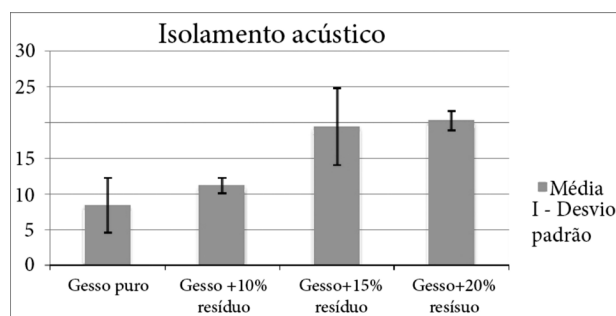


Figura 3: Resultados do teste de isolamento acústico  
Fonte: Os autores (2013).

Contata-se que, até 10% m/m, há pouco isolamento acústico, no entanto 15% m/m e 20% m/m de incorporação apresentaram aumento considerável em relação ao gesso puro. Pode-se explicar que, pelo fato do EVA ser expandido e estar presente no resíduo, ele apresenta propriedades isolantes. E, quanto maior a porcentagem de incorporação, maior o isolamento acústico, ponto extremamente importante do produto final, já que, como citado na introdução, um dos grandes problemas apresentados pelo gesso puro é a falta deste isolamento.

#### 4.4 Ensaio de determinação de isolamento térmico

Assim como ocorreu no isolamento acústico, os resíduos também aumentaram o isolamento térmico, mas em menor proporcionalidade (figura 4).

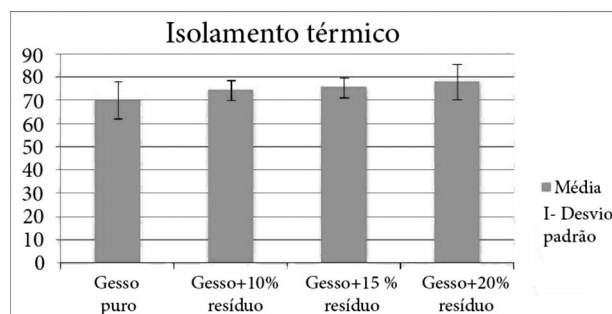


Figura 4: Resultados do teste de isolamento térmico  
Fonte: Os autores (2013).

Dessa forma, a diferença entre o gesso puro e o gesso com 20% de resíduo é de aproximadamente 8%.

#### 4.5 Custo para comércio do resíduo na substituição parcial do gesso fundição

Para o estudo de viabilidade deste trabalho, consideramos a compra de um moinho adequado aos resíduos de palmita pela empresa

geradora do resíduo. Usando o preço de venda de R\$ 0,50 por kg de resíduo, que é o preço do gesso puro, a indústria de palmilhas passaria a vender seu resíduo, já moído, e o valor investido seria retornado em sete meses, para posterior lucro em torno de R\$ 6.000,00 mensais. Para o fabricante do gesso, além de conseguir melhorar a qualidade do seu produto, ainda seria possível a redução do custo do mesmo, devido à menor densidade e menores perdas por trincas e quebras durante a preparação das placas.

## 5 Conclusão

Torna-se possível reaproveitar inteiramente o resíduo da palmilha, de uma forma nunca testada antes, apenas a partir de sua moagem e incorporação às placas de gesso acartonado. Sendo assim, uma ideia original, uma vez que o projeto é o primeiro a ser encontrado na bibliografia disponível, seguindo seus objetivos, resultados e conclusão.

O gesso acartonado modificado apresentou melhoras, devido ao aumento da resistência à compressão, do isolamento térmico e acústico e da diminuição da massa específica, permanecendo adequado ao uso na construção civil.

Fica estabelecido que o melhor percentual de incorporação é de 15% m/m, considerando que com 10% m/m não foi possível perceber mudanças significativas nas propriedades em relação ao gesso puro. Houve melhora na resistência à compressão, no isolamento térmico e acústico, aproximando-se da incorporação de 20% m/m. No entanto, a diminuição da massa específica do gesso com 15% m/m é o fator determinante para tal estabelecimento.

O sucesso do processo de incorporação possibilita um novo mercado para as empresas calçadistas e as de produção de gesso acartonado, pois a empresa geradora dos resíduos passa a vendê-los, garantindo maior lucro e não passando mais a se responsabilizar pelos possíveis danos causados ao meio ambiente. Em contrapartida, a empresa de gesso acartonado aprimora seu produto, com possível redução no preço final.

Portanto, constata-se que, através do reaproveitamento dos resíduos de palmilha à base

de EVA, consegue-se aprimorar determinadas propriedades do gesso acartonado, conciliando lucro, qualidade e consciência ecológica.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO (ABIPLAST). **A indústria brasileira da transformação de material plástico: perfil 2003**. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12129: MB-3470 - gesso para construção - determinação das propriedades mecânicas**. Rio de Janeiro, 1991.

\_\_\_\_\_. **NBR 10151: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade**. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14000: sistemas de gestão ambiental**. Rio de Janeiro, 2004a.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14001: sistemas de gestão ambiental - requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004b.

COUTINHO, J. S. **Materiais de construção 2: 1ª parte – ligantes e caldas**. 2006. 152 f. Tese (Faculdade de Engenharia) - Universidade do Porto, Porto, 2006.

LEAL, A. F. *et al.* Compósitos à base de gesso com resíduos de EVA e vermiculita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 684-689, mar. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n6/v16n06a14.pdf>>. Acesso em: 22 maio 2013.

LEITÃO, M. A. S. **Gesso: conhecimento e uso na engenharia**. 2005. 8 f. Tese – (Departamento de Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

LOSSO, M.; VIVEIROS, E. **Gesso acartonado e isolamento acústico: teoria versus prática**

**no Brasil.** In: I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2004, São Paulo. Disponível em: <[http://www.gaama.ufsc.br/articles/Especializadas/04\\_07\\_2004.pdf](http://www.gaama.ufsc.br/articles/Especializadas/04_07_2004.pdf)> Acesso em: 13 maio 2013.

PLACO - Processo de Produção Drywall Placo (2009). Disponível em: <<http://www.placo.com.br>>

[placo.com.br/produtos-drywall/tudo-sobre-drywall/processo-producao-drywall/processo-producao-drywall.asp](http://www.placo.com.br/produtos-drywall/tudo-sobre-drywall/processo-producao-drywall/processo-producao-drywall.asp)>. Acesso em: 14 maio 2013.

ZATERRA, A. J. *et al.* Caracterização de resíduos de copolímeros de Etileno-Acetato de Vinila – EVA. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 73-78, 2005.