

## REAPROVEITAMENTO DE REJEITOS DE E.V.A. PARA A PRODUÇÃO DE PLACAS UTILIZÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.

Reuse of E. V. A. rejection to produce useful plates in building.

Lucimara Aparecida Schambeck Andrade (1); Rennan Medeiros (2).

*Professora Mestre, Departamento de Engenharia Civil, UNISUL.*

*Graduando em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, UNISUL.*

*Rua Padre Dionísio da Cunha Laudt, s/n, Dehon, 88704-900, Caixa-Postal 370, Tubarao-SC - Brasil*

### Resumo

Esta pesquisa teve por objetivo estudar a viabilidade de utilizar o E.V.A., poliacetato de vinila, resíduo gerado pela indústria calçadista, como agregado em micro concreto leve e testar sua capacidade como isolante acústico. A aplicação deste copolímero na construção civil será como agregado alternativo em placas pré-moldadas ou, ainda, no estado fresco para enchimento de lajes cuja resistência à compressão uniaxial deverá alcançar no mínimo 3,0 MPa. Foram moldados corpos-de-prova cilíndricos com agregados naturais diversos e E.V.A., testadas as resistências dos referidos corpos de provas e analisados os resultados para encontrar a dosagem ideal, mantendo fixo o 28º dia como fim da cura devido ao tipo do Cimento Portland utilizado. Referente aos ensaios de acústica, resistência à flexão e à compressão uniaxial, foi encontrada a dosagem ideal para moldar placas de micro concreto leve, com adição de cinza volante proveniente da Empresa Tractebel Energia complexo termoeletrico Jorge Lacerda, testadas de acordo com a NBR 10151/2000, NBR NM 55/1996 e NBR NM 101/1996, observando as alterações das amostras. Os resultados obtidos demonstram que o rejeito da indústria calçadista pode ser reaproveitado como agregado leve em micro concreto, podendo ser utilizado na produção de placas pré-moldadas e como compósitos utilizáveis na construção civil para enchimento de lajes e isolamento acústico.

*Palavra-Chave: E.V.A. - Poliacetato de vinila. Isolante acústico. Micro concreto leve.*

### Abstract

This search had the goal to study the feasibility to use E.V.A. (vinyl polyacetate) waste generated by footwear industry, as aggregate in lightweight micro concrete and test its capacity as an acoustic insulating. The application of this copolymer in building will be as an alternative aggregate in pre molded plaques or in fresh to fill slabs whose resistance to uniaxial compression will achieve the minimum of 3,0 MPa. Cylindrical specimens were molded with several natural aggregates and E.V.A. Thereafter the resistance of these specimens was tested and analyzed to find the optimal dosage, keeping fixed at 28<sup>th</sup> day as the end of curing because of the kind of Portland cement used. About the acoustic tests, the resistance to flexion and to uniaxial compression, the optimal dosage found to mold light weight micro concrete plaques with addition of fly ash from the enterprise Tractebel Energy complex thermoelectric Jorge Lacerda. The tests were performed accordingly to NBR<sup>1</sup> 10151/2000, NBR NM 55/1996 e NBR NM 101/1996, observing the specimens changes. The results show the waste from footwear industry can be reused as aggregate in light weight micro concrete, as well as to produce pre molded plaques and as useful composites in building to fill slabs and acoustic insulating.

*Keywords: E.V.A. – vinyl polyacetate. Acoustic insulating. Light weight micro concrete.*

---

<sup>1</sup> T. N.: NBR is an acronym to Brazilian standard rules.

## 1 Introdução

Os rejeitos de E.V.A. constituem-se como poluentes do meio ambiente por seu longo período de degradação, sendo provenientes, principalmente, da indústria calçadista. Não são conhecidos programas ou meios de reaproveitamento que absorvam o rejeito desses produtos, que não devem ser descartados na natureza. Com a crescente expansão da construção civil e a necessidade de adequação à legislação vigente, no que diz respeito à propagação de ruídos em edificações residenciais, faz-se necessária pesquisa de materiais de baixo custo que atendam a demanda dos últimos tempos. A reutilização de rejeitos, além de evitar o descarte de materiais não biodegradáveis na natureza, ainda possibilita seu uso como matéria prima de baixo custo para diversos setores da construção civil. A reutilização desses materiais, aliada ao desenvolvimento sustentável de todos os setores da sociedade, justifica este estudo por atender às diversas carências citadas acima, sobretudo à adequação à legislação no que diz respeito à NBR 15575/2009. Dessa forma, a utilização dos rejeitos de E.V.A. que, no meio ambiente seriam poluentes, na construção civil poderá amenizar o impacto de tais rejeitos, ao mesmo tempo em que oferecerá soluções de baixo custo nas obras, podendo, também, gerar novo empreendimento, empregos e amenizar a extração de materiais que, em muitos locais do país, já estão escassos e proibidos de serem retirados da natureza.

### 1.1 Resíduo de E.V.A.

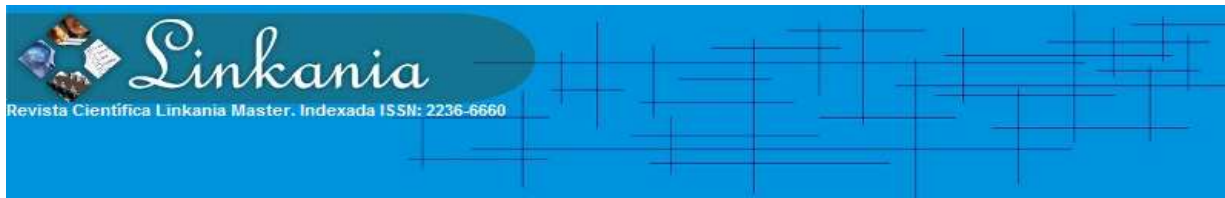
O desenvolvimento tecnológico traz inúmeros benefícios à sociedade. Contudo, há um preço a ser pago: não é raro descobrirmos que determinados materiais, que nos beneficiam em diversas áreas, são altamente poluentes e o E.V.A. é um deles. O poli[(etileno)-co-(acetato de vinila)] (copolímero E.V.A.), que possui grande aplicação na indústria calçadista por sua aplicabilidade na confecção de palmilhas e entressolas, produzidas a partir de placas expandidas recortadas geram, de acordo com Zatera et al., (2005), apenas na região sul do Brasil, quantidades de resíduos superiores a 200 toneladas/mês. Pesquisas realizadas anteriormente apontavam que a incidência do resíduo de E.V.A. proveniente da indústria calçadista variava entre 12 a 20% sobre o [www.linkania.org](http://www.linkania.org)

consumo deste co-polímero (GARLET & GREVEN, 1997). Tais cifras variam de acordo com o processo empregado no corte, estimando que a produção média de resíduos deste tipo nesta região, na época, oscilava em torno de 400 toneladas por mês, de acordo com pesquisa realizada na região do Vale dos Sinos, no Rio Grande do Sul, em importante produtora de calçados.

O maior agravante ainda é o fato de que o E.V.A. não é biodegradável, gerando acúmulo em aterros. Com a necessidade de sustentabilidade de a indústria adaptar-se à realidade atual, buscou-se caracterizar resíduos de E.V.A., visando à reciclagem mecânica desse material. Estudos de Zatera et al (op cit) mostram que análises em MEV (microscópio eletrônico de varredura) demonstraram que o resíduo de EVA apresenta uma morfologia micro celular que é destruída após o processo de moagem. Então, apresenta-se em duas fases, uma reticulada (matriz) e outra não-reticulada (dispersa). Ainda em Zatera (idem) vemos que o resíduo de EVA apresentou teor de gel de aproximadamente 75% em massa, cerca de 20% em massa de acetato de vinila (VAc), fora processado a partir de EVA com aproximadamente 28% de VAc e possui teor de carga inorgânica de 20% em massa, segundo análises em TGA.

O resíduo de EVA apresentou maiores valores de módulo elástico e de dureza, e menores valores de alongação na ruptura e de resistência ao impacto Izod. O custo energético da moagem do resíduo de EVA foi calculado como sendo inferior a 5% do valor do EVA virgem, de acordo com Zatera et al. (2005) e Garlet & Greven (1997).

Os polímeros apresentam comportamento diverso, podendo ser classificados em termoplásticos e termofixos (ROLIM, 1999). Os primeiros permitem fusão por aquecimento e nova moldagem após o resfriamento; os termofixos ou termorrígidos não podem ser reprocessados, pois se decompõem pelo reaquecimento, mas não se fundem (PREZOTO apud GARLET & GREVEN, 1997). A grande dificuldade de reprocessamento do E.V.A. encontra-se justamente em sua característica termofixa. Por essa razão optou-se, nesse estudo, pela moagem do E.V.A. para obtenção de material aplicável em misturas para utilização em um concreto polimérico leve útil na construção civil para enchimento de laje, reduzindo sua carga própria e como isolante acústico.



**Revista Científica Indexada Linkania Master - ISSN: 2236-6660**

**Ano 2 - Nº 03 – Abril/Julho de 2012**

## 1.2 Micro Concreto

O material classificado como micro concreto é todo aquele que, em sua composição, possui agregados com dimensão máxima de 9,5mm. Uma das aplicações deste concreto é a de Compósitos para enchimento de laje que será a aplicação do material formado durante esta pesquisa (MEHTA, 2008. NEVILLE, 1997).

## 2 Materiais e Metodologia Experimental

Seguindo a metodologia estabelecida, inicialmente foi realizada a Pesquisa bibliográfica com objetivo de fundamentar o estudo, logo após, foi realizado um levantamento sobre a produção do resíduo com ênfase na região Sul do Brasil, onde se percebeu que há uma grande produção do resíduo. Após o levantamento das empresas próximas da região de Tubarão, foi solicitado o material para estudo. Já em laboratório, foi redimensionado todo o resíduo doado a ser adicionado nas dosagens de aperfeiçoamento, passando na peneira 9,5mm, após esta etapa foram selecionados os demais agregados a serem utilizados. Todo o material a ser utilizado foi classificado para verificar se o mesmo se encontrava dentro das normas de agregados da ABNT e posteriormente foram calculadas dosagens para parâmetros iniciais de aperfeiçoamento e comparação de acordo com Helene (1993).

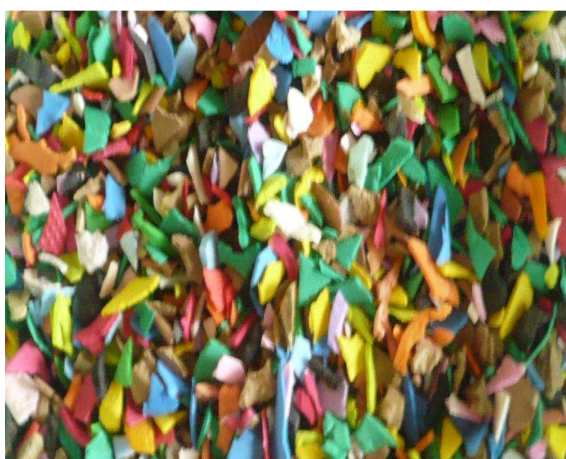


Figura 1 – Resíduo de E.V.A. com dimensão máxima de 9,5mm.

## 2.1 Estudo de dosagens de Concreto Leve

Para proceder com as execuções das dosagens dos concretos leve à base de Cimento Portland, foi utilizada, como referência, a NBR NM 79/1996. A tabela 1 apresenta uma parte inicial das relações de materiais utilizados denominados traços. Estes foram produzidos e ensaiados à compressão uniaxial tendo como base a NBR NM 101/2007. Após a obtenção dos resultados referentes a tais traços, foram aperfeiçoados os cálculos a fim de encontrar a relação ideal de materiais possibilitando, ainda, utilizarmos o máximo de resíduo atingindo a resistência mínima para a finalidade de aplicação desejada.

Tabela 1 – Composição unitária dos traços de concreto leve.

Traço	Cimento	Areia	Resíduo	Brita	Água	Cinza
01	1,0	2,45	0,60	3,50	0,45	-
02	1,0	2,55	0,50	3,50	0,45	-
03	1,0	2,65	0,40	3,50	0,45	-
04	1,0	2,75	0,30	3,50	0,45	-
05	1,0	2,85	0,20	3,50	0,45	-
06	1,0	2,95	0,10	3,50	0,45	-
07	0,8	2,60	0,55	3,50	0,45	0,2

Todas as dosagens reproduzidas tiveram sua massa específica determinada para fins de comprovação que o material resultante realmente era um concreto leve que, de acordo com Mehta (2008), concretos desta categoria devem possuir densidade menor que  $1.800\text{Kg/m}^3$ , estando os resultados de densidade do material final deste estudo abaixo dos parâmetros da metodologia adotada. Podemos, então, denominar este compósito polimérico como um concreto leve.

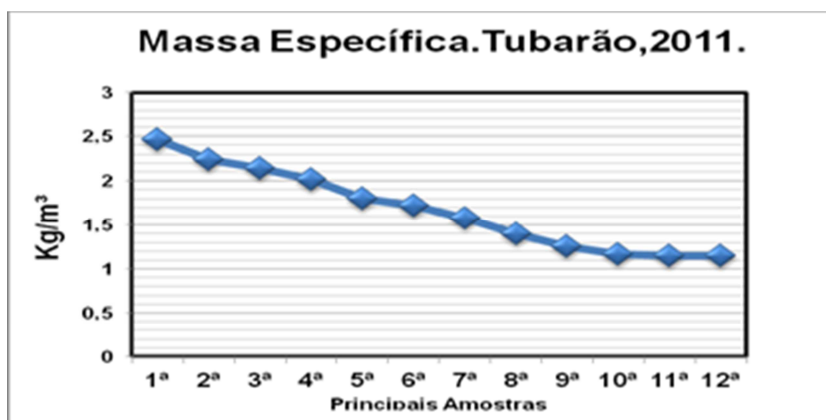


Figura 2 – Massa Unitária das principais amostras.

## 2.2 Ensaios de Compressão Uniaxial

O traço que apresentou melhor desempenho à compressão uniaxial e aos testes de acústica foi o traço 07, com a adição de cinza volante proveniente da Tractebel complexo Termelétrico Jorge Lacerda instalado na cidade de Capivari de Baixo – SC. Este traço foi aperfeiçoando e ensaiado em diferentes amostras. Sua resistência final foi estimada para os 28 dias de idade, sendo estes resultados os mais relevantes apresentados no gráfico mais abaixo.

A amostra 9<sup>a</sup>, cujo resultado pode ser visto na figura 1 é referente ao traço 02 que, entre os seis primeiros traços, foi o que obteve mais alto desempenho. Já a amostra 10<sup>a</sup> é a reprodução do traço 07, que mostrou um desempenho mais alto que as amostras anteriores de todos os traços calculados, aperfeiçoados e reproduzidos.

Já havíamos conseguido resultados acima do necessário. Entretanto, havia a possibilidade de ainda aperfeiçoar o traço referente à 10<sup>a</sup> amostra. Então, foi recalculado o traço 06 e determinada uma nova relação, que obteve os melhores resultados, denominado traço 07 sendo este referente às amostras 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> que não possuem variação nenhuma entre si. Assim, foram reproduzidas duas vezes apenas para comprovar com mais amostras que esta seria a dosagem ideal para a produção do compósito polimérico proposto no início desta pesquisa.

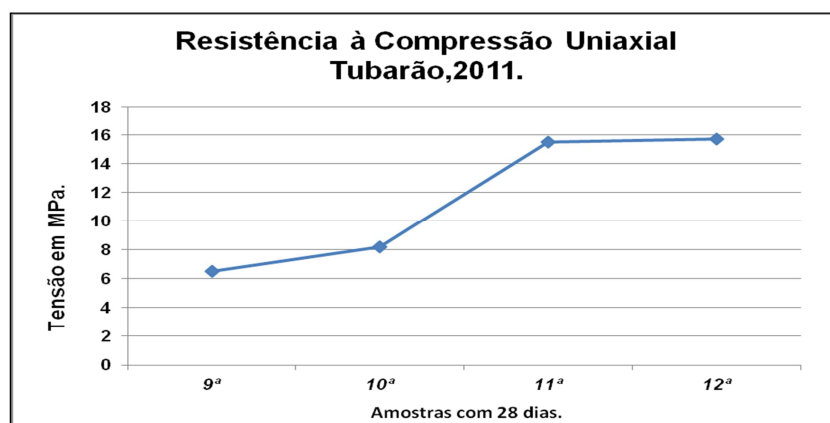


Figura 3 – Resultados dos Ensaios à compressão Uniaxial das amostras com resultados mais relevantes.

### 2.3 Ensaios de Flexão

Foram moldadas placas com os traços que apresentaram melhor desempenho nos ensaios de compressão uniaxial para que as mesmas fossem testadas à flexão. Estes ensaios foram baseados na NBR NM 55/1996.

O cálculo da tensão de ruptura em MPa foi obtido através da seguinte equação:

$$R = \frac{Q \cdot L}{10 \cdot b \cdot h^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

R: é o módulo de ruptura, em megapascales;

Q: é a carga máxima registrada na máquina de ensaio, em decanewtons;

L: é a dimensão do vão entre os apoios, em centímetros;

b: é a largura média do corpo-de-prova, em centímetros;

h: é a altura média do corpo-de-prova, em centímetros;

Os ensaios de flexão realizados em três das amostras mais resistentes à compressão atingiram uma média de 0,17 MPa, e as amostras 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> obtiveram uma média de 0,21 MPa.



Figura 4 – Execução de ensaio de Flexão.



Figura 5 – Execução de ensaio de Flexão.



#### 2.4 Ensaios de acústica

Para realização do ensaio de acústica foram confeccionadas placas com dimensões estabelecidas pelos pesquisadores e com elas foram montadas caixas de concreto leve. Estas caixas foram testadas com um decibelímetro. Como resultado, este material apresentou uma resistência ao som considerada dentro dos padrões de moradias urbanas, conforme a NBR 10151/2000.

O nível de ruídos na moradia foi definido através da seguinte equação:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10 \frac{L_i}{10} \text{ (Equação 2)}$$

Onde:

$L_{Aeq}$ : é o nível de pressão sonora equivalente, em dB(A);

$L_i$ : é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5s, durante o tempo de medição do ruído;

$n$ : é o número total de leituras.



Figura 6 – Caixa de concreto leve utilizada no ensaio de acústica.



Figura 8 – Equipamento utilizado nos ensaios de acústica.



Figura 7 – Caixa de concreto leve utilizada no ensaio de acústica.



Figura 9 – Equipamento utilizado nos ensaios de acústica.

Através do ensaio de acústica, sendo realizadas 6 leituras por ensaio efetivadas em cada uma das amostras 8<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup>, 11<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup>, sendo estas as que apresentaram melhores resultados nos ensaios mecânicos. Todas as outras amostras testadas quanto seu isolamento acústico apresentaram resultados satisfatórios de nível de pressão sonora equivalente em média 22,23dB(A), atendendo às especificações da NBR 10151/2000, Itens 6.2.3 e 6.2.4, tabela 1.

Na amostra 12<sup>a</sup> obteve-se o resultado do nível de pressão sonora em torno de 19,90 dB(A), ficando o valor abaixo dos níveis de avaliação para ambientes internos e externos determinados pela NBR 10151/2000, itens 6.2.3 e 6.2.4, tabela 1.

### **3 Considerações Finais**

Esta pesquisa buscou caracterizar um material alternativo, classificado como poluente gerado em grande quantidade e depositado no meio ambiente em aterros sanitários e lixões, que pudesse ser aplicado na construção civil como agregado em um micro concreto com função de isolante acústico, pois o material utilizado para este fim disponível no mercado tem custos altos e por não ser tão exigido nas edificações fica em segundo plano dos engenheiros responsáveis pela execução.

Após a análise dos resultados apresentados através dos inúmeros ensaios realizados é possível afirmar que o resíduo (copolímero EVA) oriundo da indústria calçadista pode ser aplicável como agregado em micro concreto leve para o fim de enchimento de laje como isolante acústico, sendo que este material deve ser aplicado em mistura ainda fresca, espalhada por toda a área da laje. O mesmo material em placas pré-fabricadas coladas sobre a laje com argamassa colante para isolar o pavimento inferior. Este compósito apresentou um ótimo desempenho como isolante acústico atendendo as normas vigentes da ABNT.

Os resultados dos ensaios mecânico realizados nas amostras do micro concreto leve desenvolvido nesta pesquisa apresentaram resultado acima do esperado mostrando que o resíduo utilizado tem um bom desempenho como agregado mesmo tendo sua dimensão máxima característica considerada grande devido a sua densidade.

O material desenvolvido nesta pesquisa apresentou uma solução viável para qualquer tipo de edificação de concreto armado em relação ao isolamento acústico que nos últimos anos está sendo mais exigido pelas normas da ABNT de execução de edificações.

Este material destinará um resíduo que possui um longo período de degradação depositado em grandes quantidades no meio ambiente, não são conhecidos meios de reutilização que absorvam todo este resíduo.

#### 4 Referências

ABNT. **NBR 10151**: Acústica: avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

**NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1992.

**NBR 15575-4**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, 2009.

**NBR 5738**: Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2008.

**NBR 7211**: Agregados para concreto: Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

**NBR 7215**: Cimento Portland: Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 2005.

**NBR NM 101**: Concreto: Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

**NBR NM 248**: Agregados: Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

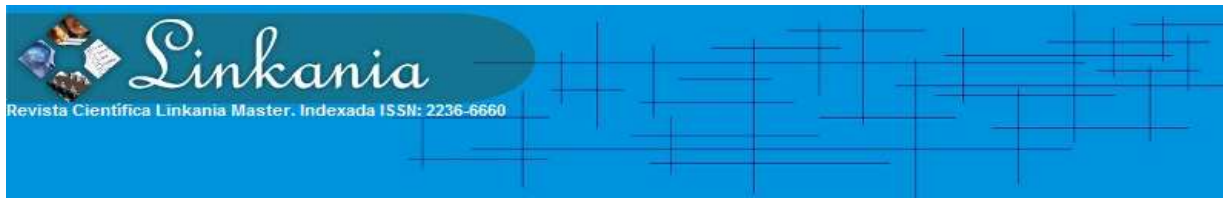
**NBR NM 55**: Concreto: Determinação da resistência à tração na flexão de corpos-de-prova prismáticos. Rio de Janeiro, 1996.

**NBR NM 67**: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.

**NBR NM 79**: Concreto: Preparação de concreto em laboratório. Rio de Janeiro, 1996.

GIAMMUSSO, S. E. **Manual do Concreto**. 1ªed., São Paulo, Ed. Pini, 1992.

GREVEN, G. & GREVEN, H. A. **Aproveitamento de Resíduos de E.V.A da Indústria Calçadista na Construção Civil.**, 1997. Anais: ANTUNES, Helena M. C. Carmo. XXVIII Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural. São Carlos, São Paulo, v. 5, 1 a 5 de setembro de 1997, p.1871-1879.



Revista Científica Indexada Linkania Master - ISSN: 2236-6660

Ano 2 - Nº 03 – Abril/Julho de 2012

HELENE, P. R. L. TERZIAN, P. **Manual de Dosagem e Controle de Concreto**. 1ªed. São Paulo, Ed. Pini, 1993.

MEHTA, P. K. MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestruturas, Propriedades e Materiais**. 1ªed., São Paulo, Ed. Ibracon, 2008.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2ª ed., São Paulo, Ed. Pini, 1997.

RAUEN, F. J. **Roteiros de Pesquisa. Rio do Sul**. Editora Nova Era, 2006.

ROLIM, A. M. **A Reciclagem De Resíduos De EVA Da Indústria Calçadista**. 1999. Disponível em: <[http://www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/grs\\_art\\_03.pdf](http://www.portalga.ea.ufrgs.br/acervo/grs_art_03.pdf)>. Acessado em 20 jun. 2010.

ZATTERA, A. J.; BIANCHI, O.; ZENI, M.; FERREIRA, C. A.. **Caracterização de Resíduos de Copolímeros de Etileno-Acetato de Vinila – EVA**. Polímeros [online], São Carlos, v.15, n.1, p. 73-78, jan./mar. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v15n1/24199.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2010.