



# ALTERNATIVAS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS DE GESSO

Vanderley M. John (1) ; Maria Alba Cincotto (2)

(1) Eng. Civil, Dr. Eng, Prof. Associado john@poli.usp.br

(2) Química, Dr. Eng., Prof. Convidado cincotto@poli.usp.br

Depto. Eng. Construção Civil, Escola Politécnica da USP

## Introdução

O objetivo deste trabalho é discutir as alternativas para gestão dos resíduos de gesso de construção à luz do conhecimento hoje disponível dentro da realidade Brasileira. Esta discussão se insere no quadro de ações que foram geradas pela aprovação da resolução do CONAMA nº307.

O trabalho apresenta uma reflexão a partir de contatos com a indústria, uma revisão bibliográfica e na Internet sobre o tema.

Os autores partem do princípio que, independente da classificação que o gesso tenha na referida resolução CONAMA, é necessário que o setor de gesso estabeleça uma política de gestão adequada para os resíduos do gesso gerados na fabricação, construção e demolição. Ao final do trabalho são apresentadas ações que o setor pode tomar visando estabelecer uma política de desenvolvimento de mercado de reciclagem de gesso.

## Origem dos resíduos de gesso

### Produção industrial de componentes

A indústria de gesso acartonado já recicla seus próprios resíduos industriais, cerca de 3 a 5% (Campbell, 2003; CIWMB, 2003), posto que possuem composição controlada e perfeitamente conhecida.

No entanto, no Brasil as pequenas fábricas de componentes de gesso não possuem fornos e não realizam a reciclagem. A indústria de moldagem de cerâmica de decoração e sanitária também geram uma quantidade significativa de moldes descartados. Esta fração está legalmente fora da resolução do Conama 307. Porém, é provável que os resíduos gerados nas pequenas fábricas de placas representem uma massa significativa que pode ser decisiva na viabilização de operações de reciclagem em escala industrial.

### Perdas na construção

#### Gesso acartonado

As perdas na construção são significativas, devido às atividades de corte. Elas dependem muito da modulação da obra. Estima-se que entre 10 a 12 % do gesso acartonado é transformado em resíduos durante a construção nos EUA (Campbell, 2002). No Brasil a estimativa da indústria é de perdas de 5%<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Contato pessoal com Omair Zorzi (ABRAGESSO)



## Gesso de revestimento

O gesso aplicado como revestimento diretamente sobre alvenaria gera grande quantidade de resíduos, especialmente devido à grande velocidade de endurecimento do gesso de construção brasileiro, associada à aplicação manual por mão de obra freqüentemente com baixa qualificação. Estima-se que a perda típica medida pelo projeto FINEP HABITARE que estimou o desperdício na construção civil é de 45% (Agopyan, 1998), enquanto os fabricantes do gesso em pó estimam perdas em torno de 30% da massa de gesso. Na região da grande São Paulo estima-se um consumo de gesso para revestimento de aproximadamente 20.000 toneladas/mês<sup>2</sup>. Parte das perdas permanecem na parede como excesso de espessura e será incorporado aos resíduos de construção quando da demolição do edifício. Outra parte se torna resíduo de construção.

A redução deste desperdício deve ser prioridade da indústria, pois o custo do material perdido somado ao da gestão dos resíduos pode afetar a competitividade da solução. Ela depende de alterações da formulação do gesso visando ampliar seu tempo útil, conforme proposto por ANTUNES (1999) e em treinamento de mão de obra. A ampliação do tempo útil também apresenta grandes vantagens em termos de produtividade da mão de obra (ANTUNES, 1999).

O grau de contaminação deste resíduo é decidido pela gestão dos resíduos no canteiro.

## Pós-consumo (manutenção e demolição)

A demolição de obras contendo gesso fornece um resíduo potencialmente mais contaminado que os anteriores. Não existe, no momento, parâmetro para estimar esta geração.

# Composição

## Gesso natural

O gesso natural brasileiro é bastante puro. A Tabela 1 apresenta alguns resultados típicos.

**Tabela 1 Composição típica do gesso natural brasileiro (Hincapie Hanao, 1997)**

Propriedade	Amostra:	1	2	3
Água livre	NBR 12130	1,76	0,93	1,35
Água combinada	NBR 12130	5,52	5,35	5,47
Trióxido de enxofre(SO <sub>3</sub> )	NBR 12130	52,9	53,0	53,9
Óxido de Cálcio (CaO)	NBR 12130	37,7	38,0	38,0
Gas carbônico (CO <sub>2</sub> )	NBR 9166	0,58	0,51	0,13
Óxido de Magnésio(MgO)	RILEM	0,33	0,31	0,25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RILEM	0,64	0,54	0,54
RI	RILEM	0,79	1,03	0,81
pH		6,87	6,64	6,92

<sup>2</sup> Contato com Josival A Inojosa de Oliveira (SINDUSGESSO) durante reunião do sub-grupo de Gesso do Grupo de Resíduos da Câmara Ambiental da Indústria da Construção do Estado de São Paulo.



## Gesso acartonado

A composição típica do gesso acartonado é mais complexa. A parcela predominante é de gesso natural hidratado (gipsita), papel (referências mencionam entre 4 a 12%), fibras de vidro, vermiculita, argilas (até 8%), amido, potassa (KOH), agentes espumantes (sabões), dispersantes, hidro-repelentes nas placas resistentes à água. Não existem dados disponíveis sobre a composição dos produtos nacionais. A bibliografia reporta que algumas jazidas de vermiculita podem conter amianto (Addison, 1995). A bibliografia também registra a presença de metais pesados, conforme exemplo da Tabela 2. Aparentemente a presença de boro é a que mais preocupa, particularmente em placas com maior resistência ao fogo.

**Tabela 2 Composição química incluindo a presença de metais pesados em gesso acartonado norte-americano (Carr & Munn, 1997)**

Caracterização Química	Quantidade(%)	Caracterização Química	Quantidade (ppm)
Material seco	96.19	Sódio	161.2
Cinzas	82.89	Manganês	114.4
Nitrogênio	0.15	Fósforo	85.5
Enxofre	17.6	Boro	48.1
Cálcio	23.	Zinco	40.2
Magnésio	7.4	Cromo	21.7
Potássio	0.1	Cobre	10.3
		Chumbo	3.6
		Mercurio	1.2

\* Os valores são a média de quatro réplicas de amostras de gesso acartonado.

## Contaminação dos resíduos de gesso

Além das matérias primas, os resíduos tipicamente incluem contaminantes diversos, oriundos do processo de construção, gestão dos resíduos em canteiro e de uso.

Os resíduos de gesso acartonado podem estar contaminados com metais (pregos, perfis), madeira, tinta. Os resíduos de outros componentes de gesso (placas de forro, blocos, etc) apresentam potencialmente os mesmos contaminantes, adicionalmente a fibras vegetais, como o sisal. O gesso utilizado como revestimento apresenta-se parcialmente aderido a base de alvenaria e não pode ser segregado no canteiro.

A ausência de procedimentos adequados de gestão dos resíduos de gesso no canteiro ou durante a fase de demolição podem introduzir outros contaminantes.

## Gesso e a reciclagem de resíduos de construção

### Sulfato como contaminante de agregados para produtos cimentícios

No caso da reciclagem como agregados para a produção de componentes de concreto de cimento Portland, a presença de gesso é um limitante importante, posto que a reação entre os aluminatos do cimento e o sulfato do gesso em presença de umidade gera a etringita, composto que ocupa



volume muito maior que os reagentes originais, criando tensões expansivas que levam à desagregação das peças de concreto.

A maioria das normas limita o teor de sulfatos nos agregados a um valor máximo de 1%.

Uma das características da geração de resíduos de construção é sua heterogeneidade: cada caçamba tem composição diferente de outra. Caçambas de resíduo geradas na construção, durante a etapa de aplicação de revestimentos de gesso, ou montagem de paredes ou forros de placas vão conter teores de sulfato muito mais elevados que a média. Assim, embora a participação do gesso nos resíduos de construção seja ainda pequena (está em franco crescimento), se não forem tomadas medidas adequadas, poderão ocorrer problemas eventuais, que afetarão a confiabilidade dos agregados reciclados, impedito o desenvolvimento do mercado de reciclados.

A proposta de diluir o gesso na fração mineral complicaria o processo industrial de reciclagem, encarecendo todo processo e, possivelmente, tornando-o economicamente inviável.

Na prática, um crescimento do teor de gesso vai exigir a criação de controles do teor de sulfato nos agregados como parte da rotina de produção.

## Contaminação do gesso em agregados para pavimentação e aterro

Como o gesso também é solúvel em água, a presença em um aterro ou base de pavimentação de pontos com grande concentração de gesso vai trazer problemas no longo prazo devido à formação de vazios pela lixiviação do gesso.

Pode também afetar a composição e pHs da água do solo de forma mais rápida que a fração à base de cimento Portland afeta. Este aspecto não é relevante em regiões onde o solo já é rico em sulfatos.

## Reciclagem do resíduo de gesso como aglomerante

O processo de hidratação do gesso de construção puro resulta em produto com composição exatamente igual a que o originou, a gipsita ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). A reciclagem de resíduos de gesso aglomerante demanda além da moagem, remoção de impurezas, como o papel, uma calcinação a baixa temperatura. As reações são as seguintes:



Segundo a experiência internacional atual é possível reciclar inclusive gesso acartonado que contem outros compostos, produzindo aglomerantes, desde que sejam removidos contaminantes incorporados no processo de geração de resíduos (Campbell, 2003, Marvin 2000, Hummel, 1997). Existem várias tecnologias. Com o progressivo banimento dos resíduos dos aterros sanitários, a reciclagem de gesso vem se tornando progressivamente viável.

Um caso de sucesso é o da empresa canadense *New West Gypsum Recycling* que desde 1986 recicla placas de gesso acartonado, fornecendo matéria prima para a indústria de gesso acartonado e fibra de papel para a reciclagem. A empresa dispõe inclusive de equipamento móvel que pode ser transportado para diferentes localizações. A tecnologia no entanto requer limpeza manual do resíduo. Um dos clientes é a BPB do Canadá, que afirma utilizar até 22% de gesso reciclado sem qualquer prejuízo no desempenho (Campbell, 2003). A Knauf possui central de reciclagem em Iphofen (Alemanha), com capacidade de 20 ton/h (Hummel, 1997). A empresa dinamarquesa *Gipsrecycling* também opera neste mercado e desenvolveu containers especiais onde o resíduo fica protegido da chuva. Nos Estados Unidos, por exemplo, GP-Gypsum opera em Newington, New Hampshire, fabricante de gesso acartonado, opera uma central de reciclagem que aceita somente resíduo limpo e cobra pelos serviços (Marvin, 2000).



## Reciclagem na produção de cimento

A gipsita é adicionada ao cimento Portland na etapa de moagem do clínquer para controlar a pega. No entanto esta atividade exige elevada pureza do produto e dificilmente será importante na reciclagem do gesso reciclado, particularmente porque existem em muitas regiões outras fontes de sulfato de cálcio, como o fosfogesso e o resíduo de gesso industrial, de elevada pureza.

Além da utilização na produção de cimento Portland, existe um processo de produção de calcinação de gesso misturado com  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e C a aproximadamente  $1500^\circ\text{C}$ , gerando cimento e  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Hummel, 1997). Mas, no momento não existem notícia de exista alguma planta operando industrialmente.

## Outras aplicações potenciais

Da revisão bibliográfica realizada, podem ser destacadas outras aplicações para os resíduos de gesso:

- a) **Correção de solos** (Marvin, 2000; CWMB, 2003, Carr & Munn, 1997)  
Com emprego na agricultura, recreação, marcação de campos de atletismo, plantação de cogumelos. A Gypsum Association USA propõe uma alternativa de moagem do gesso no canteiro com aplicação do produto diretamente no solo, em até 22ton/acre (Gypsum Association, 2003). Alguns estados norte-americanos não permitem o lançamento de gesso no solo (NAHB, 2003).
- b) Aditivo para compostagem (Marvin, 2000; CWMB, 2003)
- c) Forração para animais (Marvin, 2000; CWMB, 2003)
- d) Absorvente de óleo (Marvin, 2000; CWMB, 2003)
- e) Controle de odores em estábulos (CIWMB, 2003)
- f) Secagem de lodo de esgoto (CWMB, 2003)

## Gesso em aterros

O gesso em contato com umidade e condições anaeróbicas, com baixo pH, e sob ação de bactérias redutoras de sulfatos, condições presentes em muitos aterros sanitários e lixões, pode formar gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), que possui odor característico de ovo podre, tóxico e inflamável (Environment Agency, 2002, CIWMB, 2003). Segundo CIWMB (2003) esta é a razão pela qual o produto tem sido banido de vários aterros sanitários nos Estados Unidos. Este problema é reconhecido pela Gypsum Association norte-americana no artigo *Treatment and Disposal of Gypsum Board Waste* (Industry Technical Paper) de Janeiro de 1991 (Marvin, 2000). Este problema foi detectado também em aterros destinados exclusivamente a resíduos de construção e demolição da Flórida. Young & Parker (1984) *apud* Environment Agency (2002) discutem o problema.

A Comunidade Européia exige que a deposição de gesso não contaminado em aterros seja feita em células completamente isoladas de resíduos biodegradáveis (item 2.2.1, European Community, 2003).

## Condicionantes da reciclagem de gesso no Brasil

A reciclagem dos resíduos de gesso é tecnicamente possível, com várias aplicações. Mas a viabilização da reciclagem em escala comercial depende de vários fatores, inclusive de características regionais.



## Preço da matéria prima natural e do transporte

Na região de produção, Araripina PE, a matéria prima natural, a gipsita, é abundante e barata, cotada em U\$4,17/ton no ano 2000 (Lyra Sobrinho, 2001). Esta realidade é similar à norte-americana, onde o gesso é também abundante e relativamente barato (Marvin, 2000, CIWMB, 2003).

O custo de transporte da mineração até as indústrias e centro consumidor pode onerar significativamente este preço, podendo significar nas regiões sudeste e sul do Brasil o acréscimo de R\$140/tonelada<sup>3</sup>, ou até 10 vezes o preço da gipsita FOB (LYRA, 2003) .

## Custo do processamento

O processo de reciclagem é mais complexo que o de produção a partir de matéria virgem, e consome mais energia e requer mais mão-de-obra. A necessidade de sistemas complexos de coleta e diferentes processamentos visando a remoção de contaminantes não estão presentes quando se usa matéria prima natural (Marvin, 2000, Campbell, 2003). O consumo de mão-de-obra e o investimento em equipamentos certamente tornam o processamento industrial da reciclagem do gesso mais caro que o processamento da matéria prima natural.

Assim o custo do processo de reciclagem é potencialmente superior, para gerar um produto que, devido à presença produtos embebidos na matriz (aditivos, fibras, etc) e ineficiência da separação, o gesso de construção produzido possui variabilidade de desempenho certamente superior ao do gesso obtido da matéria prima natural.

## Quantidade de resíduos de gesso

Em muitas regiões a massa de resíduos de gesso gerada não deverá ser suficiente para permitir a estruturação de um negócio de reciclagem de gesso auto-sustentável, mesmo que a utilização do gesso continue crescendo na velocidade dos últimos anos.

## Gestão dos resíduos em canteiro

A segregação do resíduo de gesso no momento da geração e o controle de sua contaminação nas etapas de estoque e transporte são condição para tornar a reciclagem possível. Este tipo de medida depende da conscientização das empresas especializadas em gesso, construtores, engenheiros e operários, papel que cabe às organizações setoriais.

## Preço de tratamento do resíduo

Cobrar dos geradores uma taxa é uma das formas existentes para tornar a reciclagem do gesso viável nos EUA (Marvin, 2000, CIWMB, 2003).

O pagamento pelo transporte de resíduos de construção é hoje prática comum nas construtoras dos grandes centros. O preço cobrado pelos transportadores inclui muitas vezes o preço do aterro de resíduos de construção privado. O aterro privado tem preço competitivo ao custo de transporte até os aterros públicos, normalmente gratuitos. Em São Paulo, onde existe apenas um aterro municipal gratuito e as distâncias de transporte são muito grandes, o preço do aterro privado varia de acordo com a localização, podendo chegar a cerca de R\$10 por container de 4m<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> Contato com Josival A Inojosa de Oliveira (SINDUSGESSO) durante reunião do sub-grupo de Gesso do Grupo de Resíduos da Câmara Ambiental da Indústria da Construção do Estado de São Paulo.



É certo que o preço de processamento deverá ser mais alto quanto mais próximo se estiver da região produtora de matéria prima. Como o preço cobrado pela gestão do resíduo afeta a atratividade dos produtos de gesso pelas construtoras, é provável que seja necessário aos fabricantes subsidiar fortemente a gestão dos resíduos em regiões próximas à região produtora.

## Proposta de ação

A disposição de gesso em aterros sanitários não é prática recomendada, exceto quando enclausurado e sem contato com matéria orgânica e água. Também não é viável a diluição da fração gesso, a não ser aquela incorporada como revestimento de alvenarias, nos agregados minerais.

Assim é necessário o desenvolvimento de um Plano Nacional para a Gestão de Resíduos de Gesso sob a liderança dos fabricantes de gesso de construção e produtos de gesso, com a participação dos demais integrantes da cadeia do gesso, incluindo empresas especializadas em instalação de produtos de gesso, construtores e representantes do poder público. Este plano pode incluir:

### Programa de redução da geração dos resíduos

Este programa visa aumentar a competitividade dos produtos de gesso, posto que a gestão dos resíduos possui custo elevado. Deverá incluir técnicas de projeto de edifícios empregando modulação dimensional, fundamental para reduzir o resíduo de gesso acartonado e blocos de gesso até alterações na formulação de produtos como o gesso de revestimento (ampliação do tempo útil) e plaquetas.

Naturalmente este tipo de atividade afeta somente os resíduos gerados na produção e não os de pós-uso.

### Programa de gestão dos resíduos de gesso

Este programa tem por objetivo melhorar a qualidade do resíduo ofertado, facilitando a reciclagem. Está baseado na coleta seletiva/segregada dos resíduos de gesso, particularmente em canteiros e demolição. Portanto o treinamento de equipes de aplicação de produtos de gesso é fundamental. É também fundamental a participação dos construtores, através das entidades representativas. Mais difícil, mas também importante é desenvolver ações para motivar as empresas de demolição. Também é importante incluir no programa as pequenas indústrias de plaquetas que ao aumentarem a oferta de resíduos convenientemente tratados, tornam mais facilmente viável a operação das centrais de reciclagem.

Uma parte essencial do programa é o desenvolvimento de parcerias com empresas de transporte dos resíduos. Particularmente pode ser desejável o desenho de containers especiais para maximizar a reciclabilidade dos resíduos.

### Desenvolvimento de mercado de reciclagem de gesso

A transformação de um resíduo em um produto viável no mercado é tarefa complexa que demanda conhecimentos técnicos, de mercado e até aspectos legais (JOHN, 2002).

Neste caso específico deverá envolver as atividades de (a) identificação precisa do resíduo gerado e seus contaminantes em diferentes cenários; (b) determinação das quantidades de cada tipo de resíduo; (c) investigação de oportunidades de reciclagem tecnicamente viáveis e competitivas em diferentes mercados (incluindo escala de produção e tipos de contaminantes); (d) estabelecimento modelos de negócio, incluindo a participação dos geradores dos resíduos e dos produtores no custo do sistema em diferentes cenários; (e) busca de parceiros interessados em estabelecerem o



negócio; (f) parcerias com transportadores; (g) sistemas de licenciamento ambiental e desenvolvimento de mercado para o produto.

Trata-se portanto de atividade complexa e que vai requerer substancial esforço dos envolvidos e inclusive atividades de pesquisa e desenvolvimento.

Para tornar o sistema viável economicamente é provável que venha a ser necessário estudar alternativas de deposição segura de gesso para ser aplicada em pequenas cidades e em áreas próximas da matéria prima. Este aspecto vai exigir do setor, em seu devido tempo, uma estratégia de negociação complexa com junto ao CONAMA.

## Conclusão

Embora potencialmente reciclável, aspectos de mercado e da inevitável contaminação, dificultam a reciclagem dos resíduos do gesso. A deposição do gesso em aterros somente é recomendável se realizada em células isoladas sem contato com matéria orgânica ou umidade. Esta alternativa é possivelmente cara, especialmente em grandes cidades.

A experiência de outros países demonstra no entanto que, apesar das dificuldades, é possível estabelecer mercado de reciclagem viável, dentro dos limites antes discutidos.

## Referências

- AGOPYAN, V. *et al.* **Alternativas para redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras.** São Paulo, FINEP, ITQC, Escola Politécnica da USP, 1998
- ANTUNES, R.P.N. Estudo da influência da cal hidratada nas pastas de gesso. São Paulo, 1999. 145 p. Dissertação (Mestrado) (disponível no [www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br))
- CAMPBELL, Steve **Lead by Example** Walls and Cieling. Posted on: 03/05/2003.  
[http://www.wconline.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP\\_Features\\_Item/0,3299,93761,00.html](http://www.wconline.com/CDA/ArticleInformation/features/BNP_Features_Item/0,3299,93761,00.html)
- CARR, J.; Munn, D.A. Agricultural disposal method of construction site gypsum wallboard waste. **ASC Proceedings of the 33rd Annual Conference.** University of Washington - Seattle, Washington. April 2 - 5, 1997 pp 253 – 258
- CIWMB (California Integrated Waste Management Board) **Drywall Recycling.** 01/09/03  
<http://www.ciwmb.ca.gov/ConDemo/factsheets/Drywall.htm#Economics>
- CONAMA **RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002.** (Disponível na Internet:  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>)
- Environment Agency **Guidance on the Management of Landfill Gás.** Bristol, 2002 172p.
- EUROPEAN COMMUNITY **Council Decision of 19 December 2002 establishing criteria and procedures for the acceptance of waste at landfills** pursuant to Article 16 of and Annex II to Directive 1999/31/EC (2003/33/EC)
- GYPSUM ASSOCIATION. **Residential Job-Site Disposal of New Construction Waste Gypsum Board.** Consultado em 1 de setembro de 2003  
<https://secure.gypsum.org/topical.html#residential>
- HINCAPIÉ HENAO, Angela Maria **Efeito de substâncias retardadoras de pega nas propriedades do gesso de construção.** São Paulo, 1997. 172 p. Dissertação (Mestrado) (disponível no [www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br))
- HUMMEL, Hans-Ulrich. Recycling von Gipsplatten. **Beitrag zum Darmstädter Massivbau-Seminar 1997,** Band 18, Oktober 1997 (<http://www.b-i->



m.de/public/AddFrame.asp?url\_left=/Doku\_Inhalt.htm&url\_main=/Public/BVGips/damasem  
hummel.htm)

LYRA SOBRINHO, A C P; Amaral, A.J.R.; Dantas, J.O.C.; Dantas, J.R.A. **Gispita;**

BALANÇO MINERAL BRASILEIRO 2001. Brasília : DNPM

<http://www.dnrm.gov.br/Balanco01/pdf/gipsita.pdf>

LYRA, A.C. **O mercado de gipsita e gesso no Brasil.** Vortal da Cadeia Produtiva do Gesso.  
Prossiga [www.prossiga.br/gesso](http://www.prossiga.br/gesso). 01/09/2003

JOHN, V.M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia  
de pesquisa e desenvolvimento.** São Paulo, Escola Politécnica da USP, 2000. Tese de Livre  
Docência (disponível no [www.infohab.org.br](http://www.infohab.org.br))

MARVIN, Emma **Gypsum Wallboard Recycling and Reuse Opportunities in the State of  
Vermont.** Vermont Agency of Natural Resources, August 4, 2000

NAHB **Residential Construction Waste:** From Disposal To Management. 01/09/03

<http://www.nahbrc.org/tertiaryR.asp?TrackID=&DocumentID=2301&CategoryID=819>

URS Corporation **Construction Waste Project – Annex B - On-Site Grinding and  
Beneficial Reuse of Construction Waste.** Solid Waste Management Coordinating Board.  
December 31, 2002

Addison, J., Vermiculite: A Review of the Mineralogy and Health Effects of Vermiculite  
Exploitation **Regulatory Toxicology and Pharmacology**, Volume 21, Issue 3 , June 1995,  
Pages 397-405