



## **O PASSIVO AMBIENTAL DO FOSFOGESSO GERADO NAS INDÚSTRIAS DE FERTILIZANTES FOSFATADOS E AS POSSIBILIDADES DE APROVEITAMENTO**

Ana Paula Borges de Araújo<sup>1</sup>, André Luis Teixeira Fernandes<sup>2</sup>

1. Engenharia Ambiental, Universidade de Uberaba (anapaula-baraujo@hotmail.com), Minas Gerais, Brasil.

2. Prof. Dr. Universidade de Uberaba.

Recebido em: 06/05/2013 – Aprovado em: 17/06/2013 – Publicado em: 01/07/2013

### **RESUMO**

O crescimento acelerado populacional e industrial afeta drasticamente o meio ambiente devido à grande quantidade gerada de resíduos com alto poder de impacto ambiental. Dentre os resíduos industriais, está o fosfogesso ou gesso agrícola, um resíduo derivado do processo de fabricação do ácido fosfórico produzido nas indústrias de fertilizantes fosfatados. É um resíduo de difícil disposição e produção acelerada, constituindo-se, assim, num grande passivo ambiental. Alguns setores vêm consumindo esse resíduo de forma considerável, como a agricultura, as indústrias cimenteiras e, atualmente, aterros sanitários. Na agricultura, o fosfogesso é aplicado como condicionador de solo, reduzindo a toxidez de alumínio no subsolo, aumentando a quantidade de cálcio na subsuperfície, promovendo maior enraizamento das plantas em camadas de até 75 cm e melhor aproveitamento da água do subsolo. Para a construção civil, o fosfogesso promove ganho econômico e ambiental, poupando o consumo de recursos naturais, além de proporcionar maior resistência aos produtos. Na utilização como cobertura de aterros sanitários, o maior benefício do fosfogesso é no aumento da vida útil. Porém, de fato, ainda são necessários mais estudos e alternativas em relação à disposição e utilização do fosfogesso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo, fosfogesso, passivo ambiental.

### **ENVIRONMENTAL LIABILITIES PHOSPHOGYPSUM GENERATED IN PHOSPHATE FERTILIZER INDUSTRY AND THE POSSIBILITIES OF ENJOYMENT**

### **ABSTRACT**

The population and industrial growth accelerated dramatically affects the environment due to the large amount of generated waste with high environmental impact. Among the industrial waste is gypsum or phosphogypsum, a waste derived from manufacturing process of phosphoric acid in phosphate fertilizer industries. It is a waste of difficult disposal and accelerated production, constituting thereby a large environmental liabilities. Some sectors have consumed this residue significantly as

agriculture, cement industries and currently landfills. Phosphogypsum in agriculture is applied as soil conditioners. It reduces aluminum toxicity underground, increases the amount of calcium in the subsurface, most of the plants rooting in layers of 75 cm and use of groundwater. For construction phosphogypsum brings an economic gain and environmental saves the consumption of natural resources while providing greater resistance to products. When used as landfill cover, the greatest benefit of phosphogypsum and function is the increased lifespan. But in fact even more studies are needed and alternatives regarding the provision and use of phosphogypsum.

**KEYWORDS:** Residue, phosphogypsum, environmental liabilities.

## INTRODUÇÃO

Grande parte das atividades humanas dá origem a resíduos que pode provocar danos tanto ao meio ambiente quanto à saúde pública, se forem dispostos de forma inadequada. A produção de resíduos tem sido cada vez maior na sociedade atual, com o crescimento populacional e industrial (IBGE, 2010).

Os resíduos de origem industrial são os mais preocupantes devido ao alto poder de poluição do ar, da água e do solo, necessitando então de disposição e tratamento adequado. Dentre estes resíduos destaca-se o fosfogesso.

O fosfogesso é um resíduo gerado pelas indústrias de fertilizantes fosfatados na produção do ácido fosfórico e está entre os resíduos industriais com grande impacto ambiental, devido ao grande volume produzido e à difícil disposição. Este resíduo causa um grande impacto visual com suas enormes montanhas de armazenamento, além de ser causa potencial de contaminação de lagos, rios, solo e até mesmo o lençol freático, quando a disposição é feita sem a impermeabilização do solo.

Considerando, em termos gerais, uma relação  $\text{CaSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$  da ordem de 5 t/t, pode-se inferir uma geração potencial de fosfogesso correspondente a 170 milhões de toneladas por ano, que deverão ser estocadas no mundo. No Brasil, utilizando-se uma razão de 4,7 t/t, chega-se a uma geração de 5,6 milhões de toneladas anuais de fosfogesso, contendo perto de 18-19% de S, o que representa algo em torno de um milhão de toneladas de enxofre contido (FERNANDES et al, 2010, p.124).

O fosfogesso vem sendo estudado em muitos países, inclusive no Brasil, sobre sua utilização, dentre elas destacam-se a agricultura, indústrias cimenteiras e aterros sanitários.

O grande consumidor do fosfogesso é a agricultura, com destaque o estado de São Paulo e Minas Gerais, que também são os recordistas na produção desse resíduo.

Contudo, o objetivo desse estudo é comparar a produção com o consumo do fosfogesso e onde ele é utilizado.

### Origem e disposição do fosfogesso

O sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), fosfogesso ou também conhecido como gesso agrícola, é um produto resultante do processo de fabricação do ácido fosfórico.

As maiores indústrias produtoras de ácido fosfórico estão instaladas em

Cubatão-SP, Uberaba-MG e Catalão-GO.

A fabricação do ácido fosfórico pode ser feita através de dois processos: um é o processo que utiliza forno elétrico para produzir fósforo elementar e o outro é o processo hidratado, utilizado em 90% da produção.

A produção inicia-se com o ataque à rocha fosfática através do ácido sulfúrico mais água, que dá origem à lama. Essa lama é estocada em tanques equipados com agitadores, mantendo a rocha em suspensão, que depois é enviada para reatores também equipados com agitadores, formando cristais de gesso. Após esse processo, é feita a filtração a vácuo, que separa o ácido fosfórico do gesso e, no final da filtração, o gesso é raspado por um parafuso de rosca sem fim, e bombeado para a lagoa de gesso. No terreno onde o gesso é disposto, é feita a decantação em bacias na parte superior da pilha, onde acontece a separação de fosfogesso e água. Após a separação, a água é conduzida à lagoa de recirculação para ser reintroduzida no sistema de transporte de gesso para as pilhas de estocagem (VALE FERTILIZANTES, 2008) (Figura 1).



**FIGURA 1.** Montanha de gesso.

Fonte: NUTRION, 2012.

Na medida em que a lagoa é assoreada pelo gesso, é feita a elevação do conjunto dos diques periféricos, realizada através do remonte do gesso de maior granulometria, sendo decantado nos canais entre estes diques, com ângulos de taludes 1V:3H, ou seja, para cada metro de elevação desloca-se o conjunto dos diques 3 metros para o interior da lagoa, dando origem aos taludes das pilhas.

Gesso mecânico é o nome dado ao gesso de maior granulometria, após a perda do excesso de água e compactação através do peso das máquinas que transitam para executar atividade de operação nas lagoas. Ele é utilizado para construir diques periféricos e sua função é reter e dar estabilidade ao gesso hidráulico. Gesso hidráulico é o gesso de granulometria menor, ele é sempre muito úmido pelo fato de ter sido conduzido pela água até o interior das lagoas sobre as pilhas onde foi decantado.

Ao redor das pilhas de gesso, existe o canal de “pé”, que é responsável pela coleta da água percolada onde mina na base dos taludes e também pela coleta das águas da chuva, isolando assim o sistema das áreas externas naturais. Esse canal alimenta o canal de retorno onde desagua na lagoa de classificação e é bombeada de volta para a lagoa de recirculação assim como a água restante da decantação,

para novamente fechar o circuito de transporte hidráulico do gesso para as pilhas de estocagem (VALE FERTILIZANTES, 2008).

Normalmente, para cada tonelada de ácido fosfórico são produzidas cerca de 4,8 toneladas de fosfogesso, cuja reação química pode ser representada na equação 1:



A quantidade de fosfogesso produzida depende da produção de ácido fosfórico e existe um grande desequilíbrio entre a fabricação de ácido fosfórico e o consumo de fosfogesso, resultando em grandes montanhas. No Quadro 1, consta a relação da produção de fosfogesso no Brasil desde 1988 a 2000.

**QUADRO 1.** Evolução da produção do fosfogesso (tonelada).

Anos	Produção de Fosfogesso
1988	3301
1989	3667
1990	2417
1991	3295
1992	2324
1993	2807
1994	3267
1995	3321
1996	3800
1997	3550
1998	3680
1999	4617
2000	4841

Fonte: Adaptado de RAIJ (2008).

Hoje, infere-se uma geração potencial de fosfogesso correspondente a 170 milhões de toneladas por ano, que deverão ser estocadas no mundo. No Brasil, utilizando-se uma razão de 4,7 t/t, chega-se a uma geração de 5,6 milhões de toneladas anuais de fosfogesso (FERNANDES et al., 2010)

### **Propriedades químicas e físicas do fosfogesso**

De acordo com RAIJ (1988), a composição química média do fosfogesso é em torno de 17,7% de enxofre (S), 30,9% de óxido de cálcio (CaO), 0,2% de flúor (F) e 0,7% de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Esse resíduo é classificado como não perigoso e inerte; portanto, pertence a classe II B (LUZ, 2005)

Nas indústrias de Cubatão-SP e Uberaba-MG, o fosfogesso tem um teor de umidade de 25% a 30% ao levar para as pilhas, pois ao final do processo de fabricação do ácido fosfórico, o gesso é levado a uma lagoa de decantação que possui 80% de água, onde ocorre a separação dos sólidos. Porém, quando já depositado nas pilhas, dois fatores fazem com que a umidade diminua, que são a drenagem natural e a energia solar, chegando a um percentual de 10% a 20% quando aplicado no solo. Já na indústria de Catalão-GO, o fosfogesso possui condições físicas diferentes por ser levado direto para as pilhas (VALE

FERTILIZANTES, 2008).

A solubilidade é em torno de 2,5 g litro<sup>-1</sup>, porém, depende de alguns fatores que podem contribuir para uma melhor ou pior capacidade de solubilização e a rápida dissolução de suas partículas é devido ao seu tamanho, quanto menor mais rápido é dissolvida e também quanto mais ácido for o meio, mais solúvel será o fosfogesso.

As rochas fosfáticas usadas nas fábricas de ácido fosfórico no Brasil podem apresentar teores de metais pesados, fluoretos e radioatividade; conseqüentemente, estas rochas transferem para o fosfogesso, durante a fabricação do ácido fosfórico, todas as impurezas insolúveis, como os metais pesados, os fluoretos e os nuclídeos radioativos; porém, em uma quantidade muito baixa dentro dos padrões permitidos pelo Ministério da Agricultura (Quadros 2 e 3) (LUZ, 2005).

**QUADRO 2.** Limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas e condicionadores de solo

<b>Contaminante</b>	<b>Valor máximo admitido</b>
Sementes ou qualquer material de propagação de ervas daninhas	0,5 planta por litro, avaliado em teste de germinação
As espécies fitopatogênicas dos Fungos do gênero <i>Fusarium</i> , <i>Phytophthora</i> , <i>Pythium</i> , <i>Rhizoctonia</i> e <i>Sclerotinia</i>	Ausência
<b>Arsênio (mg/kg)</b>	<b>20</b>
<b>Cádmio (mg/kg)</b>	<b>8</b>
<b>Chumbo (mg/kg)</b>	<b>300</b>
<b>Cromo (mg/kg)</b>	<b>500</b>
<b>Mercúrio (mg/kg)</b>	<b>2,5</b>
<b>Níquel (mg/kg)</b>	<b>175</b>
<b>Selênio (mg/kg)</b>	<b>80</b>
Coliformes termotolerantes - número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos - número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1
<i>Salmonella</i> sp	Ausência em 10g de matéria seca

Fonte: BRASIL (2006)

**QUADRO 3.** Análise de fosfogesso como condicionador de solo

<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados (mg/Kg)</b>
Arsênio (As)	0,039
Mercúrio (Hg)	0,001
Cádmio (Cd)	0,99
Chumbo (Pb)	3,69
Cromo (Cr)	0,2
Níquel (Ni)	9,19
Selênio (Se)	0,02

Fonte: AGRONELLI (2012).

### **Passivo ambiental**

Já há algum tempo, as grandes empresas vem se preocupando com a responsabilidade ambiental, preservação e recuperação do meio ambiente, mas ainda há necessidade de grande evolução.

Os passivos ambientais vêm se acumulando no Brasil desde o descobrimento quando iniciaram as atividades humanas realizadas com certo descaso diante do meio ambiente e da sua capacidade de resiliência para suportar tais agressões, provocando manifestações das mais variadas formas (BERTOLI e RIBEIRO, 2006).

BERTOLI e RIBEIRO (2006) definem passivo ambiental como sendo o sacrifício de benefícios econômicos que serão realizados para a preservação, recuperação e proteção do meio ambiente, de forma a permitir a compatibilidade entre o desenvolvimento econômico e o meio ecológico ou em decorrência de conduta inadequada em relação às questões ambientais.

Uma das formas de se obter informações sobre o passivo ambiental de uma empresa é através do EIA (Estudo de Impacto Ambiental) e do RIMA (Relatório de Impacto ao Meio Ambiente), solicitados no licenciamento de empresas causadoras de significativo impacto ao meio ambiente.

Empresas que não adotam medidas preventivas e corretivas para minimizar danos causados por elas e que não seguem normas estabelecidas em lei podem ser multadas por infrações, obrigatoriedade de recuperação ou restauração de áreas degradadas, interdição governamental das atividades, em casos de infrações abusivas ou reincidentes (BERTOLI et al., 2006).

No caso das empresas produtoras de ácido fosfórico, o grande passivo ambiental é o fosfogesso. Tal resíduo é disposto em enormes pilhas que normalmente se localizam nas proximidades da indústria e a céu aberto.

A indústria de fertilizantes fosfatados de Uberaba-MG dispõe de uma área equivalente 120 hectares, com aproximadamente 57 metros de altura, equivalente a um prédio de 19 andares, e capacidade para 29 milhões de metros cúbicos de fosfogesso. No ano de 2008 essa empresa produzia em média 3 milhões de toneladas de fosfogesso e apenas 0,8 milhões de toneladas era comercializado para utilização na agricultura e construção civil. Também em 2008, a indústria Uberabense adquiriu uma área de aproximadamente 70 hectares para construir a pilha F. Já existem cinco pilhas denominadas de A, B, C, D e E, e agora a pilha F que terá vida útil de aproximadamente 13 anos se mantiver a produção atual (VALE FERTILIZANTES, 2008).



Nas Figuras 2 e 3 constam áreas de disposição do fosfogesso na indústria de Uberaba-MG no ano de 2004 e 2010 respectivamente.



**FIGURA 2.** Foto aérea da montanha de gesso em Uberaba-MG. Fonte: Google Earth, 2004.



**FIGURA 3.** Foto aérea da montanha de gesso em Uberaba-MG. Fonte: Google Earth, 2010.

A área onde o fosfogesso é estocado é parcialmente impermeabilizada com uma camada de argila com finalidade de evitar que as águas ácidas geradas no armazenamento do fosfogesso contamine o lençol freático. Porém, ao longo dos anos observou-se que este tipo de selo protetor de argila

compactada não foi suficiente para proteger completamente o lençol freático da contaminação através das águas ácidas com altos teores de fluoretos, sulfatos e fosfato total (VALE FERTILIZANTES, 2008).

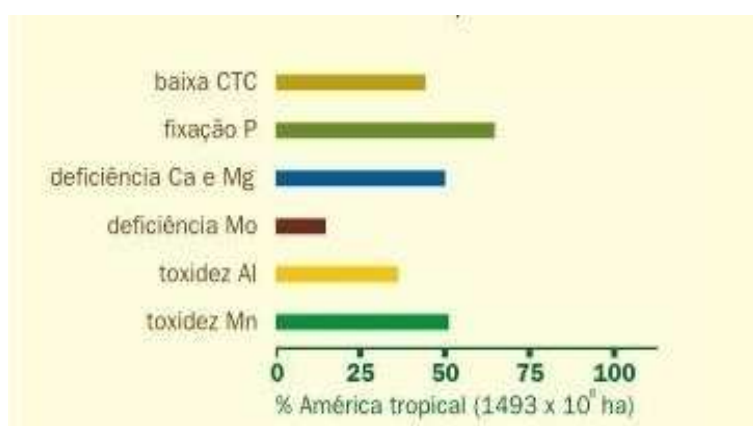
Devida à não eficácia do selo protetor de argila compactada, um dos impactos mais significativos do empreendimento são os recursos hídricos, qualidade física e química, águas pluviais precipitadas sobre as pilhas e águas pluviais formados pelo gesso depositado.

O sistema de coleta, tratamento e recirculação das águas resultantes da decantação do gesso e das águas pluviais precipitadas sobre a pilha são coletadas e aduzidas para tratamento na lagoa de recirculação e retornadas ao sistema. Sobre as águas subterrâneas, existe um projeto onde prevê a implantação de um duplo sistema de revestimento de base além de camada de detecção de vazamentos (VALE FERTILIZANTES, 2008).

Além de São Paulo e Minas Gerais, no estado de Santa Catarina também existe um passivo ambiental na região de Imbituba, provocado pela produção de ácido fosfórico da antiga Indústria Carboquímica Catarinense (ICC). A indústria produzia em torno de 110 mil toneladas/ano de ácido fosfórico e 540 mil toneladas/ano de fosfogesso (LUZ, 2005).

### Fosfogesso na agricultura

Segundo KOMORI (2008), grande parte dos solos brasileiros, são carentes de nutrientes, possuem alto índice de acidez e muita dificuldade no desenvolvimento radicular na camada abaixo de 20 cm do solo, onde normalmente há deficiência de calcário que pode ser associada à toxidez de alumínio. Na Figura 4 estão citadas as principais características dos solos tropicais da América, como alta fixação de P (fósforo), deficiência em Ca (cálcio) e Mg (magnésio), toxidez em Al (alumínio) e Mn (manganês), dentre outras.



**FIGURA 4.** Características dos solos tropicais da América.  
Fonte: NUTRION, 2012.

A agricultura é muito afetada devido a esses problemas e a baixa capacidade de retenção de água que se agrava nos períodos de seca.

Muitos agricultores utilizam a calagem; porém, o calcário corrige o solo apenas na camada superficial, não resolvendo o problema que está nas camadas mais profundas do solo.

Começaram a desenvolver pesquisas sobre os benefícios que o gesso traz ao solo na década de 70, justamente quando as empresas



começaram a se preocupar com a montanha de gesso que estava crescendo em volume devido à grande produção de ácido fosfórico utilizado como fonte para a produção de fertilizantes fosfatados.

Pesquisadores descobriram as principais funções do fosfogesso no solo, que são: redução da toxidez de alumínio no subsolo; aumento da quantidade de cálcio na subsuperfície; maior raízes das plantas em camadas mais profundas até 75 cm; aproveitamento da água do subsolo; maior resistência à seca. (RAIJ, 2008)

FERNANDES et al., (2009) realizaram um estudo em uma lavoura de café na cidade de Uberaba-MG durante 3 safras, com objetivo de verificar a necessidade de irrigação quando aplicado o fosfogesso e sua produtividade. Foram realizados seis tratamentos: tratamento 1: Com gesso localizado ( 10 ton.ha<sup>-1</sup> ) + 100 % Irrigação; tratamento 2: Com gesso localizado ( 10 ton.ha<sup>-1</sup> ) + 50 % Irrigação; tratamento 3: Com gesso localizado ( 10 ton.ha<sup>-1</sup> ) - Sem Irrigação; tratamento 4: Sem gesso + 100 % Irrigação; tratamento 5: Sem gesso + 50 % Irrigação; tratamento 6: Sem gesso - Sem Irrigação. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

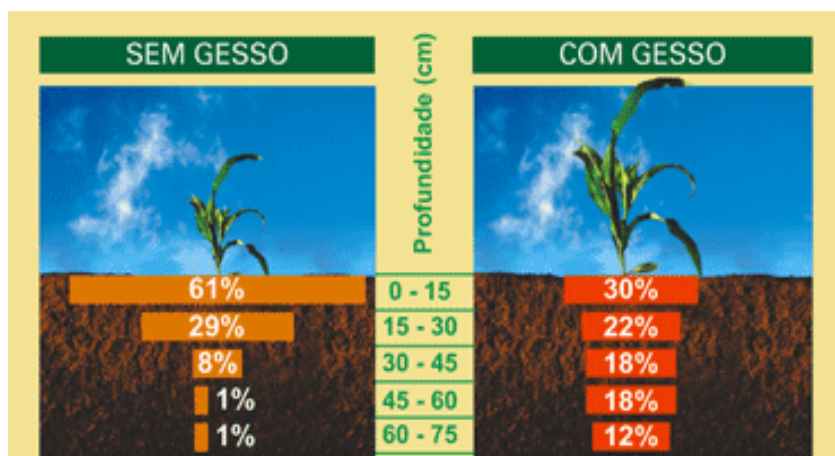
**TABELA 1.** Resultados de produtividade, em sacas beneficiadas por hectare, para três safras do experimento, Fazenda Escola da Uniube, Uberaba/MG, safras 2006/2007, 2007/2008 e 2008/2009.

Tratamentos	Produtividade (sacas beneficiadas ha <sup>-1</sup> )			
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	Média
Com gesso (10 ton.ha <sup>-1</sup> ) + 100 % Irrigação - T1	32,5	18,3	24,70	25,2
Com gesso (10 ton.ha <sup>-1</sup> ) + 50 % Irrigação - T2	37,9	28,19	28,48	31,5
Com gesso (10 ton.ha <sup>-1</sup> ) Sem Irrigação - T3	23,2	13,67	9,43	15,4
Sem gesso + 100 % Irrigação - T4	29,6	13,78	12,60	18,7
Sem gesso + 50 % Irrigação - T5	19,1	16,22	12,84	16,1
Sem gesso – Sem Irrigação - T6	12,9	3,03	7,35	7,8
C.V. (%)	17,9	55,8	47,8	30,1

Fonte: Adaptado de FERNANDES et al. (2009).

Concluíram então que, quando aplicado o fosfogesso na lavoura de café, economiza-se 50% de água na irrigação, conseqüentemente economiza-se custos, por exemplo, energia elétrica e obtém-se maior produtividade.

Na Figura 5 consta um comparativo entre plantas com e sem aplicação de gesso agrícola em relação à distribuição dos sistemas radiculares.



**FIGURA 5.** Média aproximada de distribuição dos sistemas radiculares das plantas com e sem aplicação de gesso agrícola.

Fonte: Agronelli Insumos Agrícolas, 2012.

Nota-se que plantas com aplicação de gesso agrícola podem alcançar um enraizamento maior, as raízes chegando a maiores profundidades (RAIJ, 2008).

Segundo RAIJ (1988), em termos de recomendação de gesso agrícola para fornecimento de enxofre (S), doses de 100 a 250 Kg de gesso ha<sup>-1</sup> seriam suficientes para corrigir deficiências do elemento. Deve-se levar em consideração o emprego de outros fertilizantes que possuem S em sua formulação e a textura do solo, solos argilosos possuem maior capacidade de absorção de sulfatos, necessitando de maiores quantidade de S. A tonelada de fosfogesso custa em média R\$ 45,00. O preço varia de acordo com a empresa, região, época do ano e beneficiamento que o produto recebe (umidade, peneiramento, etc).

RAIJ (2008) afirma que a aplicação do gesso agrícola em solos de regiões secas é fundamental para se reduzir o efeito pernicioso do sódio na deterioração da estrutura do solo. Isso ocorre devido à grande quantidade de sódio no solo que provoca a dispersão das partículas de argila e com isso o entupimento dos poros.

O mesmo autor afirma que nos Estados Unidos foram constatados efeitos residuais de 16 anos após a aplicação do fosfogesso que ainda revelam efeitos consideráveis na produção de milho. Foram avaliadas aplicações de calcário e fosfogesso em lavouras de cana-de-açúcar em seis diferentes locais no estado de São Paulo, sendo que em cinco deles houve resultados favoráveis na produção durante quatro anos. O pesquisador encontrou também resultados positivos de aplicação do fosfogesso na produção de soja, algodão, café e maçã.

Na cidade de Uberaba-MG, praticamente todo fosfogesso comercializado é para aplicação no solo, porém a produção de fosfogesso ainda é maior que o consumo. Já em Cubatão-SP praticamente todo fosfogesso produzido no ano é comercializado para agricultura e indústrias cimenteiras, contudo, a montanha de gesso tende a diminuir, o mesmo acontece em Cajati-SP, porém em uma proporção menor (AGRANELLI, 2012).

O gesso agrícola trás muitos benefícios ao solo, porém, alguns critérios devem ser bem avaliados por um técnico ou agricultor antes de ser utilizado.

### Fosfogesso na construção civil

A utilização de resíduos industriais na fabricação de produtos na área da construção civil cresce a cada dia, fazendo com que diminua o impacto ambiental desses resíduos, o consumo de matéria prima e até mesmo o custo de produção. O atual modelo de produção gera resíduos para bens de consumo durável, exemplo, estradas, edifícios, ou bens de consumo não-durável, como as embalagens descartáveis, onde normalmente é utilizada na produção de matérias-primas não-renováveis. Porém, o crescimento populacional e industrial fizeram com que diminuísse a abundância de tais recursos não-renováveis (ÂNGULO et al., 1999).

A construção civil chega a consumir até 75% de recursos naturais (ÂNGULO et al., 1999). Atualmente, as indústrias cimenteiras vêm se destacando em notícias e pesquisar sobre a utilização de resíduos industriais em sua produção, como o fosfogesso, poupando os recursos naturais.

As principais vantagens de utilizar o fosfogesso como matéria prima na fabricação de cimento são: econômicas e ambientais. Uberaba-MG, Cubatão-SP e Cajati-SP, além da agricultura, vem utilizando o fosfogesso também na construção civil.

Estudantes da USP de São Carlos desenvolveram um método que utiliza o fosfogesso para produzir elementos cerâmicos como, blocos para construção civil, com uma resistência que atinge até 90 megapascal (MPa). Comparado com os concretos de alto desempenho ele possui quase o dobro de resistência, já que esses concretos tem uma resistência de 50 MPa (ECOD, 2012).

### **Fosfogesso como cobertura de aterro sanitário**

Uma das alternativas de reaproveitar o fosfogesso além de condicionador de solo e na construção civil é a utilização em aterros sanitários. São destinados a aterros resíduos comerciais, domésticos, de serviços de saúde, de construção civil ou dejetos sólidos retirados de esgoto.

Ainda são poucos os estudos sobre a utilização do fosfogesso em aterros sanitários. Porém, os poucos que existem comprovaram que devido ao alto teor de sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ) presente no fosfogesso, quando utilizado em ambientes anaeróbicos, como no caso de aterros, ele tem capacidade de acelerar o processo de decomposição de matérias orgânicas por servir de alimento para as bactérias decompositoras, aumentando assim a vida útil do aterro (FEAM, 2012).



**FIGURA 6.** Aplicação de fosfogesso no aterro sanitário de Contagem-MG.

Fonte: Vale Fertilizantes, 2010.

Segundo estudo realizado pela Universidade de Orlando, em parceria com o FIPR (*Florida Institute of Phosphate Research*), o resultado encontrado foi que o fosfogesso reduz o volume de resíduo sólido em até 50% sem trazer nenhum risco ao meio ambiente e nem à saúde humana (VALE FERTILIZANTES, 2010).

Foi feito um estudo no aterro sanitário de Uberlândia-MG, onde analisaram o comportamento de contaminantes radioativos naturais e metais no aquífero em decorrência da aplicação do fosfogesso como cobertura de aterros sanitários. Também foi analisado em laboratório a determinação da proporção ideal de mistura resíduo sólido urbano/fosfogesso a ser aplicada no aterro sanitário visando o aumento da sua vida útil. A conclusão foi de que mesmo no cenário mais conservador de liberação dos contaminantes pelo fosfogesso, não apresenta risco à saúde humana nem ao meio ambiente quando aplicado como cobertura de aterros sanitários. Todos os resultados das análises ficaram abaixo do limite recomendado pelo Ministério da Saúde. Em relação a determinação da proporção ideal de mistura sólido urbano/fosfogesso, a ideal é de 3:1, apresentando menores valores de concentração de radionuclídeos e metais (COTA et al., 2012).

Em Contagem-MG, está sendo desenvolvido um projeto de utilização de fosfogesso em aterro sanitário através da parceria entra a Fundação Estadual de Meio Ambiente (Feam) e a Prefeitura Municipal da cidade, onde a Vale Fertilizantes doou 120 toneladas do resíduo fosfogesso para que fosse realizado o projeto. Foram construídas duas células de disposição de resíduos sólidos urbanos com sistemas de frenagem de percolado e gás, impermeabilização e cobertura final, onde uma célula possui camadas intermediárias de fosfogesso com os resíduos sólidos urbanos e a outra não (FEAM, 2010).

Se os resultados do projeto forem satisfatórios a Feam pode propor que Minas Gerais utilize o fosfogesso nos aterros sanitários de todo o estado (FEAM, 2010).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grande impacto causado pelo resíduo fosfogeno é a forma na qual ele é disposto, em grandes pilhas ao redor da empresa e a céu aberto. Além de provocar um impacto visual, existe a grande probabilidade de contaminação de águas subterrâneas e superficiais se não for feita uma adequada impermeabilização do solo.

Evidencia-se um desequilíbrio entre a produção e o consumo do fosfogeno, que faz com que as pilhas para a sua disposição cresçam com o passar dos anos.

O consumo do fosfogeno vem crescendo a cada dia no ramo da construção civil e como cobertura em aterros sanitários; porém, o maior consumidor desse resíduo é a agricultura. Existem também estudos em andamento sobre a viabilidade de utilizar o fosfogeno na fabricação de placas de pré-moldados para construção civil e na produção de substrato de base para receber pavimentação.

Entretanto, esse consumo ainda é insignificante diante da grande produção desse resíduo e, de fato, ainda são necessários mais estudos e alternativas em relação à disposição e utilização do mesmo.

## REFERÊNCIAS

AGRANELLI. **Gesso Agrícola**: Distribuição relativa de raízes no perfil do solo . Disponível em: <<http://www.agronelliagricola.com.br/>>. Acesso em: 28 out. 2012.

ANGULO, S.C. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. 13 f. PCC (Doutorado) – Departamento Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica, São Paulo, 1999. Disponível em: <<http://www.pedrasul.com.br/artigos/sustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2012.

ANGULO, S.C.; JOHN, V.M. **Viabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo: Boletim Técnico da Escola Politécnica da Usp, 2001. 21 p. Disponível em: <<http://publicacoes.pcc.usp.br/PDF/BT279.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2012.

BERTOLI, A.L.; RIBEIRO, M.S. Passivo ambiental: estudo de caso da Petróleo Brasileiro S.A - Petrobrás. A repercussão ambiental nas demonstrações contábeis, em consequência dos acidentes ocorridos. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v. 10, n. 2, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-6552006000200007&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-6552006000200007&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 02 nov. 2012.

BRASIL. **Instrução normativa SDA n.27**, 05 de junho de 2006. Publicado no D.O.U do dia 09 jun. 2006, n.110, s.1, p.15-16.

COTA, S.D.S. Modelagem numérica do impacto ambiental associado à aplicação de fosfogeno como cobertura de aterros sanitários. **Abas-associação Brasileira de Águas Subterrâneas**, Belo Horizonte, p.27-42, 07 maio 2012. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.emnuvens.com.br/asubterraneas/article/viewFile/24917/17671>>. Acesso em: 08 nov. 2012.



FEAM (Org.). **Feam inaugura células para uso alternativo de fosfogesso em aterro sanitário.** Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/766-feam-inaugura-celulas-para-uso-alternativo-de-fosfogesso-em-aterro-sanitario>>. Acesso em: 08 nov. 2012.

FERNANDES, A.L.T.; BARBOSA NETTO, O.; PEREIRA, J.P.A.C.; FRAGA JÚNIOR, E.F.; GODINHO, N.C.A. Influência da aplicação localizada de gesso agrícola e de diferentes lâminas de irrigação na produtividade do cafeeiro irrigado por gotejamento. CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 35, **Anais...** Araxá, out. 2009.

FERNANDES, F.R.; DA LUZ, A.V.; CASTILHOS, Z.C. (Eds) **Agrominerais para o Brasil.** Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

IBGE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2010.** Disponível em: <[http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias\\_eventos/Panorama2010.pdf](http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/Panorama2010.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2013.

KOMORI, M. **Uso do gesso agrícola na agricultura.** Uberaba-mg: Agronelli, 2008. 28 p.

LUZ, C.A. **Estudo de um cimento com baixo impacto ambiental (BIA) a partir do clínquer sulfoaluminoso e do fosfogesso.** . 21 f. Pós-graduação (Engenharia Civil) – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://www.sumarios.org/sites/default/files/pdfs/3655-12341-1-pb.pdf>>. Acesso em : 20 nov. 2012.

NUTRION. **Gesso Agrícola.** Disponível em: <<http://www.nutrion.com.br/>>. Acesso em: 29 out. 2012.

RAIJ, B.V. **Gesso Agrícola na Melhoria do Ambiente Radicular no Subsolo.** ANDA- Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. São Paulo, 1988. 88 p.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura.** São Paulo: Informações Agronômicas, 2008. (122). Disponível em: <[http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/B85CBF8A11ADF43E83257A90007E3924/\\$FILE/Page2627-122.pdf](http://www.ipni.net/publication/iabrasil.nsf/0/B85CBF8A11ADF43E83257A90007E3924/$FILE/Page2627-122.pdf)>. Acesso em: 23 nov. 2012.

REDAÇÃO ECOD (Ed.). **Fosfogesso: solução sustentável para a construção civil.** Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/noticias/fosfogesso-solucao-sustentavel-para-a-construcao>>. Acesso em: 23 nov. 2012.

VALE FERTILIZANTES (Org.). **Fosfertil firma parceria para aumentar vida útil de aterros sanitários.** Disponível em: <[http://www.valefertilizantes.com/comunicacao/noticiaDetalhada.asp?noticia\\_id=221](http://www.valefertilizantes.com/comunicacao/noticiaDetalhada.asp?noticia_id=221)>. Acesso em: 08 nov. 2012.

VALE FERTILIZANTES (Uberaba) (Ed.). **Teoria Geral Complexo Industrial de Uberaba.** Uberaba, 2008. p 74.