



O uso de material orgânico proveniente de dejetos suínos como adição em cimentos Portland

The use of organic material from pig manure as an addition in Portland cements

Igor Carvalho de Magalhães, Faem Faculdade – UCEFF Faculdades

igormagalhaes79@gmail.com

Jamile Fagundes Martins, UNOESC

jamile@gmail.com

Paulo Cesar Machado Ferroli, Dr., UFSC - CCE - Design - Virtuhab

ferroli@cce.ufsc.br

Resumo

A poluição do planeta está cada vez pior devido a vários fatores que muito conhecemos pelas mídias e por nossa própria experiência de vida, vivendo em cidades com demasiado aumento da densidade populacional. No Oeste do Estado de Santa Catarina, esse crescimento populacional vem ganhando espaço devido ao crescimento das indústrias de avicultura e suinocultura. Um grande fator de poluição deste Estado e de muitos lugares no mundo é o manejo dos dejetos de suínos. Depois da água, o cimento Portland é uma das substâncias mais usadas ou consumidas pelos seres humanos, graças às suas características determinantes, em estado fresco por sua moldagem e trabalhabilidade, e alta durabilidade e resistência a cargas e ao fogo (estado duro). Insostituível em obras civis, o cimento pode ser empregado tanto em peças de mobiliário urbano como em grandes barragens, em estradas ou edificações, em pontes, tubos de concreto ou telhados. Pode até ser matéria-prima para a arte. O cimento Portland tradicional é composto basicamente por argila e calcário, substâncias que, quando fundidas em um forno sob altas temperaturas, transformam-se em pequenas bolotas chamadas clínquer. Esses grãos de clínquer são moídos com o mineral gipsita (matéria-prima do gesso) até virarem pó. A união do dejetos do suíno processado quimicamente como adição ao cimento Portland, pode diminuir significativamente essa poluição, colaborando para um melhor meio ambiente em nossas vidas.

Palavras-chave: Cimento ecoeficiente; Cimento alternativo; Dejetos de suínos.

Abstract

The pollution of the planet is getting worse due to several factors that much we know by the media and our own life experience, living in cities with too increased population density. In the west of the State of Santa Catarina, this population growth has been increasing due to the growth of the poultry and swine industries. A major pollution factor of this state and many places in the world is the management of pig manure. After water, Portland cement is one of the substances used or

consumed by humans thanks to its defining characteristics in their natural state by molding and workability, and high durability and resistance to loads and fire (hard state). Irreplaceable in civil works, the cement can be employed in both urban furniture as large dams, roads and buildings, bridges, concrete pipes or roofs. It may even be the raw material for art. The traditional Portland cement is basically composed of clay and limestone, substances which, when melted in an oven at high temperatures, turn into little acorns clinker calls. These clinker grains are ground with gypsum mineral (raw gypsum) to powder. The union of pig manure chemically processed as addition to Portland cement, can significantly reduce this pollution, contributing to a better environment in our lives.

Keywords: *Eco-efficient cement; Alternative cemen; Pig manure*

1. Introdução

Os dejetos suínos tem sido motivo de preocupação de pesquisadores e ambientalistas, sobretudo em regiões de grande concentração da suinocultura com métodos de produção intensiva. A deposição aleatória e continuada desses dejetos no solo gera problemas ambientais, que tem ocorrido em regiões do Sul do Brasil, especialmente em Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

No Brasil, as fábricas de farinhas e óleos de subproduto de origem animal também conhecidas como graxarias são mini-fábricas associadas aos frigoríficos que têm por função aproveitar os resíduos gerados no abate de aves, suínos ou bovinos, transformando-os em farinhas. Essas farinhas são adicionadas a outros farelos (de milho, de soja, etc.) formando a ração que é dada aos animais nos primeiros dias de vida. Ainda hoje, é a principal solução adotada do ponto de vista ambiental para minimizar os impactos dos frigoríficos. No entanto, os dejetos ficam a parte deste processo, resultando em um impacto bastante significativo a ser considerado.

Países como Bélgica e Holanda estão tomando medidas restritivas à deposição desses dejetos no solo (SEGANFREDO, 2000). É necessário o desenvolvimento de maior número de pesquisas sobre a utilização adequada desses dejetos, bem como novas alternativas para o seu uso. Nesse sentido, destacam-se as indústrias de cimento e concreto, as quais têm procurado cada vez mais utilizar materiais inertes ou com atividade pozolânica em suas linhas de produção. Ao substituírem parte do cimento, essas pozolanas geram, além de economia de energia, a diminuição da poluição produzida durante a fabricação do cimento Portland, pela menor emissão de dióxido de carbono (JOHN, 2000).

Este artigo tem por objetivo discutir a união do dejetos do suíno processado quimicamente como adição ao cimento Portland, de forma a combater a problemática da poluição ambiental vinculada aos frigoríficos, que crescem cada vez em capacidade de abate e processamento animal.

2. Revisão

Vários subprodutos industriais e agrícolas apresentam características pozolânicas, com destaque para as cinzas volantes provenientes da queima do carvão em usinas termoeletricas. Ferreira et al. (1997) enfatizaram a utilização da cinza da casca de arroz como substituto parcial do cimento Portland, como adição mineral em concretos e na fabricação de outros tipos de material de construção. Vários trabalhos demonstraram o potencial de utilização desse material (GUEDERT, 1989; FARIAS, 1990; ISAIA, 1995; PRUDÊNCIO JR., 1996).

Geyer et al. (2000) demonstraram que a utilização da cinza de lodo altamente poluente proveniente de esgoto urbano, pode ser uma alternativa segura e econômica, em substituição parcial de até 20% do cimento Portland. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi investigar a cinza dos dejetos de suínos como material pozolânico, bem como o potencial de sua utilização como substituto parcial do cimento.

O cimento pode ser definido como um pó fino, com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob a ação de água. Na forma de concreto, torna-se uma pedra artificial, que pode ganhar formas e volumes, de acordo com as necessidades de cada obra. Graças a essas características, o concreto é o segundo material mais consumido pela humanidade, superado apenas pela água.

De acordo com a ABCP (2014), o mercado nacional dispõe de oito tipos que atendem com igual desempenho aos mais variados tipos de obras. O cimento Portland comum (CP I) é referência, por suas características e propriedades, aos 11 tipos básicos de cimento Portland disponíveis no mercado brasileiro. São eles:

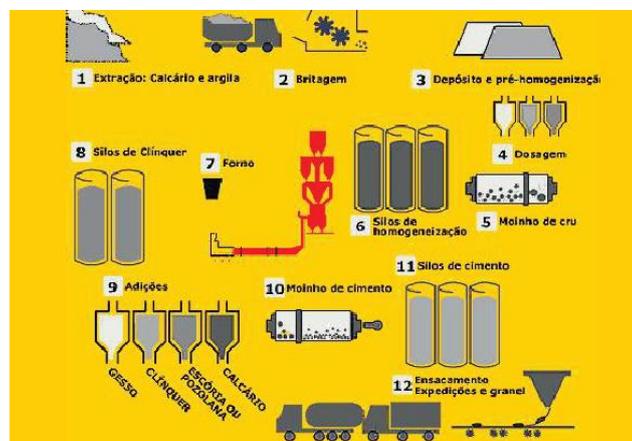
1. Cimento Portland Comum (CP I)
 - a. CP I – Cimento Portland Comum
 - b. CP I-S – Cimento Portland Comum com Adição
2. Cimento Portland Composto (CP II)
 - a. CP II-E – Cimento Portland Composto com Escória
 - b. CP II-Z – Cimento Portland Composto com Pozolana
 - c. CP II-F – Cimento Portland Composto com Fíler
3. Cimento Portland de Alto-Forno (CP III)
4. Cimento Portland Pozolânico (CP IV)
5. Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CP V-ARI)
6. Cimento Portland Resistente a Sulfatos (RS)
7. Cimento Portland de Baixo Calor de Hidratação (BC)
8. Cimento Portland Branco (CPB)

Esses tipos se diferenciam de acordo com a proporção de clínquer e sulfatos de cálcio, material carbonático e de adições, tais como escórias, pozolanas e calcário, acrescentadas no processo de moagem. Podem diferir também em função de propriedades intrínsecas, como alta resistência inicial, a cor branca etc. O próprio Cimento Portland Comum (CP I) pode conter adição (CP I-S), neste caso, de 1% a 5% de material pozolânico, escória ou filer calcário e o restante de clínquer. O Cimento Portland Composto (CP II- E, CP II-Z e CP II-F) tem adições de escória, pozolana e filer, respectivamente, mas em proporções um pouco maiores que no CP I-S. Já o Cimento Portland de Alto-Forno (CP III) e o Cimento Portland Pozolânico (CP IV) contam com proporções maiores de adições: escória, de 35% a 70% (CP III), e pozolana de 15% a 50% (CP IV).

O cimento é um material aglomerante em pó que quando hidratado reage quimicamente cristalizando-se, formando material rígido, com alta resistência mecânica. Desde o século V a.C. há registro do uso de materiais aglomerantes, semelhantes ao cimento, na construções de civilizações egípcias, chinesas e romanas. Apenas no início do século XIX é que a fórmula do cimento Portland, que utilizamos hoje, foi desenvolvida pelo inglês Joseph Aspdin. Atualmente, com novos recursos tecnológicos e técnicas mais especializadas, o cimento Portland adquiriu novas versões mais resistentes e específicas.

De acordo com Kawakani e Dourado (2016), com a sua primeira iniciativa no país em 1888 e passando por diversas outras posteriores, a fabricação de cimento no Brasil passou por diversas tentativas sem sucesso, se consolidando apenas em 1924 com a construção de um fábrica de cimento em Perus (SP) pela Companhia Brasileira de Cimento Portland (VASCONCELOS, 2006). Desde então, pelas diversas vantagens particulares ao concreto, tais como a liberdade de forma, moldagem no local, desempenho equivalente a outros materiais estruturais, muito foi feito no país para melhorar essa tecnologia.

A abundancia de recursos no Brasil para a produção de concreto fizeram com que a indústria nacional deixasse de depender dos demais países, levando a importação nos dias de hoje, pequena em relação a sua produção. Atualmente poucas escolas de engenharia têm tanto conhecimento em concreto armado quanto a brasileira, visto a sua cultura e desenvolvimento tecnológico nas últimas décadas. A figura 1 mostra o fluxograma de produção do cimento.



Produção do cimento. Fonte: ABCP (2002)

3. Experiências e novidades aplicadas

Um tipo de cimento Portland sem quaisquer adições além do gesso (utilizado como retardador da pega) é muito adequado para o uso em construções de concreto em geral quando não há exposição a sulfatos do solo ou de águas subterrâneas. O Cimento Portland comum é usado em serviços de construção em geral, quando não são exigidas propriedades especiais do cimento. Também é oferecido ao mercado o Cimento Portland Comum com Adições CP I-S, com 5% de material pozolânico em massa, recomendado para construções em geral, com as mesmas características.

A nova tecnologia consiste basicamente em aumentar a proporção de carga (filler) na fórmula do cimento Portland, adicionando dispersantes orgânicos que afastam as partículas do material e possibilitam menor uso de água na mistura com o clínquer. A carga é uma matéria-prima à base de pó de calcário que dispensa tratamento técnico (calcinção), processo que, na fabricação do cimento, é responsável por mais de 80% do consumo energético e 90% das emissões de CO₂.

A fórmula para calcular a quantidade de carga no cimento é usada desde 1970, estabelecendo que a quantidade do material de preenchimento não poderia ser alta porque havia o risco de comprometer a qualidade do produto. Os pesquisadores brasileiros descobriram que isto não é verdade. A solução veio da matemática, mais especificamente de estudos que, muitas vezes, parecem teorias sem qualquer ligação com a praticidade do mundo industrial. Por meio da reologia, ramo da ciência que estuda o escoamento dos fluidos, obteve-se misturas fluidas com baixo teor de clínquer e outros ligantes como a escória. Também foi possível reduzir a quantidade de cimento e água utilizados na produção de concreto, sem perda da qualidade.

O maior problema quanto ao uso do cimento Portland em altas porcentagens é que atribui à produção de concreto a característica de vilã ambiental, pois implica na produção de 90% de gás carbônico da indústria de concreto. Esta redução na quantidade de cimento sinaliza a possibilidade da diminuição da produção de cimento e, conseqüentemente, a diminuição de emissão de gás carbônico e menor impacto ambiental. Além do barateamento da produção de concreto. A figura 2 ilustra a questão ambiental relacionada ao cimento.

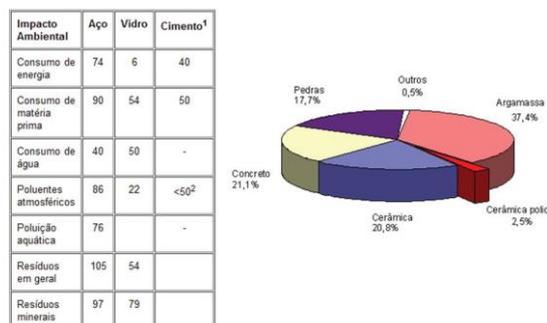


Figura 2. Questões ambientais relacionadas ao cimento.

Adaptada de Edwards e Hyett (2010)

A indústria busca alternativas para aumentar a ecoeficiência do processo substituindo parte do clínquer por escória de alto-forno de siderúrgicas e cinza volante, resíduo de termelétricas movidas a carvão. O problema é que a indústria do aço e a geração de cinza crescem menos que a produção de cimento, o que inviabiliza essa estratégia a longo prazo. A quantidade de filler na fórmula do cimento, contudo, era limitada a, no máximo, 10% no Brasil e em até 30%, em algumas situações, na Europa. Isso porque o calcário é moído junto com o cimento e, como não há controle do tamanho das partículas do material, seu limite de adição é baixo. O papel da indústria do cimento como grande alternativa ambiental para a disposição de resíduos tem sido progressivamente reconhecido.

Nos últimos anos, a consciência da sociedade sobre o meio ambiente tem atribuído importância cada vez maior aos materiais de construção e seu impacto no meio. Decisões em favor de produtos e de sistemas construtivos são influenciadas por aspectos técnicos, econômicos e também ecológicos. O concreto vem demonstrando excelente adequação para atingir esse compromisso de equilíbrio por meio de suas matérias-primas, processos de produção e impactos na infraestrutura e ambiente construído, porém poucas pessoas estão atentas à dimensão de sua contribuição e tampouco ao seu papel de material ambientalmente amigável. Efetivamente, o concreto não gera emissões, não requer conservantes tóxicos e apresenta uma inerente resistência ao fogo, consumindo menos energia na sua produção em comparação com a maioria dos demais insumos de construção.

Material indispensável à sociedade, o concreto teve um consumo mundial, em 2006, entre 21 e 31 bilhões de toneladas (FARIAS, 1990), números que o colocam como segundo material mais consumido no mundo. No Brasil, segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem (ABESC, 1996), foram consumidos cerca de 30 milhões de metros cúbicos de concreto, somente no segmento de concreto dosado em central. Por meio de tecnologias de controle de granulometria de partículas, já usadas em indústrias como a alimentícia e farmacêutica, pesquisadores demonstraram em laboratório que combinando granulometrias de pó de calcário é possível aumentar para 70% a proporção do material e diminuir para 30% a quantidade de clínquer na composição do cimento (GREDERT, 1989).

Atualmente, o teor de filler no cimento comercializado no mundo é de 6% e, no Brasil chega, no máximo, a 10%. Já na Europa, em algumas situações, uma tonelada de cimento tem 700 quilos de clínquer e 300 quilos de filler (incluindo outros tipos de filler, além do de calcário cru). Além de um padrão controlado do tamanho de grãos, segundo o pesquisador, as partículas de filler de pó de calcário e clínquer precisam receber aditivos químicos dispersantes, como policarboxilatos, que impedem que elas se aglomerem e formem grumos na água. Como consequência disso, o dispersante reduz a quantidade de água e de cimento necessário para misturar à areia e pedra para produzir e desempenhar o papel de “cola” no concreto usado na indústria da construção civil.

Os cimentos menos eficientes de modo geral apresentam grumos. Por causa disso são menos reativos e eficientes e requerem uma quantidade muito maior de água para fluir, porque são mais porosos. Como o cimento com mais filler moído precisa de pouca água para fluir, é possível fazer um concreto pouco poroso e mais resistente do que o convencional. A nova formulação de filler com granulometria controlada, combinada com o uso de dispersantes, abre a janela para produção de cimento com até 70% do material em sua composição, sem perder e até mesmo aumentar a confiabilidade do produto. Dessa

forma, a tecnologia permitiria à indústria dobrar a produção de cimento, sem a necessidade de construir mais fornos ou produzir mais clínquer.

O grande desafio, no entanto, é viabilizar a tecnologia na escala da indústria cimenteira e de forma competitiva. A tecnologia para moer partículas com granulometria controlada já existe, mas nunca ninguém a operou na escala da indústria cimenteira. Será preciso produzir entre 2 e 3 bilhões de toneladas de filler com partículas com tamanho controlado e mais finas do que talco.

Segundo os pesquisadores, vários materiais podem ser usados para produzir filler. O pó de calcário, no entanto, atualmente é o melhor candidato para substituir parcialmente o clínquer na formulação de cimento porque oferece menores riscos à saúde do que outros fillers biopersistentes.

Há outros grupos tentando utilizar quartzo finamente moído para essa finalidade. Entretanto, se usado de forma descontrolada, o material pode ser aspirado e causar silicose. Não é qualquer material finamente moído que pode ser utilizado para esse fim. É preciso levar em conta questões como a segurança do trabalhador da indústria da construção.

As adições ao cimento melhoram certas características do concreto e preservam o ambiente ao aproveitar resíduos e diminuir a extração de matéria-prima. A sustentabilidade das regiões de produção intensiva de suínos depende de destinos alternativos para os resíduos gerados. A calcinação da casca de arroz pode gerar sílica vítrea para substituição parcial de aglomerantes comerciais. A utilização de cinzas de casca de arroz como material pozolânico para argamassas e concretos tem merecido atenção considerável, nos últimos anos, não apenas por melhorar suas propriedades mecânicas, mas, sobretudo pelos benefícios ambientais gerados, com a redução do consumo de clínquer. A falta de sustentabilidade ambiental pode limitar o crescimento econômico da suinocultura, dada a tendência do setor de crescimento concentrado em grandes empreendimentos, e, por consequência, do aumento da poluição por dejetos. Assim, barreiras à expansão do setor podem surgir em estados onde o problema ambiental já está instalado, a exemplo de Santa Catarina. Com a busca de alternativas que solucionem ou minimizem tal problema, este trabalho tem como objetivo testar as cinzas de cama sobreposta de suínos à base de casca de arroz, como material alternativo em diferentes proporções de substituição do cimento Portland em argamassas.

A indústria do cimento brasileira ocupa hoje posição de referência no combate aos gases de efeito estufa, graças a uma série de características do processo produtivo, além de diversas ações adotadas pelo setor, algumas alavancadas a partir da transformação industrial durante a crise do petróleo do final da década de 70, outras mais recentemente. São elas:

- Eficiência Energética

O setor no Brasil possui hoje um parque industrial moderno e eficiente, com instalações que operam com baixo consumo energético e consequentemente uma menor emissão de CO₂ quando comparado a outros países.

Praticamente todo o cimento no país é produzido por via seca, garantindo significativa diminuição do uso de combustíveis em relação a outros processos menos eficientes. Além disso, pré-aquecedores e pré-calcinadores reaproveitam os gases quentes para pré-aquecer

a matéria-prima previamente à entrada do forno, diminuindo ainda mais o consumo de combustíveis. Os fornos via seca com pré-aquecedores e pré-calcinadores, no Brasil, são responsáveis por cerca de 99% da produção de cimento.

- Combustíveis Alternativos

Além dos combustíveis tradicionais utilizados pela indústria do cimento, como coque de petróleo, óleo combustível e carvão mineral, é cada vez mais crescente o uso de combustíveis alternativos no Brasil, através do coprocessamento de resíduos e da utilização de biomassa.

A queima de resíduos através do coprocessamento tem aumentado consideravelmente a partir dos anos 2000. Atualmente, são coprocessados pela indústria do cimento no Brasil mais de 1 milhão de toneladas de resíduos por ano, representando cerca de 8% da matriz de combustíveis. Contudo, o setor possui um potencial de destruição de aproximadamente 2,5 milhões de toneladas, o que representa uma alternativa significativa para mitigação das emissões de CO₂. O Brasil também é o país que mais utiliza biomassa na produção de cimento, também conforme levantamento da CSI abaixo, com pouco menos de 12% de participação na sua matriz energética.

Essa biomassa é constituída, principalmente, por carvão vegetal e, secundariamente, por resíduos de agricultura como palha de arroz.

- Adições ao Clínquer

A indústria nacional tem tradição no uso de cimentos com adições. O aproveitamento de subprodutos de outras atividades e matérias-primas alternativas é realizado há mais de 50 anos no país, prática que só recentemente vem sendo mais adotada no mundo. A produção de cimentos com adições ao clínquer, com materiais como escórias de alto forno, cinzas volantes, pozolanas artificiais e filer calcário, além de diversificar as aplicações e características específicas do cimento, propicia a redução das emissões de CO₂, uma vez que diminui a produção de clínquer e, conseqüentemente, a queima de combustíveis e a emissão da descarbonatação.

Além disso, os cimentos com adições representam uma solução ambientalmente correta para subprodutos de outros processos produtivos, como escórias siderúrgicas e cinzas de termelétricas. Tudo isso atendendo, acima de tudo, às especificações das Normas Técnicas do país. A crescente utilização de adições no Brasil tem representado uma das mais eficazes medidas de controle e redução das emissões de CO₂ da indústria. O país apresenta a menor relação clínquer/cimento e, conseqüentemente, o maior percentual de adições utilizadas, colocando mais uma vez o Brasil como referência internacional na busca por cimentos com menor emissão.

No caso particular da indústria do cimento brasileira, a conjunção desses pilares ajudou a posicionar o setor entre os mais eficazes no controle de suas emissões, apresentando os menores níveis de CO₂ por tonelada de cimento produzida, segundo o levantamento da CSI – Cement Sustainability Initiative. Essa condição diferenciada, entretanto, limita o potencial de redução das emissões do setor, em virtude do grau de excelência já alcançado, como já anteviu a Agência Internacional de Energia no gráfico abaixo. Esse desafio, no entanto, representa uma motivação adicional para a indústria do cimento brasileira na

busca por alternativas que possibilitem intensificar ainda mais a mitigação de suas emissões.

Atenta à revolução climática que o Brasil e o mundo atravessam, a indústria brasileira do cimento, está trabalhando no que será a versão brasileira do Cement Technology Roadmap, estudo global elaborado em 2009 pela International Energy Agency – IEA, em parceria com o World Business Council for Sustainable Development – WBCSD, primeiro no mundo a projetar um cenário de redução potencial de emissões de um setor específico em um horizonte até 2050. A exemplo daquele feito recentemente na Índia, o projeto brasileiro também contará com a participação destas duas reconhecidas entidades.

Tudo isso pensando, acima de tudo, no grande desafio da indústria do cimento brasileira, que é atender à crescente demanda por cimento no país para a construção da infraestrutura necessária ao seu desenvolvimento, mantendo as suas já baixas emissões específicas de CO₂, que a colocaram entre as mais eficientes do mundo.

4. Considerações finais

O Na maioria dos países da Europa a legislação de proteção ambiental é muito rígida com relação aos dejetos produzidos pelos suínos e outros animais, devido a dificuldade de distribuição dos mesmos. No Brasil a partir de 1991 começou a se dar uma maior importância a este assunto, passando o Ministério Público a cobrar o cumprimento da legislação, aplicando advertências, multas e mesmo o fechamento de granjas.

Os especialistas vêm enfatizando de forma categórica ser a água um bem mineral finito que vem se esgotando de forma bastante acelerada na natureza, entretanto esta afirmação não representa a realidade. A água é a mesma, em massa e volume, desde que a crosta terrestre esfriou e tomou a estrutura geológica atual. O que varia, dependendo das condições climáticas, é o seu estado físico de sólido, líquido ou vapor. A distribuição da água na superfície da terra é que foi alterada pela ação do homem como consequência da agressão à natureza como desmatamento, irrigação, represamento, desvio de cursos d'água, contaminação, etc.

A sociedade se preocupa muito com o saneamento e tratamento d'água nos centros urbanos e se esquece da poluição, com pouco ou nenhum controle, causada, dentre muito outros agentes poluidores, pela suinocultura.

É preciso não se esquecer que um suíno gera dejetos por dez homens. Uma granja com três mil suínos, granja considerada de porte médio, produz contaminação ambiental equivalente a uma cidade de trinta mil habitantes.

Os suinocultores, habitualmente, constroem tanques naturais de terra batida para reter os dejetos suínos, sob uma cobertura de lona emborrachada que chamam de “biodigestor”, para reter o metano que é a seguir queimado, transformando o mesmo em gás carbônico que é finalmente liberado para atmosfera.

O resíduo pastoso, produto da decomposição dos dejetos, retido no “biodigestor” é aspergido com o auxílio de equipamentos apropriados nos pastos e lavouras.

As chuvas se encarregarão de arrastar toda a sujeira para corpos d’água provocando grande contaminação e prejuízos ao meio ambiente.

O fator poluente se mostrou muito forte no meio ambiente. As pesquisas realizadas tanto no meio da indústria cimentícia quanto no meio de tecnologias de manejo de dejetos suínos, se mostram em avanço gradual. A combinação pode resultar em uma boa solução para a despoluição dos nossos rios, córregos e solos férteis. A produção de cimento com esta adição reduzirá a emissão de CO₂ e além de baratear o custo.

Referências

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-7217. Agregados Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-5751. Materiais Pozolânicos - Determinação da atividade pozolânica – Índice de atividade pozolânica com cal. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-7215. Cimento Portland Determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

EDWARDS, Brian, HYETT, Paul (colab.) Rough Guide to Sustainability. London: RIBA, 2010.

FARIAS, J. A. Cimento para alvenaria utilizando cinza de casca de arroz. Porto Alegre, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Guia básico de utilização de cimento portland. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p. (BT-106)

FERREIRA, A. A.; SILVEIRA, A. A.; DAL MOLIN, D.C.C. A cinza da casca de arroz: possibilidades de utilização como insumo na produção de materiais de construção. In: I ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1997, Canela. Anais..., Assoc. Nac. de Tec. do Ambiente Construído: Canela, 1997. p. 293-298.

GEYER, A. L. B., MOLIN, D. D., CONSOLI, N. C. Recycling of sewage sludge from treatment plants of Porto Alegre city, Brazil, and its use as a addition in concrete. In: INTERNATIONAL CONF.SUSTAINABLE CONSTRUCTION INTO THE NEXT MILLENNIUM: ENVIRONMENTALLY FRIENDLY AND INNOVATIVE CEMENT BASED MATERIALS, 2000, João Pessoa. Proceedings..., Universidade Federal da Paraíba/The University of Sheffield: João Pessoa, 2000. p. 464-473.

GUEDERT, L. O. Estudo da viabilidade técnica e econômica do aproveitamento da cinza de casca de arroz com material pozolânico. Florianópolis, 1989. Dissertação (Mestrado) -



Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina.

ISAIA, G. C. Efeito de misturas binárias e ternárias de pozolanas em concreto de elevado desempenho: um estudo de durabilidade com vistas à corrosão da armadura. São Paulo, 1995. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

JOHN, V.M. Reciclagem de resíduos na construção civil. São Paulo, 2000. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

PANDOLFELLI, V.C.; OLIVEIRA, R. I.; STUDART, A. R. et al. Dispersão e empacotamento de partículas – Princípios e aplicações em processamento cerâmico. São Paulo: Fazendo Arte, 2000. 224 p.

PRUDÊNCIO JÚNIOR, L. R.; SANTOS, S. Influência do grau de moagem na pozolanicidade da cinza da casca de arroz. In: WORKSHOP RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL, São Paulo. Anais..., 1996, p 53-62.

SAS/STAT User's Guide, Version 6, 4 ed., v.2, Cary, North Carolina: SAS Intitute Inc. SEGANFREDO, M. A. Equação de dejetos. EMBRAPA-CNPSA (Informe Técnico), 2000. 3p