

Estudo da viabilidade de inserção de cinza de bagaço da cana em artefatos de argila sedimentar: Visando um novo produto tecnológico e a diminuição dos impactos causados.

Carlos BARGA¹
Elton Aparecido Prado dos REIS³

RESUMO: A fabricação de artefatos cerâmicos tem como matéria prima principal a argila sedimentar. Com este minério, são fabricados blocos, telhas, lajes, pisos, entre outros materiais consumidos em grande escala nos processos construtivos usuais. O inconveniente é que esta matéria prima tende a escassez na medida em que desenvolvem sua exploração e causam sérios impactos ambientais devido a extração. Neste sentido, o presente trabalho busca produzir corpos de prova com a inserção de cinzas do bagaço da cana de açúcar (CBC) em diferentes proporções na argila sedimentar para verificação das melhores composições, diminuindo assim a massa necessária de argila para fabricação dos artefatos. A escolha de utilizar o CBC se justifica devido à produção em larga escala nas caldeiras de Usinas sucroalcooleiras sem destinação final e apresentarem altas porcentagens de sílica podendo ser então utilizadas como pozolonas.

Palavras-chave: Matéria prima. Argila sedimentar. Cinzas do bagaço da cana (CBC).

1 INTRODUÇÃO

As atividades econômicas alteram o meio ambiente, sendo a mineração e a agricultura as duas atividades básicas da economia mundial. O homem extrai através dessas atividades os recursos que alimentam toda a economia. Sem elas, nenhuma atividade subsequente pode existir. A mineração e a agricultura juntas com outras atividades econômicas são os causadores de quase todo o impacto ambiental existente na terra (SILVA, 2007).

¹ Discente do 3º ano do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Antônio Eufrásio de Toledo de Presidente Prudente. E-mail carlos-barga@hotmail.com

² Docente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário "Antonio Eufrásio de Toledo" de Presidente Prudente. Doutor em Ciência e Tecnologia de Materiais do programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia dos Materiais (POSMAT) da Universidade Estadual Paulista. elton.reis@toledoprudente.edu.br Orientador do trabalho.

O setor da indústria da construção civil é responsável pelo consumo de 40% dos recursos naturais, 40% da energia e 40% das emissões poluentes. Assim, buscar maneiras de diminuir a geração de resíduos bem como a extração de matérias primas, por serem bens esgotáveis, não renováveis, e tendem a escassez à medida que se desenvolve a sua exploração, torna-se fundamental e atende aos preceitos do desenvolvimento sustentável (MOTTA, 2009).

Uma das questões mais discutidas atualmente tanto em âmbito social quanto ambiental é a grande geração de resíduos industriais, problemas decorrentes da disposição inadequada e também a extração desenfreada de minerais para fabricação de materiais (PAULA, et. al, 2006).

Os preceitos de construção sustentável baseiam-se na preservação e redução de resíduos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, no uso de materiais recicláveis ou renováveis e no uso de resíduos como materiais secundários (PAULA, et. al, 2006).

Existe uma gama de resíduos renováveis com potencial para geração de energia a partir da queima, que podem ser utilizados na construção civil. Dentre os resíduos, destacam-se as cinzas do bagaço da cana de açúcar (CBC) gerado nos processos de cogeração de energia em usinas sucroalcooleiras. Este resíduo apresenta altas porcentagens de sílica, o qual é um dos principais elementos utilizados na fabricação de artefatos da construção civil, podendo ser então utilizadas como pozolonas. Uma das principais propriedades das pozolonas é a capacidade de reagir com o hidróxido de cálcio formando compostos estáveis e de poder aglomerante. (PAULA, et. al, 2006).

Referente às propriedades do CBC para geração de novos compósitos, algumas pesquisas se destacam no setor da construção civil tais como a de Paula et. al, 2006, LIMA et. al, 2010, Zardo et. al, 2004, Arif, et. al, 2006, visando minimizar os problemas vinculados com o despejo do resíduo.

Amaral, 2014, em sua dissertação para obtenção do título de mestre que avalia a incorporação de CBC em tijolos solo-cimento, apontou que a inserção de resíduo de CBC na mistura solo-cimento resultou em uma menor resistência à compressão e uma menor absorção de água, no entanto, permanece dentro das faixas estabelecidas pela norma NBR 10834 (2013), para produção de tijolo solo-cimento.

Neste sentido, a utilização de resíduos agroindustriais como as cinzas do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) e a diminuição da extração de argila sedimentar para fabricação de artefatos cerâmicos, fazem-se necessárias frente a grande produção dessas atividades, tornando-se interessante o desenvolvimento de materiais alternativos.

Desta forma, o presente artigo tem por objetivo o desenvolvimento de compósito a partir da mistura de argila sedimentar com diferentes proporções de cinzas residuais do bagaço da cana-de-açúcar (CBC) gerado no processo de cogeração de energia em usinas sucroalcooleiras. Para tanto será necessário fazer a caracterização dos compósitos produzidos, visando conhecer as propriedades estruturais para que posteriormente se possam comparar os resultados, especificando as mudanças ocorridas.

Pretende-se com a geração deste compósito, obter artefatos cerâmicos com características físico-químicas e mecânicas adequadas para aplicação tecnológica, em específico na construção civil, direcionando uma utilização ao resíduo (CBC), que possui poucas aplicações industriais e traz sérios impactos ambientais quando descartados em grandes quantidades no solo. Consequentemente reduzir a extração de argila sedimentar, matéria prima de artefatos cerâmicos usados na construção civil, diminuindo assim os impactos oriundos da extração mineral.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Agricultura: Cana de açúcar

Até o século XVIII, a cana-de-açúcar foi considerada como remédio, e as primeiras notícias sobre a cultura encontram-se anotadas nas escrituras mitológicas dos hindus e nas sagradas escrituras. Foi introduzida nas Américas através da segunda expedição de Cristóvão Colombo, em 1493, pois as caravanas levavam mudas de cana-de-açúcar para serem plantadas em novas terras e

servirem de suprimentos. No Brasil, a cultura chegou em 1502, através de Martim Afonso de Souza (CESNIK, et. al, 2004).

O cultivo de cana-de-açúcar esta intimamente ligada à história e ao desenvolvimento do Brasil, modificando o cenário econômico nacional e propiciando elevados lucros com a exportação realizada dos produtos oriundos da cana-de-açúcar, como o açúcar e o álcool. Este último, impulsionado a partir do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), na década de 1970 (ARAÚJO, 2013).

Com a crise do petróleo na década de 1970, os preços dos combustíveis fósseis aumentaram significativamente, afetando todos os países importadores de petróleo, principalmente aqueles em desenvolvimento como o Brasil. Os efeitos da crise trouxeram à tona a necessidade de se obter fontes alternativas de energia, evidenciando o Programa Nacional do Álcool, na segunda metade da década de 1970, viabilizado pelo Decreto nº 76.593, tendo como principal vertente a substituição dos combustíveis derivados do petróleo por combustíveis de origem vegetal (ARAÚJO, 2013).

Dessa forma, a plantação de cana-de-açúcar ganhou volumes sem precedentes. De acordo com a Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), a produção de cana-de-açúcar para a safra 2015/16 foi estimada em 658,7 milhões de toneladas com crescimento de 3,8% em relação à safra anterior (CONAB, 2017).

Com isso, a grande produção de cana-de-açúcar gera volumosos resíduos provenientes de sua industrialização. De cada tonelada de cana-de-açúcar moída, se extrai 700 litros de caldo de cana e 300 kg de bagaço. Na safra de 2008/2009 as usinas e destilarias beneficiaram certa de 569 milhões de toneladas de cana (DANTAS, 2010).

No Brasil a biomassa da cana-de-açúcar gerada no processamento em usinas sucroalcooleiras, seus subprodutos, o bagaço e a palha da cana possuem elevados teores de materiais lignocelulósicos, fazendo com que se torne matéria prima capaz de produzir energia (DANTAS, 2010).

Atualmente as usinas de açúcar e álcool usam parte do resíduo para geração de energia térmica e elétrica em sistemas de cogeração. A maioria das usinas sucroalcooleiras do Brasil possui o sistema de cogeração de energia, assim, todas elas possuem autossuficiência energética, sendo que algumas vendem o excedente para as concessionárias de energia elétrica (DANTAS, 2010).

Da totalidade de bagaço queimado, cerca de 15% se transforma em cinzas, assim para cada tonelada de bagaço queimado são produzidos aproximadamente 147 kg de cinza (figura 1). Desta forma, tem-se em torno de 47,1 milhões de toneladas de cinza disponíveis a cada ano no território brasileiro (BATTISTELLE, 2009).

FIGURA 2 - Queima do bagaço da cana de açúcar produzindo as cinzas.



Foto: Jonathan Lins/ G1

2.2 Mineração: Argila sedimentar

A produção de mineral é importante para o desenvolvimento econômico, pois envolvem substâncias metálicas, combustíveis fósseis, jazidas de fertilizantes, pedras preciosas, água mineral, jazida de substâncias para a construção civil, dentre outros. No Brasil, muitas reservas já foram descobertas e outras estão em fase de exploração gerando emprego e renda para milhares de pessoas no processo de exploração, beneficiamento e comercialização (PORTELA, 2005).

A construção civil se destaca na exploração de minerais, que geralmente são explorados por empresas de pequeno, médio e grande porte, por cooperativas e pequenos grupos que trabalham de forma artesanal, pois, este tipo de minério é facilmente encontrado em algumas regiões do território nacional (PORTELA, 2005).

A argila é uma das matérias-primas que se destacam no ramo da construção, sendo considerada bem mineral de uso social por sua importância para os setores de habitação, saneamento e transportes. Com este minério, são fabricados blocos, telhas, lajes, pisos, entre outros materiais consumidos em grande escala nos processos construtivos usuais (SILVA, 2007).

O emprego de argila em diversos segmentos cerâmicos se dá pela plasticidade que a matéria prima apresenta quando misturada com uma quantidade conveniente de água. Sendo então uma importante propriedade tecnológica que possibilita o emprego de diversas técnicas de conformação, permitindo a obtenção de peças com variadas formas geométricas (VIEIRA, et. al, 2005).

O método de extração das argilas ocorre a céu aberto, em bancadas que variam de 4 a 8 metros de altura. O primeiro passo na obtenção das argilas compreende a retirada da camada estéril (solo), o que é feito através de pás carregadeiras (figura 2). No topo as argilas são moles, enquanto as argilas da base são mais duras. Em seguida a argila fica exposta ao ar livre, em forma de pilhas, permanecendo em descanso para posteriormente serem empregadas nas fábricas (CHRISTOFOLETTI, 2003).

Por fatores mercadológicos, a produção de artefatos cerâmicos a partir de argila sedimentar é realizada próximo de centros consumidores, caracterizando-se como uma atividade típica das regiões metropolitanas e urbanas. No entanto o minério é um bem esgotável, o que torna o cenário da região do Oeste Paulista preocupante. Para se ter uma ideia, na cidade de Teodoro Sampaio, das sete olarias em atuação, duas buscam argila no Paraná e as outras sobrevivem com o que restou das jazidas, sendo que algumas já tiveram a produção interrompida por meses pela escassez de argilas (SILVA, 2007).

No entanto, o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) divulgou em 2009 que encontrou em Teodoro Sampaio uma reserva de argila que poderá responder pelo abastecimento do polo cerâmico local por pelo menos 20 anos,

porém serão necessários vários estudos e debates para a exploração da jazida, tendo em vista que a área possuiu restrições ambientais (O IMPARCIAL, 2017).

Além da problemática citada acima, a exploração de recursos minerais ocasiona uma série de impactos ambientais, dentre eles podem ser citados: a degradação da paisagem; a poluição das águas provocada por lama; poeira e gases ocasionados pela etapa de beneficiamento e transporte da produção; o uso futuro do terreno, geralmente comprometido devido à ocupação desordenada de áreas alagadas; a destruição dos leitos dos rios (SILVA, 2007; PORTELA et. al, 2005).

FIGURA 2 - Extração de argila sedimentar



Fonte: <http://www.sitedelinhares.com.br>

2.3 Experimental

Para o desenvolvimento das amostras coletou-se argila proveniente de várzea, doada pela Olaria Gimenes, no município de Indiana, SP.

Primeiramente, iniciou-se a quebra dos torrões de argila de forma manual com auxílio de uma marreta (figura 3), reduzindo-as em partículas de

aproximadamente 5 cm de diâmetro. As partículas foram pesadas em balança semi-analítica BL3200H de marca Shimadzu obtendo a massa de 500,06 g conforme figura 4.

FIGURA 3 - Destorroamento manual das amostras de argila.



Fonte: O autor

FIGURA 4 – Amostra de argila destorroada e pesada em balança semi-analítica.



Fonte: O autor.

Posteriormente a amostra foi levada para a estufa de secagem e esterilização com circulação e renovação de ar SP- 102 de marca SP Labor, à uma temperatura de 100 °C, por 24 horas para total eliminação da umidade presente na mesma. O procedimento de quebrar os torrões de argila em partículas menores implica no aumento da superfície de contato da amostra, permitindo assim uma melhor difusão do calor em todo o corpo das partículas para eliminação da umidade durante a secagem na estufa.

Após 24 horas exatas, a amostra foi retirada da estufa e pesada na balança semi-analítica. Os dados foram transcritos para a tabela 1.

TABELA 1- Dados coletados da amostra de argila.

	Massa de argila úmida (g)	Massa de argila após secagem (g)	Perda de massa após secagem (%)
Amostra	500,06	417,16	16,58

Fonte: O autor.

De acordo com os dados, verifica-se que a amostra de argila apresentou uma perda de 16,58% relativa à sua massa original devido à perda de umidade durante o processo de secagem em estufa.

A amostra de argila seca foi destorroada no moinho de martelo MA-880 de marca Marconi do laboratório de difração de raio x da Unesp de Presidente Prudente, afim de obter partículas mais finas para possibilitar uma maior mistura das amostras de argila e cinzas do bagaço, (figuras 5 e 6). Após o procedimento, a amostra foi devidamente armazenada em saco plástico a fim de impedir a absorção de umidade do ambiente.

FIGURA 5 - Destorroamento no Moinho de martelo.



Fonte: O autor.

FIGURA 6 – Argila após destorroamento.



Fonte: O autor.

A próxima etapa será preparar amostras de cinzas do bagaço da cana (CBC) para realizar a mistura com argila sedimentar e obter os corpos de prova para estudo. Para tanto, será necessário submeter à amostra em estufa durante 24 horas para total retirada da umidade e posteriormente fazer a mistura manual das amostras nas proporções descritas na tabela 2.

TABELA 2 - Preparação do corpo de prova.

AMOSTRAS	Proporção Cinza CBC (g) / Argila (g)	CORPO DE PROVA - 20g	
		Cinza	Argila
A	10/90	2g x 3	18g x 3
B	30/70	6g x 3	14g x 3
C	50/50	10g x 3	10g x 3
	Total (x 100%)	108g de cinzas	252g de argila

Fonte: O autor.

O corpo de prova terá uma massa de 20g e será realizada em triplicata para obtenção de valores mais fidedignos a realidade. A quantidade de massa das amostras de cinza e argila foi calculada acrescentando 100% para qualquer eventualidade de perda durante todo o processo de preparação até a produção dos corpos de prova.

Nota-se que as cinzas não passarão por peneiramento para separação granulométrica das partículas, pois será inserida no corpo de prova com as características que apresentarem in situ, ocorrendo apenas a retirada da umidade em estufa.

3 CONCLUSÃO

Diante do exposto, conclui-se que a indústria da construção civil contribui significativamente nos impactos ambientais, sejam eles devido à extração de recursos naturais, geração de resíduos, consumo exacerbado de energia ou emissão de poluentes. E diante do cenário atual, o desenvolvimento de práticas sustentáveis torna-se imprescindível para redução dos problemas causados pela indústria, trazendo grandes benefícios ambientais, sociais e econômicos. Neste sentido, o presente trabalho busca utilizar resíduos agroindustriais e argila

sedimentar extraída diretamente do solo, para fabricação de artefatos cerâmicos, minimizando assim, os impactos causados por estas matérias na disposição inadequada do CBC e pela extração desenfreada de argila.

Durante a preparação da amostra, verificou-se a presença de 16,58% de massa de água na argila. Índice que pode ser variável na localidade em que a argila é extraída e também nos períodos de chuva e estiagem.

Para próxima etapa da pesquisa, visa-se a confecção de corpos de provas com diferentes proporções de argila e cinzas do bagaço da cana de açúcar a fim de verificar a melhor composição para posterior aplicação tecnológica e industrial. Para isso, serão analisadas as propriedades físicas com ensaios de flexão de três pontos, retração linear, densidade aparente e perda de massa ao fogo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] ARAÚJO, EDILAINE DA SILVA, and Juliana Agustineli Pereira Santos. "O desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar no Brasil e sua relevância na economia nacional." FACIDER-Revista Científica 4.4 (2013).

[2] AMARAL, M. C. Avaliação da incorporação de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar em tijolo solo-cimento. 2014. 101 f. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais)-Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes–RJ.

[3] ARIF, Elisabeth; CLARK, Malcolm W.; LAKE, Neal. Sugar cane bagasse ash from a high efficiency co-generation boiler: Applications in cement and mortar production. *Construction and Building Materials*, v. 128, p. 287-297, 2016.

[4] BATTISTELLE, Rosane Aparecida Gomes; MARCILIO, Carolina; LAHR, Francisco Antonio Rocco. Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (saccharum officinarum) e das folhas caulinares do bambu da espécie dendrocalamus giganteus na produção de chapas de partículas. *Revista Minerva*, v. 5, n. 3, p. 297-305, 2009.

[5] CESNIK, Roberto; MIOCQUE, Jacques. Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil. *Revista ComCiência*. Disponível em:< <http://comciencia.br/comciencia>, 2004.

[6] CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. Disponível em: Acesso em: 20 fev. 2017.

[7] CHRISTOFOLETTI, Sérgio Ricardo. Um modelo de classificação geológico-tecnológica das argilas da Formação Corumbataí utilizadas nas indústrias do Pólo Cerâmico de Santa Gertrudes. 2003.

[8] DANTAS, Djolse Nascimento. Uso da biomassa de cana-de-açúcar para geração de energia elétrica: análise energética, exergética e ambiental de sistemas de cogeração em sucroalcooleiras do interior paulista. Diss. Universidade de São Paulo, 2010.

[9] LIMA, Sofia Araújo et al. Caracterização de concretos confeccionados com a cinza do bagaço da cana-de-açúcar. In: Tema Caracterização de Materiais. CINPAR 2010–VI Congresso Internacional sobre patologia e reabilitação de estruturas. Córdoba, Argentina. 2010.

[10] MOTTA, Silvio FR; AGUILAR, Maria Teresa P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. Gestão & Tecnologia de Projetos, v. 4, n. 1, p. 88-123, 2009.

[11] Nova jazida de argila supre demanda de 20-anos. Disponível em <http://www.imparcial.com.br/site/nova-jazida-de-argila-supre-demanda-de-20-anos>. Acesso em 27 de fevereiro de 2017.

[12] PAULA, Marcos Oliveira de et al. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. 2006.

[13] Poggiali, Flavia Spitale Jacques. "Desempenho de microconcretos fabricados com cimento Portland com adições de cinza de bagaço de cana-de-açúcar." (2010).

[14] PORTELA, Mugiany Oliveira Brito; GOMES, JMA. A extração de argila e suas implicações socioeconômicas e ambientais no bairro Olarias. Teresina–PI. In: MONTEIRO, Maria e Socorro Lira et al. Teresina: uma visão ambiental. Teresina: Edufpi, 2005.

[15] SILVA, João Paulo Souza. Impactos ambientais causados por mineração. Revista espaço da Sophia, v. 8, p. 1-13, 2007.

[16] VIEIRA, C. M. F., S. N. Monteiro, and J. Duailibi. "Considerações sobre o uso da granulometria como parâmetro de controle de uma argila sedimentar." Cerâmica Ind 10 (2005): 23-26.

[17] ZARDO, Anderson Maciel et al. Utilização da cinza de bagaço cana-de-açúcar como “filler” em compostos de fibrocimento. In: I conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de tecnologia do ambiente construído. 2004. p. 18-21.