

DESENVOLVIMENTO DE MATERIAL VITRO-CERÂMICO ATRAVÉS DE VITRIFICAÇÃO E CRISTALIZAÇÃO CONTROLADA DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA E CALCÁRIO

A. Arenales⁽¹⁾, A. E. Souza⁽¹⁾, L.S.Watanabe⁽¹⁾, S. R. Teixeira⁽¹⁾, W.D.M. Junior⁽¹⁾

amandaarenales@gmail.com

(1) Departamento de Física, Química e Biologia – DFQB
Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT
Universidade Estadual Paulista – UNESP
Presidente Prudente – SP

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver material vitro-cerâmico, que poderá ser utilizado como revestimento na construção civil, a partir de um resíduo (cinza de bagaço de cana), usado como fonte de sílica e um mineral abundante na natureza (calcário dolomítico). Estes materiais foram caracterizados utilizando: análise química, análise difratométrica e térmica (DSC/DTA/TG). Cálculos teóricos da formulação de misturas vitrificáveis e determinação da temperatura fusão foram feitos. A análise térmica mostra que: (1) para a cinza ocorre uma perda de massa entre 300°C e 600°C; (2) para o calcário é observada a transformação dos carbonatos (perda de CO₂, entre 600°C e 800°C) em óxidos de cálcio e magnésio. Foram feitos alguns testes de fusão e cristalização, de uma das composições, utilizando o equipamento de análise térmica. Os resultados confirmam os cálculos teóricos para a temperatura de fusão (1270°C) e fornece as temperaturas de cristalização do vidro, acima de 900°C.

Palavras Chave: Vitro-cerâmico, bagaço de cana de açúcar, sílica, calcário.

INTRODUÇÃO

Devido escassez do petróleo, no início do século XXI, o aumento dos preços e o impacto ambiental que combustíveis derivados dele causam ao meio ambiente, atraiu novos investimentos em todo o mundo em busca por novas fontes de energia. Em 1975, o governo assumiu um desafio de produzir um combustível alternativo ao petróleo, criando assim o Proálcool, com isso houve um incentivo ao crescimento das áreas de cultivo da cana-de-açúcar e ao setor sucro-alcooleiro. ^(1,2)

Atualmente, após mais de trinta e cinco anos de implantação do programa Proálcool, o Brasil é o principal produtor mundial de açúcar e etanol, de cana-de-açúcar ⁽³⁾. Com a utilização do etanol e a cogeração de energia elétrica, através da queima do bagaço de cana, as emissões de gases estão diminuindo.

Entretanto, após o processamento da cana para extração do caldo, através de várias etapas de moagem, é produzido um resíduo que é o bagaço. A safra 2009/2010 brasileira estimada cana foi 629 milhões de toneladas para produzir açúcar (44,7%) e álcool (55,3%) ⁽⁴⁾. O volume de cinzas que seria produzido a partir dessa safra é de aproximadamente 3,2 milhões de toneladas (1000 kg de cana ⇒ 250 kg de bagaço ⇒ 6 kg de cinzas) ⁽⁵⁾. Essa cinza é rica em silicatos vem sendo descartada nas plantações de cana-de-açúcar e em aterros devido sua falta de utilidade.

Entretanto, segundo os paradigmas da sustentabilidade, é preciso desenvolver novas tecnologias, de modo a minimizar os problemas ambientais associados ao seu descarte e valorizar estes resíduos ⁽⁶⁾. Com base na sua composição (principalmente silicatos), uma das possibilidades de valorização das cinzas é vitrificá-las para a obtenção de vidro estável e posteriormente transformar o vidro em um vitro-cerâmico ^(7;8).

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, cuja agricultura é a base da economia, valorização proveniente desses resíduos por meio do desenvolvimento de novas tecnologias tem uma grande importância. Para isto, neste trabalho, será aplicada a metodologia convencional de pesquisa e desenvolvimento de materiais vitro-cerâmicos à cinza de bagaço de cana.

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma amostra de fuligem da Usina Alto Alegre, unidade Santo Inácio, do município de Santo Inácio/PR (coletada em setembro de 2011) foi separada em duas partes, para determinação de umidade, matéria orgânica e carbonatos. As amostras foram secas em estufa (72h a 85°C) e a porcentagem de umidade foi determinada comparando as massas iniciais (úmida) e finais (secas), obtidas utilizando uma balança.

A parte com maior massa foi fracionada utilizando um sistema de peneiras (meshes: 1mm e 0,59mm) com agitador, do laboratório de solos da UNESP de Presidente Prudente.

Para verificar a quantidade de matéria orgânica (MO) e carbonatos, foi utilizado um forno tipo mufla, com taxa de aquecimento de 20°C/min e tempo de permanência de 30 minutos. Amostras em triplicatas de todas as frações, pesadas, foram aquecidas até 650°C, esfriadas e pesadas novamente para determinação da MO. As mesmas amostras foram aquecidas, nas condições descritas anteriormente, até 900°C, esfriadas e pesadas para determinação da porcentagem de carbonatos.

As amostras de calcário malha 100 e cinza de Santo Inácio, foram analisadas utilizando um equipamento de análise térmica, modelo SDT Q-600 (do departamento de física, química e biologia da FCT/UNESP). Foram usados cadinhos de platina, fluxo de ar (100ml/min) e rampa de aquecimento de 20°C/min até 1400°C.

Utilizando o artigo de Chengyu e Ying (1983) e as composições químicas da cinza e do carbonato, foram estimadas as temperaturas de fusão (<1400°C) para algumas combinações de cinza-calcário-K₂CO₃. Uma composição foi preparada e submetida à análise térmica para confirmar sua temperatura de fusão. O material fundido no cadinho foi submetido novamente a este tratamento térmico, até 1200°C, para determinação da temperatura de cristalização.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos mostram que a umidade da amostra de fuligem da usina de Santo Inácio é de 29,8%. Utilizando apenas as amostras menores que 0,59mm, tendo em vista que elas possuem a menor quantidade (aproximadamente 10%) de matéria orgânica.

A cinza foi analisada utilizando o aparelho de análise térmica simultânea (TGA, DTA, DSC). A **Figura 1** mostra o resultado da análise termogravimétrica e da análise termo-diferencial:

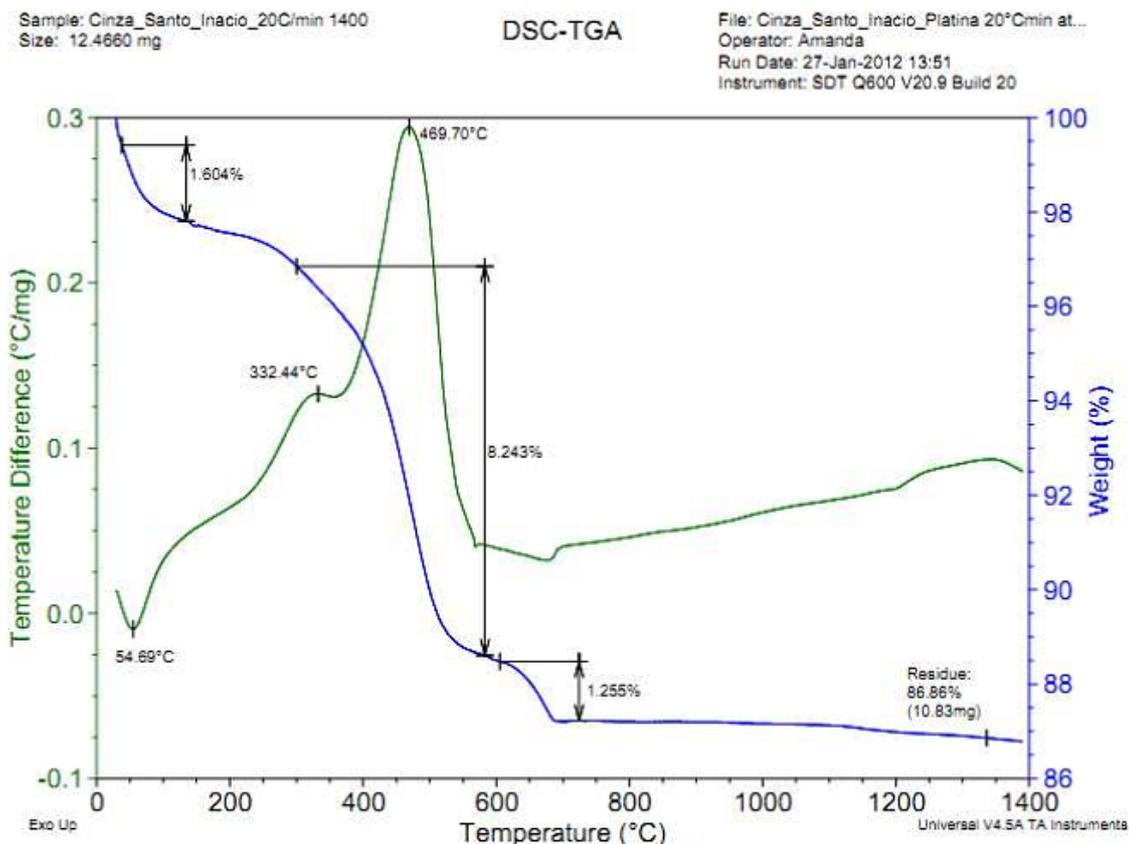


Figura 1: TGA e DSC de Santo Inácio

. Pode-se observar uma perda de água (umidade) abaixo de 100°C, uma perda de massa grande entre 250 e 550°C devido à queima de material orgânico (carvão e restos de bagaço).

Nesta região, também, ocorre a perda de água estrutural (hidroxilas) pelos hidróxidos de ferro e alumínio. Observa-se ainda que amostra perde aproximadamente 14% da massa inicial.

Verificou-se que calcário malha 100 possui uma perda de massa de aproximadamente 38%, próximo da temperatura de 750°C. Esta reação caracteriza a perda de CO₂ pelos carbonatos, que se transformam em óxidos.

Como a amostra menor que 0,59mm possui uma perda de 16% de massa, devido a matéria orgânica, será preciso aumentar nesta mesma proporção a massa de fuligem na composição de modo que tenhamos a quantidade de cinza (e de sílica) calculada.

Com base na composição química dos materiais, utilizando a correção (16%) na massa de fuligem e no artigo de Chengyu e Ying (1983), foram feitos cálculos de pontos de fusão para várias composições. Foi verificado que a melhor composição

(menor ponto de fusão) do vidro é obtida para: 50.5% de SiO₂; 33% de CaO; 11% de K₂O; e 5,5% de MgO. Esta composição forneceu um ponto de fusão em torno de 1300°C, como pode ser observado na **Figura 2**. Essa mistura após ser fundida e resfriada, formou uma gota de vidro com coloração amarelo claro, no fundo do cadinho de platina.

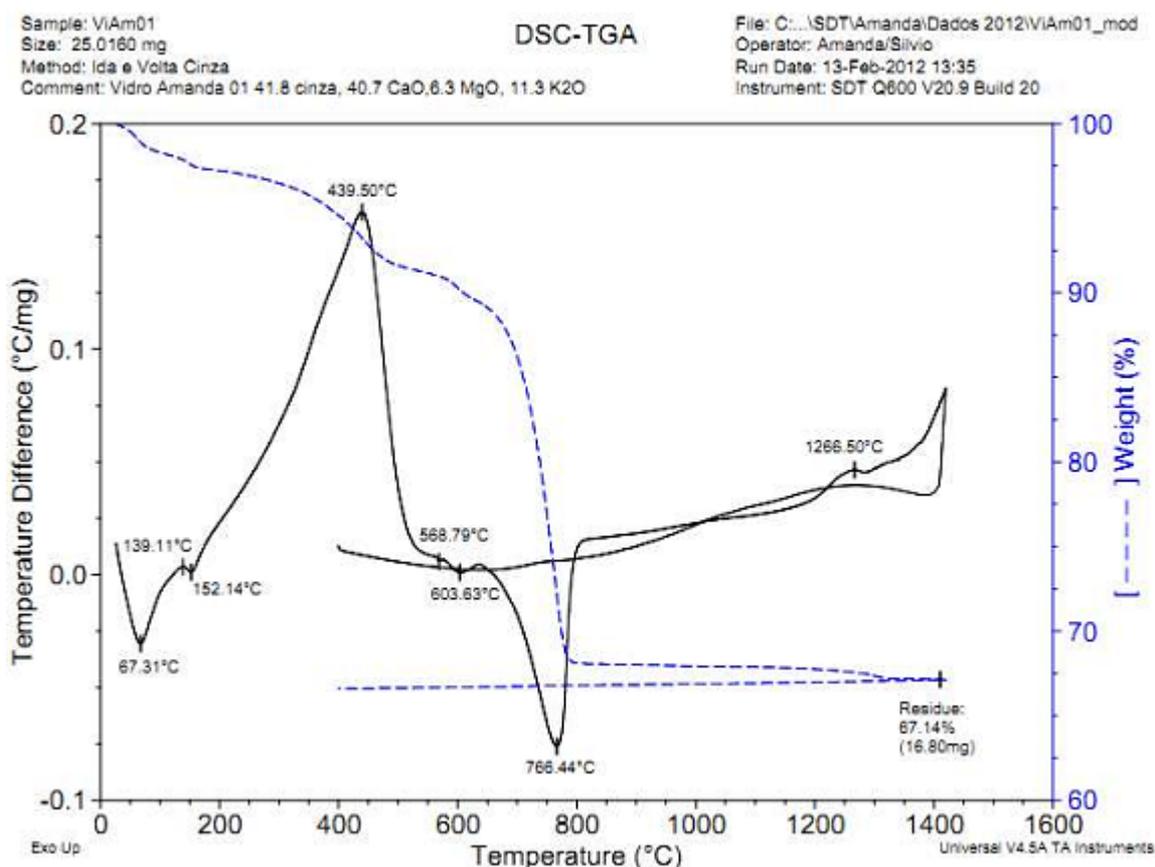


Figura 2: TGA e DSC da mistura vítrea

A composição acima, transformada em porcentagem de óxidos (44,0% (cinza), 48,7% (calcário) e 7,3% (K₂CO₃)) foi preparada e submetida a um tratamento térmico (20°C/min até 1400°C), até sua fusão, utilizando o equipamento de análise térmica. Após seu resfriamento, a amostra resultante (vidro dentro do cadinho de platina) foi submetida a um novo tratamento térmico, sob uma taxa de aquecimento constante de 20°C por minuto até 600°C e após essa temperatura seu aquecimento passou a ser de 5°C por minuto até 1200°C, para determinação das temperaturas de cristalização. Este tratamento fez com que o material passasse de vítreo para vitro-cerâmico.

Com a análise dos resultados do DSC pode-se observar que ocorrem dois picos de cristalização, o primeiro em 937°C e o segundo em 995°C. Um pico endotérmico duplo, não identificado, foi observado próximo de 590°C.

CONCLUSÕES

Portanto, pode-se concluir que os resultados confirmam os cálculos teóricos para a temperatura de fusão (1270°C) e fornece as temperaturas de cristalização do vidro, acima de 900°C. Em uma próxima etapa, será realizado verificado se esse material (a base de um resíduo) possui propriedades tecnológicas melhor que o material existente hoje no mercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) História do etanol combustível no Brasil, na Wikipédia, a enciclopédia livre. Acesso em 25 de agosto de 2011;
- (2) Proálcool: Programa Brasileiro de Álcool, disponível em: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/pro-alcool.htm>. Acesso em 25 de janeiro de 2012;
- (3) GOBBI, A., GROENWOLD, J. A.E. MEDEIROS, M. H. F. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar: Contribuição para a sustentabilidade dos materiais de reparo. VI Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas. Cordoba, Argentina, 2010;
- (4) BEN: Balanço Energético Nacional 2010, ano 2009. Relatório Final 2010, In BEN2010, disponível em: <http://is.gd/4yJSwU>. Acesso em 20 de fevereiro de 2012;
- (5) Teixeira, S.R.; Peña, S.F.V.; Lima, R.G.(2010a). Use of residues from industrial carbonized sugarcane bagasse to produce charcoal briquette. Produceding vinece, 2010, Tlard International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Venice, Italy; November 8-11,2010;
- (6) RAWLINGS, R. D.; WU, J. P.; BOCCACCINI; A. R. Glass-Ceramics: Their Production from Wastes - A Review, J. Mater. Sci., 41, 733-761 (2006);
- (7) HOLLAND, W.; BEALL, G. (2002). Glass ? Ceramic Technology, The American Ceramic Society, OHIO, USA;

- (8) CHIANG, Y.M.; BIRNIE III, D.; KINGERY, W. D. (1997). Physical Ceramics: Principles for Ceramics Science and Engineering, MIT Series, John Wiley Sons, Inc., USA;
- (9) CHENGYU, W. and YING, T. Calculation of the melting temperatures of silicate glass. Department of Chemical Engineering, Dalian Institute of Light Industry. Revision received 15 April 1983.

DEVELOPMENT OF MATERIAL IN VITRO-CERAMIC ATRAVÉS VITRIFICATION CONTROLLED CRYSTALLIZATION AND GRAY MARC AND CANE LIME

ABSTRACT

The present work aims to develop glass-ceramic material, which can be used as coatings in construction, from a residue (bagasse ash), used as a source of silica and an abundant mineral in nature (lime). These materials were characterized using: chemical analysis and thermal analysis difratométrica (DSC / DTA / TG). Theoretical calculations of the vitrifiable mixture and formulation of determining the melting temperature were made. Thermal analysis shows that: (1) to the ash is a loss of mass between 300°C and 600°C), (2) for limestone is observed the transformation of carbonate (CO₂ loss between 600°C and 800°C) oxides of calcium and magnesium. There were a few tests melting and crystallization of one of the compositions, using thermal analysis equipment. The result confirm the theoretical calculations to the melting temperature (1270 °C) and provides the glass crystallization temperatures above 900°C.

Keywords: Glass-ceramic, sugar cane bagasse, silica, limestone.