

# UTILIZAÇÃO DE CINZA DE BAGAÇO DE CANA PARA PRODUZIR MATERIAL VITRO-CERÂMICO DO SISTEMA $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O}$

S.R.Teixeira<sup>1</sup>, J.Ma.Rincón<sup>2</sup>, M.Romero<sup>2</sup>, R.S.Magalhães<sup>1</sup>, G.T.A.Santos<sup>1</sup>, C.L.Carvalho<sup>3</sup>  
rainho@fct.unesp.br

<sup>1</sup>Departamento de Física, Química e Biologia  
Faculdade de ciência e tecnologia (FCT)  
Universidade Estadual Paulista (UNESP )  
Presidente Prudente - SP

<sup>2</sup>IETCC/CSIC/Madri – España

<sup>3</sup>UNESP/FEIS-Ilha Solteira -SP

## RESUMO

*Cinza de grelha foi utilizada como matéria prima para obtenção de vidro que foi cristalizado para obtenção de material vitro-cerâmico. A caracterização da cinza mostra que ela é constituída principalmente de materiais cristalinos, predominantemente quartzo, com óxidos de ferro, potássio e alumínio como os principais elementos minoritários. O vidro foi obtido a partir da mistura de cinza com carbonatos de cálcio e de sódio. O vidro e o material cristalizado foram examinados utilizando análise termo-diferencial (ATD), espectrometria de fluorescência de raios-X (FRX), difratometria de raios-X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Dados de DRX e ATD mostram que wollastonita é a única fase cristalina presente no material vitro-cerâmico cristalizado a 1050 °C. Parte do vidro foi sinterizado nesta temperatura durante uma hora, resultando num material vitro-cerâmico verde/marrom muito duro. As imagens de MEV revelam uma morfologia de crescimento esferolítica indicando mecanismo de cristalização volumétrico.*

*Palavras-chave: vidro, vitro-cerâmico, cristalização, cinza, cana de açúcar*

## INTRODUÇÃO

Materiais vitro-cerâmicos, com wollastonita como principal fase cristalina, são produzidos a partir de vidros do sistema Si-Al-Ca por cristalização superficial controlada, usando no processo agentes nucleantes convencionais tais como,  $\text{TiO}_2$  e  $\text{ZrO}_2$ . Cerâmica vítrea deste tipo demonstra efeitos ópticos especiais e outras propriedades importantes (dureza superior a das pedras naturais, zero de absorção de água, menor densidade etc.) e, por isso, são produzidas em larga escala e usados como revestimento (interno e externo) na indústria da construção civil. O vitro-cerâmico mais importante para aplicações na indústria da construção é produzido pela indústria japonesa “Nippon Electric Glass” com o nome NEOPARIES. Ele é produzido em larga escala para revestimento de paredes exteriores e interiores de prédios. Uma grande vantagem deste material, em relação às pedras naturais, é que ele permite a produção de grandes placas planas e curvas. Em temperaturas acima de  $950\text{ }^\circ\text{C}$ , inicia a cristalização de superfície controlada da fase beta – wollastonita ( $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ). A  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ , a wollastonita cresce na forma de agulhas da superfície para o interior dos grãos de vidro, fazendo o material se parecer com granito ou mármore, devido a diferença nos índices de difração da luz pelos cristais e pela matriz vítrea. A  $1200\text{ }^\circ\text{C}$  a beta wollastonita apresenta morfologia granular, com cristais mais opacos. <sup>(1)</sup>

Segundo **Navarro (2003)** <sup>(2)</sup>, este metassilicato cálcico apresenta duas modificações cristalinas diferentes: alfa wollastonita (ou pseudowollastonita) e a beta wollastonita. A primeira corresponde a forma estável acima de  $1180\text{ }^\circ\text{C}$  e só aparece em massas de vidro esfriadas muito lentamente na forma de esferas ou de agregados cristalinos de tamanho grande. A beta - wollastonita, ou modificação de baixa temperatura, é a encontrada com maior frequência. Esta se apresenta, preferencialmente, na forma de agulhas, prismas ou faixas.

Este trabalho faz parte de um projeto mais amplo que visa estudar e aplicar o processo de cristalização não-isotérmico de vidros, para estudar os mecanismos de formação e obtenção de materiais vitro-cerâmicos, obtidos a partir de cinza de bagaço de cana e outros resíduos ricos em silicatos. O interesse neste tipo de resíduo é devido ao volume que é produzido no Brasil (> 1 milhão de toneladas/ano) e a perspectiva de aumento na sua produção, devido ao aumento previsto para os próximos anos na

produção de álcool para uso como combustível para veículos. Também, a região oeste do estado de São Paulo está se transformando em uma região produtora de álcool e açúcar, com previsão de construção de mais de dez novas usinas.

## MATERIAL

O material estudado foi uma cinza de grelha coletada em uma usina de álcool/açúcar da região de Presidente Prudente. Esta cinza é produzida durante a queima do bagaço de cana para produção de vapor nas caldeiras da empresa.

## MÉTODOS

A cinza foi caracterizada utilizando as técnicas de Fluorescência de Raios-X (FRX), Análise Termo-Diferencial e Termo-gravimétrica (ATD/ATG) e difratometria de Raios-X (DRX), para conhecer sua composição química e suas principais fases cristalinas.

Utilizando o artigo de Wang Chengyu & Tao Ying (1983) <sup>(3)</sup> foi calculada a temperatura de fusão das composições pré-determinadas para produção de vidros de silicatos. Os vidros foram formulados, usando diagramas de fases ternários, de acordo com a composição da cinza e da fase final desejada. Foram adicionadas à cinza diferentes concentrações de óxidos (ou carbonatos) de Mg, Na e K. Dentre as composições estudadas, que permitisse a fusão em temperaturas menores do que 1450 °C, a combinação de cinza (50%) com óxidos de cálcio (45%) e de sódio (5%), forneceu uma temperatura teórica de fusão de 1340 °C.

Os componentes dos vidros, na forma de óxidos ou de carbonatos, foram pesados usando balança analítica, homogeneizados e tratados termicamente a 1450 °C (Figura 1) por uma hora. O líquido foi vertido em um recipiente de alumina com água destilada, para resfriar rapidamente (quenching) não dando tempo para iniciar o processo de cristalização. O vidro formado tinha cor verde devido a presença de ferro na cinza.



Figura 1: Preparação do vidro (líquido sendo vertido para dentro da água).

O vidro foi submetido a análise por DRX para verificar se houve cristalização durante o processo de resfriamento. Parte do vidro foi pulverizada e submetida a tratamento térmico, com velocidade de aquecimento controlada, utilizando um equipamento de análise térmica. Deste termograma foram obtidas as temperaturas de transição vítrea e de cristalização do vidro. O vidro em pó foi cristalizado, durante uma hora, na temperatura do pico de cristalização, e depois moído e analisado usando as técnicas de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e DRX, para determinar sua composição química e identificar as fases formadas no material vitro-cerâmico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Caracterização do Vidro e do Material Vitro-cerâmico

Uma parcela de pó deste vidro foi submetida à análise difratométrica (DRX) para confirmar a formação do vidro e uma parte foi moída e submetida à análise térmica (ATD), até 1400 °C com taxa de aquecimento de 50 °C/min.

A análise difratométrica (Figura 2) não detectou a presença de picos de fases cristalinas, apresentando uma banda característica de materiais amorfos em torno da posição  $2\theta = 30^\circ$ .

O resultado da ATD mostra um pico de cristalização em 1052 °C (Figura 3). Esta amostra foi denominada de vidro 1 (V1) e parte dela foi cristalizado a 1050 °C, com taxa de aquecimento de 10 °C/min, durante 1 hora. O vitro-cerâmico resultante tem cor verde-amarronzado, sendo um material muito duro e difícil de moer. Uma parte deste

vitro-cerâmico foi moída, utilizando um moinho manual de carbeto de tungstênio, e submetida à análise por difração de raios-x.

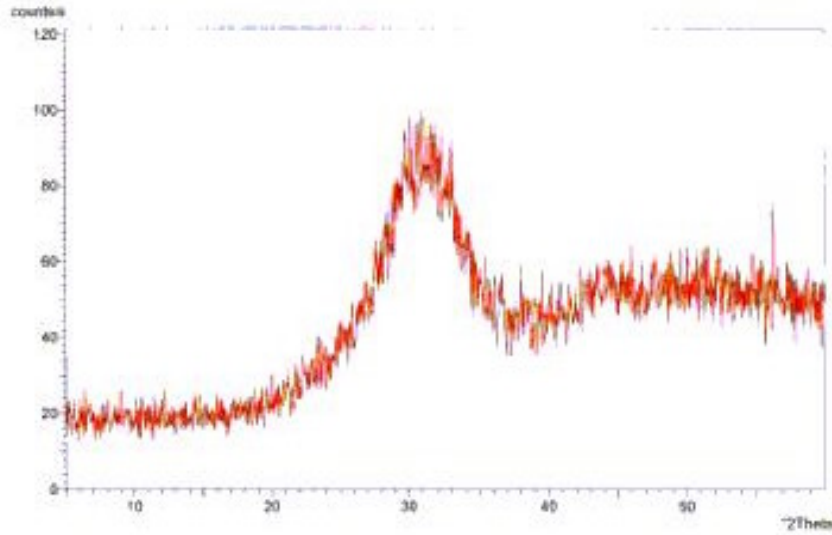


Figura 2 - Difratoograma de raios-X do vidro V1

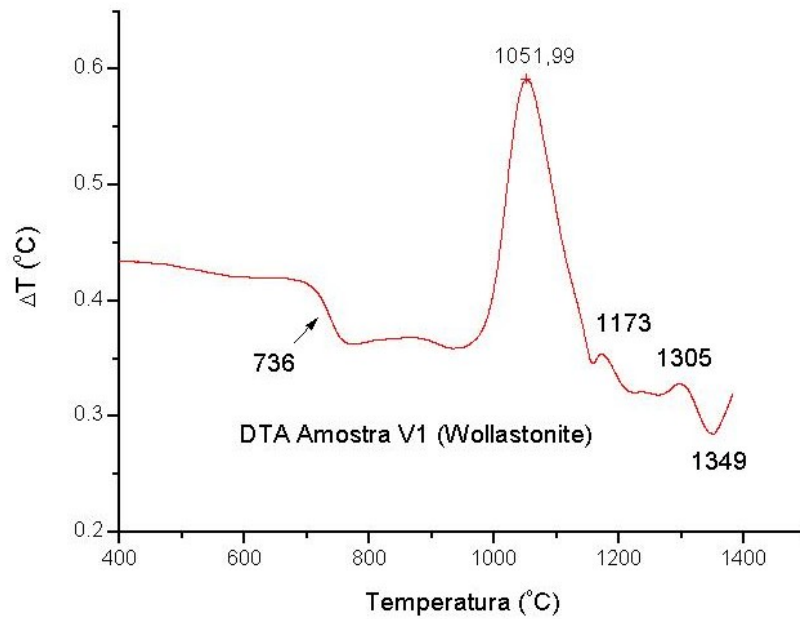


Figura 3 - Análise térmica diferencial (ATD) do vidro V1 (10°C/min).

O resultado da análise de difração de raios-X (Figura 4) do material vitro-cerâmico mostra que a fase principal formada é a wollastonita  $\text{CaSiO}_3$  (Ficha 43-1460). Cinco picos (marcados no difratograma) não foram identificados, podendo ser algum silicato de Na ou Ca.

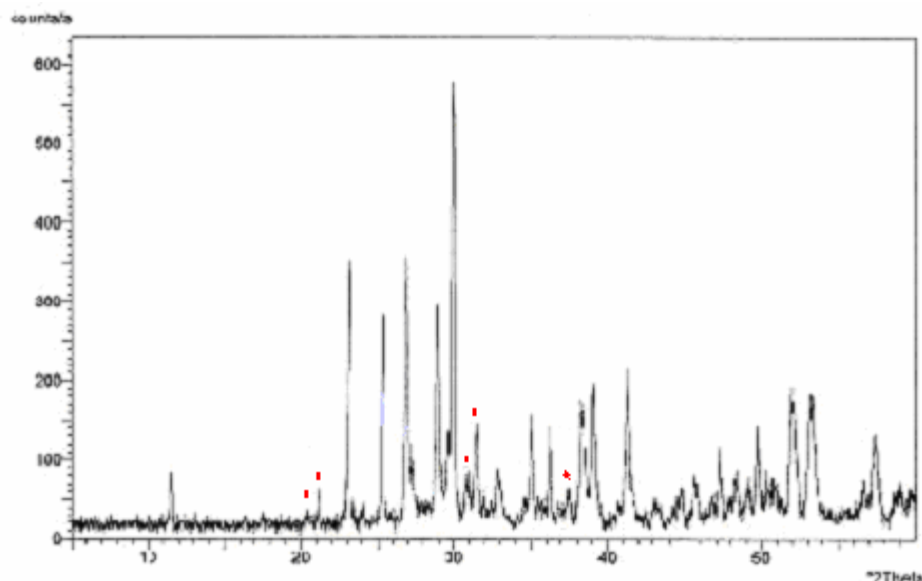


Figura 4: Difratograma de raios-X do material vitrocerâmico. Todos os picos, com exceção dos cinco picos marcados, pertencem à fase wollastonita (43-1460).

### Análise Química

A Tabela 1 fornece os resultados da análise química, por fluorescência de raios -X (concentração de óxidos - %) da cinza de bagaço de cana e do vidro **V1**. Pela composição química dos componentes (cinza-CaO-Na<sub>2</sub>O) usados para preparar o vidro pode-se observar na tabela que houve uma contaminação dos vidros com alumina dos cadinhos usados.

Tabela 1 – Análise química por fluorescência de raios - X

	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Cr	Fe
<b>Cinza</b>		0.980	1.617	89.614	1.370	0.050	3.537	1.012	0.294	0.078	1.325
<b>V1</b>	3.906	0.431	8.627	43.989	0.266	0.492	1.024	39.545	0.325	0.108	1.110

## Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Figura 5 mostra duas imagens do material vitro-cerâmico, vidro V1 cristalizado a 1050 °C, por uma hora. As áreas destacadas revelam imagens de morfologia com crescimento esferolítico indicando cristalização de volume. Estes dados serão complementados com os resultados obtidos no estudo de cinética, em desenvolvimento.

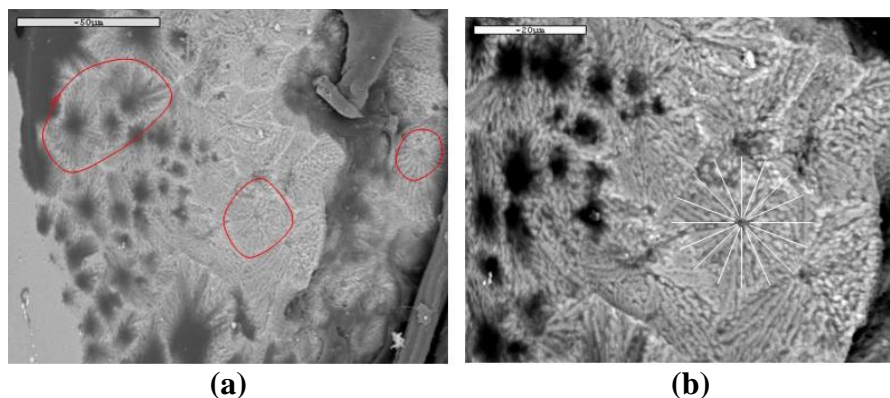


Figura 5: Imagens de microscopia eletrônica de Varredura (MEV) do material vitro-cerâmico, indicando crescimento esferolítico.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à **PROPE/UNESP/SANTANDER** pela bolsa de pós-doutorado, à **FAPESP** pelo auxílio pesquisa (2008/04368-4) e à **FUNDUNESP** pelo auxílio concedido.

## REFERÊNCIAS

- (1)HÖLAND, W.; BEALL, G. (2002). Glass – Ceramic Technology, The American Ceramic Society, OHIO, USA.
- (2)NAVARRO, J. M. F. (2003). El Vidrio, CSIC, Madrid, España.
- (3)CHENGYU, W.; YING, T. (1983). Calculation of the melting temperatures of silicate glasses, Glass Technology 24(5), p. 278-282.

USE OF SUGARCANE BAGASSE ASH TO PRODUCE GLASS-CERAMIC MATERIAL  
IN THE SYSTEM CaO-SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O

ABSTRACT

A bottom ash was used as raw material to obtain glass which was crystallized to form glass-ceramic material. The characterization of the ash shows that it consists mainly of crystalline materials, predominantly quartz, with oxides of iron, potassium and aluminum as minor elements. The glass was obtained from the mixing of ash with calcium and sodium carbonates. The glass and the glass-ceramic were examined using differential thermal analysis (DTA), X-ray fluorescence (XRF), X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). XRD and DTA data show that Wollastonite is the only crystalline phase present in the material crystallized at 1050° C. Part of the glass was synthesized at this temperature for one hour, resulting in a green/brown hard material glass-ceramic. The images of SEM show morphology of spherulitic growth indicating volumetric crystallization mechanism.

Keywords: glass, glass-ceramic, crystallization, ash, sugar cane



This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.  
This page will not be added after purchasing Win2PDF.