

# Análise Térmica do Resíduo de Areia Verde de Fundição<sup>1</sup>

*Raquel Luísa Pereira Carnin<sup>2</sup>, Carlos Jorge da Cunha<sup>3</sup>, Rúbia Raquel Luvizão<sup>4</sup>, Marilena Valadares Folgueras<sup>5</sup>.*

## RESUMO

As areias de fundição representam um dos resíduos sólidos industriais com maior volume de produção. Somente no Brasil são gerados cerca de 2 milhões de toneladas por ano. A maior parte destes resíduos é disposta em aterros com custos para os geradores e impactos ambientais. Este trabalho aborda o estudo da análise térmica do resíduo areia verde de fundição, da areia verde de fundição, bentonita e do pó de carvão. Descobriu-se que, por meio de apenas um experimento de análise térmica, realizado no RAVF ou AVF, da temperatura ambiente até 800 °C, em fluxo de ar, é possível determinar os teores de umidade, pó de carvão e bentonitas com base nas perdas de massa na secagem da amostra, na queima do carvão e na desidroxilação das bentonitas, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduo Areia Verde de Fundição, Análise Térmica.

## Thermal Analysis of Foundry Green Sand Residue

## ABSTRACT

Foundry sands represent one of the industrial residues with the greatest production volume. Brazil alone generates some 2 million tons a year. Most of these residues is disposed off in landfills with costs for the generators and environmental impacts. This work addresses the study of the thermal analysis of the foundry green sand residue, foundry green sand, bentonite and coal powder. It was found that by means of only one thermogravimetric analysis, performed in the green foundry sand, from room temperature to 800 °C, in air flux, it is possible to determine the contents of humidity, coal powder and bentonites based on the mass losses of sample drying, coal burning and bentonites dehydroxilation, respectively.

**KEY-WORDS:** Foundry green sand residue, Thermal Analysis.

<sup>1</sup> 14<sup>o</sup> CONGRESSO DE FUNDIÇÃO DA ABIFA – CONAF 2009

<sup>2</sup> Raquel Luísa Pereira Carnin - Doutora em Química - Tupy S.A.

<sup>3</sup> Carlos Jorge da Cunha – Doutor em Química

<sup>4</sup> Rúbia Raquel Luvizão – Mestre em Engenharia de Materiais – Universidade do Estado de Santa Catarina

<sup>5</sup> Marilena Valadares Folgueras – Doutora em Engenharia de Materiais - Universidade do Estado de Santa Catarina

# 1 INTRODUÇÃO

A areia verde de fundição é uma mistura de vários elementos que se combinam dando características de perfeita trabalhabilidade da mistura que compõe a caixa de moldagem.

Maleabilidade, compatibilidade, refratariedade, coesão, resistência a esforços mecânicos como compressão e tração, expansividade volumétrica, permeabilidade e perfeita desmoldagem são algumas características que a areia adquire devido sua mistura [BONIN, 1995].

A areia verde de fundição é constituída basicamente por: areia, pó de carvão, bentonita e água.

O principal componente da areia verde utilizada nas fundições é um agregado fino, mineralogicamente puro, denominado “areia base”. A areia base é constituída essencialmente de sílica (óxido de silício –  $\text{SiO}_2$ ).

A bentonita é um silicato de alumina hidratado (contém em sua composição silício, alumínio, ferro, cálcio, magnésio, potássio e sódio). É formada por lamelas, sendo classificada pela espessura das mesmas.

De um modo geral, o pó de carvão é formado por matéria volátil, carbono fixo, cinzas, água e enxofre.

A característica principal da água na mistura da areia de moldagem é tornar possível a propriedade coesiva dos elementos da mistura através do aumento da umidade.

Esse trabalho objetiva o estudo da análise térmica do resíduo areia verde de fundição, da areia verde de fundição, bem como da bentonita e do pó de carvão que são matérias-primas constituintes da areia verde de fundição.

Neste estudo o resíduo areia verde de fundição será denominado RAVF e a areia verde de fundição será denominada de AVF.

## 1.2. O Processo de Fundição

A fundição é o método mais curto para se obter peças metálicas acabadas. Consiste, principalmente em verter (vazamento) metal líquido em caixas de moldagem, com machos montados em seu interior, que caracterizará a peça após a solidificação do metal.

Em síntese, os moldes conformam as faces externas ao passo que os machos conformam as faces internas da peça metálica.

A fundição emprega nos seus processos modelos, moldes e machos que promovem às peças fundidas a sua conformação, de acordo com as etapas existentes de moldagem, fusão e acabamento.

A formulação da AVF a ser usada depende do tipo de metal ou liga a ser fundida. Moldabilidade, compatibilidade, refratariedade, coesão, resistência a esforços mecânicos como compressão e tração, expansividade volumétrica, permeabilidade e perfeita desmoldagem são algumas características da AVF adquiridas no processo de aglomeração executado pelos misturadores.

As etapas do processo de fundição são:

1. Preparo da AVF, também conhecida como areia de moldagem e preparo da areia de macharia;
2. Fusão do metal nos fornos de indução e cubilô (também chamados de Cupola);
3. Vazamento do ferro líquido em aproximadamente 1400 °C;

4. Desmoldagem e geração do RAVF;
5. Resfriamento e limpeza das peças;
6. Acabamento das peças;
7. Envio das peças aos clientes.

### 1.2.1. Preparo da Areia Verde de Fundição

O processo de moldagem é do tipo regenerativo. O material que chega ao final do ciclo de trabalho retorna através de correias transportadoras ao início do processo, reutilizando a mesma areia. Pelos motivos de perda de volume e da descaracterização dos componentes da mistura, torna-se necessário o descarte de parte da AVF, gerando o RAVF, e a freqüente reposição de matérias-primas e o controle de qualidade.

A AVF é preparada por meio da descarga de areia nova e areia usada, com a quantidade de água calculada por um controlador de compatibilidade, de modo que a areia caia na máquina de moldar com a umidade final pretendida. A quantidade de água certa para o teor de bentonita pode ser verificada no momento em que é efetuada a mistura, podendo esta ser corrigida (SCHULZ, 2005). Os demais aditivos são injetados no recipiente de mistura, que funciona continuamente.

O misturador é o elemento principal para a preparação de AVF, onde são misturadas a areia lavada e areia retorno, bentonitas ativada e natural, pó de carvão e água. Na Figura 1 pode-se verificar o aspecto físico das bentonitas e do pó de carvão.

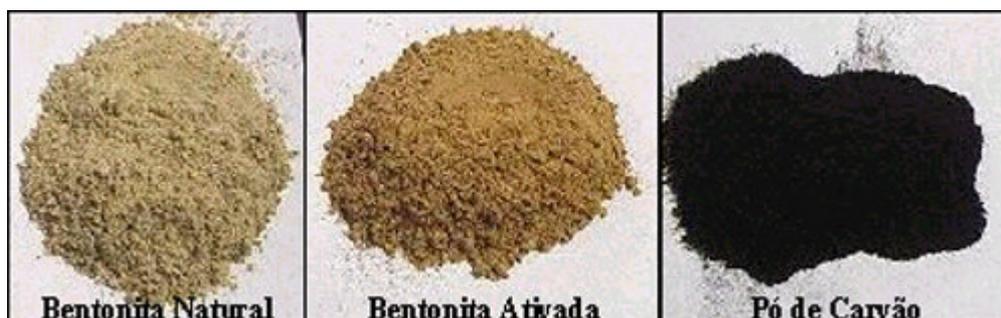


Figura 1. Matérias-primas da AVF (PEREIRA, 2005).

### 1.3. Análise Térmica

Segundo GARN (1995) a análise térmica é conceituada como um conjunto de técnicas que permite medir as mudanças de uma propriedade física ou química de uma substância ou material em função da temperatura ou tempo, enquanto a substância é submetida a uma programação controlada de temperatura.

As áreas de aplicação da análise térmica incluem os estudos de decomposição térmica, determinação de umidade, de voláteis, de resíduos e teor de cinzas; oxidação térmica; cinética de reação de cura e cristalização; diagrama de fases; determinação de calor específico; determinação de transição vítrea, de fusão, de tempo de armazenamento (shelf-life), dentre outros. São cinco as técnicas de termoanálises mais utilizadas atualmente: Termogravimetria (TG) / Termogravimetria Derivada (DTG), Análise Térmica Diferencial (DTA), Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC), Análise Mecânica Térmica (TMA) e Análise Mecânica-Dinâmica (DMA) (MOTHÉ *et al*, 2002).

## 2. DESCRIÇÃO GERAL E MÉTODOS INVESTIGATIVOS

### 2.1. Material

O RAVF, a AVF, a bentonita e o pó de carvão foram doados pela Tupy S.A, localizada em Joinville – Santa Catarina.

### 2.2. Métodos

#### a) Coleta das Amostras:

As matérias-primas do AVF: bentonita e pó de carvão foram coletadas no Laboratório de Areias da Fundação em estudo, seguindo os procedimentos descritos na NBR 10.007.

A coleta do RAVF foi realizada na Unidade de Fundição de Blocos da Linha EII, seguindo os procedimentos de amostragem de resíduos sólidos, conforme NBR 10.007. Após a coleta dos materiais, estes foram armazenados em baldes plásticos com vedação e posteriormente enviados para o Laboratório de Materiais da UDESC.

#### b) Procedimento da Análise Térmica:

Dados simultâneos de TG e DTA foram obtidos em um analisador térmico Netzsch STA 449C.

As amostras secas de: bentonita natural e ativada, pó de carvão, AVF e RAVF pesando entre 20 e 35 mg foram colocadas em um cadinho de alumina e aquecida, sob atmosfera de ar sintético, em fluxo de  $70 \text{ mL min}^{-1}$ , da temperatura ambiente até  $800^\circ\text{C}$  em uma taxa de  $10^\circ\text{C min}^{-1}$ . Experimentos similares foram realizados em atmosfera de nitrogênio.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas Figuras 2 e 3 é possível visualizar as curvas TG/DTA da bentonita em atmosfera de ar e nitrogênio, respectivamente.

O evento 1 centrado em torno de  $106^\circ\text{C}$ , com perda de massa de cerca de 11%, refere-se a eliminação da água adsorvida. O segundo evento, só perceptível no experimento em atmosfera de ar, com perda de massa de 1,23%, refere-se a perda de água, que está ligada aos cátions intercalados.

O evento, centrado em torno de  $650^\circ\text{C}$ , endotérmico, refere-se a desidroxilação da bentonita. O efeito endotérmico não fica explícito na curva DTA do experimento realizado em atmosfera de nitrogênio. A massa residual, em ambos experimentos, é de cerca de 84%.

As Figuras 4 e 5 apresentam as curvas TG/DTA do carvão em atmosfera de ar e nitrogênio, respectivamente. O evento endotérmico, ao redor de  $96^\circ\text{C}$ , refere-se à perda de umidade da amostra. O carvão seco, em atmosfera de ar, apresenta um aumento de massa entre  $200$  e  $320^\circ\text{C}$ ; este evento é interpretado como adsorção de oxigênio ao carvão, que não ocorre em atmosfera inerte (BENFELL *et al*, 1996).

O evento exotérmico de perda de massa que ocorre a partir de  $320^\circ\text{C}$ , em atmosfera de ar, corresponde a queima do carvão e a liberação de voláteis. A massa residual obtida no experimento em ar é de cerca de 11 %. No experimento realizado em nitrogênio a pirólise não se completou até a temperatura final de  $800^\circ\text{C}$ , mas estava em torno de 66 %. Assim sendo pode-se estimar que a diferença  $66 - 11 = 55$  % deve-se a materiais fixos combustíveis.

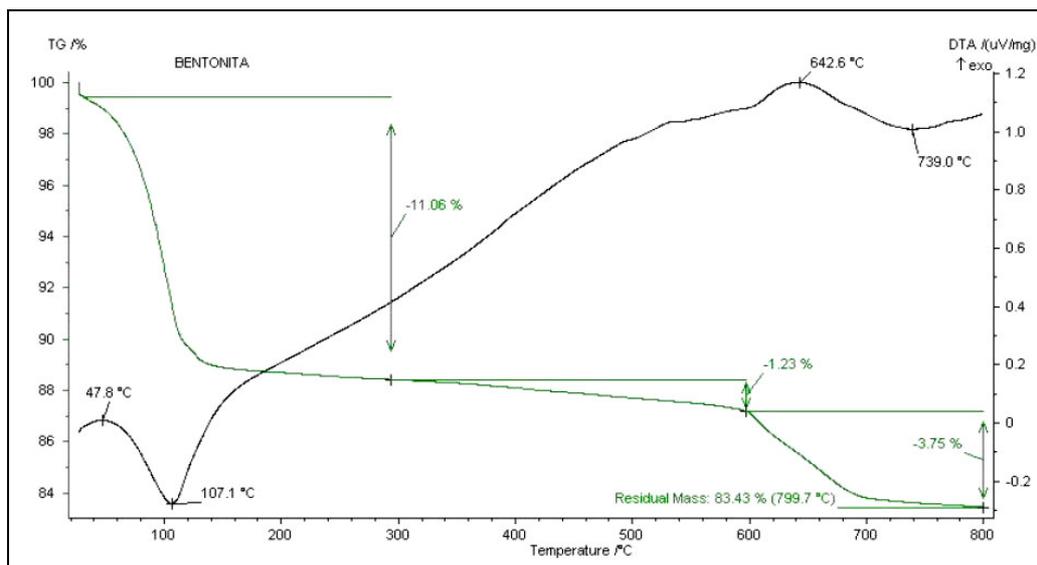
Nas Figuras 6 e 7 são visualizadas as curvas TG/DTA do AVF em atmosfera

de ar e nitrogênio, respectivamente. O único registro de análise de TG em AVF encontrado na literatura CANNON *et al*, (2001) possui atribuições similares as apresentadas neste trabalho. Espera-se que os eventos que ocorrem no AVF sejam a superposição dos eventos que ocorrem na bentonita e no carvão.

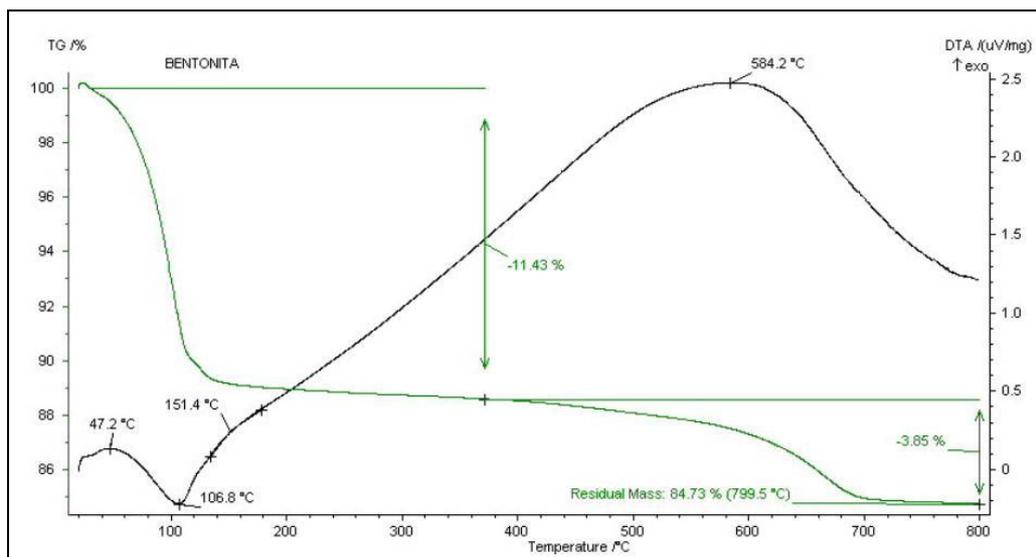
O evento de secagem da amostra está centrado em torno de 65°C e ficou entre 1,14 %. Em atmosfera de ar observa-se um evento exotérmico, centrado em 498,4 °C, atribuído a queima do carvão, seguida de um evento endotérmico, centrado em 579,2 °C, interpretado como sendo a desidroxilação da bentonita.

A massa residual que é constituída majoritariamente de areia é de cerca de 98,0% no experimento em nitrogênio e de 96,5% no experimento ao ar. Ao comparar com os experimentos realizados com a bentonita e com o carvão pode-se interpretar que a diferença  $98,0 - 96,5 = 1,5\%$  deve-se ao material combustível e não pirolisável do carvão.

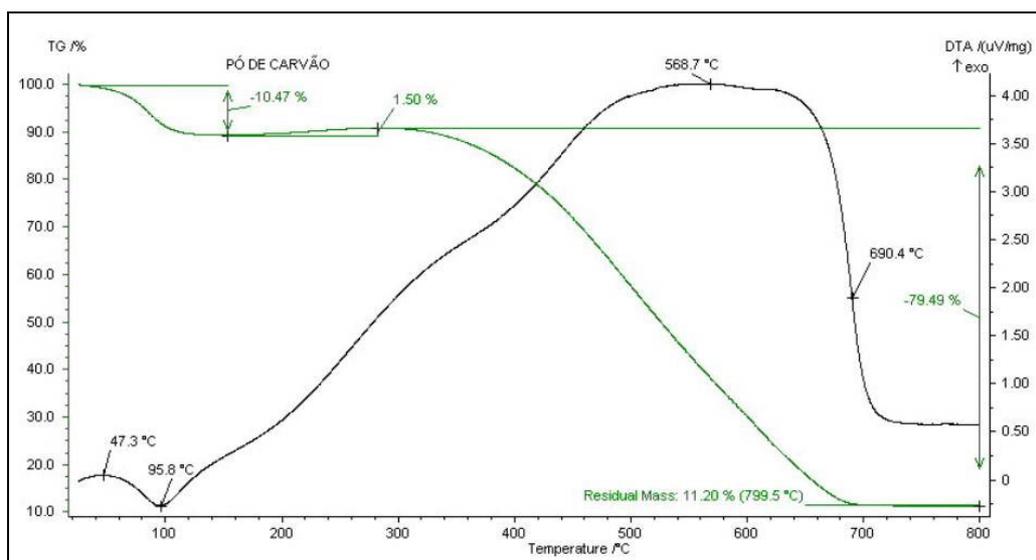
Nas Figuras 8 e 9 estão expostas as curvas TG/DTA do RAVF em atmosfera de ar e nitrogênio, respectivamente. A interpretação dos eventos é análoga dada para os eventos do AVF. No entanto, o pequeno evento de ganho de massa, exibido pelo AVF em atmosfera de ar próximo de 600°C, não é observado no RAVF. O teor de pó de carvão determinado por TG é maior no RAVF que no AVF, traço devido à reposição de pó de carvão novo sobre a areia que já circulou no processo e que tem pó de carvão já alterado pelas altas temperaturas do processo, mas que ainda tem matéria orgânica combustível.



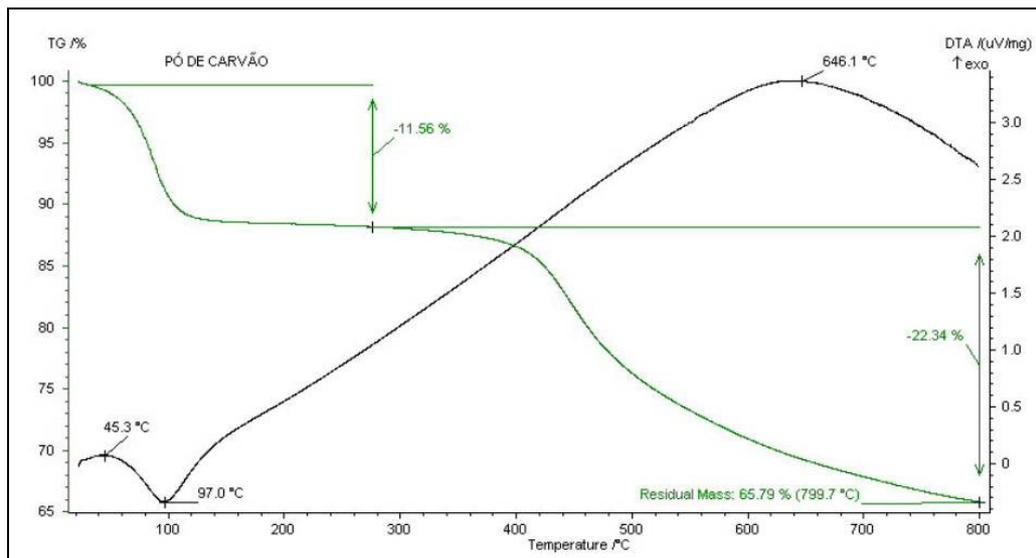
**Figura 2.** Análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) da bentonita em atmosfera de ar.



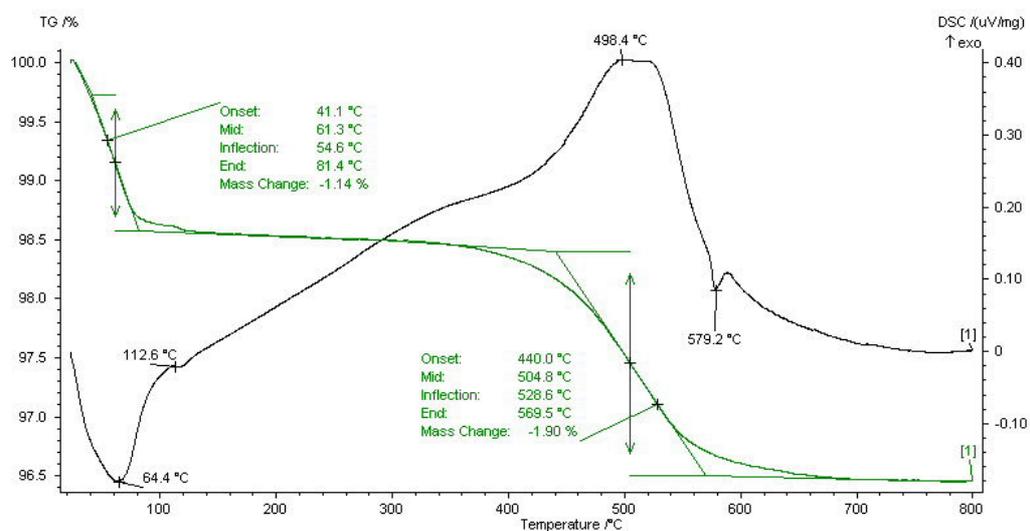
**Figura 3.** Análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) da bentonita em atmosfera inerte.



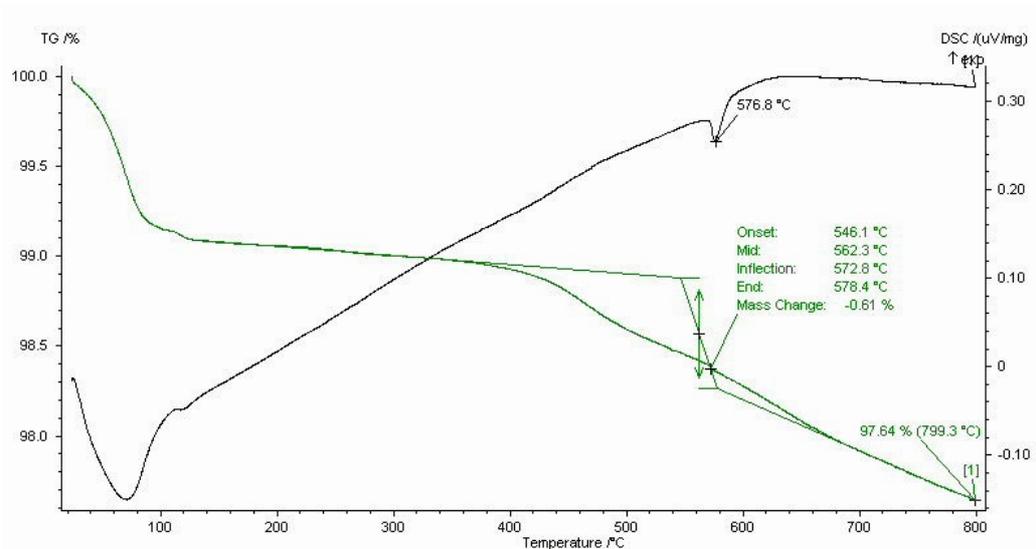
**Figura 4.** Análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) do pó de carvão em atmosfera de ar.



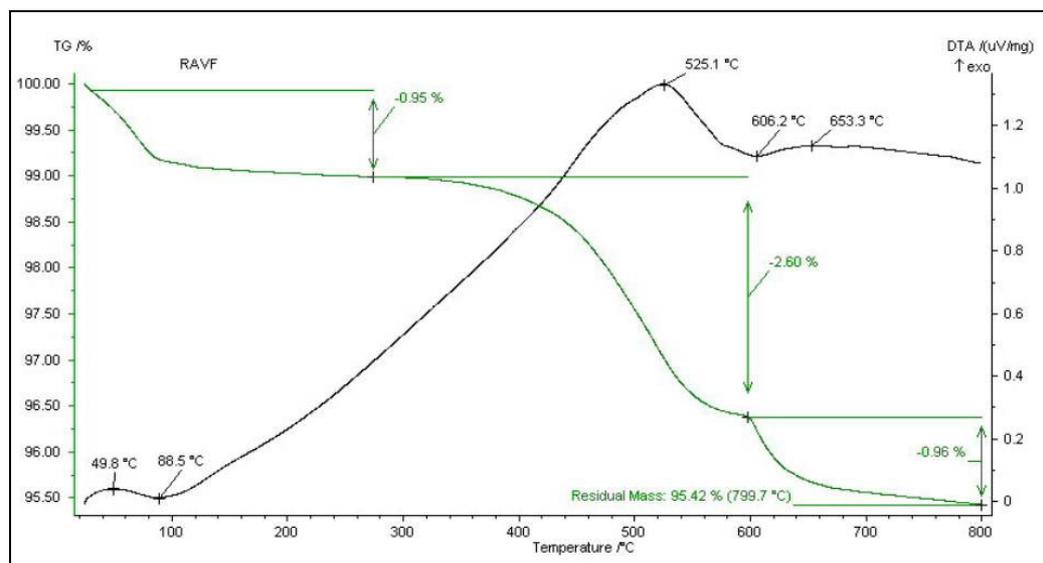
**Figura 5.** Análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) do pó de carvão em atmosfera inerte.



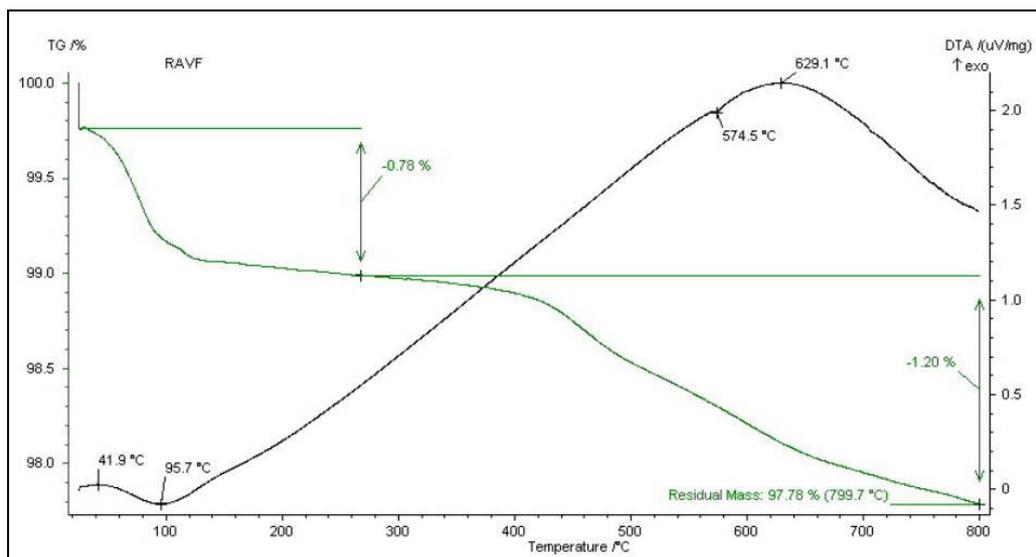
**Figura 6.** Análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) da AVF em atmosfera de ar.



**Figura 7.** Análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) da AVF em atmosfera inerte.



**Figura 8.** Análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) do RAVF em atmosfera de ar.



**Figura 9.** Análise térmica diferencial (DTA) e termogravimétrica (TG) do RAVF em atmosfera inerte.

#### 4. CONCLUSÕES

A análise térmica da bentonita em atmosfera de ar revelou a perda de massa em torno de 1,23% referente à perda de água, que está ligada aos cátions intercalados. Outro fenômeno observado foi desidroxilação da bentonita, que ocorreu em torno de 650°C. Sendo que este fenômeno não foi observado em atmosfera de nitrogênio.

A análise térmica do pó de carvão, em atmosfera de ar, apresentou um aumento de massa entre 200 e 320°C; que foi interpretado como adsorção de oxigênio ao carvão. Em 320°C ocorreu perda de massa (evento exotérmico) correspondente a queima do carvão e a liberação de voláteis.

A análise térmica da AVF demonstrou que o evento de secagem da amostra estava centrado entre 65°C e ficou entre 1,14 %. Em atmosfera de ar observou-se um evento exotérmico, centrado em 498,4 °C, atribuído a queima do carvão, seguida de um evento endotérmico, centrado em 579,2 °C, interpretado como sendo a desidroxilação da bentonita. A massa residual que é constituída majoritariamente de areia é de cerca de 98,0% no experimento em nitrogênio e de 96,5% no experimento ao ar. Ao comparar com os experimentos realizados com a bentonita e com o carvão pode-se interpretar que a diferença  $98,0 - 96,5 = 1,5\%$  deve-se ao material combustível e não pirolisável do carvão.

A interpretação das curvas TG/DTA do RAVF em atmosfera de ar e nitrogênio, é semelhante para os eventos da AVF. Porém, o pequeno aumento de massa, exibido pela AVF em atmosfera de ar próximo de 600°C, não é observado no RAVF. O teor de pó de carvão determinado por TG é maior no RAVF que no AVF, traço devido à reposição de pó de carvão novo sobre a areia que já circulou no processo e que tem pó de carvão já alterado pelas altas temperaturas do processo, mas que ainda tem matéria orgânica combustível.

#### Agradecimentos

Os autores do presente trabalho gostariam de registrar os seus agradecimentos às seguintes pessoas e instituições: TUPY S.A, Universidade Federal do Paraná - UFPR, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

## REFERÊNCIAS

1. BENFELL, Kathy E; BEAMISH, Basil; RODGERS, K.A. Thermogravimetric analytical procedures for characterizing New Zealand and Eastern Australian coals. *Thermochimica Acta* 286. Elsevier, 1996, pp. 67-74.
2. BONIN, André Luís. Reutilização da Areia Preta de Fundição na Construção Civil. Congresso de Fundição. São Paulo, p-203-221. Setembro, 1995.
3. CANNON, Fred S.; VOIGT, Robert C. Non-Incineration Treatment To Reduce Benzene And Voc Emissions From Greensand Systems. Pennsylvania State University. Final Report, 2001, pp 36-41.
4. GARN, PD. *Thermal Methods of Analysis: Principles, Applications and Problems*, Blackie Academic and Professional, England, 1995.
5. MOTHÉ, CG; AZEVEDO AD. *Análise Térmica de Materiais*, iEditora, 1ª ed, São Paulo, 300p, 2002.
6. PEREIRA, Raquel Luísa. Reaproveitamento do Resíduo de Areia Verde de Fundição como Agregado em Misturas Asfálticas. Relatório de doutorado apresentado ao Departamento de Química, Centro de Ciências Exatas. UFPR, 2005.
7. SCHULZ, Marco Aurélio. Valorização de Resíduos Sólidos Provenientes da Indústria de Fundição: Estudo na Produção de Artefatos de Concreto para Construção civil. Universidade da Região de Joinville. Monografia de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental. 126 pag. 2005.