

## Degradação térmica de tijolo fabricado com solo e manipueira

### *Thermal degradation of brick made of soil and cassava wastewater*

Narcísio Cabral de Araújo<sup>1</sup>, Abílio José Procópio Queiroz<sup>1</sup>, Alana Pereira Ramos<sup>1</sup>, Renato Correia dos Santos<sup>1</sup>, Josué da Silva Buriti<sup>1</sup>, Antônia Araújo Gomes<sup>2</sup>

1. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)
2. Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

#### Resumo

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a degradação térmica de tijolo produzido com argila vermelha e manipueira. As análises foram realizadas seguindo os métodos da termogravimetria (TG) e calorimetria exploratória diferencial (DSC), os quais foram repetidos com tijolos convencionais para avaliação comparativa dos resultados e a diferentes razões de aquecimento. As amostras compostas por 92% de argila e 8% de água (AA) e 92% de argila e 8% de manipueira (AM) apresentaram baixa estabilidade térmica, com perda média 7,93% da massa, ocorrendo degradação entre a temperatura ambiente e 1000 °C, sendo visível e aceitável afirmar que ocorrem em três etapas de perda associadas à volatilização dos solventes, maior para AA, e à queima do material orgânico, maior para AM, principalmente, bem como dos óxidos formados durante o processo. Pelas curvas DSC foram identificadas uma reação endotérmica, associada à primeira perda de massa, e duas reações na região intermediária da curva, uma endotérmica e uma exotérmica, ligadas a segunda perda.

**Palavras-chave:** Argila vermelha, termogravimetria, análise térmica de tijolos.

#### Abstract

The objective of this research was to evaluate the thermal degradation of brick made from red clay and cassava wastewater. The analyzes were performed following the methods of thermogravimetry (TG) and differential scanning calorimetry (DSC), which were repeated using conventional bricks for comparative evaluation of the results to different reasons and heating. The samples comprised 92% of clay and 8% water (AA) and 92% of clay and 8% cassava wastewater (AM) had lower thermal stability, with an average loss of 7.93% mass degradation occurring between room temperature and 1000 °C, being visible and acceptable state that occur in three stages associated with the loss of volatilization of solvents, most AA, and burning the organic material, for AM most especially, as well as the oxides formed during the process. DSC curves were identified by an endothermic reaction associated with the first mass loss, and two reactions in the intermediate region of the curve, an endothermic and an exothermic connected the second bereavement.

**Keywords:** Red clay, thermogravimetry, thermal analysis bricks.

## 1 Introdução

O aumento da demanda por materiais cerâmicos devido ao desenvolvimento, a evidente diminuição da capacidade de suporte para extração de recursos naturais e a necessidade de redução do consumo pela escassez de água são fatores que determinam a necessidade de se estudar, inadiavelmente, novos materiais com propriedades análogas aos tradicionais, mas que tenham um modo de produção caracterizado como “sustentável”.

O tijolo, elemento estrutural da construção civil, tem como elemento principal argila, que comumente é de cor avermelhada como a extraída em Taperoá – PB, denominada de “argila vermelha”, possuindo um alto teor de ferro (Santos, 2009).

A manipueira é o resíduo líquido gerado nas indústrias de processamento da mandioca (Silva Júnior *et al.*, 2012), de consistência leitosa, originário da prensagem da mandioca, constituída quimicamente de amido, glicose e outros açúcares, proteínas, linamarina e derivados cianogênicos, substâncias orgânicas diversas e sais minerais (André & Santos, 2012). O líquido é extraído na etapa do processamento de prensagem da massa oriunda das raízes de mandioca raladas para a produção de farinha e/ ou extração da fécula (Araújo *et al.*, 2012). Segundo Wosiacki e Cereda (2002), a disposição final inadequada desse efluente, pode acarretar graves danos ambientais, pois, seu descarte em corpos d’água reduz a disponibilidade de oxigênio dissolvido no meio, causando a morte dos organismos aeróbios e seu lançamento no solo prejudica o equilíbrio entre nutrientes, diminui o potencial hidrogeniônico (pH) e aumenta a salinidade.

Segundo Ponte (2006) a manipueira pode ser utilizada na agricultura como nematicida, acaricida e inseticida, fungicida e bactericida, herbicida e adubo. Quanto a outras utilizações do efluente, o autor destaca: produção de álcool, indústria da borracha, culinária, produção de bebidas alcoólica e fabricação de tijolo ecológico.

Nos estados do Ceará e Paraíba os agricultores aproveitam a manipueira para a produção de tijolos ecológicos (G1, 2009; Sertão Informado, 2005). No estado do Ceará este material vem sendo utilizado há mais de vinte anos (G1, 2009). A grande vantagem do processo de fabricação de tijolos com manipueira é ser ecologicamente correto, pois não consome água, nem há necessidade de ir ao forno, economizando importantes recursos naturais (Silva, 2008; Capellari *et al.*, 2010). Quanto a restrição de uso, Silva (2008) recomenda não utilizar o tijolo na construção de reservatório de água.

De acordo com o exposto acima a fabricação de tijolo utilizando manipueira em substituição a água e biomassa vegetal parece ser uma alternativa sustentável para dar uma destinação ambientalmente correta ao efluente e minimizar a exploração de recursos naturais. Porém, até o presente momento nos Website não existe referência científica que comprove tais relatos.

Neste contexto, a presente pesquisa objetivou avaliar a degradação térmica de tijolo fabricado com argila vermelha e manipueira.

## 2 Material e Métodos

A pesquisa foi realizada nos Laboratórios de Tecnologia de Materiais (LTM) e Laboratório de Termoanálises da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEM), localizada no Campus I da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Campina Grande, PB.

O material utilizado na formação das composições do material cerâmico foi argila vermelha, manipueira e água.

A argila vermelha foi coletada na bacia hidrográfica do Rio Paraíba, sub-bacia do Rio Taperoá. Este material é o mesmo usado em larga escala na indústria cerâmica da Paraíba. Suas características estão apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Caracterização física e química da Argila vermelha utilizada na pesquisa.

Índices de plasticidade												
LL			LP			IP						
38,10%			23,55%			14,55%						
Granulometria												
Argila $\leq 2 \mu\text{m}$			Silte $2 \mu\text{m} < \leq 20 \mu\text{m}$			Areia $\geq 20 \mu\text{m}$						
9%			53,49%			37,61%						
Diâmetros da amostra ( $\mu\text{m}$ )												
$D_m$			$D_{10}$			$D_{50}$			$D_{90}$			
22,52			2,21			17,82			49,98			
Composição química (óxidos %)												
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	MnO	ZrO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Outros	PF
46,9	21,55	9,85	3,78	2,36	1,76	1,4	0,17	0,08	0,08	-	0,08	12

**Legenda:** LL: limite de liquidez; LP: limite de plasticidade; IP: índice de plasticidade;  $D_m$ : diâmetro médio;  $D_{10}$ ,  $D_{50}$  e  $D_{90}$ : diâmetros correspondentes a 10, 50 e 90% em peso total das partículas menores que eles.

A manipeira foi coletada em uma casa de farinha instalada no Sítio Chã do Jardim, município de Areia – PB, e transportada diretamente ao laboratório. Suas características físico-químicas estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Caracterização físico-química da manipeira utilizada na pesquisa.

pH	CE	At	DQO	SST	SSV	SSF
	mS cm <sup>-1</sup>	mgCaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>		g L <sup>-1</sup>		
4,5	8,43	1.623,6	141,03	65,63	51,37	14,26

**Legenda:** pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica; At: alcalinidade total; DQO: demanda química de oxigênio; SST: sólidos suspensos totais; SSV: sólidos suspensos voláteis e SSF: sólidos suspensos fixos.

A água utilizada foi coletada da rede de abastecimento de água da cidade de Campina Grande, PB.

As amostras (corpos de prova) foram preparadas no Laboratório de Tecnologia de Materiais (LTM/UFMG). Estas foram preparadas nas composições: AA – 92% de argila + 8 % de água; AM – 92% de argila + 8% de manipeira, homogeneizadas por 24 horas em recipiente com moinho de bolas.

A prensagem dos corpos de prova foi realizada em prensa hidráulica SERVITECH, modelo CT-335, tipo semiautomática, com pressões de pré-prensagem de 1 MPa (por 10 segundos) e de prensagem de 1,5 MPa (por 20 segundos).

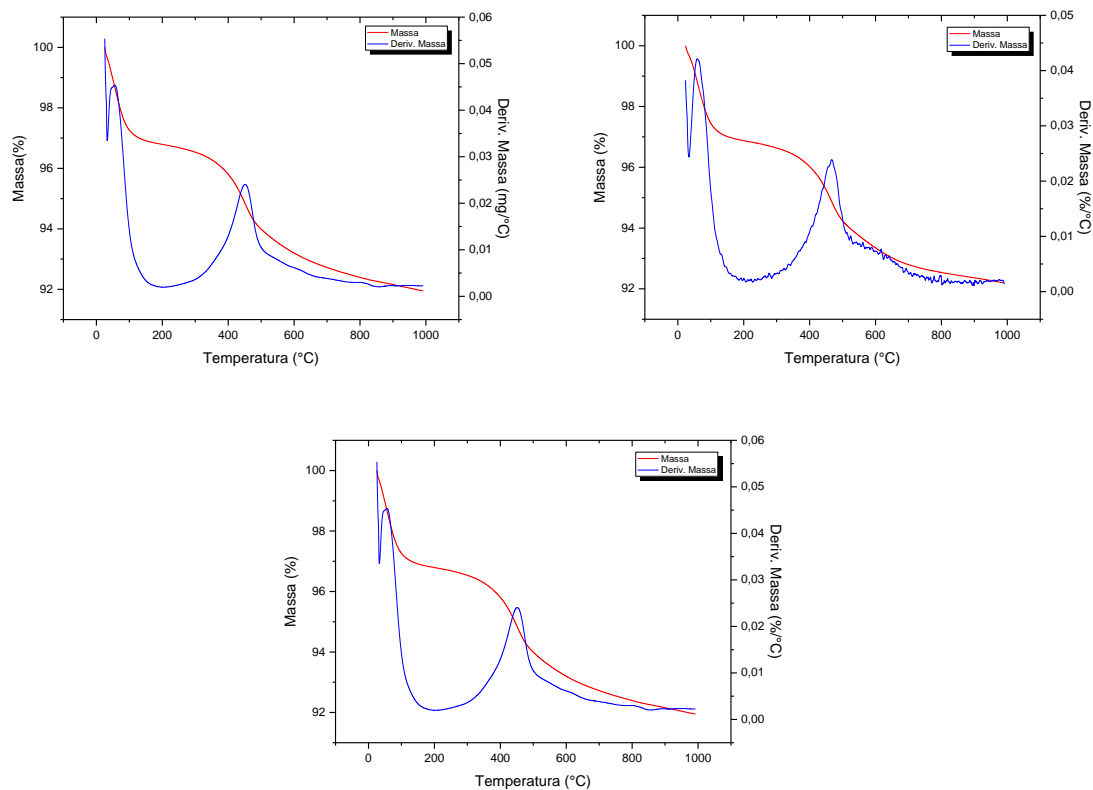
A última etapa de preparação dos corpos de prova foi à secagem em estufa a 110 °C por 24 horas. Posteriormente, foram realizados ensaios referentes à estabilidade e à degradação térmica das amostras. Para indicação de eventos ocorridos durante a queima do material nos fornos, utilizando os seguintes métodos termoanalíticos: Termogravimetria (TG) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC). As análises foram realizadas no Laboratório de Termoanálises da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais (UAEM/UFMG). O equipamento utilizado foi do modelo SDT Q600 Simultaneous TGA/DSC da marca TA Instruments, o qual possibilitou ensaios simultâneos pelas técnicas TG e DSC.

Os ensaios foram realizados com massas de  $50 \pm 10$  mg, colocadas em cadinho de alumina, para cada uma das 2 amostras, partindo da temperatura ambiente até 1000 °C, com razões de aquecimento de 5, 10 e 15 °C. min<sup>-1</sup> em atmosfera dinâmica de nitrogênio em fluxo de 50 mL. min<sup>-1</sup>.

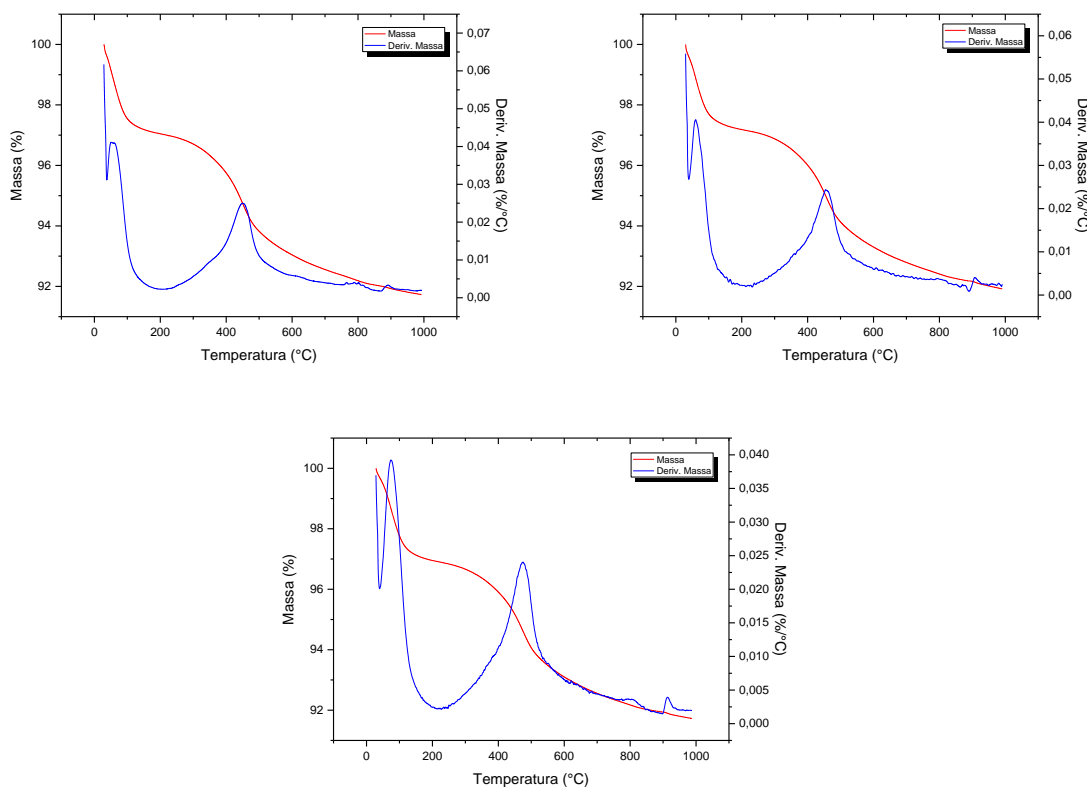
Foram analisadas, separadamente, as curvas resultantes da TG/DTG e da DSC, no aplicativo “TA Instruments Universal Analysis 2000”, para determinação das quantidades de massa inicial ( $m_i$ ) e no final ( $m_f$ ) de cada etapa de perda, bem como dos elementos eliminados das amostras, nas curvas TG, e dos eventos térmicos acontecidos com as amostras foram verificados nas curvas resultantes da DSC.

### 3 Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta, ordenadamente, as curvas da termogravimetria e da termogravimetria derivada da amostra AA nas três razões de aquecimento utilizadas nos ensaios, enquanto a Figura 2 apresenta as curvas TG/DTG da amostra AM.



**Figura 1.** Curvas TG/DTG da amostra AA sob atmosfera dinâmica de N<sub>2</sub> a 50 mL. min<sup>-1</sup>, nas razões de aquecimento de 5, 10 e 15 °C. mim<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Curvas TG/DTG da amostra AM sob atmosfera dinâmica de  $N_2$  a  $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  e razões de aquecimento de 5, 10 e  $15 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ .

A Tabela 3 apresenta os dados da decomposição térmica das amostras AA e AM das curvas obtidas sob atmosfera dinâmica de  $N_2$  a  $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$  e razões de aquecimento de 5, 10 e  $15 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Analisando os dados apresentados na Tabela 3, é possível perceber uma semelhança em todas as etapas de perdas de massa das amostras cerâmicas.

Fazendo uma média entre a menor e a maior temperatura observada para início, pico e fim de cada etapa de perda sofrida pela amostra AA, pode-se inferir que a primeira está compreendida entre  $24 \text{ } ^\circ\text{C}$  e  $210 \text{ } ^\circ\text{C}$ , com pico em  $63 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; a segunda e maior situa-se numa faixa de  $210 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $776 \text{ } ^\circ\text{C}$ , sendo o pico em  $468 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; a terceira e última (menor) entre  $776 \text{ } ^\circ\text{C}$  e  $990 \text{ } ^\circ\text{C}$ , sendo em  $892 \text{ } ^\circ\text{C}$  o pico.

A média de perda total foi de  $7,93\%$ , conseqüentemente, com um resíduo material queimado de  $92,07\%$ .

Calculando uma média entre a menor e a maior temperatura notada para início, pico e fim de cada etapa de perda passada pela amostra AM, pode-se entender que a primeira está incluída entre  $29 \text{ } ^\circ\text{C}$  e  $214 \text{ } ^\circ\text{C}$ , com pico em  $62 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; a segunda e maior compreende-se numa faixa de  $214 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $748 \text{ } ^\circ\text{C}$ , sendo o pico em  $460 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; a terceira e última (menor) entre  $748 \text{ } ^\circ\text{C}$  e  $990 \text{ } ^\circ\text{C}$ , sendo em  $904,39 \text{ } ^\circ\text{C}$  o pico.

A perda total média foi de  $8,20\%$ , logo, com um resíduo material queimado de  $91,79\%$ .

Definindo uma média entre a menor e a maior temperatura observada para início, pode-se inferir que a primeira está compreendida entre  $24 \text{ } ^\circ\text{C}$  e  $210 \text{ } ^\circ\text{C}$ , com pico em  $63 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; a segunda e maior situa-se numa faixa de  $210 \text{ } ^\circ\text{C}$  a  $776 \text{ } ^\circ\text{C}$ , sendo o pico em  $468 \text{ } ^\circ\text{C}$ ; a terceira e última (menor) entre  $776 \text{ } ^\circ\text{C}$  e  $990 \text{ } ^\circ\text{C}$ , sendo em  $892 \text{ } ^\circ\text{C}$  o pico. Logo, a média de perda total foi de  $7,93\%$ , por conseguinte, com um resíduo material queimado de  $92,07\%$ .

Pela faixa da perda de massa inicial e respectivo pico, atribui-se os  $3,32\%$  para AA e  $2,97\%$  para AM na massa da amostra à volatilização de solventes como a água. O pico médio em  $63 \text{ } ^\circ\text{C}$  é atribuído à saída da água da amostra. Segundo Silveira (2013) a temperatura de vaporização da água ao nível do mar é de  $100 \text{ } ^\circ\text{C}$ , porém esta pode ocorrer em uma faixa de temperatura mais baixa, como acontece nesse caso, dependendo de alguns fatores como umidade do meio, ratificando a afirmação.

A segunda e maior perda, 4,24% para AA e 4,58% para AM de massa é associada à queima do material orgânico presente na composição da argila. No caso das amostras AM a perda foi um pouco maior, o que se deve ao elemento ligante também ser de origem orgânica. A indicação é corroborada por Cruz *et al.* (2012) e Tanaka *et al.* (2014), que afirmam que o material orgânico presente nas argilas se degrada na faixa de temperatura em que essa perda ocorre. Essa é a etapa onde ocorre a mudança de cor mais evidente do material cerâmico.

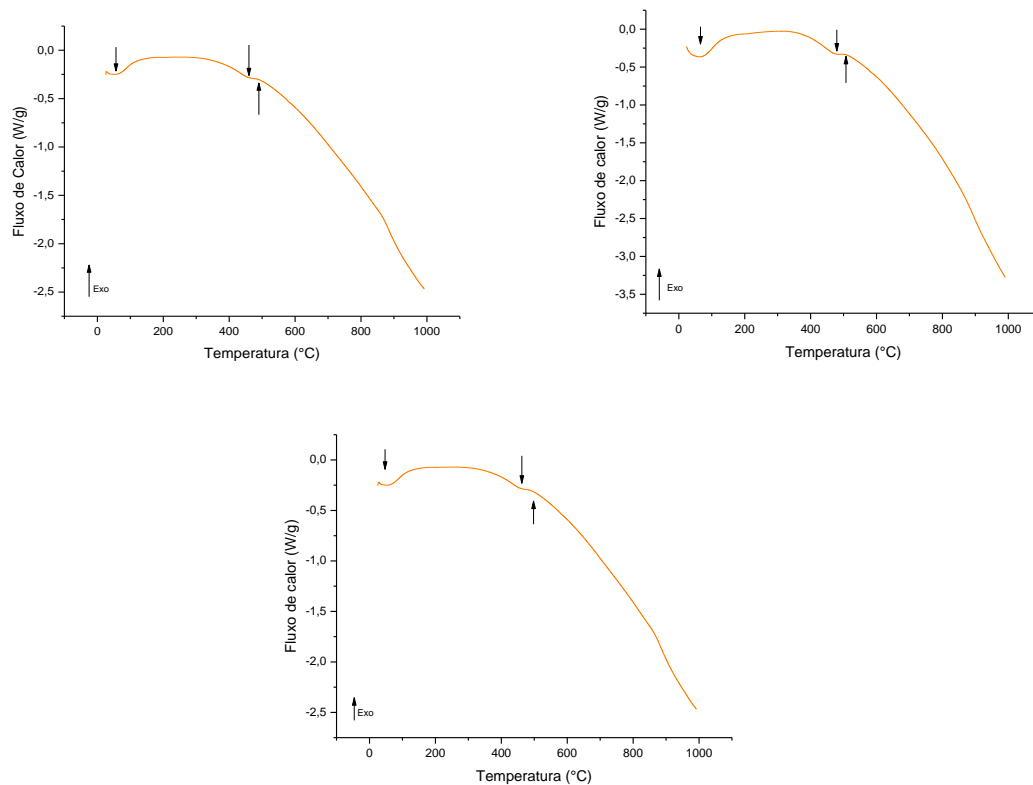
A terceira perda é definida como a continuação da degradação térmica dos orgânicos, representando a degradação dos óxidos formados nas etapas anteriores.

**Tabela 3.** Resultados da decomposição térmica das amostras AA e AM das curvas obtidas sob atmosfera dinâmica de N<sub>2</sub> a 50 mL. min<sup>-1</sup> e razões de aquecimento de 5, 10 e 15 °C. min<sup>-1</sup>.

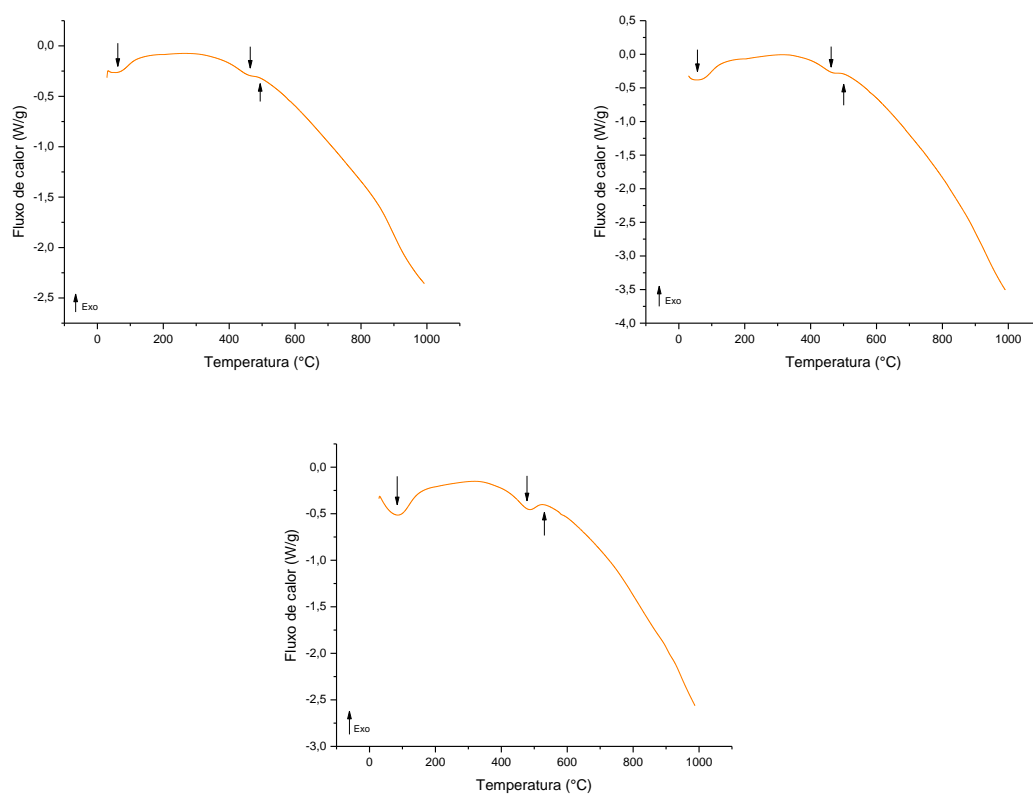
Amostra	Razão (°C/min)	Etapa	m <sub>i</sub> (mg)	T <sub>i</sub> (°C)	T <sub>p</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	m <sub>f</sub> (mg)	Perda de massa	
								(%)	(mg)
AA	5	1 <sup>a</sup>	68,81	25,54	56,30	204,54	66,59	3,22	2,21
		2 <sup>a</sup>	66,59	204,54	452,50	783,33	63,61	4,34	2,99
		3 <sup>a</sup>	63,61	783,33	889,79	992,14	63,26	0,50	0,34
		Σ=						8,05	5,54
	10	1 <sup>a</sup>	38,49	23,35	59,00	206,56	37,29	3,14	1,21
		2 <sup>a</sup>	37,29	206,56	467,32	771,20	35,64	4,27	1,64
		3 <sup>a</sup>	35,64	771,20	917,42	990,65	35,49	0,40	0,15
		Σ=						7,80	3,00
	15	1 <sup>a</sup>	65,75	22,88	75,17	219,36	63,39	3,60	2,37
		2 <sup>a</sup>	63,39	219,36	485,51	772,55	60,69	4,10	2,70
		3 <sup>a</sup>	60,69	772,55	867,56	986,82	60,53	0,25	0,16
		Σ=						7,95	5,22
AM	5	1 <sup>a</sup>	64,62	28,86	53,61	203,87	62,70	2,96	1,92
		2 <sup>a</sup>	62,70	203,87	451,15	732,80	59,73	4,60	2,97
		3 <sup>a</sup>	59,73	732,80	891,14	992,59	59,27	0,70	0,46
		Σ=						8,27	5,34
	10	1 <sup>a</sup>	31,86	29,66	59,67	212,63	30,96	2,84	0,90
		2 <sup>a</sup>	30,96	212,63	455,19	735,49	29,52	4,51	1,44
		3 <sup>a</sup>	29,52	735,49	907,98	990,86	29,29	0,73	0,23
		Σ=						8,08	2,57
	15	1 <sup>a</sup>	48,64	28,76	73,82	226,78	47,13	3,10	1,51
		2 <sup>a</sup>	47,13	226,78	474,73	776,59	44,87	4,63	2,25
		3 <sup>a</sup>	44,87	776,59	914,05	987,85	44,62	0,53	0,26
		Σ=						8,27	4,02

**Legenda:** AA: amostra composta por 92% de argila e 8% de água; AM: amostra composta por 92% de argila e 8% de manipueira; T<sub>i</sub>: temperatura inicial da reação; T<sub>p</sub>: temperatura de pico da reação; T<sub>f</sub>: temperatura final da reação; m<sub>i</sub>: massa inicial; m<sub>f</sub>: massa final

As curvas da calorimetria exploratória diferencial da amostra AA nas três razões de aquecimento utilizadas nos ensaios estão apresentadas ordenadamente na Figura 3, e a Figura 4 apresenta as curvas DSC da amostra AM.



**Figura 3.** Curvas DSC da amostra AA em atm. dinâmica de N<sub>2</sub> a 50 mL·min<sup>-1</sup> a de 5, 10 e 15 °C·min<sup>-1</sup>.



**Figura 4.** Curvas DSC da amostra AM sob atm. dinâmica de N<sub>2</sub> a 50 mL·min<sup>-1</sup> a 5, 10 e 15 °C·min<sup>-1</sup>.

Todas as curvas DSC tiveram comportamento semelhante – o aumento da temperatura provocou três reações – com diferenças pouco expressivas que decorrem do fato de o material ter sido estudado a diferentes razões de aquecimento, não havendo igualdade entre os ensaios (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resultados da decomposição térmica das amostras AA e AM das curvas obtidas sob atmosfera dinâmica de N<sub>2</sub> a 50 mL. min<sup>-1</sup> e razões de aquecimento de 5, 10 e 15 °C. mim<sup>-1</sup>.

Amostra	Razão (°C. min <sup>-1</sup> )	Temperaturas dos picos característicos das reações (°C)		
		1 <sup>o</sup>	2 <sup>o</sup>	3 <sup>o</sup>
AA	5	53 ↓	459 ↑	490 ↓
	10	65 ↓	482 ↑	498 ↓
	15	96 ↓	496 ↑	546 ↓
AM	5	56 ↓	467 ↑	488 ↓
	10	56 ↓	473 ↑	492 ↓
	15	86 ↓	489 ↑	525 ↓
	<b>Média</b>	69 ↓	478 ↑	506 ↓

**Legenda:** AA: amostra composta por 92% de argima e 8% de água; AM: amostra composta por 92% de argila e 8% de manipueira; 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup>: reações; ↓ reação endotérmica e ↑ reação exotérmica.

A análise das curvas DSC obtidas demonstra uma semelhança em todas as reações ocorridas com o aquecimento das amostras analisadas.

O primeiro pico, identificado como endotérmico em uma temperatura, enquadra-se no intervalo da primeira perda entre 24 °C e 210 °C referente à volatilização de solventes, confirmado por Menezes *et al.* (2003), que garante decorrer da desidratação do material, confirmado por Carneiro *et al.* (2013), que reforça que a quantidade de energia consumida depende da umidade presente no material, que nesse caso já é reduzida por terem passado as amostras por secagem em estufa antes dos ensaios.

O segundo e o terceiro picos se enquadram na faixa de temperatura da segunda perda de massa identificada na TG, entre 210 °C e 776 °C, em média de 478 °C e 506 °C, respectivamente exotérmico, endotérmico. De acordo com Francisco *et al.* (2009) apud Silva (2011) reações exotérmicas em temperaturas a cerca de 450 °C são originadas pela decomposição de materiais orgânicos, afirmando Menezes *et al.* (2003), Cruz *et al.* (2012) e Tanaca *et al.* (2014) que nessa faixa de temperatura ocorre a desidroxilação, ou seja, a liberação da hidroxilas ligadas aos compostos.

#### 4 Considerações Finais

- A estabilidade térmica das amostras do material cerâmico indicou que estas passam por três etapas de perda de massa associadas à: volatilização de solventes como água, maior na composição com água (amostra AA), à queima de materiais orgânicos presentes na argila ou, no caso da composição com manipueira, presente nesse efluente, com perda maior com essa composição (amostra AM) e à queima de óxidos e/ou cinzas resultantes das etapas anteriores, com média de perda de massa de cerca de 8%. Portanto, esse material apresentou baixa estabilidade, sendo levemente menor para composição AM, pela porcentagem perdida e pela temperatura em que se inicia a degradação;
- Confrontando os resultados de TG/DTG com DSC, no primeiro evento de perda de massa há uma reação endotérmica, sendo esta a absorção de energia para volatilização de solventes, e no segundo aparecem duas reações, sendo uma endotérmica seguida de uma reação exotérmica, associadas às reações de degradação dos materiais de origem orgânica, que absorvem calor para sua degradação e, em seguida, ocorrendo à liberação de energia;
- Nos ensaios a razão de aquecimento de 15 °C. min<sup>-1</sup> mostraram reações com picos bem mais definidos nas curvas DSC e em temperaturas mais elevadas que nas demais;



- Em conformidade com os resultados, pode-se afirmar que, no panorama atual dos materiais cerâmicos, a manipueira aparece com condições de utilização como material ligante em uma composição com argila vermelha, avaliando sua estabilidade térmica frente à estabilidade do material composto por argila e água, desde que mecanicamente esta atenda aos requisitos técnicos normativos. Assim, deve-se apreciar com interesse diversas proporções da composição argila e manipueira para confirmação da viabilidade de utilização desse efluente na indústria cerâmica, com ganhos diversos e expressivos em termos econômicos e ambientais.

## Referências

- ANDRÉ, T. B.; SANTOS, A. C. Uso de produtos da cultura da mandioca (*Manihot*) na produção animal. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.8, n.15; p.1622 – 1647, 2012.
- ARAÚJO, N. C.; GUIMARÃES, P. L. F.; DUARTE, K. L. S.; OGATA, I. S.; LUIZ GUILHERME ABREU DE PAULA, L. G. A. Problemática dos resíduos líquidos das agroindústrias processadoras de raízes de mandioca no Estado da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 2, p 258-262, 2012.
- CAPELLARI, A.; CUELLAR, C.; BRENELLI, L.; MACORIN, M.; SOUZA, P.; BIROLI, S.; CAMARGOS, V. **O papel da química e da ciência no desenvolvimento sustentável: novos materiais, polímeros e derivados**. Pontifica Universidade Católica de Campinas, Campinas, SP, 2010. 17p. Disponível em:< [https://www.google.com.br/?gws\\_rd=ssl#q=Resist%C3%Aancia+de+tijolo+de+manipueira](https://www.google.com.br/?gws_rd=ssl#q=Resist%C3%Aancia+de+tijolo+de+manipueira)>. Acesso em 10 de dezembro de 2014.
- CARNEIRO, A. C. O.; SANTOS, R. C.; CASTRO, R. V. O.; CASTRO, A. F. N. M.; PIMENTA, A. S.; PINTO, E. M.; ALVES, I. C. N. Estudo da decomposição térmica da madeira de oito espécies da Região do Seridó, Rio Grande do Norte. **Revista Ávore**, v. 37, n. 6, 2013.
- CRUZ, R. T. BERGMANN, C. P. BRAGANÇA, S.R. Technical characterization of plastic clay from Pantano Grande, RS, Brazil. **Revista Cerâmica**, v. 58, p. 66-70, 2012.
- G1. **Agricultores do Ceará usam tijolo ecológico**. Globo Rural, 2009. Disponível em:< <http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL1272335-5598,00-AGRICULTORES+DO+CEARA+USAM+TIJOLO+ECOLOGICO.html>>. Acesso em 10 de dezembro de 2014.
- MENEZES, R. R. FERREIRA, H. S. NEVES, G. de A. FERREIRA, H. C. Characterization of ball clays from the coastal region of the Paraíba state. **Revista Cerâmica**, v. 49, p. 120 -127, 2003.
- PONTE, J. J. **Cartilha da manipueira: uso do composto como insumo agrícola**. 3.ed. Banco do Nordeste, Fortaleza – CE, 2006. 66 p.
- SANTOS, A. S. **As argilas como matérias-primas cerâmicas**. Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2009. Disponível em:< <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAah5cAE/as-argilas-como-materias-primas-ceramicas>>. Acesso em 05 de maio de 2015.
- SILVA JÚNIOR, J. J.; COELHO, E. F.; SANT'ANA, J. A. V.; SANTANA JUNIOR, E. B.; PAMPONET, A. J. M. Uso da manipueira na bananeira 'terra maranhão' e seus efeitos no solo e na produtividade. **Irriga**, Botucatu, v. 17, n. 3, p. 353 - 363, 2012.
- SERTÃO INFORMADO. **Produtores aproveitam líquido da mandioca na fabricação de tijolos**. J. Paraíba, 2005. Disponível em:<<http://sertaoinformado.com.br/conteudo.php?id=989>>. Acesso em 10 de dezembro de 2014.
- SILVA, A. P. **Aproveitamento sustentável da manipueira**. I Seminário Nacional Sobre Manipueira. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Vitória da Conquista, BA, 2008.
- SILVEIRA, F. L. **Termodinâmica: vaporização da água**. UFRGS, Centro de Referência para o Ensino de Física. Porto Alegre, 2013. Disponível em:< <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=107>>. Acesso em 05 de maio de 2015.
- SILVA, J. O. **Caracterização do potencial energético e estudo físico-químico do lodo da estação de tratamento de esgoto do DMAE - Urbelândia - MG**. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, 2011, 66p. Disponível em: <

<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/815/3/CaracterizacaoPotencialEnergetico.pdf>>.

Acesso em 25 de fevereiro de 2015.

TANAKA, A. LUIZ, J. M. FONTEBASSO, R. **Caracterização física e comportamento térmico de uma argila para uso em cerâmica vermelha**. IX Congresso Brasileiro de Análise Térmica e Calorimetria. Serra Negra – SP, 2014. Disponível em: <<http://abratec.com.br/cbratec9/trabalhos/013F.pdf>>. Acesso em 05 de maio de 2015.

WOSIACKI, G.; CEREDA, M. P. Valorização de resíduos de processamento da mandioca. **Publicatio UEPG**, v.8, p.27-43, 2002. Disponível em: <<http://www.eventos.uepg.br/ojs2/index.php/exatas/article/viewFile/762/674>>. Acesso em 05 de maio de 2015.