

## **Substituição do fundente filito na cerâmica de revestimento pelo pó da casca de banana** **(Replacement of the phyllite flux in the coating ceramic by the powder of the banana peel)**

R. J. S. Paranhos<sup>1</sup>, D. L. Bastos<sup>2</sup>, L. V. S. Santos<sup>3</sup>, V. J. A. França<sup>4</sup>,  
D. M. A. A. Al-Qahtani<sup>5</sup>, R. H. N. Rosário<sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia  
Rua Emídio dos Santos, S/N – Barbalho, Salvador - BA

<sup>1</sup> Endereço de email, rparanhos@ifba.edu.br

<sup>2</sup> Endereço de email, davibastos\_mecanica@hotmail.com

<sup>3</sup> Endereço de email, lvss.valadares@hotmail.com

<sup>4</sup> Endereço de email, vivianjulia12@gmail.com

<sup>5</sup> Endereço de email, deham.ifba@gmail.com

<sup>6</sup> Endereço de email, renzo.rosario@ifba.edu.br

### **Resumo**

*O presente trabalho objetiva avaliar a viabilidade do uso do pó da casca de banana em substituição ao fundente filito da massa cerâmica para uso em revestimento. Assim, reduz-se os danos causados pelos resíduos agroindustriais e promove-se a sustentabilidade. Para isso, coletaram-se cascas de banana que foram secadas, trituradas, moídas, peneiradas e adicionadas à mistura padrão da massa cerâmica junto ao filito. Produziram-se corpos de prova (CDPs) retirando-se gradualmente o filito: F4 (5% de casca de banana), F5 (10%) e F6 (15%). As formulações foram prensadas, medidas, pesadas e sinterizadas. Avaliaram-se os resultados dos ensaios de Absorção de água e Resistência à flexão, além de: FRX, DRX, MEV, TGA, DSC, para sua adequação as normas. O resultado que mais utilizou casca de banana e que se adequou as normas de Semigrês foi o da formulação F5, na qual foram encontrados exemplares com resultados de absorção de água e resistência favoráveis.*

*Palavras chave: Cerâmica de revestimento, Pó da casca de banana, Filito, Sustentabilidade.*

### **Abstract**

*The present work aims to evaluate the feasibility of the use of the banana peel powder in substitution to the phyllite fondant of the ceramic mass for use in coating. This reduces the damage caused by agro-industrial waste and promotes sustainability. For this, banana peels were collected, dried, grinded, sifted and added to the standard mixture of the ceramic mass next to the phyllite. Test bodies (CDPs) were produced by gradually removing the phyllite: F4 (5% banana peel), F5 (10%) and F6 (15%). The formulations were pressed, measured, weighed and sintered. The results of the Water Absorption and Bending Strength tests were evaluated, in addition to: XRF, XRD, SEM, TGA, DSC, to suit the standards. The result that most used banana peel and which conformed to the standards of Semigrês was that of the formulation F5, in which were found samples with favorable water absorption and resistance results.*

*Keywords: Ceramic coating, Banana peel powder, Phyllite, Sustainability.*

## INTRODUÇÃO

Desde o período Neolítico, o ser humano começou a desenvolver as primeiras peças de material cerâmico. Por definição, cerâmica abrange a todos os materiais inorgânicos, não metálicos, obtidos geralmente após tratamento térmico em altas temperaturas [1]. As cerâmicas evoluíram e novos materiais foram testados em suas composições, as tornando indispensáveis para o funcionamento da sociedade moderna. Hoje em dia o mercado de cerâmica no país exige uma demanda significativa, a produção e consumo aumentam a cada ano. Já no ano de 2000, a indústria cerâmica brasileira constituía 1% do PIB – Produto Interno Bruto. Em 2010 o Brasil se tornou o segundo maior produtor e consumidor mundial de placas cerâmicas, atrás somente da China [2]. Tanta produção gera consequentemente resíduos poluentes, tanto da extração de material quanto na queima para sua fabricação [3].

Considerando tais informações, fez-se necessária uma pesquisa profunda em materiais residuais alternativos para a fabricação de cerâmicas, visando a diminuição dos impactos ambientais. O presente trabalho exhibe os resultados de pesquisa sobre a possibilidade da aplicação do pó da casca da banana na cerâmica, como fundente. A escolha do material deu-se devido ao fato de que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais da fruta. Os resíduos agroindustriais do produto não são amplamente reaproveitados, sendo utilizados na alimentação animal ou eventualmente aplicados na compostagem. No entanto sua grande maioria é descartada descontroladamente, o que pode gerar problemas ambientais [4].

Sabe-se que a casca da banana pode ser uma potencial fonte de obtenção de etanol e estuda-se sua aplicabilidade na indústria por meio da secagem como forma de aproveitar suas propriedades naturais [5]. Desta forma, a casca de banana pode ser uma fonte de material alternativa na fabricação de diversos tipos de cerâmica, agindo como possível fundente substituto, contribuindo para a diminuição da poluição, tanto da indústria oleira quanto da agroindústria, gerando benefícios para toda a população, bem como para a economia.

### Objetivo geral:

O Objetivo geral deste trabalho é avaliar o potencial do pó da casca da banana como possível fundente substituto parcial na produção de cerâmicas, substituindo o Filito.

### Objetivos específicos:

- Caracterizar a matéria prima por meio dos seguintes ensaios: FRX, DSC, TGA, DRX, visando expor o máximo de dados sobre sua estrutura física e química, contribuindo para sua aplicabilidade na massa cerâmica.
- Medir, pesar e calcular a absorção de água dos corpos de prova.

- Estudar a microestrutura dos corpos de prova por meio do Microscópio eletrônico de Varredura (MEV).
- Comparar os resultados com as normas vigentes na indústria, checando assim a viabilidade da utilização da casca de banana como integrante na produção de cerâmica padronizada.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### Fundamentação Teórica

Neste trabalho buscou-se substituir o fundente filito pelo pó da casca de banana. Na produção de cerâmica é necessário que a matéria final tenha baixa absorção de água e que resista a esforços. Existem espaços na estrutura da matéria que poderiam ser preenchidos pela água, o que afetaria nas características físicas da cerâmica. Por esta razão, quando a massa cerâmica é preparada são adicionados materiais que se liquefazem durante a queima e preenchem estes espaços, para que quando a massa seque fique impermeável.

Estes materiais precisam ter baixa viscosidade para que a penetração ocorra sem problemas. Além disso, é válido estabelecer um equilíbrio entre a capacidade de fundição e a possível deformação que ele possa gerar na peça. O fundente utilizado possui em sua constituição abrangentes elementos alcalinos, pois estes ajudam na diminuição do ponto de fusão e dissolvem os grãos refratários maiores que não reagiram [6].

O Filito, ou leucofilito, é um mineral rochoso e metamórfico, de granulação fina, muito abundante na crosta terrestre, sendo um intermediário entre a ardósia e o micaxisto. Em sua constituição estão presentes quartzo, clorita e sericita. O filito pode ser encontrado com as seguintes cores: branca, rosada, roxo, cinza verde e preta. Seu surgimento remete à era proterozóica. Por ser abundante, o valor agregado do filito passa a ser relativamente baixo.

O filito é usado como fundente em massas cerâmicas. Isto se deve ao fato de que em sua constituição prevalece alto teor de quartzo e materiais alcalinos, que agem como “filler”, ou preenchedores na estrutura cerâmica. Isso ainda confere à cerâmica sua resistência, e, algumas vezes é o filito o responsável por dar a cor final da peça [7] [8].

A seguir apresentamos os métodos, equipamentos e ensaios feitos nos corpos de prova para obtenção dos resultados ponderantes para o assunto tratado.

### Procedimentos

#### Coleta de matéria-prima

Neste trabalho foram usadas cascas secas de banana-prata (*musa x paradisiacal*), coletadas de uso caseiro na alimentação diária. Depois de secas, as cascas resultaram num peso de 1,2 kg, com o qual foi feito o trabalho.

#### Pré-secagem e secagem

Logo que as cascas de banana eram adquiridas, as mesmas foram deixadas secando ao sol, para tirar a umidade antes de serem propriamente levadas ao forno, facilitando assim o processo final de secagem. O material foi disposto em bandejas sob o sol até adquirir a cor característica escura e o aspecto quebradiço. Em seguida foram colocadas num forno de fogão e deixadas a 280°C durante trinta minutos.

#### Moagem

O moinho usado foi um moinho triturador horizontal. Neste moinho o material é colocado e depois, adicionam-se várias esferas de metal. Assim que o equipamento começa a funcionar, as aletas do rotor vão misturando as esferas e a matéria prima e o choque destas é que faz a moagem. Inicialmente foi feito um ciclo de moagem de 60 minutos a 1200 RPM.

#### Peneiragem

A peneiragem foi feita com um vibrador e peneiras de granulação: 20, 40, 100, 200 e 270 mesh. As peneiras são empilhadas sobre o vibrador na ordem crescente e no final há uma bandeja. O pó da casca conseguiu passar da peneira de granulação 200 mesh, porém não atravessou a de 270 mesh. Após a peneiragem, a banana de granulação 200 mesh foi usada nas formulações dos corpos de prova, já que sua granulação foi a menor obtida. Como a granulação mais abundante foi a de 100 mesh, esta foi usada para fazer uma pastilha para o ensaio de FRX, além dos ensaios de DSC e TGA.

#### FRX

O ensaio de FRX busca determinar quais os elementos presentes na amostra de pó de casca de banana e sua concentração, para assim classificar o material como um possível fundente. O equipamento utilizado neste teste foi do modelo S2 Ranger, da marca Bruker.

#### TGA

TGA ou termogravimetria, consiste em aquecer a substância e avaliar sua perda de massa ao longo das determinadas faixas de temperatura. Neste trabalho, tal ensaio foi feito com o equipamento de modelo TGA-51H da empresa Shimadzu® e realizado numa curva de temperatura de 25°C a 950°C, com atmosfera de Nitrogênio e fluxo de gás de 50 ml/min. [9]

#### DSC

O ensaio de DSC foi realizado pelo equipamento de modelo DSC-60 da Shimadzu®. O ensaio busca determinar a entalpia do material, aquecendo-o e comparando com uma referência. Analisando a curva do gráfico gerado, buscando alterações sólido-sólido e reações endo ou exotérmicas muitas vezes não detectadas pelo TGA.

### DRX

A Difração de Raio-X, ou DRX, é um ensaio que se consiste em analisar a intensidade e o ângulo de incidência de um feixe de fótons difratados de uma incidência de raios-x, que atinge o material a ser caracterizado.

### Formulações

Com o pó da casca de banana foram feitas formulações, adicionando proporcionalmente o material em substituição ao fundente filito, sob orientação. Produziram-se três corpos de prova. Cada corpo de prova deveria ter doze gramas, com os materiais colocados proporcionalmente para resultar no peso final. Foi usada uma balança de precisão Shimadzu® e recipientes plásticos para medir o peso de cada material e misturá-los.

### Prensagem

Com as formulações feitas, as mesmas foram colocadas em sacolas plásticas onde foram fechadas e classificadas para identificação. Em seguida foi adicionada uma quantidade de água equivalente a 8% do peso da mistura, que totalizou 0,96ml. Misturou-se a formulação com a água, agitando manualmente sempre dentro do plástico, e quebraram-se manualmente os grãos formados até ficar um pó homogêneo, pronto para ser prensado. Na prensagem foi usada uma matriz retangular de 60 mm x 20 mm de área. Lubrificou-se inicialmente com cera. As formulações foram prensadas onde foi feito a prensagem para o FRX. Pressionou-se as formulações a 4 ton. por vinte segundos. Os corpos ainda verdes foram medidos com um paquímetro Mitutoyo® de resolução 0,05 mm, pesados, embalados e guardados num dessecador.

### Secagem

Antes de se fazer a sinterização, os corpos de prova passaram 24 horas numa estufa, sendo aquecidos a fim de tirar a umidade. Depois de secos, foram sinterizados.

### Sinterização

A sinterização é o processo pelo qual os materiais cerâmicos são aquecidos, com a finalidade de, depois de esfriados, se solidificarem com uma estrutura suficientemente resistente. A sinterização dos corpos de prova foi feita numa Mufla que os aqueceu até

1190°C, com uma rampa de aquecimento de 20°C/min, mantendo a temperatura num patamar de 20 minutos. Foram pesados na balança de precisão e medidos desta vez com um paquímetro da marca Brasfort, de resolução 0,02 mm.

#### Absorção

O ensaio de absorção serve para determinar a porcentagem de absorção de água pelas cerâmicas. O objetivo é que a matéria final tenha o mínimo de absorção possível. Para realizar este teste, foram deixados submersos todos os corpos de prova, num recipiente cujo nível de água era de 1cm acima dos corpos. Foram deixados assim por 24 horas. Depois foram parcialmente secos com um pano limpo e foram pesados.

#### Flexão

O ensaio de flexão de três pontos consiste em determinar a resistência que o corpo de prova oferece ao ser flexionado. Neste ensaio, o CDP é apoiado numa base de dois pontos, com distância igual ao comprimento do corpo, o que resulta, em média, numa distância de 50 mm. Depois de estar apoiado por dois pontos, um terceiro desce e quebra o CDP e os valores de força ruptura são expressos.

#### MEV

O Microscópio eletrônico de varredura (MEV) é um microscópio cujo princípio se baseia não na observação da emissão de luz visível, mas na captação de elétrons que são emitidos em direção da amostra. Para realizar o ensaio, é necessário antes atacar a superfície da amostra que se quer ter imagens com ácido fluorídrico. O ataque durou 5 minutos. Depois as amostras são deixadas numa estufa a 150°C durante 48 horas, dentro de um pesa filtro aberto. Após as 48h, as amostras são retiradas e são encaminhadas para o MEV. Para o ensaio em questão os CDPs, feitos de material não condutor, tiveram primeiramente que ser pulverizados com material condutor, neste caso ouro para que as imagens pudessem ser formadas. As imagens fornecidas pelo microscópio eletrônico permitem visualizar poros na estrutura, assim como a formação de cristais e mulita. Neste ensaio foi usado o equipamento VEJA 3 LMU, da marca Tescan.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Apresentamos aqui os principais resultados dos ensaios de caracterização e do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e a discussão dos dados obtidos por estes processos.

Inicialmente os valores de absorção de água foram elevados para uma cerâmica que se pretende usar em revestimento. Os resultados atingiram valores superiores a 6% em várias formulações, o que já os classifica como revestimento semiporoso, segundo a ANFACER – Associação Nacional de Fabricantes de Cerâmicas para revestimento. Contudo, após novas formulações, os novos valores encontrados foram abaixo de 1%, classificando-o como grês ou porcelanato, já que aumentou-se a pressão de prensagem de 4 ton para 5,5 ton.

O pó utilizado no ensaio de FRX passou pela peneira de 100 mesh. Para torná-lo uma pastilha foi necessária uma prensa hidráulica que o compactou a 7,5 toneladas. O equipamento foi o FRX da marca Bruker, modelo S2 Ranger. Os resultados são os seguintes:

Tabela I - FRX do pó da casca de banana

ELEMENTO QUÍMICO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	CaO	Cl	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
PORCENTAGEM (%)	1,38	0,485	4,36	9,13	0,247	5,33	52,1
ELEMENTO QUÍMICO	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>
PORCENTAGEM (%)	0,741	6,16	0,280	6,95	3,72	6,20	1,96

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela II - FRX do constituinte cerâmico filito

ELEMENTO QUÍMICO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO
PORCENTAGEM (%)	13,40	0,15	4,56	1,18	0,02
ELEMENTO QUÍMICO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>
PORCENTAGEM (%)	2,10	0,02	3,34	70,98	0,68

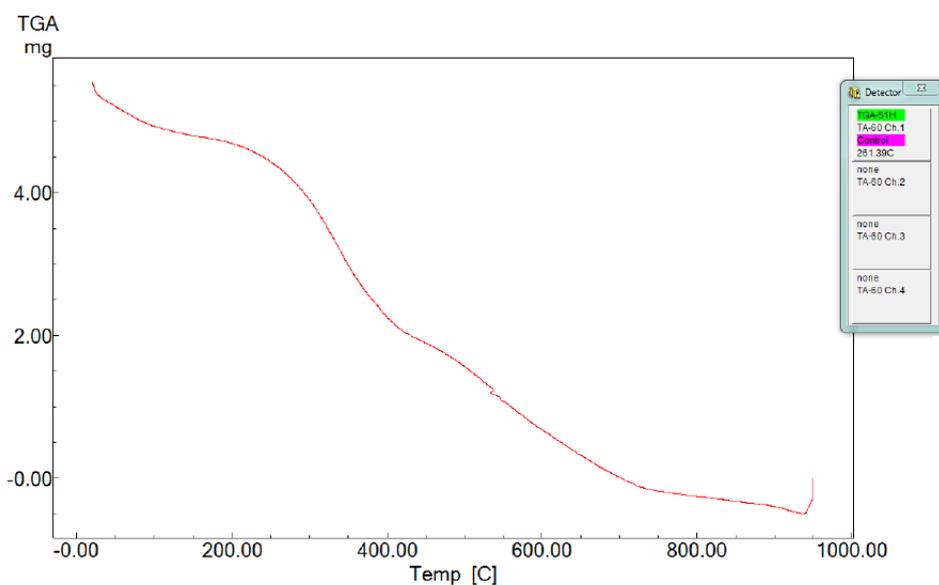
Fonte: PARANHOS, 2015

Como já esperado, a casca de banana apresentou uma concentração elevada de potássio (K<sub>2</sub>O – 52,1%). Foi constatado também que nela há forte presença de materiais fundentes, sendo estes: K<sub>2</sub>O (52,1%), CaO (4,36%), Na<sub>2</sub>O (6,95%) e MgO (6,16%), o que a qualifica como melhor fundente em relação a esses mesmos elementos químico do filito - cedidos pela empresa TECNOGRES, localizada no município de Camaçari.

Ao ser peneirada, a matéria prima adquiriu alguns resíduos de alumínio, o que mostraram uma concentração de 1,38% (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Baseando-se nas quantidades encontradas de Potássio,

Cálcio, Sódio e Magnésio nas tabelas de FRX acima, pode-se dizer que o pó da casca da banana tem capacidade de substituir os fundentes presentes na cerâmica.

Para analisar um gráfico dos dados de TGA é necessário o conhecimento do material. O pó da casca de banana mostrou-se um material que absorve umidade, visto que se deixado ao ar livre, juntam-se grãos que dificultam sua peneiragem. Segundo os dados do FRX, os elementos em mais abundância na estrutura foram: Potássio, Cloro, Silício, Sódio e Magnésio.



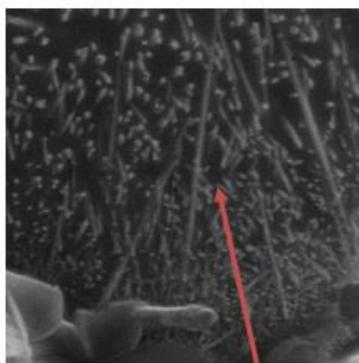
Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 1 - Curva TGA do pó da casca da banana

Como se pode observar no gráfico, houve quatro momentos dignos de menção na curva TGA: No início, até 200°C, entre 200°C e 400°C, entre 400°C e 700°C e depois de 700 °C. No primeiro momento, a perda acentuada de massa pode ser explicada pela presença de umidade (água), que se perde à medida que a temperatura ultrapassa de 100°C. Neste primeiro instante há uma perda de massa de aproximadamente 0,5mg. Depois de 200°C há uma descida brusca da curva do gráfico, indicando perda rápida de massa. Há uma queda acentuada que dura claramente até 400°C. Esta queda pode ser explicada pela decomposição do Óxido de Potássio ( $K_2O$ ), que corresponde a 52,1% da composição do pó da casca de banana, como visto no FRX. Maior parte dos materiais presentes no pó da casca de banana só começam sua fundição próximos aos 2000°C. Ao todo se perdeu 90, 214% da massa do material inicial.

O Microscópio eletrônico de varredura, ou MEV, é um método de observação da estrutura cerâmica muito empregado, pois através dele pode-se detectar a presença de poros, trincas e a formação de mulita, sendo que esta última é fundamental, visto que reforça a matriz vítrea e é responsável pelos resultados em absorção e resistência à flexão.

Foram usados, neste ensaio, os corpos de prova que obtiveram bons desempenhos nos ensaios de resistência à flexão. Os mesmos também apresentaram resultados coerentes em relação à absorção, o que demonstra uma ligação entre estas duas qualidades. Abaixo se encontra imagem de uma dessas formulações em que foram encontradas mulitas.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2 - MEV da superfície de fratura da amostra F6-2 (15% de banana, retirando-se o filito). Imagem ampliada 10.000x. Forte presença de mulita.

Pode-se observar que, por exemplo, apesar da formulação F6 apresentar resultados insatisfatórios em relação à absorção e módulo de resistência à flexão, a mesma conseguiu formar mulita em considerável quantidade na sua constituição F6-2 (com 15% de banana retirando-se o filito). Os outros corpos de prova, como o F5, não apresentaram mulita. Entretanto, os melhores resultados foram determinados baseados nos valores de absorção e resistência a flexão, já que estes são muito importantes para os revestimentos cerâmicos.

## CONCLUSÕES

Conseguiu-se atingir os resultados necessários para a produção de semigrês. O corpo de prova que obteve o menor resultado de absorção de água (0,8881%) não obteve o maior resultado de MRF, sendo este 23,70Mpa. Contudo, surgiu o resultado que mais utilizou casca de banana e que ainda sim, se adequou as normas de Semigrês: o da formulação F5, com 10% de banana, onde foram encontrados exemplares que alcançaram resultados satisfatórios com absorção de água entre 3% a 6% (sendo o menor valor o de 3,84%) e resistência à flexão maior que 22 Mpa, sendo equivalente a 23,94 Mpa. Nenhum corpo de prova ultrapassou a marca de Semigrês, principalmente pelos resultados não satisfatórios em seus módulos de resistência à flexão.

Podemos alcançar a marca de porcelanato, que corresponde a uma absorção menor que 0,5% e resistência acima de 35Mpa, bastando variar os parâmetros de taxa de aquecimento, tempo de patamar e resfriamento, visto que não foi utilizado um forno industrial adequado como na empresa TECNOGRES. Por fim conseguiu-se criar uma alternativa aos materiais fundentes, o que contribuiria para a diminuição do impacto ambiental enquanto mantém a produção e o desenvolvimento, fazendo assim uma prática sustentável.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABCERAM). **Informações Técnicas: Definição e Classificação**. São Paulo: ABCERAM, 2011. Disponível em: <<http://www.anfacer.org.br/>>. Acesso em: 15 de Novembro de 2015.
- [2] CABRAL JUNIOR, M., BOSCHI, A.O., MOTTA, J.F.M., TANNO, L.C., SINTONI, A., COELHO, J.M., CARIDADE, M., “Panorama e perspectivas da indústria de revestimentos cerâmicos no Brasil”, **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. (7-18), Maio/Junho, 2010.
- [3] RIPOLLI, F. FRANCISCO, “The Use of Industrial CeramicWaste - BrickPowder - to Improve ProductQuality in CeramicElementsManufacture: an Experimental Study”, São Paulo, **Cerâmica**, v. 43, p. (281-282), Julho/Agosto, 1997
- [4] ROSSO, S.R. **Aproveitamento do resíduo da agroindústria da banana: Caracterização química e levantamento de parâmetros termodinâmicos**. Florianópolis: UFSC, 2009
- [5] VILLA VÉLEZ, Harvey Alexander. **Aplicações de secagem para o aproveitamento de resíduos da banana, visando sua aplicação na indústria**. 2011. 88 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/90754>>. Acesso em: 15 de Novembro de 2015
- [6] PEREZ, FABIANA, “Fundentes: Como escolher e como usar”, **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. (31-35), Julho/Agosto, 2008
- [7] GLOBOFILITO©, 2007. Disponível em: <<http://globofilito.com.br/ofilito.php>>. Acesso em: 18 de Dezembro de 2015
- [8] MELO, L.G. de AZEREDO, THAUMATURGO, C. “Filito: Um material estratégico para fabricação de novos cimentos”. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, v.29, p(10-24), 2º trimestre de 2012.
- [9] PERKINELMER , "Thermogravimetric Analysis (TGA): A Beginner's Guide". Disponível em:<[http://www.perkinelmer.com/CMSResources/Images/44-74556GDE\\_TGABeginnersGuide.pdf](http://www.perkinelmer.com/CMSResources/Images/44-74556GDE_TGABeginnersGuide.pdf)>. Acesso em: 09 de Maio de 2016