

## CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DAS CINZAS DO CARVÃO PARA CLASSIFICAÇÃO QUANTO SUA PERICULOSIDADE

Francisca Elaine Alves Cândido (\*), Maria Nataniela da Silva, André Bezerra dos Santos, Ronaldo Ferreira do Nascimento, Carla Bastos Vidal

\* Fanor, elayangel@hotmail.com

### RESUMO

Considerando a grande geração de cinzas pela combustão do carvão mineral em usinas termelétricas é importante o conhecimento sobre a composição desse resíduo ou subproduto. Quando se conhece a composição e constituição química do resíduo é possível se fazer sua classificação quanto ao grau de periculosidade que o mesmo oferece. Neste trabalho foi feita a caracterização química das cinzas da combustão do carvão identificando os principais elementos químicos presentes para posteriormente ser feita a classificação desse resíduo em resíduo de Classe I (perigoso) ou Classe II a (não inerte). As cinzas pesadas foram submetidas a testes de lixiviação e solubilização seguindo as normas da ABNT (NBR 10005 e 10006). O objetivo do trabalho é mostrar os resultados da pesquisa, e espera-se que os resultados possam contribuir para identificar as possíveis aplicações das cinzas como matéria-prima para outros produtos, a fim de minimizar os impactos gerados ao meio ambiente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Carvão, cinzas de combustão, caracterização, composição química

### INTRODUÇÃO

A disposição inadequada de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos no meio ambiente vem se tornando preocupação mundial, uma vez que esse problema atual não se limita apenas aos recursos que estão sendo desperdiçados, mas também no impacto ambiental através da disposição inadequada e sem prévio tratamento destes resíduos (TEIXEIRA et al.. 2015).

O carvão mineral é o combustível fóssil mais utilizado em escala mundial e está entre os principais combustíveis utilizados nas usinas termelétricas ou térmicas. O carvão é responsável por 7,1% de todo consumo mundial de energia e de 39,0% de toda energia elétrica gerada, de acordo com o Balanço Energético Nacional 2005 (Ministério de Minas e Energia do Brasil, 2002). O carvão mineral é proveniente da decomposição de vegetais que foram subterradas e compactadas em bacias relativamente profundas, apesar de fontes desconhecidas citarem que o carvão é composto por elementos orgânicos e inorgânicos como o carbono, oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, enxofre.

De acordo com SCHUMANN (1985), os carvões minerais são de origem orgânica e, portanto, segundo definição geológica, não podem ser considerados como rochas autênticas. Entretanto, como são componentes sólidos da crosta terrestre e estão tão alterados que não é possível reconhecer sua origem orgânica, podem ser classificados como rochas sedimentares.

Na queima do carvão mineral ocorre a movimentação dos geradores produzindo vapor que até chegar as turbinas é movimentado pela alta pressão, esse vapor gira as pás da turbina gerando energia elétrica, obtendo como resíduos sólidos as cinzas do carvão que são geradas nesse processo de combustão ou queima, denominadas PCC (Produtos da Combustão do Carvão mineral), que são potencialmente nocivos ao meio ambiente (TEIXEIRA et al.. 2015).

As cinzas do carvão são classificadas como: secas (volantes) ou úmidas (pesadas), em função das diferentes zonas de temperatura na caldeira durante o processo de queima do carvão pulverizado nas usinas termelétricas. A aglomeração desse resíduo consequente da intensificação no uso da matéria prima, carvão mineral, tende a aumentar, gerando problemas na gestão deste resíduo na própria indústria, assim como aumentando o risco de problemas ambientais, caso esse resíduo não receba o tratamento adequado (Basu et al.2009).

Uma vez que os setores siderúrgico e energético utilizam essa matéria prima de forma intensa, faz-se necessário buscar formas de reutilizar e/ou tratar esse resíduo. Para isso, testes ambientais a fim de classificar esses resíduos da queima do carvão de acordo com a Norma NBR 10004:2004 da ABNT são necessários.

Para classificação adequada dos Resíduos Sólidos como Perigoso (Classe I), Não Perigoso não Inerte (Classe II A) e Não Perigoso Inerte (Classe II B) de acordo com a Norma NBR 10004:2004 da ABNT é necessário submeter às amostras, no caso as cinzas, a alguns ensaios laboratoriais, sendo eles o ensaio de Solubilização (Norma NBR 10006:2004 da ABNT) e o ensaio de Lixiviação (Norma NBR 10005:2004 da ABNT). Os ensaios de solubilização avaliam o potencial das cinzas de liberar seus componentes constituintes para a água pura, comparativamente ao padrão de potabilidade, já o ensaio de lixiviação avalia o potencial de liberação dos componentes constituintes das cinzas para o meio ambiente e, portanto seu potencial de impactar solos e águas subterrâneas.

De acordo com a NBR 10004:2004 da ABNT, um resíduo é classificado como Classe I (Perigoso) quando um ou mais parâmetros do Lixiviado e/ou Massa Bruta estiverem acima dos valores máximos permitidos pelos anexos da NBR 10004. Um resíduo é classificado como Classe II A (Não Inerte) quando um ou mais parâmetros do Solubilizado estiverem acima dos valores máximos permitidos pelos Anexo G da NBR 10004. Um resíduo é classificado como Classe II B (Inerte) quando todos os parâmetros, tanto da Massa Bruta quanto dos ensaios de Solubilização e Lixiviação estiverem abaixo dos valores máximos permitidos pelos anexos da NBR 10004.

Com base no que foi exposto acima, faz-se necessário classificar os resíduos gerados nas termelétricas de acordo com os testes ambientais propostos pela NBR 10004 a fim de discutir os potenciais impactos ambientais que estes resíduos podem vir a causar, assim como levantar o melhor destino para cada resíduo.

## **METODOLOGIA**

### **Coleta e preparo das cinzas**

A amostragem foi realizada nos pátios (módulos) de cinzas de uma Usina Termelétrica (UTE) localizada no estado do Ceará. A amostragem e coleta do material (cinza) foi realizada pela empresa Fundap e acompanhada por representantes da Universidade Federal do Ceará (UFC). O procedimento em questão foi realizado no período de 19/10/2015 à 03/11/2015, englobando as atividades de reconhecimento de campo, amostragem, coleta e entrega do material coletado na UFC. Na UTE há dois módulos onde são despejadas as cinzas oriundas da queima do carvão mineral.

Com o intuito de realizar a caracterização mais completa possível do Módulo I, distribuiu-se 21 pontos de amostragem sobre sua superfície, de modo a abranger a maior área possível. Além disso, foram coletados também amostras de profundidade ainda no Módulo I e de cinzas volantes do Módulo II da UTE Energia Pecém.

### **Caracterização química**

As 34 amostras foram submetidas às seguintes análises químicas: ensaios de lixiviação, ensaios de solubilização e pH. O pH das cinzas foi medido no laboratório da UFC, seguindo a norma NBR 10004. Os principais elementos químicos (cátions), Cádmio, Chumbo, Cromo, Zinco, Prata, Cobre, Ferro e Manganês foram apresentados após teste de lixiviação e solubilização das cinzas seguindo as normas da ABNT (NBR 10005 e 10006). Outros elementos (ânions), Fluoreto, Cloreto, Nitrito, Nitrato, Fosfato, Sulfato e Brometo, também foram analisados em amostras de cinzas leves e pesadas. As análises foram realizadas seguindo a mesma norma da ABNT (NBR 10005 e 10006).

## **RESULTADOS OBTIDOS**

Pelos resultados obtidos dos parâmetros pH e porcentagem em sólidos (Figura 1), observou-se que os valores de pH encontram-se dentro da faixa de valores permitida pela norma NBR 10004, sendo a amostra das Cinzas

Leves do Pecém 1 a que mais se aproximou do VMP (Valores Máximos Permitidos) com elevada alcalinidade. A Figura 1 apresenta o gráfico *box-plot* para os valores de pH.

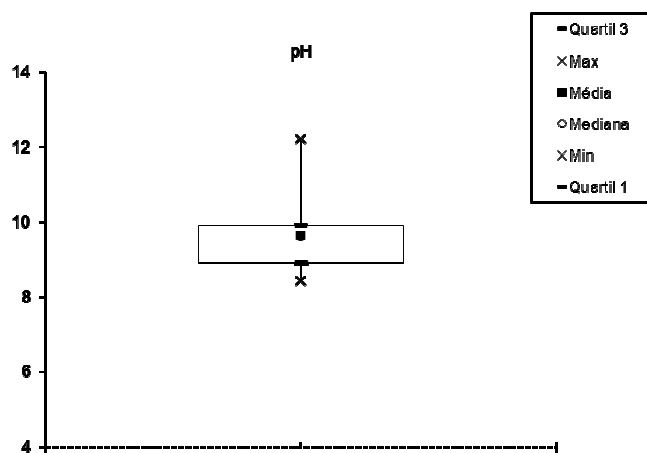


Figura 1 – Gráfico *box-plot* com os resultados de pH das cinzas analisadas.

As Figuras 2 e 3 apresentam os gráfico *box-plot* para os valores de concentrações dos cátions e ânions, respectivamente, presentes no extrato do lixiviado, após teste de lixiviação das cinzas seguindo as normas da ABNT (NBR 10005).

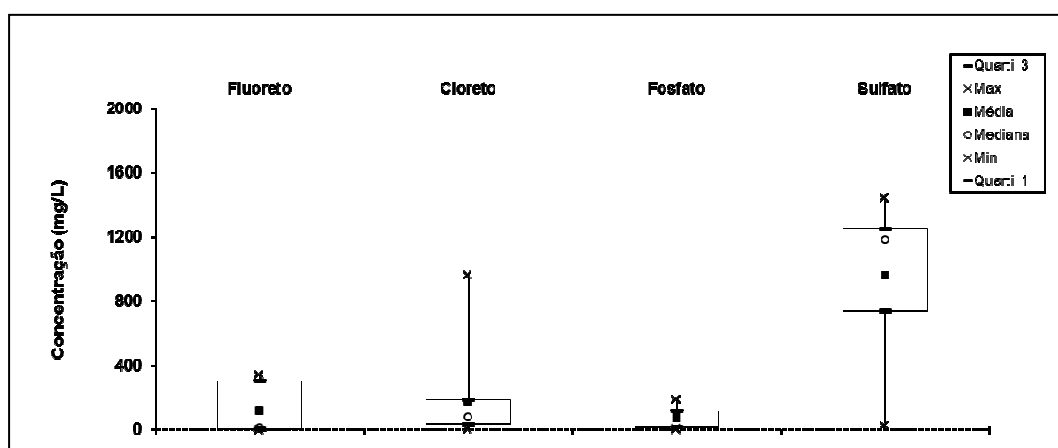


Figura 2 – Gráfico *box-plot* dos ânions extraídos pelo teste de lixiviação.

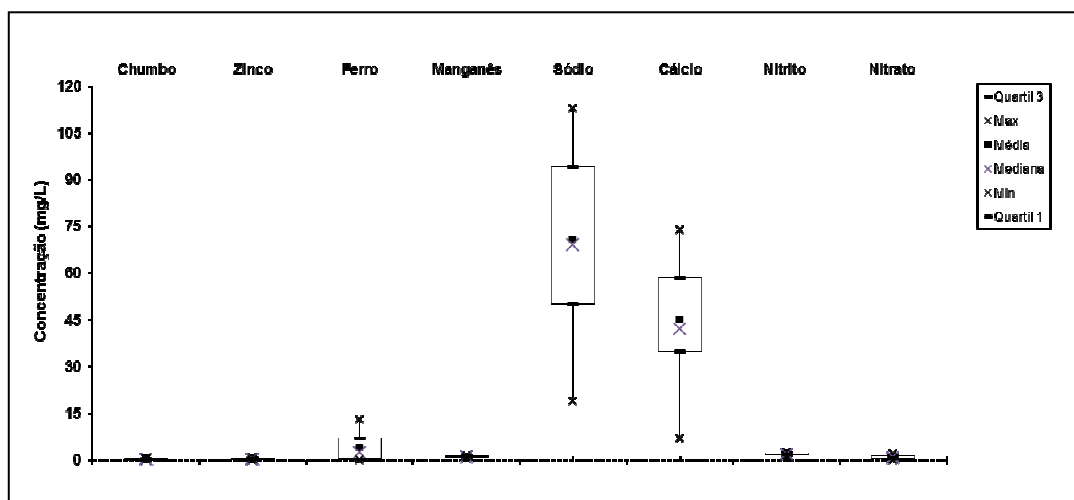


Figura 3 - Gráfico *box-plot* dos cátions e ânions extraídos pelo teste de lixiviação

Pode-se notar que apenas as amostras que 6 amostras coletadas apresentaram resultados acima dos VMP para análise de Fluoreto (F<sup>-</sup>), tornando as mesmas caracterizadas como Resíduo Classe I – Perigoso, uma vez que, segundo as normas, um resíduo é classificado como perigoso quando um ou mais parâmetros do Lixiviado e/ou Massa Bruta estiverem acima dos valores máximos permitidos pelos anexos da NBR 10004. Os metais cádmio, zinco, prata, cromo e cobre não foram detectados nas cinzas analisadas, sendo o metal chumbo detectado apenas em uma amostra e o mesmo permaneceu abaixo dos VMP.

As Figuras 4 e 5 apresentam os gráfico *box-plot* para os valores de concentrações dos cátions e ânions, respectivamente, presentes no extrato do solubilizado, após teste de solubilização das cinzas seguindo as normas da ABNT (NBR 10006).

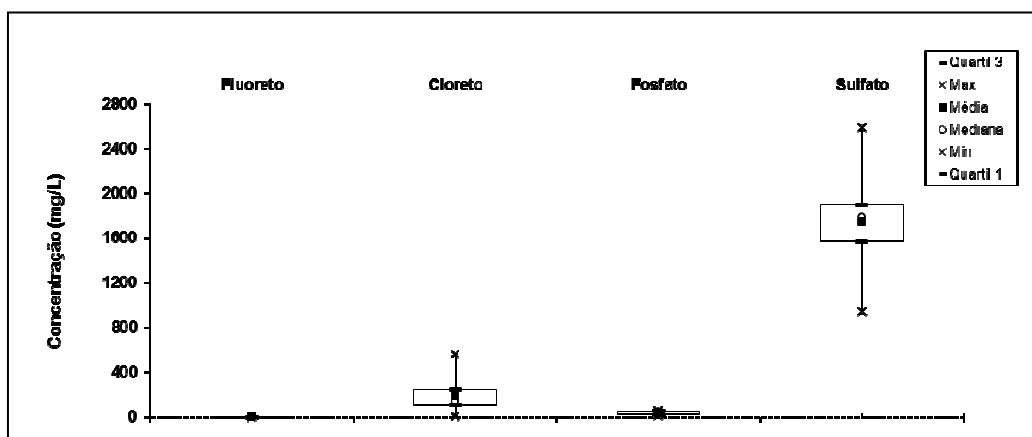


Figura 4 – Gráfico box-plot dos ânions extraídos pelo teste de solubilização.

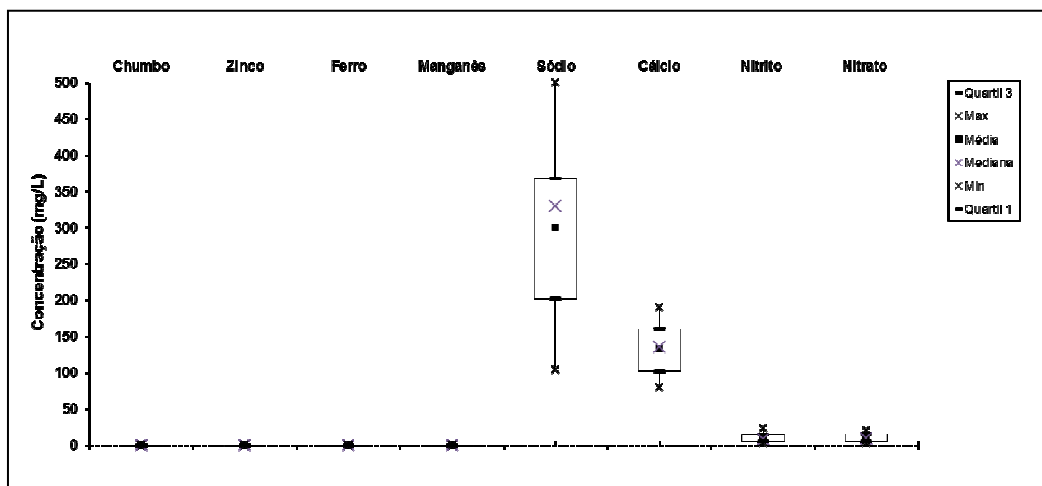


Figura 5 - Gráfico box-plot dos cátions e ânions extraídos pelo teste de solubilização

Pelos os resultados obtidos nos ensaios de solubilização, notou-se que todas as amostras apresentaram pelo menos um parâmetro acima dos VMP configurando assim a característica de Resíduo como Classe II A (Não Inerte) quando um ou mais parâmetros do solubilizado estiverem acima dos valores máximos permitidos conforme Anexo G da NBR 10004. Dentre os parâmetros que se mostraram acima da VMP, pode-se destacar o sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), apresentando “problema” em quase todas as amostras. O fluoreto também se mostrou acima dos VMP para 16 amostras das 34 analisadas. O sódio ( $\text{Na}^+$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) também mostraram problema em algumas amostras.

Tendo em vista os dados apresentados acima, podemos concluir que 82% das amostras podem ser classificadas como Classe II A (Não Inerte), com exceção das cinzas de 6 amostras de cinzas coletadas no módulo I que foram classificadas como Classe I (Perigoso) (Figura 6).

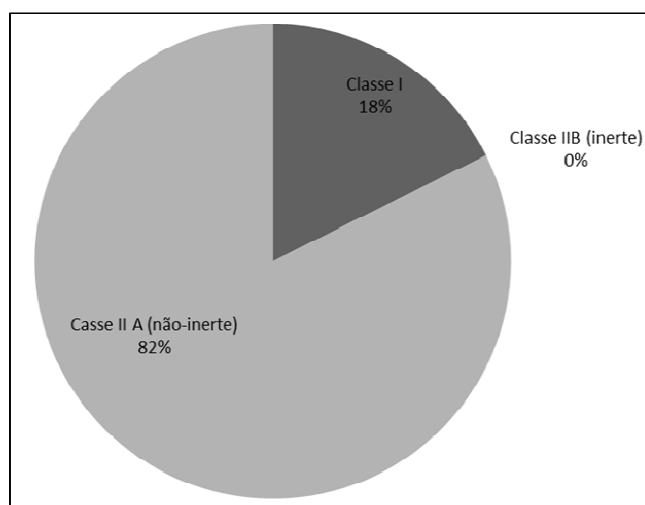


Figura 6 – Classificação das amostras em percentual.

## CONCLUSÃO

A classificação dos resíduos sólidos como Perigoso (Classe I), Não Perigoso não Inerte (Classe II A) e Não Perigoso Inerte (Classe II B) de acordo com a Norma NBR 10004:2004 é de grande importância para termos conhecimento do potencial risco que o resíduo traz ao meio ambiente, e para se avaliar qual seria a melhor destinação para o mesmo. Com os ensaios laboratoriais realizados, solubilização e lixiviação. Foram observados os resultados obtidos a partir das análises dos extratos dos ensaios de lixiviação de todas as amostras de cinzas coletadas, notou-se que apenas 6 amostras apresentaram resultados acima dos VMP para análise de Fluoreto (F<sup>-</sup>), tornando as mesmas caracterizadas como Resíduo Classe I – Perigoso. Nos ensaios de solubilização de todas as amostras de cinzas coletadas, notou-se que todas as amostras apresentaram pelo menos um parâmetro acima dos VMP, configurando assim a característica de Resíduo como Classe II A (Não Inerte). Portanto faz-se necessário uma destinação adequada para as cinzas que tem potencial de resíduo perigoso, Aterro Industrial Classe I, que a depender do tipo de resíduo, realizam um pré-tratamento antes que sejam enterrados, esses podem podendo ser: estabilização, solidificação, encapsulamento ou neutralização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. NBR 10004. **Resíduos sólidos – classificação.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. 2004.
2. ABNT. NBR 10006. **Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos.** 2004.
3. ABNT. NBR 10006. **Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos.** 2004.
4. MARGON, Patrícia Vilela. **Influência do uso das cinzas de carvão mineral de termelétricas em argamassas de revestimento.** 2002. 149 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Cívil, Ufsc, Florianópolis, 2002.
5. SILVEIRA, E. C. **Carvão mineral na geração de energia elétrica e seus possíveis impactos ambientais ocorridos em minas a céu aberto na cidade de butiá no estado do rio grande do sul.** 2007. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Biológicas, Unilasalle, Canoas, 2007.