

XXI ENMC
ENCONTRO NACIONAL DE
MODELAGEM COMPUTACIONAL

IX ECTM
ENCONTRO DE CIÊNCIAS E
TECNOLOGIA DE MATERIAIS

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL DE ARGILAS BENTONÍTIICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE NANOCOMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Carlos Ivan Ribeiro de Oliveira¹ – carlosivanr@gmail.com

Nancy Isabel Alvarez Acevedo¹ – nacevedo@iprj.uerj.br

Marisa Cristina Guimarães Rocha¹ – mrocha@iprj.uerj.br

Joaquim Teixeira de Assis¹ – joaquim@iprj.uerj.br

Alexei Kuznetsov² – okuznetsov@inmetro.gov.br

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto Politécnico – Nova Friburgo, RJ, Brasil

² Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Diretoria de Metrologia Científica e Industrial – Duque de Caxias, RJ, Brasil

Resumo. Argilas bentoníticas têm sido muito utilizadas no desenvolvimento de nanocompósitos poliméricos devido a possibilidade de exfoliação de partículas de argila até escala nanométrica da sua espessura com a consequente elevada razão de aspecto apresentada por essas partículas. A disponibilidade alta de bentonitas no Brasil, com as principais jazidas no Estado da Paraíba, propicia a sua utilização em uma vasta gama de setores tecnológicos, entre eles o setor de produção de nanocompósitos poliméricos. Contudo, as propriedades físico-químicas específicas de nanopartículas de argila são requeridas para que elas sejam apropriadas como componente aditivo em materiais compósitos. O presente trabalho tem como objetivo a caracterização físico-mineralógica de amostras de bentonitas comerciais: uma bentonita sódica natural (BSN) importada e uma bentonita sódica ativada (BSA) de origem brasileira. As amostras das bentonitas foram caracterizadas por meio de determinação do tamanho de partículas por MALLS, fluorescência de raios X, difração de raios X, espectroscopia de absorção no infravermelho e análise termogravimétrica. Resultados obtidos com a caracterização química e estrutural das bentonitas indicaram que as mesmas são constituídas majoritariamente por argilomineral esmectítico, além de quartzo. Esses resultados foram confirmados por meio da caracterização das amostras por espectroscopia de absorção no infravermelho. A análise termogravimétrica mostrou que as bentonitas avaliadas apresentam natureza policatiônica.

Palavras-chave: Argilas, Bentonitas, Caracterização físico-mineralógica, Nanocompósitos poliméricos

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o desenvolvimento de nanocompósitos polímero/argila têm recebido uma atenção considerável no setor acadêmico e industrial devido a necessidade de obter materiais com propriedades melhoradas quando comparados às propriedades do polímero puro ou de compósitos convencionais (Brito *et al.*, 2008; Das *et al.*, 2010; Paz *et al.*, 2012; Valandro *et al.*, 2014; Marini & Bretas, 2017). Esses nanocompósitos compreendem uma classe de materiais formados pela adição de uma pequena quantidade em peso da carga inorgânica (<5%), que é finamente dispersa em uma matriz polimérica em escala nanométrica (Paul & Robeson, 2008).

Argilas são materiais naturais constituídas em grande parte por partículas cristalinas extremamente pequenas de um ou mais argilominerais, os quais por sua vez são formados, basicamente, por silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. Além de argilominerais, as argilas contêm alguns minerais acessórios, normalmente quartzo, mica e feldspatos; e ainda matéria orgânica e sais solúveis (Souza Santos, 1992).

Silicatos lamelares como a montmorilonita são cargas inorgânicas comumente utilizadas na preparação de nanocompósitos poliméricos (Oliveira *et al.*, 2016). A principal justificativa para a utilização desses silicatos no desenvolvimento de nanocompósitos poliméricos são a possibilidade de obtenção de partículas em escala nanométrica e posterior intercalação nas cadeias poliméricas (Silva & Ferreira, 2008; Rodolfo & Mei, 2009).

Bentonitas podem ser definidas como argilas compostas predominantemente por argilomineral esmectítico e cujas propriedades físicas são estabelecidas por esse argilomineral. A montmorilonita é o argilomineral esmectítico de maior ocorrência nas bentonitas. Outros argilominerais, geralmente ilitas e caolinitas, podem estar presentes em até 50% do teor total de argilominerais componentes da bentonita. Já o teor de minerais não argilosos dificilmente é menor do que 10% da massa total da bentonita (Grim, 1968; Luz & Lins, 2008).

As bentonitas naturais são policatiônicas, isto é, apresentam no espaçamento interplanar de sua estrutura cristalina diversos cátions trocáveis, como Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} e Al^{3+} . Geralmente há predominância de um desses cátions na estrutura cristalina dessas argilas, como íon Ca^{2+} , por exemplo. As bentonitas cálcicas são mais abundantes, enquanto as bentonitas sódicas são as de maior uso industrial (Grim, 1968, Luz & Lins, 2008).

É possível através da troca de cátions obter bentonitas sódicas a partir de cálcicas. Na indústria isto é efetuado usando barrilha (carbonato de sódio). A bentonita assim obtida é chamada de bentonita ativada. A presença do cátion Na^+ e a capacidade expansiva de sua configuração lamelar faz com que as bentonitas sódicas sejam adequadas para utilização como carga para nanocompósitos poliméricos (Dornelas, 2010).

Bentonitas nacionais apresentam diversos teores de argilominerais e muito baixa concentração de cátions Na^+ . A única bentonita sódica nacional com valor comercial é extraída no município de Boa Vista, Paraíba (Libano *et al.*, 2012). A existência de grandes reservas e jazidas de argilas bentoníticas no país tem incentivado diversas pesquisas visando agregar valor comercial a esse argilomineral. Uma das alternativas é sua aplicação como carga em nanocompósitos poliméricos (Costa *et al.*, 2012; Paz, 2012; Silva *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2014; Acevedo *et al.*, 2017).

O principal objetivo do presente trabalho foi realizar a caracterização físico-mineralógica de duas amostras de bentonitas de forma a avaliar a aplicação desses argilominerais no desenvolvimento de nanocompósitos poliméricos. As amostras foram caracterizadas por meio de determinação de tamanho de partícula por MALLS, fluorescência de raios X, difração de raios X, espectroscopia de absorção no infravermelho e análise termogravimétrica.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

As argilas bentoníticas estudadas no presente trabalho foram fornecidas pela BENTONISA Comercial Importadora e Exportadora Ltda. As amostras foram identificadas como Bentonita sódica natural (BSN) de procedência da Argentina e Bentonita sódica ativada (BSA) de origem nacional. Naturalmente, as bentonitas de origem brasileira contêm argilominerais esmectínicos com o cálcio como principal cátion de troca na sua estrutura. Para muitas aplicações industriais de argilas é preferível que o principal cátion de troca seja monovalente, por exemplo sódio, como é o caso das argilas bentoníticas de procedência da Argentina. Para alterar a natureza de cátion nas argilas bentoníticas nacionais de bivalente para monovalente foi feito o processo de ativação utilizando o carbonato de sódio.

2.2 Determinação de tamanho de partícula por MALLS

A determinação do tamanho de partículas, entendida como a distribuição dos diferentes tamanhos de partícula nas amostras de bentonita, foi realizada pelo método MALLS (*Multi-Angle Laser Light Scattering*). O equipamento utilizado foi o analisador de tamanho de partícula Mastersizer 2000 da Malvern Instruments, equipado com unidade de dispersão Hydro 2000MU para análise aquosa. Pequena quantidade da amostra foi adicionada a 500 ml de água deionizada, sob agitação a 1700 rpm. A análise foi realizada em um intervalo de tamanho de partícula de 0,1 a 100,0 μm , considerando partículas de forma esférica, fazendo uso do modelo de Fraunhofer para a difração da luz laser em software próprio do equipamento.

2.3 Fluorescência de raios X

Os experimentos de fluorescência de raios X (FRX) foram realizados à temperatura ambiente em um equipamento Bruker AXS, modelo S4 Pioneer (dispersão de onda), com tubo de ródio ($\text{EK}\alpha_1 = 20,2 \text{ keV}$). Foram obtidos os espectros de fluorescência de raios X nas faixas de energia correspondentes às linhas características dos elementos investigados. No total foram investigados 71 elementos da tabela periódica.

As condições instrumentais de ensaio para cada elemento (linha de radiação característica, cristal analisador, colimadores, potência do tubo de raios X, detector) foram escolhidas conforme as especificações do fabricante do equipamento, a fim de obter maior sensibilidade de detecção dos elementos estudados (BRUKER AXS, S4 PIONEER X-ray Spectrometer. User's Manual. Karlsruhe, Germany, 2004).

O cálculo das concentrações dos elementos nas amostras investigadas foi feito no programa Eval, (versão 1.7 contida no pacote Spectra Plus) utilizando o método sem padrões (BRUKER AXS, Spectra Plus – Software Package for X-ray Spectrometers. Version 1.7. User's Manual. Karlsruhe, Germany, 2010). Nesse método os diferentes parâmetros experimentais conhecidos (condições de ensaio) são usados num modelo matemático de cálculo das concentrações dos elementos, a partir das intensidades das respectivas linhas características de raios X. O modelo de cálculo assumiu o material composto de elementos individuais sem algum tipo de restrição estequiométrica.

As condições do tempo de contagem do sinal de fluorescência para energias características dos elementos foram escolhidas de forma a atingir um erro estatístico de contagem menor que 0,1% com a probabilidade de 99,7% do valor da contagem estar dentro

do respectivo intervalo de confiança (3σ). O tempo máximo de contagem para cada energia medida foi limitado a 100 s. Estas condições de tempo permitem que os elementos majoritários (com concentrações da ordem de 10000 ppm e acima) têm o erro estatístico de contagem menor que 0,1%.

As medições de FRX foram realizadas com as amostras compactadas na forma de pastilhas com diâmetro de 40 mm, utilizando um pastilhador e uma prensa hidráulica a 10 toneladas.

2.4 Difração de raios X

Os difratogramas de raios X das amostras, obtidos pelo método de pó, foram coletados em um equipamento Bruker-AXS D8 Advance Eco com radiação Cu-K α ($\lambda = 0.154056$ nm) gerada a 40 kV e 25 mA. Os difratogramas foram obtidos sob velocidade do goniômetro de $0,02^\circ$ (2θ) por passo, com tempo de contagem de 1 segundo por passo e coletados de 4 a 40° (2θ), com detector sensível à posição LynxEye XE. As interpretações qualitativas de espectro foram efetuadas por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006), em software Bruker AXS Diffrac^{Plus}.

2.5 Espectroscopia de absorção no infravermelho

Espectros de absorção no infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) das argilas foram obtidos a partir de pastilhas de KBr em espectrofotômetro por transformada de Fourier (FTIR) Varian, modelo Excalibur 3100. Os espectros foram obtidos com varredura de 4000 a 400 cm^{-1} e resolução de 4 cm^{-1} .

2.6 Análise termogravimétrica

A estabilidade térmica das argilas foi avaliada através de análise termogravimétrica em analisador termogravimétrico (TG), T.A. Instruments, modelo Q500. As análises foram efetuadas em atmosfera de nitrogênio, em faixa de temperatura de 30 a 900°C e sob taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Determinação de tamanho de partícula por MALLS

A cinética de todos os processos de interação heterogênea “sólido-fluido” depende da área específica do reagente sólido. A medida da área específica de argilas é importante porque permite avaliar transformações estruturais ocorridas em processos de modificação de argilas, porém é pouco relatada na literatura.

A distribuição de partículas das argilas bentoníticas BSN e BSA foi determinada por meio de técnicas de espalhamento de luz (MALLS). Os dados obtidos pelas análises de MALLS das argilas encontram-se na Tabela 1. As curvas de distribuição de tamanho de partículas obtidas por essa técnica das argilas BSN e BSA são apresentadas na Figura 1.

Como pode ser observado na Figura 1a, ambas as argilas, apresentam uma larga distribuição de partículas, concentrada na faixa de 2 a 10 μm , com diâmetros médios em torno de $5,03$ e $8,64$ μm para as argilas bentoníticas natural (BSN) e ativada (BSA), respectivamente. A área superficial específica da argila bentonítica natural foi de $2,11$ m^2/g , enquanto a argila bentonítica ativada apresentou uma área superficial específica de $1,41$ m^2/g .

(Tabela 1). Por meio da observação da Figura 1a é possível mostrar que ambas as amostras apresentaram distribuição multimodal, seja de forma mais acentuada (Argila BSN), seja de forma mais suave (Argila BSA).

A fração volumétrica abaixo de 2 μm (fração argila) das argilas BSN e BSA foi de 26,62 e 12,67%, respectivamente (Figura 1b). O fato da bentonita natural apresentar um teor de fração argila mais de duas vezes o teor mostrado pela bentonita ativada pode estar relacionado com a maior área superficial apresentada pela argila natural. Em um trabalho da literatura, os autores avaliaram duas amostras de argilas bentoníticas provenientes de Cubati, Paraíba. As argilas, denominadas cinza superior e cinza inferior, apresentaram uma fração volumétrica abaixo de 2 μm , que corresponde a fração argila, de 16,47 e 18,62%, respectivamente (Costa *et al.*, 2012). Menezes *et al.*, 2008 encontraram um teor de fração argila de 45% na caracterização de uma bentonita de Boa Vista, Paraíba. Por meio da observação desses resultados é possível verificar que as bentonitas apresentam variações em suas propriedades, dependendo do local de origem da argila.

Tabela 1: Dados de distribuição de tamanho de partículas das argilas bentoníticas natural (BSN) e ativada (BSA)

	Argila BSN	Argila BSA
Área Superficial Específica	2,11 m^2/g	1,41 m^2/g
Diâmetro de Partícula, D10	1,11 μm	1,81 μm
Diâmetro de Partícula, D50	5,03 μm	8,64 μm
Diâmetro de Partícula, D90	32,51 μm	39,81 μm

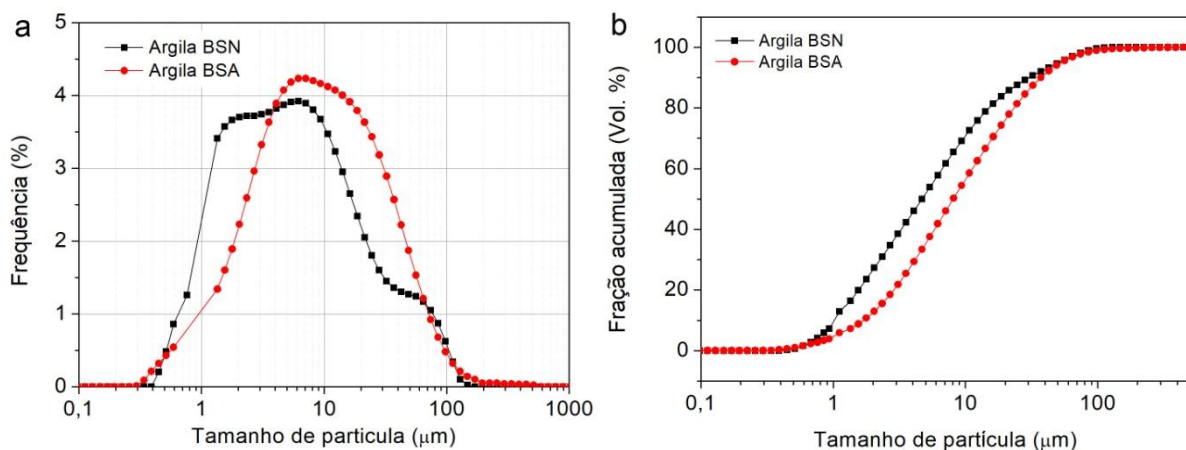


Figura 1: Curvas de distribuição da tamanho de partículas das argilas bentoníticas natural (BSN) e ativada (BSA): (a) histograma; (b) fração acumulada

3.2 Fluorescência de raios X

A composição química das amostras de bentonitas obtida nos experimentos de FRX está apresentada na Tabela 2. Conforme esperado, o processo de ativação da bentonita nacional resultou na concentração de sódio (Na^+) na amostra comparável com a da bentonita natural.

Vale ressaltar também que a concentração do Ca^{2+} é parecida em ambas as amostras. As principais diferenças na composição entre as amostras das bentonitas estudadas se referem aos teores de Fe e Al. Essas diferenças podem ser atribuídas à substituição mais pronunciada de cátions Al^{3+} por Fe nos sítios octaédricos da estrutura dos argilominerais das bentonitas nacionais. A análise de fases mineralógicas que compõem as amostras está apresentada a seguir. Combinada com a análise química, a análise de fase permite atribuir os elementos específicos detectados nas amostras às fases mineralógicas observadas.

Tabela 2: Composição química das amostras BSN e BSA

Elemento	Argila BSN (%)	Argila BSA (%)
O	51,27	49,65
Si	27,67	29,61
Al	11,11	7,57
Fe	2,68	4,67
Na	2,24	1,93
Mg	1,77	1,47
Ca	0,82	0,96
C	-	0,52
Ti	0,19	0,44
K	0,32	0,33
Cl	0,26	0,25
S	0,59	0,06
P	0,03	0,02
Ba	0,05	0,02
Cr	0,002	0,01
Mn	0,02	0,008
Ni	0,003	0,007
Zn	0,003	0,006
Mo	0,06	0,005
Cu	0,002	0,004
La	0,001	0,004
Zr	0,015	0,003
I	-	0,002
Sc	0,001	0,001
Ce	-	0,001
Pr	-	0,0006

3.3 Difração de raios X

A caracterização de argilas por difração de raios X visa verificar a existência de minerais acessórios e de argilominerais. A Figura 2 mostra os difratogramas de raios X, obtidos pelo método do pó, das argilas bentoníticas avaliadas. No difratograma da argila bentonítica natural (BSN), é possível notar a presença de picos de difração (2θ) com os máximos em $6,87^\circ$ e $19,82^\circ$. Para a argila bentonítica ativada (BSA), esses picos de difração aparecem no difratograma em $5,97^\circ$ e $19,8^\circ$. Segundo a literatura (Leite *et al.*, 2008), esses picos podem ser atribuídos a presença de montmorilonita na amostra.

É possível observar nos difratogramas a estrutura complexa do primeiro pico de difração nas duas amostras, sugerindo a sobreposição de dois picos. As montmorilonitas sódica e cálcica secas no ar têm, respectivamente, uma ou duas camadas de água entre as folhas 2:1 com o respectivo espaçamento basal em torno de 1,26 nm e 1,54 nm (Murray, 2000). Os presentes dados de difração podem ser interpretados como a mistura de montmorilonitas sódica e cálcica em ambas as amostras, sendo que a composição argilomineral da bentonita natural é dominada pela montmorilonita sódica, enquanto a amostra ativada tem majoritariamente a montmorilonita cálcica.

Nos difratogramas de ambas as argilas avaliadas também é possível observar a presença de quartzo, principalmente na amostra da argila BSA, que apresenta um pico de difração de elevada intensidade relacionada a essa impureza em $26,75^\circ$ (2θ). Leite e colaboradores (Leite *et al.*, 2008) caracterizaram por difração de raios X argilas bentoníticas provenientes de Campina Grande, PB. Os autores observaram a presença de quartzo em $20,87^\circ$ e $26,67^\circ$ (2θ) nos difratogramas de raios X das argilas bentoníticas avaliadas. Em um outro trabalho da literatura (Menezes *et al.*, 2009), os autores verificaram, qualitativamente, uma elevada quantidade de quartzo em duas amostras de argilas bentoníticas provenientes de Cubati, PB.

Na amostra BSN, além de argila e quartzo é possível observar os picos de difração de outras fases, com o pico mais pronunciado em torno de $11,64^\circ$. Nós atribuímos esse pico as fases de óxidos/oxalatos hidróxidos/hidratos de cálcio-alumínio. A presença dessas fases de cálcio-alumínio explicaria a alta concentração de Ca observada na amostra BSN que deveria ser muito menor comparado com a do cátion de Na.

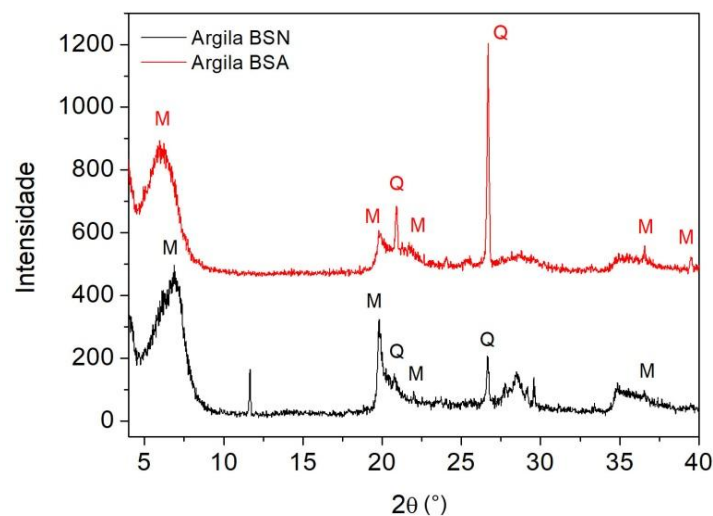


Figura 2: Difratogramas de raios X das argilas bentoníticas natural (BSN) e ativada (BSA) (M = montmorilonita, Q = quartzo)

3.4 Espectroscopia de absorção no infravermelho

A Figura 3 mostra os espectros de absorção na região do infravermelho das argilas bentoníticas. É possível observar nos espectros, para ambas as argilas avaliadas, a presença de bandas de absorção em 3650 e 3630 cm^{-1} , que podem ser atribuídas à deformação axial do grupo estrutural hidroxílico próprio da argila. Bandas de absorção referentes a vibrações de estiramento e angular do grupo OH e que estão relacionadas à água adsorvida e à água de hidratação presente na argila, podem ser observadas nos espectros em 3441 e 1639 cm^{-1} , respectivamente (Oliveira *et al.*, 2014).

No espectro da argila bentonítica ativada (BSA) podem ser observadas bandas de absorção características do argilomineral montmorilonita em 1042 cm^{-1} , característica da ligação Si-O-Si, e em 796 cm^{-1} , atribuídas as camadas octaédricas do aluminossilicato (Leite *et al.*, 2008). Os resultados observados com a caracterização das amostras por FTIR parecem indicar que as argilas são constituídas predominantemente por um argilomineral esmectítico.

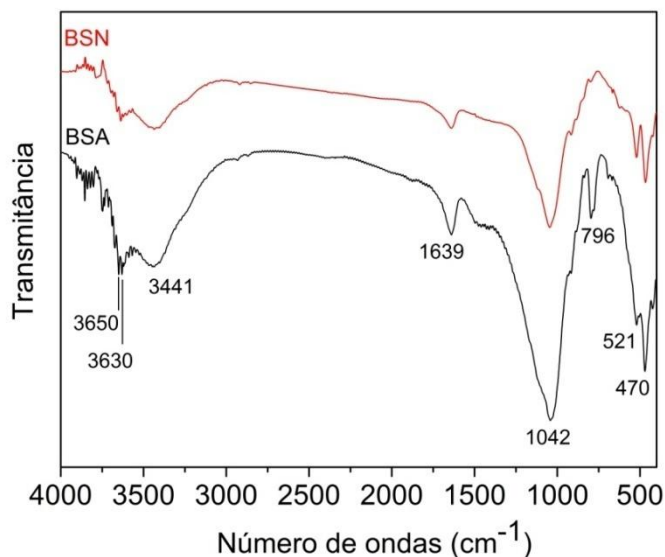


Figura 3: Espectros de absorção no infravermelho (FTIR) das argilas bentoníticas BSN e BSA

3.5 Análise termogravimétrica

Os resultados das análises térmicas das argilas bentoníticas são apresentados na Figura 4. A amostra da argila bentonítica sódica natural (BSN) apresentou picos endotérmicos duplos entre 30 e 200°C, que são atribuídos à perda de água livre e adsorvida. A presença desses picos endotérmicos nessa faixa de temperatura fica mais evidenciada pela observação das curvas de análise térmica diferencial da argila. O primeiro pico aparece com um máximo em torno de 69°C, enquanto uma leve banda endotérmica pode ser observada com um máximo em torno de 111°C. Na amostra da argila BSN é possível notar uma perda de massa entre 500 e 700°C com máximo em torno de 665°C, que pode ser associado à decomposição dos argilominerais presentes na argila.

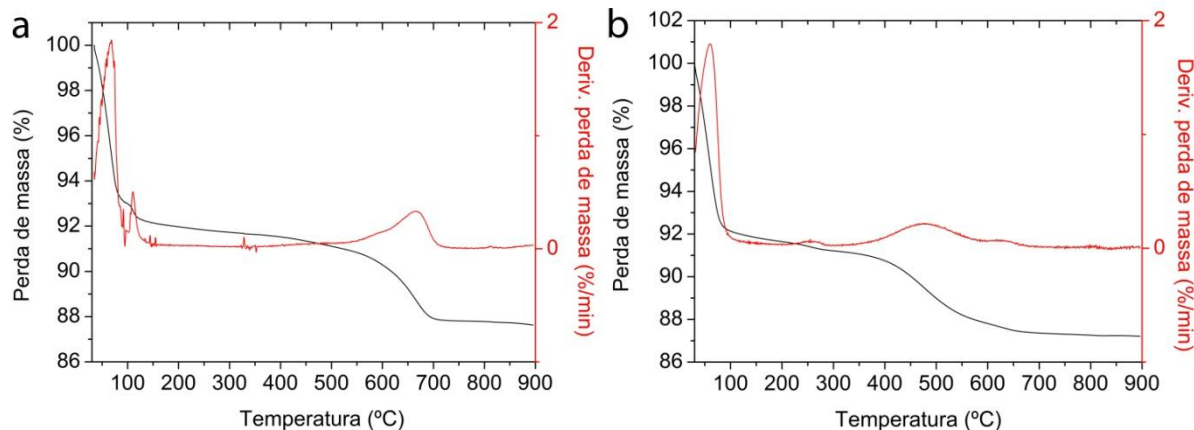


Figura 4: Curvas de análise térmica das amostras de argilas bentoníticas BSN (a) e BSA (b)

A curva de análise térmica da argila bentonítica sódica ativada (BSA) (Figura 4b) mostra um pico endotérmico entre 30 e 200°C, que aparece com um máximo em 59°C. Uma leve banda endotérmica pode ser observada com um máximo em torno de 255°C. A curva de análise térmica dessa argila ainda mostra uma perda de massa entre 350 e 550°C, com máximo em torno de 476°C, que pode ser associado à desidroxilação dos argilominerais presentes na argila. Os resultados obtidos com a caracterização das argilas parecem indicar que ambas as bentonitas avaliadas são de natureza policatiônica (Oliveira *et al.*, 2014).

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho com a caracterização das argilas por diferentes técnicas evidenciaram que ambas as amostras mostraram características físico-mineralógicas semelhantes à de argilas bentoníticas. Resultados de fluorescência de raios X mostraram que o processo de ativação da bentonita nacional foi eficiente e que ambas as argilas apresentam teores de cálcio semelhantes. Os difratogramas de raios X mostraram que as argilas avaliadas apresentam a montmorilonita como argilomineral principal, o que indica que as argilas podem ser classificadas como esmectitas. A caracterização das argilas por espectroscopia de absorção no infravermelho corroborou os resultados obtidos com a difração de raios X. Os resultados obtidos com caracterização térmica das argilas parecem mostrar que ambas as argilas apresentam natureza policatiônica.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem a Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo apoio financeiro, ao Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – IMA/UFRJ e ao Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro, ao Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/MCTIC pela realização de algumas caracterizações e a BENTONISA Comercial Importadora e Exportadora Ltda, pelo fornecimento das argilas.

REFERÊNCIAS

- Acevedo, N.I.A.; Rocha, M.C.G.; Bertolino, L.C. (2017), Mineralogical characterization of natural clays from Brazilian Southeast region for industrial applications. *Cerâmica*, 63, 253-262.
- Araujo, E.M.; Melo, T.J.A. (2012), “*Nanocompósitos poliméricos – Pesquisas na UFCG com argilas bentoníticas*”, EDUFPG, Campina Grande.
- Costa, J.M.R.; da Silva, C.D.; da Silva, I.A.; Ferreira, H.S.; Neves, G.A.; Ferreira, H.C. (2012), Purification of bentonite clays from the district of Cubati, PB, for obtainment of organoclays for use in drilling fluids. *Materials Science Forum*, 727-728, 1444-1450
- Brito, G.F.; de Oliveira, A.D.; Araújo, E.M.; Melo, T.J.A.; Barbosa, R.; Ito, E.N. (2008), Nanocompósitos de polietileno/argila bentonita nacional: influência da argila e do agente compatibilizante PE-g-MA nas propriedades mecânicas e de inflamabilidade. *Polímeros*, 18, 170-177.
- Das, K.; Ray, D.; Banerjee, I.; Bandyopadhyay, N.R.; Sengupta, S.; Mohanty, A.K.; Misra, M. (2010), Crystalline morphology of PLA/clay nanocomposite films and its correlation with other properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 118, 143-151.
- De Oliveira, C.I.R.; Rocha, M.C.G.; da Silva, A.L.N.; Bertolino, L.C. (2016), Characterization of bentonite clays from Cubati, Paraíba (Northeast of Brazil). *Cerâmica*, 62, 272-277.
- Dornelas, C.B.; Grillo, L.A.M.; Junior, I.D.B.; do Nascimento, T.G.; Resende, D.K.; Tavares, M.I.B.; Gomes, A.S.; Junior, A.M.; Cabral, L.M. (2010), Estudo do processo de intercalação via solução PVP-bentonita. A avaliação da influência do tempo reacional, da proporção de polímero-argila e da massa molar média. *Polímeros*, 20, 275-279.
- Grim, R. E. (1968), “*Clay Mineralogy*”, McGraw-Hill, New York.
- Anais do XXI ENMC – Encontro Nacional de Modelagem Computacional e IX ECTM – Encontro de Ciências e Tecnologia de Materiais. Búzios, RJ – 08 a 11 Outubro 2018*

- Leite, I.F.; Raposo, C.M.O.; Silva, S.M.L. (2008), Caracterização estrutural de argilas bentoníticas nacional e importada: antes e após o processo de organofilização para utilização como nanocargas. *Cerâmica*, 54, 303-308.
- Líbano, E.V.D.G.; Visconte, L.L.Y.; Pacheco, E.B.A.V. (2012), Propriedades térmicas de compósitos de polipropileno e bentonita organofílica. *Polímeros*, 22, 430-435.
- Luz, A.B.; Lins, F.A.F. (2008), “*Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações*”, 2º ed, Copyright® CETEM/MCT, Rio de Janeiro.
- Marini, J.; Bretas, R.E.S. (2017), Optical Properties of Blown Films of PA6/MMT Nanocomposites. *Materials Research*, 20, 53-60.
- Menezes, R.R.; Melo, L.R.L.; Fonseca, F.A.S.; Ferreira, H.S.; Martins, A.B.; Neves, G.A. (2008), Caracterização de argilas bentoníticas do município de Sussego, Paraíba, Brasil *Revista eletrônica de Materiais e processos*, 3.2, 36-43.
- Menezes, R.R.; Souto, P.M.; Santana, L.N.L.; Neves, G.A.; Kiminami, R.H.G.A.; Ferreira, H.C. (2009), Argilas bentoníticas de Cubati, Paraíba, Brasil: Caracterização física-mineralógica. *Cerâmica*, 55, 163-169.
- Murray, H.H. (2000), Traditional and new applications for kaolin, smectite, and palygorskite: a general overview. *Applied Clay Science*, 17, 207-221.
- Oliveira, C.I.R., Rocha, M.C.G., Vogas, A.C., da Silva, A.L.N., Bertolino, L.C. (2014), “Caracterização estrutural de argilas bentoníticas para utilização como nanocargas”, 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT.
- Paul, D.R.; Robeson, L.M. (2008), Polymer nanotechnology: nanocomposites. *Polymer*, 49, 3187-3204.
- Souza Santos, P. (1992), “*Ciência e tecnologia de argilas*”, 2º ed. Edgar Blücher, São Paulo.
- Paz, R.A.; Araujo, E.M.; Pessan, L.A.; Melo, T.J.A.; Leite, A.D.; Medeiros, V.N. (2012), Evaluation of impact strength of polyamide 6/bentonite clay nanocomposites. *Materials Research*, 15, 506-509.
- Rodrigues, A.W.; Brasileiro, M.I.; Araújo, W.D.; Araújo, E.M.; Neves, G.A.; de Melo, T.J.A. (2007), Desenvolvimento de nanocompósitos polipropileno/argila bentonita brasileira: tratamento da argila e influência de compatibilizantes polares nas propriedades mecânicas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 17, 219-227.
- Rodolfo Jr., A., Mei, L.H.I. (2009), Nanocompósitos de PVC com argila organicamente modificada: efeitos do processamento e do método de incorporação da argila. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 19, 1-9.
- Silva, A.R.V.; Ferreira, H.C. (2008), Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, 3, 26-35.
- Silva, E.M. *et al.* (2013) Influência da concentração e purificação da argila na estrutura e permeação ao vapor de água de nanocompósitos PEBDL/bentonita. *Polímeros*, 23, 108-114.
- Souza Santos, P. (1992), “*Ciência e Tecnologia de Argilas*”, 2º ed, Edgar Blücher, São Paulo.
- Valandro, S. R. *et al.* (2014), Thermal properties of poly (methyl methacrylate)/organomodified montmorillonite nanocomposites obtained by *in situ* photopolymerization. *Materials Research*, 17, 265-270.

STRUCTURAL CHARACTERIZATION OF BENTONITE CLAYS FOR THE DEVELOPMENT OF POLYMERIC NANOCOMPOSITES

Abstract. *Bentonite clays have been widely used in the development of polymer nanocomposites due to the possibility of exfoliation of clay particles up to their nanometric scale with the consequent high aspect ratio presented by these particles. The high availability of bentonites in Brazil, with the main deposits in the state of Paraíba, propitiates its use in numerous technological sectors, among them the polymer nanocomposite production sector. However, the specific physico-chemical properties of clay nanoparticles are required to be suitable as an additive component in composite materials. In this context, the aim of this work is to proceed with the physical-mineralogical characterization of two samples of commercial bentonites: a natural sodium bentonite (BSN) of Argentine origin and an activated sodium bentonite (BSA) of Brazilian origin. In order to achieve this objective, the samples were characterized by granulometric analysis by laser diffraction, X-ray fluorescence, X-ray diffraction, infrared spectroscopy and thermal analysis. Results of the chemical and structural characterization indicated the mineralogical composition of the clays consisted of montmorillonite and quartz. These results were confirmed by characterization of the samples by infrared spectroscopy. The thermogravimetric analysis showed that the bentonites have a polycationic nature.*

keywords: *Clays, Bentonite clays, Physical-mineralogical characterization, Polymer nanocomposites*