

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA

Síntese e Caracterização do Nanocompósito PANI-EB/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  por DRX,  
FTIR e MEV

Bolsista: Ana Paola L. Carvalho, FAPEAM.

MANAUS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO DE APOIO A PESQUISA  
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO  
CIENTÍFICA

RELATÓRIO FINAL

PIB-E/0081/2013

Síntese e Caracterização do Nanocompósito PANI-EB/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  por DRX,  
FTIR e MEV

Bolsista: Ana Paola L. Carvalho, FAPEAM.

Orientador: Prof. Dr. Edgar Aparecido Sanches

MANAUS

2014

## Resumo

Os materiais compósitos são obtidos agregando-se propriedades de dois ou mais materiais em apenas um composto com o intuito de suprir as necessidades tecnológicas atuais que exigem combinações raras de propriedades em suas diversas aplicações. A Polianilina (PANI), um tipo de polímero intrinsecamente condutor que tem sido bastante estudado devido às suas características físico-químicas, facilidade de síntese e dopagem, bem como seu comportamento eletroquímico e estabilidade em condições ambientais, além de propriedades mecânicas e um comportamento elétrico, óptico e magnético, semelhantes aos dos semicondutores inorgânicos existentes. A alumina ( $Al_2O_3$ ) é um tipo de cerâmica avançada resistente à corrosão, com uma alta dureza e uma boa relação entre custo e benefício. O compósito cerâmico PANI-EB/ $Al_2O_3$  foi obtido por síntese química. Através das medidas de DRX foram observados picos relacionados aos dois materiais: com relação à PANI-EB, foram encontrados picos em 6,8; 10,1; 15,4; 20,8; 25,2° em  $2\theta$  e com relação à alumina os picos estavam presentes em 25,7; 35,2; 37,8; 43,9 52,6 57,5 e 64,4° em  $2\theta$ . O percentual de cristalinidade foi calculado através do programa *Peak Fitting Module* e mostrou que o PANI-EB/ $Al_2O_3$  apresentou 30 ( $\pm 2$ )% de cristalinidade. Através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi possível observar que as partículas do material cerâmico possuem tamanhos variados e de ordem micrométrica com morfologia semelhante a blocos; na amostra de PANI-EB foi possível observar partículas de tamanhos nanométricos variáveis, com morfologias semelhantes à nanoesferas interconectadas e no compósito foi possível observar que a polimerização da PANI-EB ocorreu sobre os blocos de alumina, sendo possível observar as morfologias dos dois materiais. A análise de FTIR mostrou que o nanocompósito apresentou bandas de absorção características dos dois materiais, sugerindo a ocorrência apenas de deposição física da PANI sobre as partículas de alumina. A condutividade do nanocompósito foi determinada com valor em torno de  $1,59 \times 10^{-9} \text{ S.cm}^{-1}$ , obtendo uma diminuição de cerca de 80 vezes quando comparada à amostra pura de PANI-EB. Assim, esta pesquisa mostrou que ambos os materiais, o reforço polimérico e a matriz cerâmica, mantiveram suas características estruturais originais, adquirindo condutividade elétrica menor quando unidos na forma de nanocompósito.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
3	MÉTODOS UTILIZADOS.....	8
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	9
5	CONCLUSÃO.....	14
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
7	CRONOGRAMA.....	16

## INTRODUÇÃO

Muitas das tecnologias existentes atualmente exigem materiais que tenham combinações raras de propriedades que dificilmente são encontradas em um material convencional. O compósito é então criado com a finalidade de suprir necessidades como esta, agregando as propriedades de dois ou mais materiais a apenas um composto, resultando em um material com um melhor desempenho em relação às que seus componentes utilizados teriam separadamente <sup>[1]</sup>.

Dentre os compósitos formados por materiais poliméricos e cerâmicos, os Polímeros Intrinsecamente Condutores (*Intrinsically Conducting Polymers – ICPs*) têm sido estudados em diversas pesquisas devido ao seu grande potencial em aplicações tecnológicas, visto que estes polímeros conduzem corrente elétrica sem que haja a necessidade de incorporação de cargas condutoras, representando uma classe de materiais com propriedades mecânicas, processabilidade e comportamento elétrico, óptico e magnético semelhantes aos dos metais e semicondutores inorgânicos <sup>[2-4]</sup>.

O baixo custo do monômero, a facilidade de síntese e de dopagem, a estabilidade química em condições ambientais e a facilidade de polimerização fazem com que a Polianilina (PANI) seja um dos ICPs mais estudados. A PANI-EB, polianilina no estado de oxidação Base de Esmeraldina, é um exemplo bem sucedido de dopagem de um polímero que teve como resultado um regime condutor através de um processo no qual o número de elétrons permanece inalterado (protonação) <sup>[5]</sup>. Dentre as cerâmicas avançadas, a alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) é um dos materiais mais utilizados por oferecer bom desempenho em termos à resistência, à corrosão e a alta dureza, além de um bom custo/benefício, favorecendo sua utilização em diversas aplicações. Os compósitos formados por PANI/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  têm sido preparados através de vários métodos, resultando nas mais variadas sugestões de aplicações, sendo que uma das mais utilizadas é a proteção contra corrosão <sup>[6]</sup>.

O compósito PANI-EB/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  foi obtido através da síntese química oxidativa da PANI-EB juntamente com partículas de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Caracterizou-se o compósito sintetizado através das técnicas de Difração de Raios X (DRX), Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e medidas de Condutividade Elétrica. A investigação estrutural e morfológica de materiais continua sendo um importante tópico de pesquisa em muitas áreas, contribuindo para aumentar seus campos de aplicações. Assim, o intuito desta pesquisa é contribuir para um melhor entendimento das características estruturais e morfológicas do material compósito PANI-EB/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

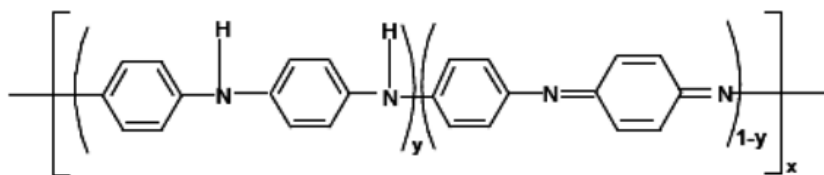
## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os polímeros condutores, também conhecidos como Polímeros Conjugados ou Metais Sintéticos, descobertos na década de 70, fazem parte de uma geração recente de polímeros. Esses polímeros podem combinar propriedades mecânicas e processibilidade de um polímero convencional com um comportamento elétrico, ótico e magnético semelhante a dos metais e de semicondutores inorgânicos. Apesar de serem inerentemente isolantes, os materiais poliméricos conjugados se comportam como condutores ou semicondutores a partir de um processo de dopagem química ou eletroquímica, elevando os seus valores de condutividade para valores acima de 1000 S/cm [7].

Uma propriedade chave de um polímero condutor é a presença de ligações duplas conjugadas alternadas ao longo da cadeia polimérica. Na conjugação, as ligações entre os átomos de carbono são alternadamente simples e duplas. Cada ligação dupla entre os átomos de carbono contém uma ligação sigma,  $\sigma$ , fortemente localizada, e uma ligação pi,  $\pi$ , menos fortemente localizada e, por isso, mais fraca em virtude de ocorrer apenas no orbitais do tipo  $p$  e através da atração entre orbitais em eixos paralelos [8,9].

Entretanto, não basta que o polímero tenha ligações duplas conjugadas. Para que ele se torne um condutor elétrico, essa dupla ligação deve ser perturbada, tanto por meio da remoção de elétrons (oxidação) quanto por meio da inserção de elétrons (redução); ou seja, passam de isolantes a condutores através de um processo de redox, chamado de dopagem, em processo análogo como é feito na dopagem em materiais semicondutores inorgânicos. Assim, a condutividade eletrônica de um polímero intrinsecamente condutor pode atingir valores diferentes, dependendo da estrutura molecular e do seu nível de dopagem [10,11].

Dentro dos ICPs, a Polianilina (PANI) tem seu lugar de destaque. Quando ocorre o processo de polimerização oxidativa do monômero anilina em meio ácido o produto gerado é a PANI. As polianilinas podem ser encontradas em diferentes estados de oxidação, os quais são representados por uma fórmula geral, **Figura 1**, e que consistem em unidades reduzidas ( $y$ ), contendo nitrogênio amina, e oxidadas ( $1 - y$ ), contendo nitrogênios imina [12].



**Figura 1** - Forma reduzida ( $y$ ) e oxidada ( $1 - y$ ) da estrutura química da PANI.

O valor de  $\gamma$  pode variar continuamente entre 1 (um) para polímero completamente reduzido e 0 (zero), no caso do polímero completamente oxidado [12]. Além de suas propriedades condutoras, possui um baixo custo e fácil processamento, podendo ser sintetizada na forma de pó ou na forma de filmes. A condutividade da polianilina depende de inúmeros fatores como grau de cristalinidade, nível de dopagem, configurações das cadeias poliméricas, temperatura, massa molar, espécies e/ou contra-íons dopantes [5,7].

Cada um desses estados de oxidação produz polímeros com características físico-químicas próprias. Estudos de condutividade da Polianilina em função do grau de oxidação demonstram que o máximo para a condutividade ocorre para a forma Sal de Esmeraldina (PANI-ES). Assim, quando este polímero é submetido a processos de neutralização em soluções básicas, é obtida a Polianilina Base de Esmeraldina (PANI-EB), com decréscimo de condutividade e cristalinidade, podendo atingir valores de materiais isolantes. Durante este processo de neutralização, são observadas modificações estruturais e morfológicas [13].

O óxido de alumínio apresenta uma gama de propriedades superiores à maioria dos materiais cerâmicos, tais como estabilidade química e térmica, dureza elevada e alta resistência ao desgaste. É um isolante elétrico, mas tem uma condutibilidade térmica relativamente alta para um material cerâmico. Seu uso mais significativo é na produção do metal alumínio, embora seja usado como um abrasivo devido à sua dureza e como um material refratário devido a seu alto ponto de fusão [6,14].

O nanocompósito formado por partículas de óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) revestidas por nanopartículas de Polianilina Base de Esmeraldina (PANI-EB) foi preparado através da polimerização *in situ*. As técnicas de Difração de Raios X (DRX), Cálculo do Percentual de Cristalinidade, Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e medidas de Condutividade Elétrica foram utilizadas para realizar a caracterização estrutural e morfológica do nanocompósito. A investigação da estrutura cristalina dos materiais é um importante tópico de pesquisa em muitas áreas e continua em pleno desenvolvimento. Entender a estrutura de materiais, em especial os nanocompósitos, é essencial para o desenvolvimento industrial, da nanotecnologia e para a proposição das mais variadas aplicações tecnológicas.

## MÉTODOS UTILIZADOS

### **Síntese do Nanocompósito Polianilina Base de Esmeraldina/ Alumina (PANI-EB/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**

A síntese química do compósito Polianilina Base de Esmeraldina/óxido de alumínio (PANI-EB/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) foi conduzida baseando-se em sínteses previamente realizadas no Instituto de Física de São Carlos – USP/IFSC [7]. A amostra foi filtrada e o nanocompósito obtido sob a forma de pó foi lavado com acetona e mantido em dessecador.

### **Difração de Raios X (DRX) e Determinação do Percentual de Cristalinidade**

As medidas de DRX foram realizadas no Laboratório de Raios X do Grupo de Cristalografia – IFSC utilizando-se o difratômetro Rigaku RotaFlex – tubo com ânodo rotatório, operando com radiação CuK $\alpha$ , 50 kV, 100 mA e equipado com monocromador de grafite. Os difratogramas de pó foram obtidos no modo de varredura *stepscanning* ( $2\theta = 5 - 60^\circ$  com passo de  $0,02^\circ$  e 5 segundos/passos). O percentual de cristalinidade das amostras em pó foi determinado utilizando-se o programa *Peak Fitting Module (PMF)*<sup>[15]</sup> através da decomposição das áreas dos picos presentes nos difratogramas. Este programa utiliza a função Gaussiana como função de ajuste para a determinação do percentual cristalino e amorfo das amostras, os quais foram obtidos pela razão entre as áreas dos picos e a área de contribuição da fase amorfa no difratograma.

### **Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)**

As análises de FTIR foram realizadas na empresa Nanomed Nanotecnologia (São Carlos – SP) utilizando-se o equipamento BOMEM modelo MB-102 no intervalo  $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ . As pastilhas foram preparadas com KBr na proporção em massa de 1:100 utilizando uma prensa hidráulica Perkin-Elmer a uma pressão de 15 toneladas.

### **Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)**

Para a determinação da morfologia das amostras no estado sólido foi utilizado o Microscópio Eletrônico de Varredura da marca Carl Zeiss, modelo Supra 35, existente no Laboratório Interdisciplinar de Eletroquímica e Cerâmica da Universidade Federal de São Carlos (LIEC/UFSCar).

### **Medidas de Condutividade Elétrica**

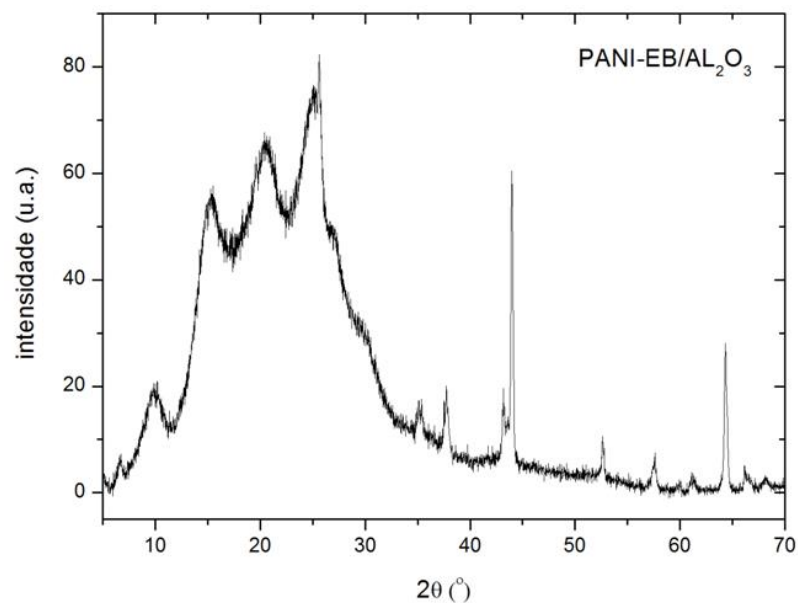
O nanocompósito foi transformado em pastilha com diâmetro de 1,27 cm e espessura de 1,5 mm, a qual foi revestida com tinta de prata em ambos os lados sobre os quais serão feitas conexões elétricas com fios metálicos. As medidas de resistividade foram realizadas no Instituto de Física de São Carlos (IFSC-USP).



## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Difração de Raios X e Percentual de Cristalinidade

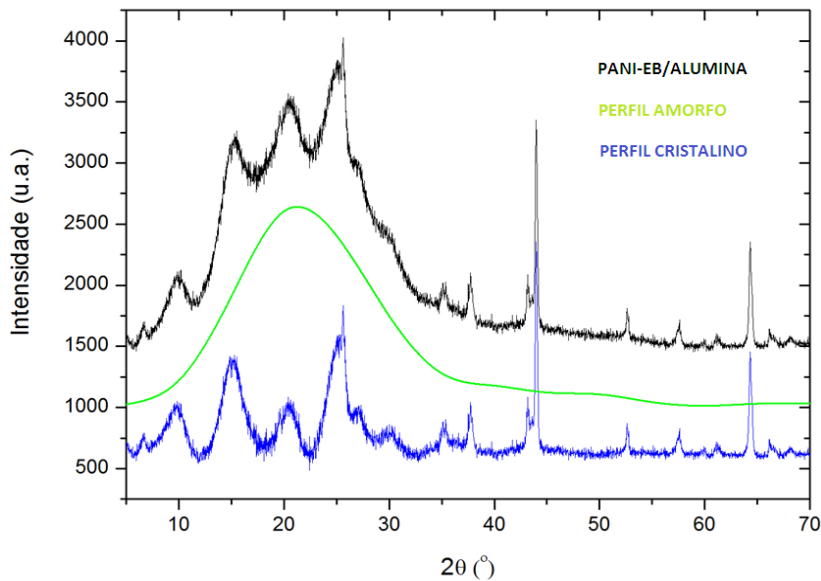
A técnica de Difração de Raios X (DRX) foi utilizada para determinar o perfil de difração do polímero analisado e obter, portanto, sua impressão digital. Este perfil também foi utilizado para o cálculo do percentual de cristalinidade. Através da DRX foram observados no perfil obtido picos relacionados aos dois materiais. Em relação à PANI-EB, foram encontrados picos em 6,8; 10,1; 15,4; 20,8; 25,2° em  $2\theta$  e com relação à alumina os picos estão presentes em 25,7; 35,2; 37,8, 43,9 52,6 57,5 e 64,4° em  $2\theta$ . A **Figura 2** mostra o difratograma do nanocompósito.



**Figura 2:** Difratograma do nanocompósito PANI-EB/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

A cristalinidade em materiais semicristalinos consiste no alinhamento de segmentos de cadeias em arranjo tridimensional. Os domínios cristalinos, chamados cristalitos, são muito menores que os cristais normais e estão interconectados com as regiões amorfas<sup>[8]</sup>. A verificação de que muitos materiais são parcialmente cristalinos é mostrada por meio da DRX. Em contraste com os materiais cristalinos, os quais apresentam padrões bem definidos, estes polímeros apresentam reflexões de Bragg largas e superpostas a um padrão difuso. A ocorrência de ambos os tipos de características é uma evidência de que as regiões ordenadas e desordenadas coexistem no mesmo material<sup>[15]</sup>. O programa *Peak Fitting Module* foi utilizado para a decomposição e determinação das áreas dos picos presentes no difratograma do nanocompósito. A função Gaussiana foi utilizada como função de ajuste e a determinação do percentual cristalino das amostras se deu pela razão entre as áreas dos picos e a área de contribuição da fase amorfa no difratograma.

No perfil de difração do nanocompósito foi possível observar picos de difração dos dois materiais. Até aproximadamente  $2\theta=30^\circ$  é possível observar o perfil semicristalino da PANI-EB, podendo evidenciar os picos alargados. A partir de  $2\theta=30^\circ$  é possível observar os picos estreitos e intensos do  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , típicos de um material cristalino. Ao se determinar o percentual de cristalinidade da amostra, foi observado que o nanocompósito apresentou 31% de cristalinidade. A **Figura 3** mostra a decomposição do perfil de DRX para o cálculo desse percentual.



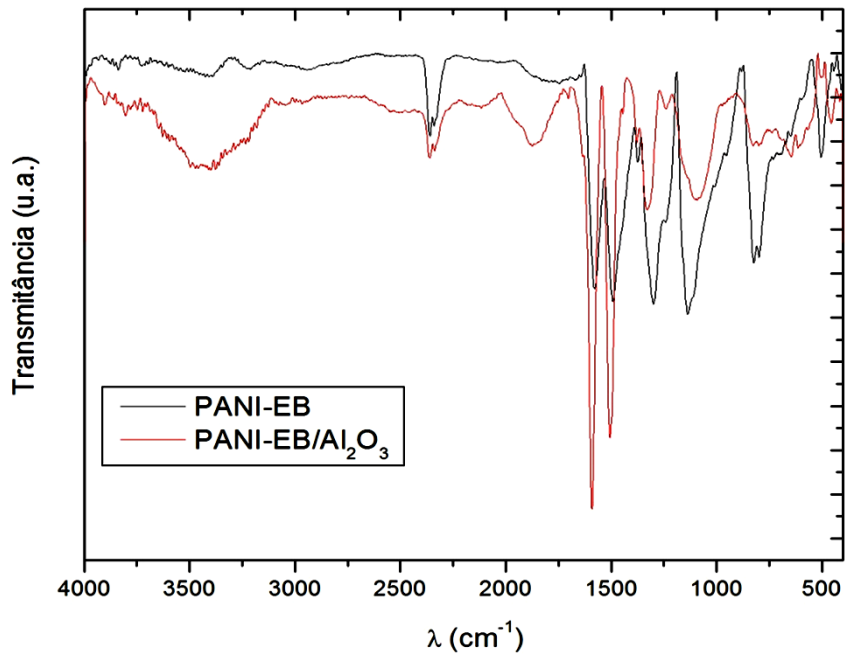
**Figura 3:** Percentual de Cristalinidade PANI-EB/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

### **Análise de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)**

Nas análises de FTIR foram observadas bandas de absorção que mostram deformações e vibrações nos planos relacionados com as ligações interatômicas e, conseqüentemente, com a estrutura do nanocompósito. A **Figura 4** mostra os perfis de absorção de infravermelho do nanocompósito PANI-EB/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  e da PANI-EB. Em relação à PANI-EB, as bandas entre  $1556 - 1457 \text{ cm}^{-1}$  são referentes a ligações duplas  $\text{C} = \text{C}$ ; as bandas entre  $1300 - 1234 \text{ cm}^{-1}$  apresentam estiramento devido às ligações  $\text{C} - \text{N}$ ; em  $1132 \text{ cm}^{-1}$  à vibração devida à ligação  $\text{C} - \text{H}$  e em  $794 \text{ cm}^{-1}$  temos a presença de vibração angular fora do plano devida à ligação  $\text{C} - \text{H}$  de aromáticos. O espectro de FTIR do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  é bastante conhecido <sup>[17]</sup>, mostrando bandas entre  $649 - 457 \text{ cm}^{-1}$  correspondentes à octaedros  $\text{AlO}_6$  condensados, que constituem as unidades de construção na estrutura da  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ .

Assim, no espectro de FTIR do nanocompósito, foram observadas bandas relacionadas aos dois materiais. Não foram observadas bandas adicionais indicando novas

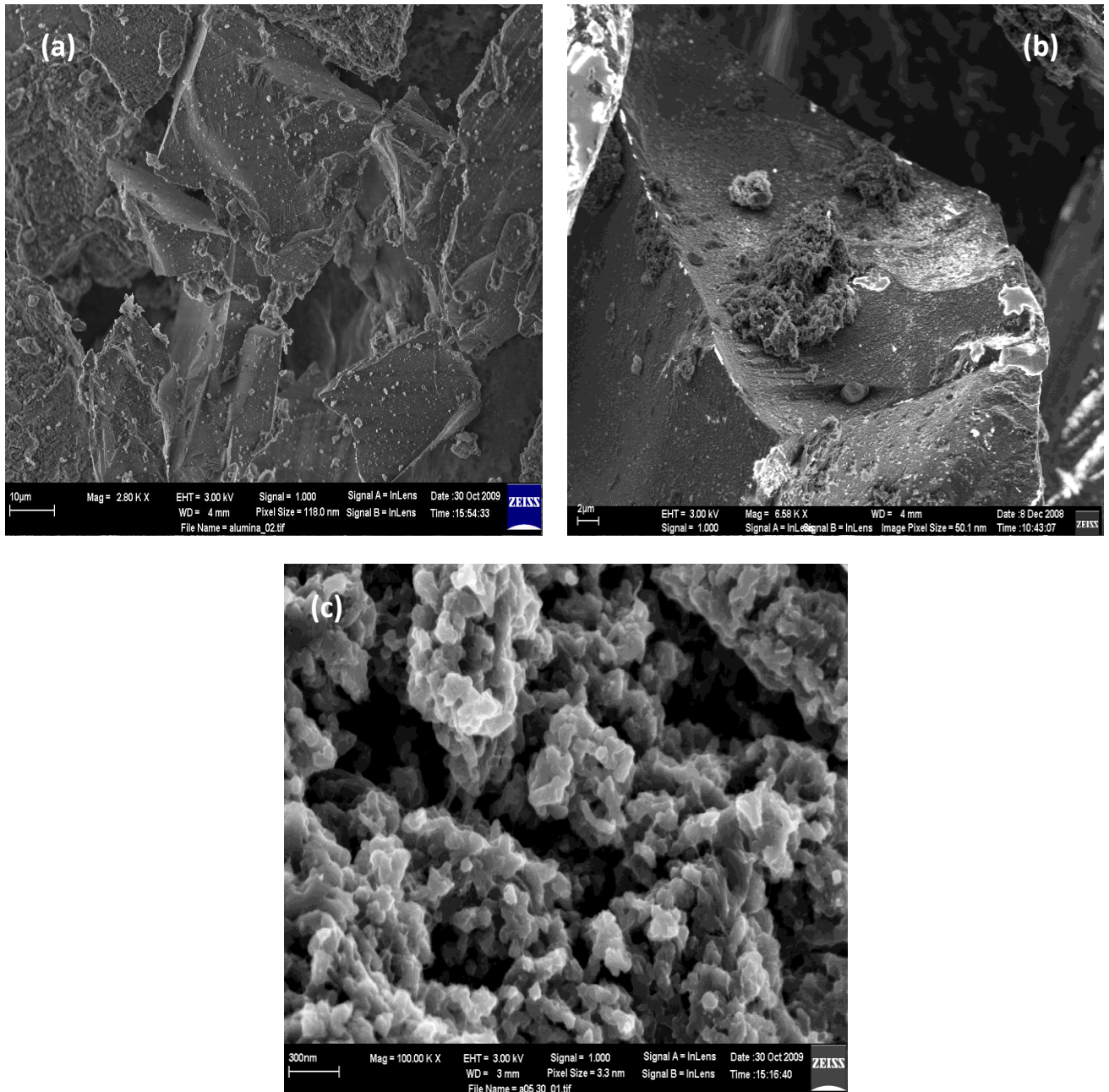
ligações químicas entre os dois materiais, para a formação do nanocompósito, sugerindo que tenha ocorrido apenas uma deposição física da PANI sobre as partículas de alumina.



**Figura 4:** Espectros de FTIR para a PANI-EB e para o Nanocompósito.

### Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Através da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) foi possível observar que as partículas do material cerâmico possuem tamanhos variados e de ordem micrométrica com morfologia semelhante a blocos. A **Figura 5a** mostra a morfologia do  $\text{Al}_2\text{O}_3$  com ampliação de aproximadamente 2000X. Na amostra de PANI-EB foi possível observar partículas de tamanhos nanométricos variáveis, com morfologias semelhantes à nanoesferas interconectadas, as quais formam as nanofibras do polímero. A **Figura 5b** mostra a morfologia da do PANI-EB com ampliação de aproximadamente 100.000X. No nanocompósito PANI-EB/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  observou-se que a polimerização da PANI-EB ocorreu sobre os blocos de alumina, através de deposição física, sendo possível observar as morfologias dos dois materiais. A **Figura 5c** mostra a morfologia da PANI-EB/ $\text{Al}_2\text{O}_3$  com ampliação de aproximadamente 3000X.



**Figura 5:** Imagem de MEV da (a) Alumina, (b) PANI-EB/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e (c) PANI-EB.

### Condutividade Elétrica

A relação entre tensão contínua aplicada e corrente é dada por:

$$V = RI$$

onde  $R$ , o fator de proporcionalidade, é a resistência elétrica dada em  $\Omega$ , no Sistema Internacional de Unidades. Levando em consideração as dimensões do material, podemos, ainda, representar  $R$  por:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

sendo  $l$  a espessura,  $A$  a área da secção reta e  $\rho$  é a resistividade elétrica. Para um gráfico  $I$  vs  $V$ , o coeficiente angular nos dá o inverso da condutividade, ou seja, a resistividade elétrica:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RA}$$

Cuja unidade é geralmente dada por  $\Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  ou  $\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$  (onde S é de “Siemens”).

A condutividade elétrica,  $\sigma$ , para o nanocompósito foi obtida pela média de três amostras, sendo de  $1,57 \times 10^{-9}$  S/cm. Percebe-se que, para o nanocompósito houve uma diminuição de cerca de 80 vezes na condutividade, se comparada à amostra pura de polianilina na forma base de esmeraldina,  $1, \times 10^{-9}$  S/cm (PANI-EB)<sup>[18]</sup>. Perceba que agora a matriz é composta somente de material isolante e o acréscimo de PANI-EB só fez aumentar a resistividade elétrica do nanocompósito.

## CONCLUSÃO

A técnica de DRX mostrou que o nanocompósito apresentou picos relacionados aos dois materiais, podendo ser observadas ambas as fases e apresentando um percentual de cristalinidade de aproximadamente 70 ( $\pm 2$ ) %. As análises de microscopia mostraram que a PANI-EB foi preferencialmente polimerizada sobre as partículas de  $Al_2O_3$ . A técnica de FTIR mostrou que o nanocompósito apresenta bandas de absorção características dos dois materiais, mantendo preservadas suas características físicas e químicas originais. Nota-se que não houve qualquer interação química entre a PANI-EB e a alumina, como revelado a partir dos resultados de FTIR. Com relação às medidas de condutividade, observou-se que a inserção de partículas de  $Al_2O_3$  durante a síntese da polianilina diminuiu consideravelmente a condutividade quando comparada à amostra pura do polímero na forma de base de esmeraldina (E), com diminuição da condutividade da ordem de aproximadamente 80 vezes. Atribui-se essa diminuição devido ao aumento da resistividade com a inserção do polímero na matriz cerâmica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] KARAMI, H.; MOUSAVI, M. S.; SHAMSIPUR, M. A. *Journal of Power Sources*, v. 117, n. 1-2, p. 255 – 259, 2003.
- [2] OKABAYASHI, K. *et al.* *Synthetic Metals*, v. 18, n. 1 – 3, p. 365 – 370, 1987.
- [3] RYU, K. S. *Synthetic Metals*, v. 110, n. 3, p. 213 – 217, 2000.
- [4] KANER, R. B.; MACDIARMID, A. G. *Scientific American*, v. 258, n. 2, p. 106 – 111, 1988.
- [5] KANG, E. T.; NEOH, K. G.; TAN, K. L. *Progress in Polymer Science*, v. 23, n. 2, p. 211-324, 1998.
- [6] ZHANG, D. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 101, p. 4372–4377, 2006.
- [7] STEJSKAL, J.; GILBERT, R.G. *Pure and Applied Chemistry*, v. 74, n. 5, p. 857–867, 2002.
- [8] Canevarolo Jr., Sebastião V. “Ciência dos polímeros: um teste básico para tecnólogos e engenheiros”, Segunda Edição, Editora ArtLiber, 46, p. 725, São Paulo, 2006.
- [9] MACDIARMID, A. G. *Synthetic Metals*, v. 125, n. 1, p. 11-22, 2002.
- [10] MATTOSO, L. H. *Química Nova*, v. 19, n. 4, p.388-398, 1996.
- [11] ZOPPI, R. A.; DE PAOLI, M. A. *Química Nova*, v. 16, n. 23, p. 560 – 569, 1993.
- [12] BRUGNOLLO, E. D. (2005). *Fabricação e caracterização de filmes nanoestruturados de poli(o-etoxianilina) e avaliação de seu desempenho em uma língua eletrônica*. Dissertação, Interunidades Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos.
- [13] SANCHES, E. A. *et al.* *Journal of Molecular Structure*, v. 1036, p. 121, 2013.
- [14] ZHU, J. (2011). *Journal Materials Chemistry*, v. 21, p. 3952 - 3959.
- [15] Peak fitting module. (2002). Northampton: OriginLab Corporation, One Roundhouse Plaza .
- [16] LeBAIL, A.; Duroy, h.; Fourquet, J. L. *Materials Research Bulletin*, v. 23, n. 3, p. 447 – 452, 1988.
- [17] GRASSELLI, M. C.; LAVAT, A. E. *Azojomo*, v. 2, 2007.
- [18] SANCHES, E. A. *et al.* *Journal of Molecular Structure*, v. 1074, p. 732-737.

**CRONOGRAMA**

Nº	Descrição	Ago 2012	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2013	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
1	Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	Preparação das Amostras		X										
3	Caracterização por XRD			X	X								
4	Caracterização por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)					X	X						
5	Caracterização por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)							X					
6	Medidas de Condutividade Elétrica								X	X			
7	Análise e Discussão dos Resultados			X	X	X	X	X	X	X			
8	Elaboração de Resumo e Relatório Final										X		
9	Preparação da Apresentação Final para Congresso											X	
10	Elaboração de Artigo Científico												X




---

**Assinatura do Orientador**