

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO
E TECNOLÓGICO

**ESTUDO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA POLIANILINA NA
FORMA BASE DE ESMERALDINA (PANI-EB)**

Bolsista: Jéssica Montenegro S. da Silva, CNPq.

MANAUS

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE APOIO À PESQUISA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO
E TECNOLÓGICO

RELATÓRIO PARCIAL
PIB-E/0076/2013
**ESTUDO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA POLIANILINA NA
FORMA BASE DE ESMERALDINA (PANI-EB)**

Bolsista: Jéssica Montenegro S. da Silva, CNPq.

Orientador: Prof. Dr. Edgar Aparecido Sanches

MANAUS

2014

RESUMO

Dentre os Polímeros Intrinsecamente Condutores (*Intrinsically Conducting Polymers* – ICPs), a Polianilina (PANI) tem sido a mais pesquisada nos últimos anos, devido às suas propriedades elétricas, ópticas, estabilidade ambiental, baixo custo do monômero e facilidade de síntese, sendo estudada na forma de pó, solução ou filmes finos. No presente trabalho foi realizada a síntese química (forma de pó) da Polianilina na forma Sal de Esmeraldina (PANI-ES), a qual foi submetida a um processo de neutralização em solução básica de NaOH 0,1M para a obtenção de sua forma desdopada (PANI-EB), com tempo de neutralização de 10min., 3 e 24h, a fim de se verificar modificações estruturais, morfológicas e elétricas nos polímeros neutralizados. As amostras foram caracterizadas por Difração de Raios X (DRX), Cálculo do Percentual de Cristalinidade, Refinamento Estrutural pelo Método Le Bail, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) e Cálculo da Condutividade. O difratograma de Raios X da PANI-ES apresentou picos nas posições 6,5; 9,6; 15,4; 21,2; 25,8; 27,4; 30,6 e 35,8° em 2θ . As amostras da PANI-EB apresentaram quatro picos principais em $2\theta = 10,2; 15,6; 21,2; 24,4^\circ$. Com relação ao percentual de cristalinidade, a amostra de PANI-ES apresentou 35% de cristalinidade, enquanto as amostras neutralizadas apresentaram percentuais de cristalinidade em torno de 22 (± 2)%. Os padrões de difração foram utilizados para a realização do Método Le Bail para a obtenção de informações microestruturais, sendo possível verificar que o tamanho médio dos cristalitos da PANI-ES e PANI-EB são, respectivamente, 39 (± 1) e 34 (± 1) Å. As imagens do MEV permitiram a visualização de diferentes morfologias para PANI-ES e PANI-EB. Enquanto a PANI-ES apresentou uma morfologia de fibras formadas por nanoesferas interligadas, a morfologia da PANI-EB apresentou fibras menores e menos definidas. Os valores de condutividade elétrica dos polímeros neutralizados (PANI-EB) foram obtidos através de seus respectivos valores de resistividade. Foi observado que estes valores não variaram significativamente ao longo do processo de neutralização, mas possuem valores menores que o polímero condutor de partida (PANI-ES), como era de se esperar. Os resultados obtidos através de cada uma das técnicas utilizadas contribuíram para um melhor entendimento das características estruturais, morfológicas e elétricas do material polimérico estudado.

SUMÁRIO

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

1- INTRODUÇÃO

Os Polímeros Intrinsecamente Condutores (*Intrinsically Conducting Polymers* – ICPs) vêm sendo estudados e aplicados no desenvolvimento de novas tecnologias, tais como fabricação de baterias recarregáveis, dispositivos eletrocromáticos, protetores de corrosão, células solares, sensores etc^[1,2,3]. Isso se deve às características peculiares destes ICPs, como o baixo custo do monômero, facilidade de síntese e de dopagem e a estabilidade ambiental, tanto na forma não condutora quanto condutora^[4].

O objeto de estudo deste projeto é a Polianilina – Base de Esmeraldina (PANI-EB), polímero obtido através da neutralização (ou desprotonação) da Polianilina – Sal de Esmeraldina (PANI-ES), em solução básica de hidróxido de sódio (NaOH – 1,0 mol/L), através de diferentes tempos de neutralização. 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, a sua condutividade decresce, podendo atingir valores de materiais isolantes e, durante este processo de neutralização, são observadas modificações estruturais e morfológicas, sendo possível estabelecer uma relação entre esses dois parâmetros ^[5].

A correlação entre as propriedades estruturais e a condutividade elétrica de polímeros semicristalinos continua sendo um importante tópico de pesquisa em muitas áreas, representando uma importante ferramenta para o entendimento de suas propriedades físico-químicas, bem como a determinação do arranjo regular atômico desses materiais. Especificamente, o estudo de ICPs abrange um campo de pesquisa bastante promissor devido às grandes possibilidades de aplicações desses materiais. Assim, foram avaliadas propriedades estruturais, morfológicas e elétricas destes materiais através das técnicas de Difração de Raios X, Cálculo do Percentual de Cristalinidade, Refinamento Estrutural pelo Método Le Bail, Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Medidas de Condutividade Elétrica.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os Polímeros Intrinsecamente Condutores têm sido alvo de vários estudos nos últimos anos, devido aos valores de condutividade alcançados muito próximos aos dos metais [6]. Há algumas décadas, foi observado que compostos com ligações conjugadas, permitem um aumento de até 15 ordens de grandeza na condutividade elétrica, quando submetidos a processos de dopagem químicos ou eletroquímicos. Em outras palavras, dependendo do grau de dopagem, os polímeros podem apresentar valores de condutividade elétrica que vão de isolantes até condutores [7,8].

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 [9]. Nesse sentido, o termo mais adequado seria chamá-los de *polímeros conjugados*. 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 [10].

A Polianilina (PANI) é um material muito utilizado em diversas aplicações tecnológicas e seu destaque é devido à grande estabilidade em condições ambientais, a facilidade de síntese e baixo custo do monômero. A fórmula geral da PANI está representada na **Figura 1**, sendo sua estrutura química composta por y e $(y-1)$ unidades repetitivas das espécies reduzidas e oxidadas, respectivamente.

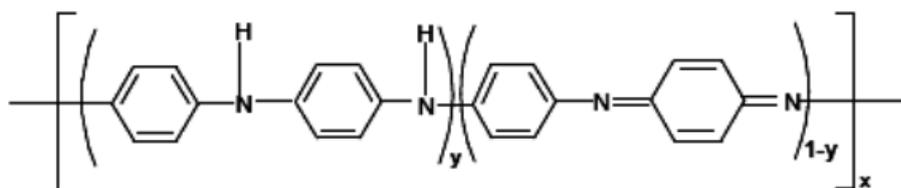


Figura 1: Forma reduzida (y) e oxidada ($y-1$) da estrutura química generalizada da Polianilina.

A estrutura química observada na **Figura 1** é composta por y e $(1 - y)$ unidades repetitivas das espécies reduzidas e oxidadas, respectivamente. O valor de y pode variar entre 1 para o polímero completamente reduzido e zero, no caso do polímero completamente oxidado [11]. Durante o processo de dopagem de polímeros, ocorrem reações

de oxidação e/ou redução e o contra-íon (dopante) permanece na matriz polimérica. A forma Base de Esmeraldina (PANI-EB), $y = 0,5$, objeto de estudo desta pesquisa, é o primeiro 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) ^[5].

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)^[12]. Assim, quando este polímero é submetido a processos de neutralização em soluções básicas, a sua condutividade decresce, podendo atingir valores de materiais isolantes e, durante este processo de neutralização, são observadas modificações estruturais e morfológicas ^[12].

As propriedades condutoras das polianilinas foram descobertas quando se aplicou o conceito de dopagem, como já anteriormente citado, para semicondutores inorgânicos, no entanto diferentemente dos demais polímeros condutores, o mecanismo de dopagem da polianilina e seus derivados não ocorre via reações de óxido-redução, mas por protonação da cadeia, processo dopativo pelo qual o número de elétrons da estrutura permanece inalterado ^[13]. Nesse sentido, a PANI forma outra classe de polímeros condutores porque pode ser dopada por protonação, logo os nitrogênios desta espécie podem estar, total ou parcialmente protonados para se obter o polímero na forma salina – dopada. O estado de oxidação esmeraldina é a forma na qual após a dopagem a PANI alcança os maiores valores de condutividade ^[14] e isso a coloca num lugar de destaque entre os polímeros condutores, sendo por isso, o polímero condutor mais explorado em pesquisas científicas.

A correlação entre as propriedades estruturais e a condutividade elétrica de polímeros semicristalinos continua sendo um importante tópico de pesquisa em muitas áreas, representando uma importante ferramenta para o entendimento de suas propriedades físico-químicas, bem como a determinação do arranjo regular atômico desses materiais. Especificamente, o estudo de Polímeros Intrinsecamente Condutores abrange um campo de pesquisa bastante promissor devido às grandes possibilidades de aplicações desses materiais.

3- MÉTODOS UTILIZADOS

Obtenção da Polianilina – Base de Esmeraldina (PANI-EB)

Polianilina Sal de Esmeraldina (PANI-ES) foi previamente sintetizada no Instituto de Física de São Carlos – IFSC/USP, e submetida a um processo de neutralização em solução básica de NaOH (0,1 mol/L). O sistema foi mantido sob agitação constante em temperatura ambiente e foram coletadas alíquotas com tempos de neutralização de 10 min., 3 e 24 h. As soluções foram filtradas e os polímeros obtidos sob a forma de pó foram lavados com acetona e mantidos em dessecador até apresentarem massa constante.

Difração de Raios X, Percentual de Cristalinidade e Ajuste Le Bail

As medidas de DRX foram realizadas no Departamento de Geologia da UFAM utilizando-se um difratômetro Shimadzu, CuK α , 50KeV, num intervalo de 5 a 70 $^{\circ}$ em 2 θ . O programa *PeakFitting Module*^[15] foi utilizado para a determinação do percentual de cristalinidade dos polímeros utilizando-se os perfis de difração. O ajuste Le Bail foi realizado através do pacote de programas FULLPROF^[16]. Foram utilizados os dados obtidos por Evain *et al* (2002) como dados iniciais. Todos os parâmetros foram refinados pelo método dos mínimos quadrados. A análise anisotrópica do tamanho e da forma dos cristalitos foi realizada através de combinações lineares de esféricos harmônicos.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

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).

Análise de Infra Vermelho com 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 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.

Medidas de Condutividade Elétrica

Os polímeros no estado sólido foram transformados em pastilhas com diâmetro de 1,27 cm e espessura de 1,5 mm, as quais foram revestidas com tinta de prata em ambos os lados sobre os quais foram feitas conexões elétricas com fios metálicos. As medidas de resistividade foram realizadas no Instituto de Física de São Carlos.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Difração de Raios X e Percentual de Cristalinidade

A técnica de 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 e para o refinamento estrutural pelo Método Le Bail. A **Figura 1** mostra os difratogramas das amostras de PANI-ES e PANI-EB obtida através do processo de neutralização em 10 min., 3 e 24 h.

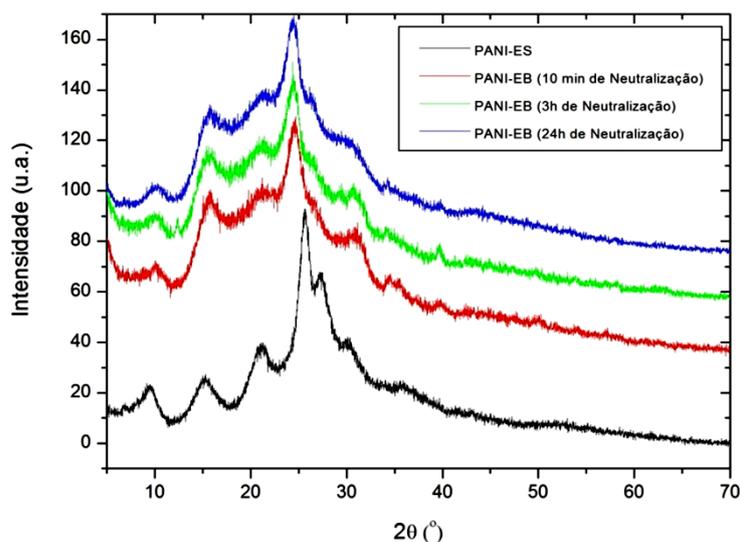


Figura 1: Difratogramas da PANI-ES e PANI-EB.

Os difratogramas mostram perfis semicristalinos para todas as amostras. Porém, a PANI-ES apresenta um perfil mais cristalino, com maior número e definição de picos. É possível observar que o processo de neutralização promoveu a formação de polímeros menos cristalinos. Observa-se ainda que, o tempo de neutralização não influenciou na maior amorfização das amostras, sendo efetivo em 10 min. de neutralização.

Foi possível observar que existem picos no difratograma da PANI-ES em $2\theta = 6,5; 9,6; 15,4; 21,2; 25,8; 27,5; 30,6$ e $35,8^\circ$. Segundo Zengin *et al.*^[17] a PANI-ES apresenta ordem cristalina de curto alcance (menor cristalinidade) quando os picos estão mais alargados e de longo alcance (maior cristalinidade) quando os picos são mais agudos. Após o processo de neutralização em diferentes tempos foram observadas mudanças nos perfis do difratogramas das amostras neutralizadas, quando comparadas a PANI-ES, porém os tempos de neutralização não promoveram maiores mudanças de cristalinidade das amostras, mostrando que o processo se mostrou efetivo logo em 10min.de neutralização. As amostras da PANI-EB apresentaram quatro picos principais em $2\theta = 10,2; 15,6; 21,2$ e $24,4^\circ$.

A cristalinidade em polímeros 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^[18]. A verificação de que muitos polímeros 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^[19]. O programa *Peak Fitting Module* foi utilizado para a decomposição e determinação das áreas dos picos presentes no difratograma da PANI-ES e PANI-EB. 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. Ao se determinar o percentual de cristalinidade da amostra, foi observado que a amostra PANI-ES apresentou 35 (± 2)% de cristalinidade, enquanto as amostras da PANI-EB apresentaram percentuais de cristalinidade de 22 (± 2)%, observando que com o processo de neutralização ocasionou perda da cristalinidade.

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Através da Microscopia Eletrônica de Varredura foi possível avaliar a mudança de morfologia antes e após o processo de neutralização. Na **Figura 2a** observa-se que a morfologia da PANI-ES é composta por fibras bem definidas e de tamanhos variados, formadas por partículas globulares interconectadas. Já para a PANI-EB, na **Figura 2b**, observa-se que, após a neutralização, as estruturas de fibras deixam de ter a definição observada anteriormente, tendo seus tamanhos diminuídos.

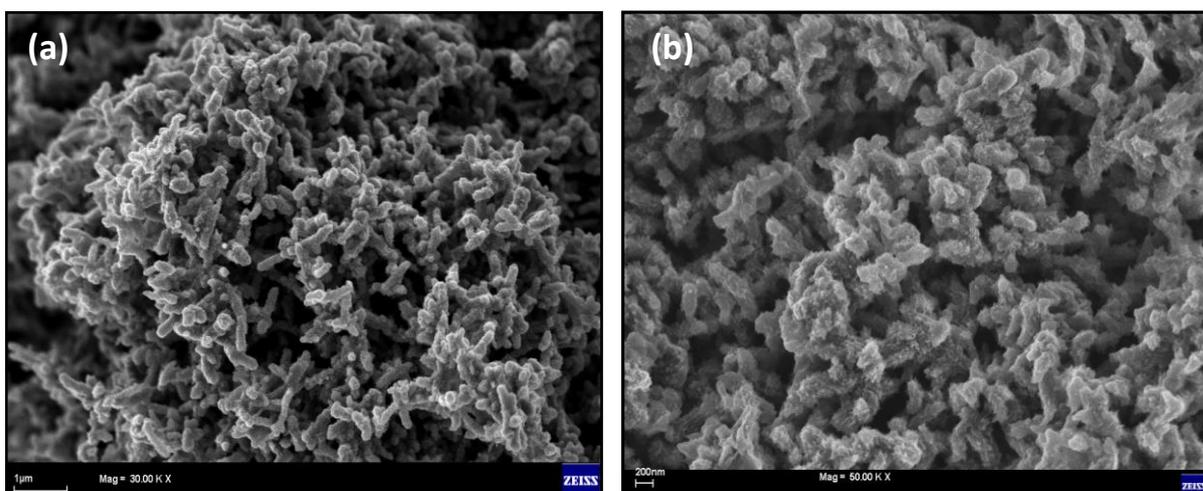


Figura 2: Imagem de MEV para (a) PANI-ES e (b) PANI-EB.

Ajuste Le Bail

O refinamento estrutural pelo Método de Le Bail é uma técnica muito utilizada em amostras semicristalinas. Basicamente, ela é feita através do ajuste de um difratograma teórico sobre um difratograma experimental através de um programa computacional utilizando-se o método dos mínimos quadrados. Para o refinamento, é preciso apenas parâmetros de célula razoáveis e grupo espacial adequado, para que se possa obter informação como parâmetros de célula e tamanho médio e anisotrópico de cristalitos.

A **Figura 3a-b** mostra o resultado final do ajuste Le Bail. As curvas em vermelho representam os difratogramas observados; as curvas em preto representam os difratogramas calculados; as curvas em azul representam as diferenças entre os difratogramas observados e calculados e as barras verticais em verde representam as reflexões de Bragg.

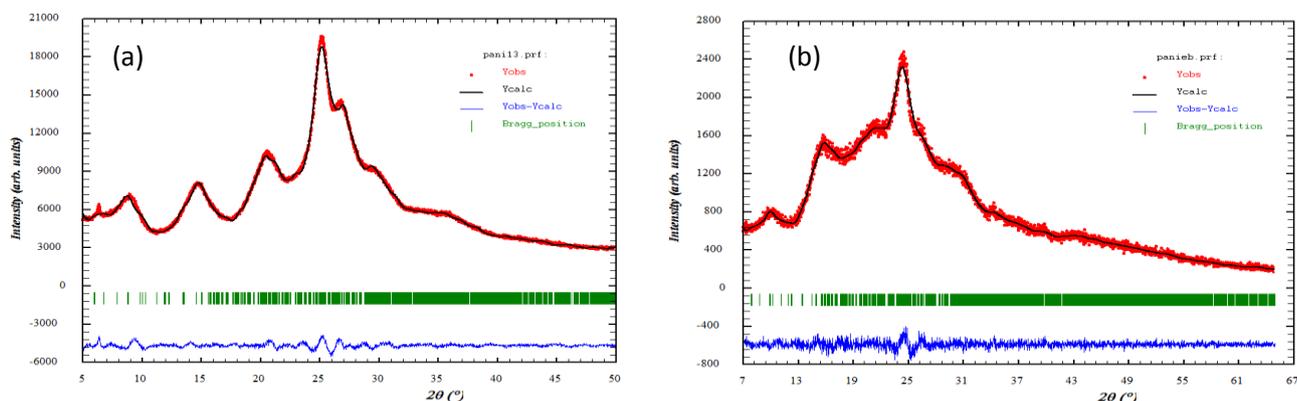


Figura 3: Ajuste Le Bail final para (a) PANI-ES e (b) PANI-EB.

Com relação à análise microestrutural, o tamanho médio dos cristalitos da PANI-ES ficou em torno de $39 (\pm 1) \text{ \AA}$, enquanto que, para a PANI-EB foi encontrado o valor de $34 (\pm 1) \text{ \AA}$. A **Figura 4a** mostra a visualização dos cristalitos da PANI-ES e a **Figura 4b** mostra a visualização dos cristalitos da PANI-EB nas direções [100], [010], [001], obtida através do programa GFourier. Este programa é uma interface do programa Fullprof que permite as visualizações das formas dos cristalitos, previamente calculados durante o refinamento. O método de Le Bail calcula o tamanho e a forma do cristalito através de parâmetros microestruturais relacionados com a largura dos picos de difração (através de funções de perfil previamente selecionadas) e usa funções de esféricos harmônicos específicas para cada sistema cristalino, para propor a forma anisotrópica dos cristalitos, como na **Figura 4**.

A **Tabela 1** mostra os parâmetros refinados. É válido ressaltar que o valor apresentado entre parênteses na **Tabela 1** para o tamanho médio dos cristalitos representa o grau de anisotropia e não o erro estimado. Observa-se que o grau de anisotropia encontrado para a

PANI-EB é menor, sugerindo que a morfologia dos cristallitos após o processo de neutralização apresentou-se um caráter mais esférico que os cristallitos da PANI-ES.

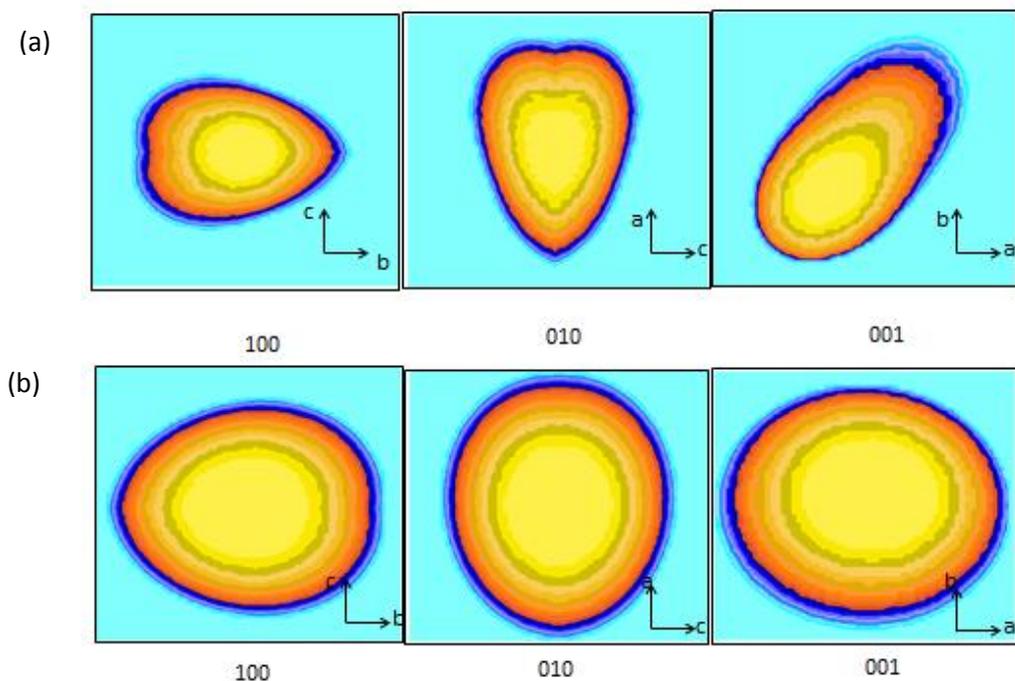


Figura 4: Visualizações dos cristallitos da (a) PANI-ES e (b) PANI-EB.

Tabela 1: Parâmetros refinados da PANI-ES e PANI-EB

PARÂMETROS REFINADOS	PANI-ES	PANI-EB (3h)
a (Å)	5,7213 (2)	5,7611 (2)
b (Å)	17,8237 (2)	17,9921 (2)
c (Å)	22,6910 (2)	22,7215 (2)
α ($^\circ$)	82,7275 (2)	82,6501 (2)
β ($^\circ$)	84,4924 (2)	84,4912 (2)
γ ($^\circ$)	88,4724 (2)	88,4459 (2)
V (Å ³)	2284,6 (4)	2324,8 (4)
Tamanho Médio Cristallito (Anisotropia) (Å)	39 (\pm 1) / [11]	34 (\pm 1) / [2]
Tamanho do Cristallito na direção [100] (Å)	45 (\pm 1)	38 (\pm 1)
Tamanho do Cristallito na direção [010] (Å)	44 (\pm 1)	29 (\pm 1)
Tamanho do Cristallito na direção [001] (Å)	28 (\pm 1)	33 (\pm 1)
R_{wp} (%)	2,24	3,85
R_p (%)	1,74	2,94
R_{EXP} (%)	1,23	3,49
χ^2	3,30	1,21

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 polímero. A **Figura 5** mostra os espectros de infravermelho para a PANI-ES e PANI-EB. A **Tabela 3** mostra detalhadamente a identificação destas bandas típicas de absorção.

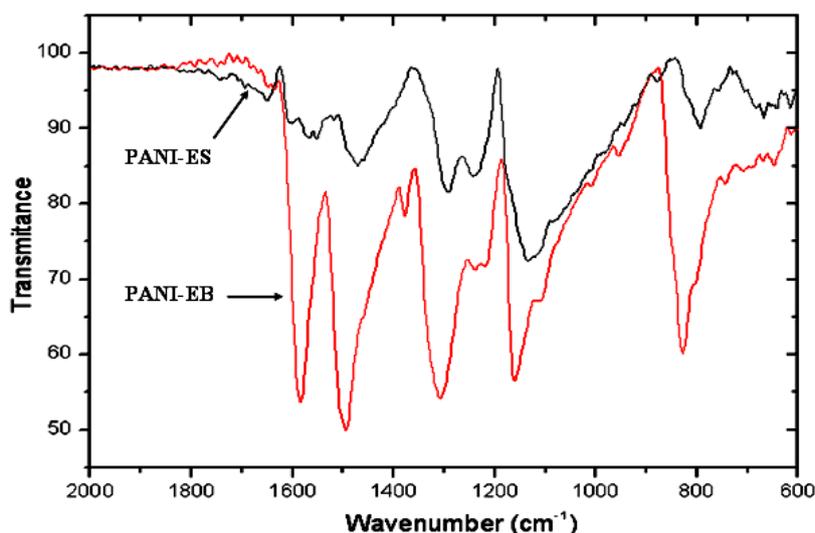


Figura 5: Espectros de FTIR da PANI-ES e PANI-EB.

Tabela 3: Atribuições das bandas vibracionais das PANI-ES e PANI-EB.

PANI-ES		PANI-EB	
Bandas (cm ⁻¹)	Atribuição	Bandas (cm ⁻¹)	Atribuição
1132	B-NH ⁺ =Q B-NH ⁺ -B	1583 e 1493	Vibração quinóide (Q) e benzenóide(B)
		1299	Estiramento C-N de amina aromática secundária
		825	Estiramento C-H fora do plano
		1010 - 1170	C-H aromático no plano

Medidas de Condutividade

As medidas de condutividade foram realizadas através da determinação da resistividade dos polímeros. Foi observado que os valores de condutividade não sofreram significativas alterações ao longo do tempo de síntese, como era de se esperar, já que os perfis dos difratogramas obtidos pela técnica de DRX não mostraram diferenças significativas de cristalinidade ao longo da neutralização. Assim, os valores de condutividade obtidos para os tempos de neutralização de 10 min., 3 e 24 h foram, respectivamente, $1,54 \cdot 10^{-7}$, $1,52 \cdot 10^{-7}$ e $1,49 \cdot 10^{-7}$ S/cm.

CONCLUSÃO

Inicialmente, nossa intenção era estudar detalhadamente as propriedades condutoras do polímero, porém, nosso colaborador estava com o equipamento em manutenção durante toda a execução do projeto. Assim, a pesquisa acabou seguindo outro caminho, bastante promissor, o qual gerou novos resultados para a literatura. Adicionalmente, o refinamento pelo Método de Le Bail não tinha sido incorporado no cronograma deste projeto, mas ele se fez necessário ao longo da execução, e também acabou contribuindo significativamente com o conjunto de dados obtidos.

Através da técnica de DRX foi possível analisar os perfis de difração da PANI-ES e PANI-EB, verificando que o perfil da PANI-ES mostra maior número de picos, com maior definição e cristalinidade, quando comparado com o perfil de DRX da PANI-EB, resultado do processo de neutralização. Foi possível observar mudanças estruturais e morfológicas logo em 10 minutos de neutralização. A partir deste tempo, em 3 e 24 h de neutralização, não foram observadas grandes modificações estruturais e morfológicas. Foi obtido um percentual de cristalinidade de 35% para a PANI-ES e 22% para a PANI-EB, evidenciando a modificação estrutural causada pelo processo de neutralização.

Ao visualizar as amostras pela técnica de MEV, foi observado que a imagem obtida da PANI-ES apresenta fibras bem definidas, diferente da imagem obtida da PANI-EB, a qual mostra modificações nas suas fibras, sendo menos definidas. Pelo ajuste LeBail da PANI-ES foi verificado que a mesma apresenta um tamanho médio de cristalito em torno de 39 Å. No caso da PANI-EB, os cristalitos diminuíram para 34 Å devido ao processo de neutralização. Com as informações obtidas, espera-se contribuir para um melhor entendimento estrutural e morfológico da Polianilina – Base de Esmeraldina (PANI-EB).

REFERÊNCIAS

- [1] OKABAYASHI, K. *et al.* Synthetic Metals, v. 18, n. 1 – 3, p. 365 – 370, 1987.
- [2] SOARES, J. C.; BRISOLARI, A.; RODRIGUES, V. C.; SANCHES, E. A.; GONÇALVES, D. Reactive & Functional Polymers, v. 72, p. 148–152, 2012.
- [3] DEBARNOT, D. M.; EPAILLARD, F. P. Analytica Chimica Acta, v. 475, n. 1, p. 1 – 15, 2003.
- [4] MATTOSO, L. H. Química Nova, v. 19, n. 4, p.388-398, 1996.
- [5] KANG, E. T.; NEOH, K. G.; TAN, K. L. Progress in Polymer Science, v. 23, n. 2, p. 211-324, 1998.
- [6] WESSLING, B. Synthetic Metals, v. 92, p. 143-145, 1998.
- [7] JIN, Z.; SU, Y.; DUAN, Y. Synthetic Metals, v.122, p.237-242, 2002.
- [8] KEIVANI, M. B. *et al.* E-Journal of Chemistry, 105-110,2010.
- [9] FAEZ, R. *et al.* Química Nova na Escola, v. 11, n. 1, p. 13-18, 2000.
- [10] RINALDI, A. W. (2005). Desenvolvimento de blendas e sensores utilizando polímeros condutores eletrônicos e iônicos. Tese, Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Estadual de Maringá.
- [11] HUANG, W.S.; HUMPHREY, B.D.; MACDIARMID, A.G. Journal of the Chemical Society: Faraday Transactions 1, v. 82, n. 8, p. 2385 – 2400, 1986.
- [12] SANCHES, E. A. *et al.* Journal of Molecular Structure, v. 1036, p. 121, 2013.
- [13] 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.
- [14] ÁLVARES, D. A. (2008). Estudo da influência da morfologia sobre as propriedades elétricas da blanda de PANI com EPDM desvulcanizado por microondas, proveniente do descarte da indústria de autopeças. Dissertação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- [15] PEAK FITTING module (2002). Northampton: OriginLab Corporation, One Roundhouse Plaza.
- [16] RODRÍGUEZ-CARVAJAL, J. (2001). An introduction to the program FullProf. Laboratoire Leon Brillouin (CEA-CNRS). Version 2001.
- [17] STEJSKAL, J. *et al.* Reactive&FunctionalPolymers, 69, 2009. 86-90.
- [18] Canevaloro JR., S. V. (2006). Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 2.ed. São Paulo: Artliber.
- [19] LISBÃO, A. S. (2004). Estrutura e propriedades dos polímeros. São Carlos: EdUFSCar.

CRONOGRAMA EXECUTADO

Nº	Descrição	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
		2013					2014						
1	Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
2	Preparação das Amostras		X										
3	Caracterização por Difração de Raios X e Cálculo do Percentual de Cristalinidade			X	X								
4	Caracterização por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)					X							
5	Ajuste Le Bail						X	X					
6	Medidas de Condutividade								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