



## Resumo Expandido

<b>Título da Pesquisa:</b> Preparação e caracterização de filmes porosos de PAni-PVS para melhoria na eficiência de sensores bioquímicos		
<b>Palavras-chave:</b> filmes poliméricos, sensores bioquímicos, AFM		
<b>Campus:</b> Ouro Preto	<b>Tipo de Bolsa:</b> PIBITI	<b>Financiador:</b> CNPq
<b>Bolsista (as):</b> Adriana Madalena de Araújo Faria; Michelline Araújo Miranda		
<b>Professor Orientador:</b> Elisângela Silva Pinto		
<b>Área de Conhecimento:</b> Física		

### RESUMO:

Materiais porosos com estruturas organizadas têm recebido muita atenção nos últimos anos por causa do grande interesse em suas aplicações nos campos da eletrônica, fotônica e engenharia de tecidos. Uma variedade de métodos foi desenvolvida para a fabricação de filmes poliméricos porosos. Um dos métodos conhecidos pela simplicidade, velocidade e baixo custo de fabricação é o método Figuras de Respiração (FR). O método FR utiliza a condensação de gotas de água sobre filmes poliméricos para preparar estruturas ordenadas em forma hexagonal. O presente trabalho relata a preparação e caracterização da estrutura porosa em filmes poliméricos pelo método de FB. Esse método foi usado para produzir os filmes porosos de Poliestireno (PS). Os filmes de PS poroso foram usados como um modelo para a deposição de Polianilina / Poli (sulfato de vinil) (PAni / PVS). Com o controle de parâmetros relevantes, tais como concentração da solução polimérica, solvente utilizado e espessura dos filmes, os filmes de PAni / PVS foram produzidos sobre substratos de PS. A PAni / PVS tem sido estudada como sensor bioquímico. O objetivo desse trabalho é produzir filmes porosos de PANI / PVS visando a melhoria da eficiência desses materiais em sua utilização como sensores. Neste trabalho serão descritos os resultados parciais do projeto, que mostram os métodos de preparação e caracterização dos filmes porosos que posteriormente serão analisados como sensores.

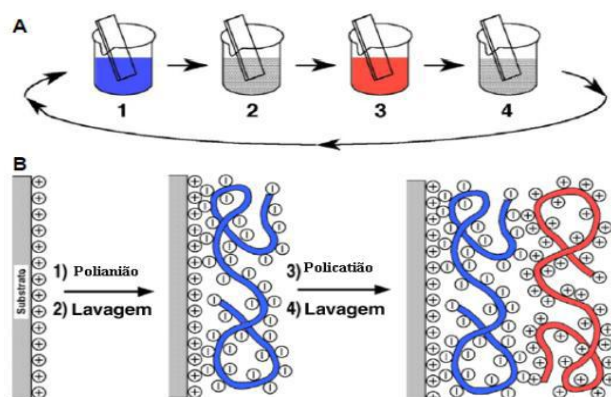
### INTRODUÇÃO:

A Polianilina (Pani) [1] é um dos polímeros conjugados que tem despertado o maior interesse no campo dos polímeros intrinsecamente condutores [2]. Esse interesse se deve, em grande parte, às suas características promissoras, como baixo custo, facilidade de síntese e de dopagem em meio aquoso, estabilidade ambiental, propriedades eletrônicas e efeito eletrocromático [3]. Entre tantas aplicações, a que se destaca é a sua aplicação como elemento ativo de sensores químicos e/ou bioquímicos. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo principal preparar e caracterizar óptica e eletricamente filmes porosos de PAni (Polianilina) [1] e PVS (Poli(vinil sulfato de sódio)) [1-4] – PAni-PVS – dopados com ácido inorgânico HCl (ácido clorídrico). A ideia é produzir filmes porosos, pois a porosidade dos filmes aumenta consideravelmente

sua área superficial melhorando a eficiência dos mesmos em suas aplicações como sensores. Para produzir os filmes porosos de PANi-PVS, filmes porosos de Poliestireno (PS ) [5] produzidos nos Laboratórios de Física do IFMG – Campus Ouro Preto, são utilizados como substratos. Os filmes com PANi-PVS foram depositados Camada por Camada (*Layer-by-layer - LbL*) [6]. Pretende-se mostrar a preparação dos filmes porosos de PANi-PVS, variando parâmetros como números de camadas e condições ideais para sua produção. As amostras produzidas foram caracterizadas por Microscopia de Força Atômica (AFM). O comportamento óptico foi analisado por medidas espectrofotométricas na região do ultravioleta visível (UV-vis). Essa caracterização óptica mostrou o comportamento do crescimento dos filmes ultrafinos sobre o substrato de vidro com filmes porosos de PS. Posteriormente, os sistemas produzidos serão caracterizados eletricamente em função da desdopagem em ureia aquosa para verificar seu potencial aplicado como sensor bioquímico. Pretende-se observar como a porosidade presentes nos filmes de PANi-PVS aumenta o potencial de aplicação dos mesmos como sensores bioquímicos.

## MATERIAIS E METODOS:

Inicialmente, o PS foi depositado sobre o vidro pela técnica de *spin coating* onde a evaporação rápida de um solvente volátil (neste caso, Tetrahidrofurano) e a presença de água no ambiente permitem a formação de poros na superfície dos filmes poliméricos [5]. Os filmes de PANi-PVS são depositados sobre os substratos de PS porosos a partir da técnica de automontagem *LbL*. O substrato foi inicialmente mergulhado na solução catiônica (PANi) permanecendo por 5 min. Em seguida, foi retirado da solução e seco com jato de ar frio. Para a retirada de possíveis moléculas mal adsorvidas, a amostra foi enxaguada em solução de HCl por 10 s e após, seca novamente com jato de ar frio. Já com uma camada, o substrato foi então mergulhado na segunda solução (aniônica) formada por PVS, por também 5 min. Logo depois, seca, enxaguada e seca novamente. A Figura 1 ilustra esquematicamente o processo de fabricação de um filme automontado, através da interação eletrostática entre camadas de cargas opostas e a estrutura ideal de um filme automontado em bicamada, respectivamente. O substrato serve como base, para que o biocompósito seja adsorvido pela superfície carregada negativamente. As etapas 1 e 3 representam a adsorção das camadas na superfície do substrato, respectivamente, camada 1 e 3, formando camadas automontadas sucessivas. As etapas 2 e 4 são referentes a processos intermédios de lavagem. No final da etapa 4, apresenta-se um filme automontado de bicamada.



**Figura 1:** Esquema da deposição de filmes automontados, num substrato sólido.

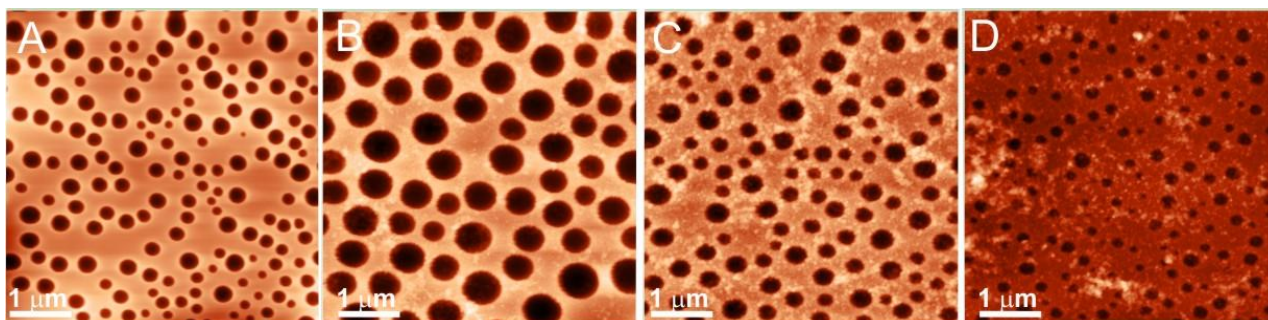
(adaptado de [6]).

No exemplo citado acima o substrato está inicialmente carregado positivamente e após a adsorção da camada 1, a rede de cargas da superfície torna-se negativa (etapa 2). Seguidamente, o substrato é imerso numa solução que contém a molécula carregada negativamente e que gera uma camada superficial de cargas negativa. Obtém-se, desta forma, uma bicamada sobre um substrato (etapa 3). Este processo pode ser repetido tantas vezes quanto o número de camadas pretendido, obtendo multicamadas com estruturas e espessuras desejadas. [1]

Foram preparadas amostras de PAni - PVS contendo, 10, 20 e 30 bicamadas. A deposição foi feita sobre as amostras porosas de PS. O monitoramento do crescimento desses filmes foi realizado através das medidas de absorção no Ultra-Violeta visível (UV-vis). As amostras produzidas foram caracterizadas por AFM.

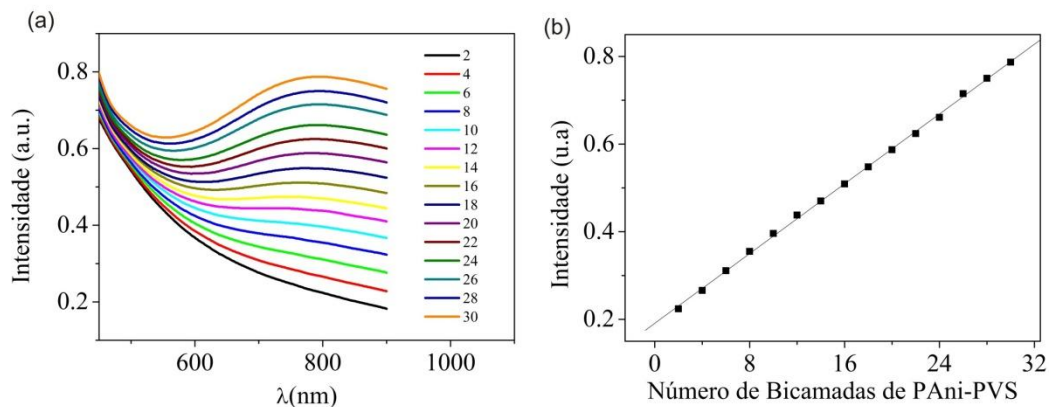
## RESULTADOS E DISCUSSÕES:

Na Figura 2 encontram-se imagens das amostras porosas de PAni-PVS produzidas sobre os substratos de PS/vidro. Na Figura 2a encontra-se uma imagem de AFM do substrato de PS/vidro e nas Fig. 2b, c e d, encontram-se imagens de AFM de 10, 20 e 30 bicamadas de PAni-PVS sobre o substrato de PS/vidro, respectivamente. Observa-se que o filme de PAni-PVS reproduz as estruturas porosas do substrato.



**Figura 2:** Imagens de AFM de a) PS/vidro; b) PAni-PVS/PS/vidro (10 bicamadas); c) PAni-PVS/PS/vidro (20 bicamadas); d) PAni-PVS/PS/vidro (30 bicamadas).

O resultado das análises de espectrofotometria de absorção na faixa do ultravioleta visível dos filmes porosos automontados de PAni-PVS estão na Fig. 3a. Para essa análise foram depositadas 30 bicamadas de PAni-PVS sobre PS/vidro. A cada 2 bicamadas foram realizadas as análises de espectrofotometria. A Fig. 3b foi obtida através do gráfico da Fig.3a tomando como referência o comprimento de onda de 800 nm, que é o pico de maior intensidade característico da PAni dopada. Pode-se perceber, através da Fig. 3a, um aumento de intensidade de absorção em função do número de bicamadas de filmes porosos de PAni/PVS. Este fato confirma o crescimento dos filmes. A linearidade de crescimento dos filmes pode ser constatada pela Fig. 3b.



**Figura 3:** a) Curvas de absorção na faixa do ultravioleta visível dos filmes porosos automontados de PANi-PVS sobre PS/vidro; b) comportamento do crescimento das bicamadas de filmes porosos de PANi/PVS.

## CONCLUSÕES:

De acordo com os resultados descritos neste trabalho verificou-se que ao depositar PANi-PVS sobre substratos porosos de PS, o filme reproduz as estruturas do substrato. O controle do tamanho, quantidade e distribuição dos poros formados no PS já foi alcançado em outros trabalhos desenvolvidos no mesmo grupo de pesquisa. Portanto, é possível também se obter o controle na produção dos poros na PANi-PVS. O crescimento da PANi-PVS foi confirmado pela topografia das imagens de AFM e pelas análises por espectroscopia UV-vis. Pode-se observar um crescimento linear dos filmes sobre o substrato de PS/vidro.

Pretende-se, como continuidade deste trabalho, analisar o comportamento elétrico dos filmes porosos formados através das medidas de condutividade ac (campo alternado). Os sistemas produzidos serão caracterizados eletricamente em função da desdopagem em ureia aquosa para verificar seu potencial aplicado como sensor bioquímico. Pretende-se observar como a porosidade presentes nos filmes de PANi-PVS aumenta o potencial de aplicação dos mesmos como sensores bioquímicos.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

- [1] CHIANG C.K.; FINCHER C.R.; JR.; PARK Y.W.; HEEGER A.J. "Electrical conductivity in doped polyacetylene." *Physics Review Letter*, v. 39, p. 1098-1101, 1997.
- [2] Greenham N.C., Friend R.H. "Semiconductor device physics of conjugated polymers." *Solid State Physical*, v. 49, no1, 1995.
- [3] KIM, S. W. ; HWANG, B. H. ; LEE, J. H. ; KANG, J. I. ; MIN, K. W. ; KIM, .W. Y. "2,4-in monochrome small molecular OLED display for mobile application." *Current Applied Physics*, no 2, p. 335, 2002.
- [4] ELSCHNER A. BRUDER F.; HEUER H.W.; JONAS F.; KARBACH A.; KIRCHMEYER S.; THURM S.; WEHRMANN R. "PEDOT/PSS for efficient hole-injection in hybrid organic light-emitting diodes." *Synthetic Metals*, v. 111-112; p.139-143, 2000.
- [5] FRANCOIS, B.; PITOIS, O.; FRANCOIS, J. *AdvMater*7 (12),1041, 1995.

[6]GASPAR, C. H. ; Preparação e caracterização de nanocompósitos de nanopartículas metálicas com proteínas e suas aplicações em biossensores. 37-38, 2010.

#### **PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS:**

**Evento:** VI Semana Nacional de Ciência e Tecnologia

**Título do trabalho:** Preparação e caracterização de filmes porosos de PAni-PVS para melhoria na eficiência de sensores bioquímicos

**Data:** 21 a 25 de Outubro de 2013

**Local:** Ouro Preto – MG

**Evento:** XII Encontro da SBPMat – XII Brazilian MRS Meeting

**Título do trabalho:** Polymeric porous films: production and characterization

**Data:** 29 de Setembro a 03 de Outubro de 2013

**Local:** Campus do Jordão – SP

**Evento:** 2012 MRS Fall Meeting

**Título do trabalho:** Preparation and Characterization of Polymeric Film with Ordered Pores

**Data:** 28 de Outubro a 01 de Novembro de 2012

**Local:** Boston – Estados Unidos