



## Produção e Caracterização de Nanofios de Prata aplicados em Dispositivos Fotovoltaicos.

### RESUMO

A produção de nanofios tem por objetivo suprir a demanda de energia elétrica, que vem sendo cada vez mais consumida devido ao aumento populacional e, também, ao aumento de tecnologias. Para isso, os nanofios são aplicados em dispositivos fotovoltaicos e conduzem a energia elétrica para casas e empresas; a eletricidade provém da transformação de energia solar (como fonte renovável) em energia elétrica. Desse modo, nanofios foram produzidos pelo método poliol que, por sua vez, permite reduzir a prata quando o etilenoglicol é aquecido e transformado em glicolaldeído. Seguindo esta metodologia, foram produzidas três sínteses. O produto formado resultou, em grande maioria, de nanopartículas e poucos nanofios. Assim, analisando todos os procedimentos, conclui-se que a não formação de nanofios em grande escala deu-se pela utilização de PVP (surfactante) de baixo peso molecular, que não foi suficiente para auxiliar o crescimento dos fios em uma única direção. Além do rigoroso controle de temperatura necessário para que haja a transformação química do etilenoglicol, sem que haja a degradação do surfactante.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fotovoltaicos. Nanofios. Parâmetros.

**Laiza Gabriela Sanches Peres**  
[Peres\\_laiza@hotmail.com](mailto:Peres_laiza@hotmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, UTFPR, Paraná, Brasil.

**Carlos Eduardo Cava**  
[carloscava@utfpr.edu.br](mailto:carloscava@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Londrina, Paraná, Brasil.

## INTRODUÇÃO

Fontes renováveis de energia são consideradas inesgotáveis para utilização do ser humano e estão diretamente ligadas ao desenvolvimento sustentável que, de acordo com a WWF®, trata-se do desenvolvimento capaz de suprir necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações [1].

Uma fonte renovável de grande interesse é a energia solar fotovoltaica, que se baseia na captação da energia solar transformando em corrente elétrica; esta corrente passa por dispositivos conversores, podendo ser utilizada diretamente na rede elétrica ou armazenada em baterias. A conversão de luz solar em eletricidade trata-se de um fenômeno físico que ocorre quando a radiação solar incide sobre materiais semicondutores estruturados em uma célula [2].

Nanofios metálicos apresentam propriedades como alta rigidez mecânica, transparência óptica e condutividade elétrica [3]. Em células solares, geralmente é empregado, como eletrodo transparente, o óxido de índio dopado com estanho (ITO), pois exibe alta transmitância (90%, aproximadamente) e baixa resistência elétrica, porém, o ITO possui como desvantagem seu método de produção, deposição física de vapor que, além de ser caro, expõe o material a corrosão, facilmente [4].

## MÉTODOS

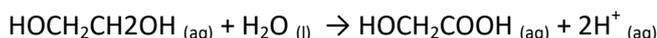
Foram produzidas três sínteses pelo método poliol. Na primeira síntese foram utilizados 500 mg de PVP (polivinilpirrolidona), 0,7 mg de NaCl (cloreto de sódio), 101 mg de AgNO<sub>3</sub> (nitrato de prata) e 15 mL de EG (etilenoglicol), as massas foram obtidas utilizando uma balança de precisão (Shimadzu AU7220). A fim de produzir nanofios de prata, todas as medidas foram feitas em duplicatas. Inicialmente 20 mL de EG foram submetidos à agitação vigorosa por uma placa de agitação (IKA® C-MAG HS 7) na temperatura de 170°C, com o auxílio de um termômetro (IKA® ETS-D5). Após alcançada esta temperatura, o NaCl foi introduzido no líquido, seguido de PVP, mantendo as mesmas condições iniciais. Paralelamente, o nitrato de prata foi diluído em 10 mL de EG e agitado sem aquecimento. Assim que as duas soluções ficaram prontas, foi adicionado 1 mL de nitrato de prata na primeira solução, gota a gota, a cada doze minutos, totalizando 10 mL. Ao término da síntese, a mesma foi resfriada naturalmente.

Na segunda etapa desta primeira síntese, obedecendo a proporção de 1:5 de acetona, este solvente foi introduzido na solução e armazenado. A próxima etapa consistiu na lavagem do produto formado, pelo método de centrifugação, assim, utilizando uma centrífuga refrigeradora Thermo Scientific com 6000 rpm por 20 minutos, foi obtida a primeira amostra lavada. O sobrenadante foi retirado e, para cumprir a segunda lavagem, adicionou-se álcool etílico nos possíveis nanofios armazenados em tubos falcon. Ao término desta etapa, a amostra foi submetida a absorção ultravioleta através de um espectrofotômetro (Perkin Elmer).

As outras duas sínteses foram realizadas tendo como diferencial a substituição do NaCl por CuCl<sub>2</sub> (cloreto de cobre), 0,15 mg, cumprindo a mesma ordem das etapas. Após a análise de absorção, a segunda síntese foi submetida à microscopia óptica, utilizando o microscópio óptico Zeiss.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

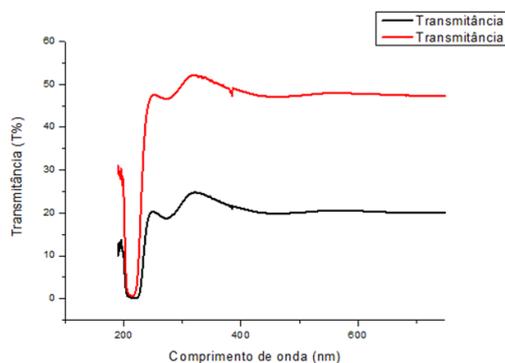
Na primeira síntese houve dificuldade em controlar a temperatura; este parâmetro tem grande influência sobre esta síntese de modo que, o aumento da temperatura possibilita a formação de glicaldeído, equação 1, que, por sua vez, permite que a prata seja reduzida. Porém, o aumento de temperatura implica na degradação do PVP, que tem por objetivo favorecer a formação de nanofios. A temperatura ideal para esta síntese é equivalente a 170°C.



O PVP, juntamente com o NaCl, é um importante reagente, pois, quando em contato com as nanopartículas de prata, adere à sua superfície favorecendo o crescimento dessa partícula em apenas uma direção, formando fios; anterior a este processo, o sal possibilita que as nanopartículas formadas não se aglomerem. O polivinilpirrolidona é insolúvel em acetona, então, com a adição de acetona à síntese, a porção que decanta contém nanofios que são revestidos por PVP e no sobrenadante são encontrados subprodutos da reação, acetona e nanopartículas que, por não terem quantidade adequada de PVP em sua superfície, não formaram fios em escala nano.

A amostra foi submetida à centrifugação utilizando acetona e álcool etílico; este procedimento é repetido para que seja possível separar cada vez mais o PVP dos nanofios. A última etapa desta primeira síntese consistiu em realizar absorção ultra-violeta visível (UV-Vis). Com os dados obtidos pelo espectrofotômetro, gráficos foram plotados e comparados com resultados da teoria, como mostram a Figura 1 e 2, respectivamente.

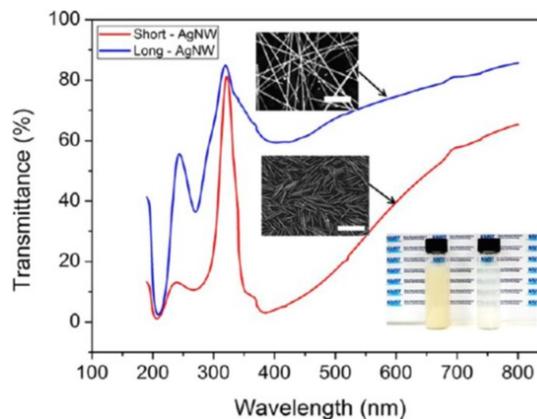
**Figura 1:** Espectro de transmitância da primeira síntese; linha preta refere-se à síntese com uma lavagem em álcool etílico e a linha vermelha é referente à porção lavada com álcool por duas vezes.



Fonte: Autoria própria.

A Figura 1 exibe curvas de transmitância, sendo a curva preta referente a primeira lavagem com álcool e a curva vermelha referente a segunda lavagem com álcool. Comparando os resultados obtidos com gráfico de transmitância da literatura [3], Figura 2, observa-se um vale entre 200 e 250 nm de comprimento de onda, nos dois gráficos. O gráfico de LEE, et al (2012) apresenta transmitância em 10% e 40%, para nanofios curtos e longos, respectivamente, e os resultados obtidos mostram transmitâncias aproximadas de 13% e 30%.

Figura 2: Espectro de transmitância de nanofios longos e curtos.



Fonte: LEE *et al*, 2012.

Através da aproximação de valores de transmitância, é possível indicar que foram formados nanofios de diferentes tamanhos, porém, em baixa quantidade, pois nota-se que a partir do comprimento de onda de 400 nm o gráfico apresenta certa linearidade que não é notada no gráfico comparativo.

Para esta síntese, é possível inferir que houve a formação de nanofios, mas não em grande quantidade. Houve dificuldade em controlar a temperatura na etapa inicial e tal ocorrência pode ter interferido na reação para formação de prata, não havendo produto suficiente para a produção de nanofios.

A produção da segunda e terceira síntese teve como diferencial o sal utilizado, substituindo NaCl por cloreto de cobre ( $\text{CuCl}_2$ ); sendo que este sal auxilia na formação de alguns fios e partículas, em escala nano, pois, o aumento da quantidade de cloreto ajuda a reduzir a prata do composto de nitrato.

As quantidades de reagentes utilizadas foram determinadas a partir da síntese da literatura [5] e tais quantidades não obedeciam a razão molar de 7, 5:1 (PVP: Ag), sendo esta a razão adequada, segundo a teoria, para a formação de nanofios. Outro evento a ser destacado, trata-se da influência do peso molecular do PVP na síntese, de modo que, quanto maior o peso, mais longas são as cadeias de polivinilpirrolidona e isso permite que os nanofios cresçam cada vez mais. O peso molecular do PVP utilizado corresponde a 40000, enquanto o recomendado é de 56000, podendo chegar a um peso de 1300000.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os resultados obtidos, foi possível concluir que para obter nanofios em grande escala, se faz necessário obedecer rigorosamente alguns parâmetros, como temperatura, taxa de injeção da prata na solução e o tipo de surfactante, pois estes possuem grande influência na formação de fios, partindo das partículas de prata, em escala nano.

## Production and Characterization of Silver nanowires applied in Photovoltaic Devices.

### ABSTRACT

The production of nanowires has the objective of supplying the demand for electric energy, which has been increasingly consumed due to the population increase and also to the increase of technologies. For this, the nanowires are applied in photovoltaic devices and they conduct the electrical energy for houses and companies; Electricity comes from the transformation of solar energy (as a renewable source) into electricity. Thus, nanowires were produced by the polyol method which, in turn, allows to reduce the silver when the ethylene glycol is heated and transformed into glycolaldehyde. Following this methodology, three syntheses were produced. The product formed resulted, in great majority, of nanoparticles and few nanowires. Thus, it was concluded that the non-formation of nanowires on a large scale was due to the use of low molecular weight PVP (surfactant), which was not sufficient to support the growth of the yarns in a single direction. In addition to the strict temperature control necessary for the chemical transformation of ethylene glycol, without degradation of the surfactant.

**KEYWORDS:** Photovoltaic. Nanowire. Parameters.

---

### AGRADECIMENTOS

Agradeço ao programa PIBIC por disponibilizar auxílio financeiro ao longo deste trabalho de Iniciação Científica.

### REFERÊNCIAS

- [1] WWF® Brasil. Disponível em:  
<[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/)>. Acessado em: 17 de ago. 2017.
- [2] VILLALVA, M.G. **Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2ª edição. São Paulo. Érica: 2015.
- [3] LEE, J.H. et al. Large-Scale Synthesis and Characterization of Very Long Silver Nanowires via Successive Multistep Growth. **Crystal Growth & Design**. ACS Publication. 2012, 12, 5598–5605.
- [4] MEENAKSHI, P., et al. Investigations on reduced grapheme oxide film embedded with silver nanowire as a transparent conducting electrode. **Solar Energy Materials & Solar Cells**. Elsevier. 28(2014)264–269.
- [5] COSKUN, S., AKSOY, B., UNALAN, H.E. Polyol Synthesis of Silver Nanowires: An Extensive Parametric Study. **Crystal Growth & Design**. ACS Publication. 2011, 11, 4963–4969.

**Recebido:** 31 ago. 2017.

**Aprovado:** 02 out. 2017.

**Como citar:**

PERES, L. G.S.; CAVA, C. E. Produção e Caracterização de Compósitos baseados em Nanofios de Prata e Nanotubos de Carbono aplicados em Dispositivos Fotovoltaicos. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <<https://eventos.utfpr.edu.br/sicite/sicite2017/index>>. Acesso em: XXX.

**Correspondência:**

Laiza Gabriela Sanches Peres  
Avenida dos Pioneiros, 3131, Jd. Morumbi, Londrina, Paraná, Brasil.

**Direito autoral:**

Este resumo expandido está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição-Não Comercial 4.0 Internacional.

