



# Incorporação de nanopartículas em tecido de algodão para a prevenção da covid-19

## INCORPORATION OF NANOPARTICLES IN COTTON FABRIC FOR THE PREVENTION OF COVID-19

Victoria Gabriela Benatto\*, Felipe de Almeida La Porta†

### RESUMO

O óxido e sulfeto de zinco (ZnO e ZnS) são semicondutores que apresentam um largo *bandgap* de cerca de 3,2 e 3,6 eV e exibem propriedades químicas e físicas altamente ajustáveis, bem como funcionalidades únicas para uma grande variedade de tecnologias emergentes. Com a eclosão da crise sanitária causada pelo novo Coronavírus, medidas de combate e prevenção contra o vírus se tornaram imprescindíveis. Neste trabalho, sabendo das excelentes propriedades antimicrobianas do ZnO e ZnS, sintetizamos os materiais pelo método solvotérmico, impregnando as nanopartículas em tecidos de algodão para a produção de máscaras com maior eficiência na barreira de proteção. Este trabalho descreve a síntese e caracterização destes tecidos de algodão recobertos com nanopartículas de ZnO e ZnS.

**Palavras-chave:** ZnS nanopartículas, método solvotérmico, Covid-19, máscaras.

### ABSTRACT

Zinc oxide and sulfide (ZnO and ZnS) are semiconductors that exhibit a wide bandgap of about 3.2 and 3.6 eV and exhibit highly tunable chemical and physical properties as well as functionality unique to a wide variety of emerging technologies. With the outbreak of the health crisis caused by the new Coronavirus, combat and prevention measures against the virus became essential. In this work, knowing the excellent antimicrobial properties of ZnO and ZnS, we synthesized the materials by the solvothermal method, impregnating the nanoparticles in cotton fabrics to produce masks with greater efficiency in the protective barrier. This work describes the synthesis and characterization of these cotton fabrics coated with ZnO and ZnS nanoparticles.

**Keywords:** ZnS nanoparticles, solvothermal method, Covid-19, masks.

## 1 INTRODUÇÃO

Recentemente, nanoestruturas de semicondutores inorgânicos do grupo II-VI, que possuem propriedades físicas e químicas únicas, têm sido consideradas promissoras para a remoção de patógenos. (RAI, 2009; SATHISHKUMAR, 2018). Entre esses materiais estão o Sulfeto de Zinco (ZnS) e o Óxido de Zinco (ZnO), dois importantes semicondutores versáteis para uma gama de aplicações potenciais em optoeletrônica, como

\* Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, Paraná, Brasil; [victoria.benatto@gmail.com](mailto:victoria.benatto@gmail.com)

† Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina; [felipelaporta@utfpr.edu.br](mailto:felipelaporta@utfpr.edu.br)



diodos de luz ultravioleta, fotocatalise, sensores e células solares, e exibem atividade antimicrobiana. (HE, 2014; JANAKI, 2015; KHANLARY, 2018; KWAMBOKA, 2016; SAPSFORD, 2006; SATHISHKUMAR 2016). A ação antimicrobiana das nanopartículas (NPs) de ZnO e ZnS tem sido extensivamente investigada quando comparada a outros metais e relatada em vários estudos como não tóxica para células humanas. (COLON, 2006; ETACHERI, 2013; KHO, 2000; KUMAR, 2014; NI, 2004; PADMAVATHY, 2008; SIRELKHATIM, 2015; VANAJA, 2013). Portanto, o desenvolvimento de novos agentes antimicrobianos para combater patógenos contagiosos tem se tornado de grande necessidade, assim, os NPs de ZnO e ZnS apresentam-se como potenciais candidatos para esse objetivo.

Hoje em dia, com a eclosão da pandemia de SARS-CoV-2, responsável pela síndrome respiratória aguda grave do COVID-19, a necessidade de um combatente eficaz contra o SARS-CoV-2 é urgente, devido à sua alta transmissibilidade e à falta de imunização, fazendo necessária a implementação de medidas de contenção para prevenir a sua transmissão. (SANTOS, 2020; TESINI, 2020; ZHU, 2020; FARIAS, 2020; WOROBEY, 2020). Além do isolamento social, outras medidas de contenção tornaram-se imprescindíveis nos dias de hoje, como o uso de máscaras, que impedem o lançamento de grandes gotas contaminadas no meio ambiente. (GARCIA, 2020; De SOUSA NETO, 2020). Nesse contexto, a eficiência das máscaras foi demonstrada no estudo de Ueki et al. com um simulador de infecção que explicava como as máscaras podem prevenir a transmissão do SARS-CoV-2, em que a absorção do vírus foi reduzida em 70% quando dois manequins usavam pano e máscaras cirúrgicas, e em quase 100% com máscaras N95. (UEKI, 2020). Assim, novos estudos que visam o SARS-CoV-2 com uma abordagem sobre a eficiência e reutilização de máscaras sugere a atividade antiviral do ZnO contra o SARS-CoV-2. (HAMDI, 2021)

Desta forma, devido à atividade antimicrobiana previamente relatada de ZnO e ZnS e a atual pandemia de SARS-CoV-2, nosso objetivo com este trabalho é sintetizar NPs de ZnO e ZnS por meio da rota solvotérmica, e posteriormente incorporá-los aos tecidos com o objetivo principal de aplicá-los em máscaras, estudando as propriedades antimicrobianas desses NPs e analisando o aumento de eficiência nos barreira protetora contra o vírus.

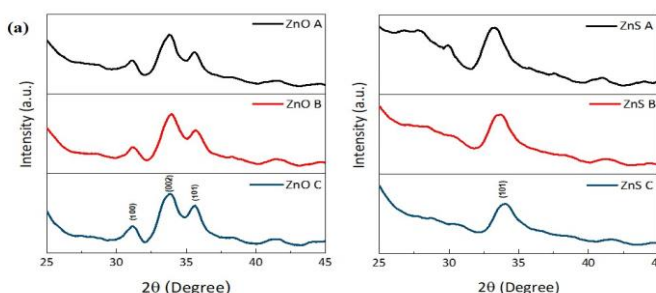
## 2 METODOLOGIA

Tecidos de algodão com dimensões de 2,5 x 2 cm foram impregnados durante o processamento do material. Na preparação das NPs, 7,34 mmol de acetato de zinco foram dissolvidos em 80 ml de etilenoglicol (EG) e 16 mmol de hidróxido de tetrabutilamônio (40%) foi adicionado. Para a preparação dos NPs de ZnS, 7,34 mmol de acetato de zinco foram dissolvidos em 25 mL de EG aquecido a 80°C, e 16 mmol de hidróxido de tetrabutilamônio (40%) foram adicionados. Para síntese do ZnS, uma segunda solução foi preparada com 7,34 mmol de tiourea também dissolvida em 25 mL de EG, e depois misturada a solução anterior. Em seguida, a mistura reacional foi transferida para uma autoclave de Teflon, devidamente vedada, e levada a uma mufla adaptada. O processo foi realizado a 160°C durante 120 min. O processo foi repetido duas vezes para cada material, variando as concentrações do precursor Zn, utilizando 3,68 mmol e 1,835 mmol. Em seguida, o material é lavado várias vezes com água destilada e álcool até ser neutralizado. Finalmente, o material é seco à temperatura ambiente por cerca de 24 horas para a obtenção do pó e para os tecidos de algodão. Os materiais foram caracterizados estruturalmente por XRD usando um Bruker-D2 PHASER com radiação Cu K $\alpha$  ( $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$ ) na faixa  $2\theta$  de 20 a 45 ° a 0,004 ° / s. Os espectros de UV-Vis foram analisados utilizando um espectrofotômetro S60 Libra (Biochrom).

### 3 RESULTADOS

A Fig. 1 representam os padrões de DRX dos pós e tecidos, podem ser indexadas à estrutura Wurtzita, mostrando que as amostras processadas pelo método hidrotérmico são altamente puras e cristalinas. Um aspecto importante referente aos picos de difração mostrados na figura 1 (a) mostra um alargamento significativo devido ao tamanho muito pequeno do cristalito. No entanto, os casos em que os picos são significativamente alargados podem indicar um grau de amorfização das amostras, além da diminuição do tamanho de partícula.

**Figura 1. Padrões de DRX obtidos para tecidos de ZnS e ZnO, em diferentes concentrações.**



Fonte: Autoria própria (2021)

Na Tabela 1, é possível notar que as amostras de tecido com as NPs apresentaram tamanhos médios de cristalitos ligeiramente diferentes, calculados pelo método de Scherrer.

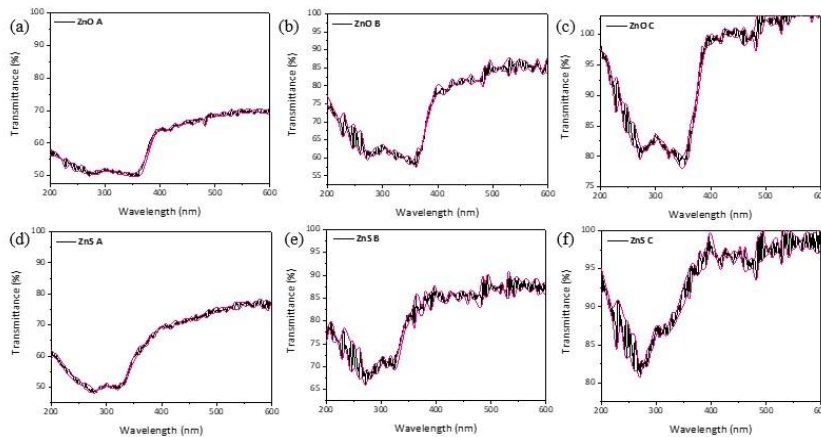
**Tabela 1. Tamanho médio do cristalito estimado pelo método de Scherrer**

Amostra	Tamanho médio de cristalito (nm)
ZnO A	8,86
ZnO B	8,6
ZnO C	8,54
ZnS A	4,87
ZnS B	4,64
ZnS C	4,44

Fonte: Autoria própria (2021)

Com o objetivo de investigar o efeito da espessura do filme nas propriedades ópticas dos tecidos de ZnS e ZnO, a transmitância óptica de filmes com diferentes espessuras também foi estudada. Por meio dos espectros de transmitância tecidual obtidos por análise de UV-Vis, calculamos o índice de refração se a espessura dos filmes incorporados pelo método de Swanepoel, utilizado para simular padrões de onda no espectro de transmitância (JIN, 2017). A transmitância óptica é plotada em uma faixa de comprimento de onda de 200 a 600 nm, conforme mostrado na Fig. 2. Os filmes são altamente transparentes na faixa do visível (acima de 50%). A transmitância média é calculada e mostrada na Tabela 2. O índice de refração de todas as amostras de tecido permanece em torno de 1,51. Conforme a espessura do filme aumenta, a transmitância média diminui, devido ao efeito da espessura.

**Figura 2. Espectro de transmitância e índice de refração dos tecidos de ZnO e ZnS.**



Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 2. Transmitância óptica média dos filmes de ZnO e ZnS na faixa do visível e espessura do filme.

Amostra	Espessura do Filme ( $\mu\text{m}$ )	Transmitância Média (T%)
ZnO A	28.03	50.66
ZnO B	20.40	61.66
ZnO C	16.56	81.87
ZnS A	23.01	49.21
ZnS B	19.42	68.14
ZnS C	16.16	81.76

Fonte: Autoria própria (2021)

#### 4 CONCLUSÃO

Em resumo, nanopartículas de ZnO e ZnS foram sintetizadas com sucesso pelo método solvotérmico e impregnadas nos tecidos de algodão sob diferentes concentrações de precursores, para a confecção de máscaras eficazes para a proteção contra o novo Coronavírus. Os padrões de DRX mostram que as amostras foram indexadas com estrutura hexagonal, com alta cristalinidade. Também demonstramos análise UV-Vis e ângulo de contato, evidenciando a presença das NPs nos tecidos.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a UTFPR pelo apoio financeiro e pela infraestrutura, ao grupo de pesquisa NanoQC, e ao Laboratório Multiusuário do Câmpus Londrina pelas análises realizadas.

#### REFERÊNCIAS

COLON, G.; WARD, B. C.; WEBSTER, T. J. **Increased osteoblast and decreased Staphylococcus epidermidis functions on nanophase ZnO and TiO<sub>2</sub>**. Journal of Biomedical Materials Research Part A, v. 79, n. 4, p. 963–73, 2006. Disponível em:



<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16948146>.

ETACHERI, V.; MICHLITS, G.; SEERY, M. K.; HINDER, S. J.; PILLAI, S. C. **A highly efficient TiO<sub>2</sub>-xCx nano-heterojunction photocatalyst for visible light induced antibacterial applications.** ACS Applied Materials and Interfaces, v. 5, n. 5, p. 1663–1672, 2013.

FARIAS, H. S. DE. **O avanço da Covid-19 e o isolamento social como estratégia para redução da vulnerabilidade.** Espaço e Economia, n. 17, p. 0–12, 2020.

GARCIA, L. P. **Uso de máscara facial para limitar a transmissão da COVID-19.** Epidemiologia e serviços de saúde: revista do Sistema Único de Saúde do Brasil, v. 29, n. 2, p. e2020023, 2020. HAMDI, M.; ABDELBAR, H. M.; ELMOWAFY, E.; et al. **Investigating the Internalization and COVID-19 Antiviral**

**Computational Analysis of Optimized Nanoscale Zinc Oxide.** ACS Omega, v. 6, n. 10, p. 6848–6860, 2021.

HE, R.; TSUZUKI, T. **Low-Temperature Solvothermal Synthesis of ZnO Quantum Dots.** Journal of the American Ceramic Society, v. 93, n. 8, p. 2281–2285, 2010.

JANAKI, A. C.; SAILATHA, E.; GUNASEKARAN, S. **Synthesis, characteristics and antimicrobial activity of ZnO nanoparticles.** Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, v. 144, p. 17–22, 2015. Elsevier B.V. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.saa.2015.02.041>.

KHANLARY, M. R.; REYHANI, A. **Growth temperature dependence of VLS-grown ultra-long ZnS nanowires prepared by CVD method.** Journal of Theoretical and Applied Physics, v. 12, n. 2, p. 121–126, 2018. Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40094-0180289-9>.

KHO, R.; TORRES-MARTÍNEZ, C. L.; MEHRA, R. K. **A simple colloidal synthesis for gram quantity production of water-soluble ZnS nanocrystal powders.** Journal of Colloid and Interface Science, v. 227, n. 2, p. 561–566, 2000.

KUMAR, R.; ANANDAN, S.; HEMBRAM, K.; NARASINGA RAO, T. **Efficient ZnO-based visible-light-driven photocatalyst for antibacterial applications.** ACS Applied Materials and Interfaces, v. 6, n. 15, p. 13138–13148, 2014.

KWAMBOKA, B.; OMWOYO\*, W.; OYARO, N. **Synthesis, characterization and antimicrobial activity of ZnS nanoparticles.** Indian Journal of Nanoscience, v. 4(2), 2016.

NI, Y.; YIN, G.; HONG, J.; XU, Z. **Rapid fabrication and optical properties of zinc sulfide nanocrystallines in a heterogeneous system.** Materials Research Bulletin, v. 39, n. 12, p. 1967–1972, 2004.

PADMAVATHY, N.; VIJAYARAGHAVAN, R. **Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles - An antimicrobial study.** Science and Technology of Advanced Materials, v. 9, n. 3, 2008.

RAI, M.; YADAV, A.; GADE, A. **Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials.**

Biotechnology Advances, v. 27, n. 1, p. 76–83, 2009. Elsevier Inc. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.09.002>.

SANTOS, M. T. **As diferenças e semelhanças entre outros coronavírus e o Sars-CoV-2.** Disponível em: <https://saude.abril.com.br/medicina/as-diferencas-e-semelhancas-entre-o-sars-cov2-e-outros-coronavirus>.

SAPSFORD, K. E.; PONS, T.; MEDINTZ, I. L.; MATTOUSSI, H. **Biosensing with luminescent semiconductor quantum dots.** Sensors, v. 6, n. 8, p. 925–953, 2006.

SATHISHKUMAR, M.; RAJAMANICKAM, A. T.; SAROJA, M. **Characterization, antimicrobial activity and photocatalytic degradation properties of pure and biosynthesized zinc sulfide nanoparticles using plant extracts.** Journal of Materials Science: Materials in Electronics, v. 29, n. 16, p. 14200–14209, 2018. Springer US. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10854-0189553-7>.

SATHISHKUMAR, M.; SAROJA, M.; VENKATACHALAM, M.; SENTHILKUMAR, M. **Antimicrobial activity of zinc sulphide nanoparticles and to study their characterization.** Elixir Electrical Engineering, v. 101, n. December 2016, p. 44118–44121, 2016.



- SIRELKHATIM, A.; MAHMUD, S.; SEENI, A.; et al. **Review on zinc oxide nanoparticles: Antibacterial activity and toxicity mechanism.** Nano-Micro Letters, v. 7, n. 3, p. 219–242, 2015. Springer Berlin Heidelberg. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s40820-015-0040-x>.
- DE SOUSA NETO, A. R.; DE FREITAS, D. R. J. **Use of face masks: Indications for use and handling during the covid-19 pandemic.** Cogitare Enfermagem, v. 25, p. 1–8, 2020.
- TESINI, B. L. **Coronavírus e Síndromes respiratórias agudas (COVID-19, MERS e SARS).** Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/casa/infecções/vírus-respiratórios/coronavírus-esíndromes-respiratórias-agudas-covid-19-mers-e-sars>.
- UEKI, H.; FURUSAWA, Y.; IWATSUKI-HORIMOTO, K.; et al. **Effectiveness of Face Masks in Preventing Airborne Transmission of SARS-CoV-2.** mSphere, v. 5, n. 5, p. 2–6, 2020.
- VANAJA, M.; RAJESHKUMAR, S.; PAULKUMAR, K.; et al. **Phytosynthesis and characterization of silver nanoparticles using stem extract of Coleus aromaticus.** International Journal of Materials and Biomaterials Applications, v. 3, n. 1, p. 1–4, 2013.
- WOROBAY, M.; PEKAR, J.; LARSEN, B. B.; et al. **The emergence of SARS-CoV-2 in Europe and North America.** Science, v. 370, n. 6516, p. 564–570, 2020.
- YAN, B.; MA, Q.; WANG, Y.; CHEN, J. **Synthesis, characterisation and antibacterial activity of ZnS–ZnO nanocomposites.** Materials Technology, v. 32, n. 5, p. 299–304, 2017.
- JIN, Y.; SONG, B.; JIA, Z.; ZHANG, Y.; LIN, C.; WANG, X.; DAI, S.; **Improvement of Swanepoel method for deriving the thickness and the optical properties of chalcogenide thin films.** Opt. Express 25, 440–451 (2017)