

# Nanocompósitos de Poliolefinas/Óxido de Zinco para Aplicações Antibacterianas

Gustavo de Oliveira e Souza<sup>1</sup>; Griselda Barrera Galland<sup>2</sup>

<sup>1</sup> - Aluno de graduação em Engenharia Química - UFRGS

<sup>2</sup> - Orientadora e professora do Instituto de Química - UFRGS

## Introdução

Recentemente, devido ao contínuo aumento da conscientização geral em relação a ameaças a saúde pública (i.e. bactérias, fungos e vírus), nota-se um avanço significativo no desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas a revestimentos e compostos antibacterianos e antimicrobianos. Surgindo como alternativa por serem, de modo geral, não-voláteis e quimicamente estáveis, nanocompósitos poliméricos de determinadas cargas ajudam a evitar contaminação de alimentos, água, e diversos equipamentos de uso industrial que podem ser comprometidos por microrganismos.

Compósitos são feitos de uma fase contínua (matriz polimérica) e uma fase descontínua (carga). A adição serve para aprimorar as propriedades mecânicas, térmicas ou elétricas do polímero matricial. Conseqüentemente, nanocompósitos são compósitos cuja carga incorporada na matriz polimérica possui uma ou mais dimensões na escala nanométrica.

O efeito antibacteriano do óxido de Zinco (ZnO) tem sido constatado por diversos pesquisadores ao longo dos anos contra bactérias Gram positivas e Gram negativas, apesar de haver maior resistência por parte das bactérias Gram negativas.

## Objetivo

O objetivo deste trabalho é sintetizar nanocompósitos de polietileno (PE) por polimerização in situ – a fim de obter uma melhor distribuição da nanocarga na matriz polimérica – e avaliar suas propriedades térmicas e, especialmente, avaliar sua atividade antibacteriana e antifúngica.

## Metodologia

As nanopartículas de ZnO utilizadas foram sintetizadas no Laboratório de Materiais Cerâmicos, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pelo grupo do professor Carlos Bergmann. O óxido de zinco nanométrico foi sintetizado por combustão em solução. Como reagentes foram utilizados nitrato de zinco, ácido aminoacético (glicina) e água deionizada. O procedimento experimental está representado na Figura 1.

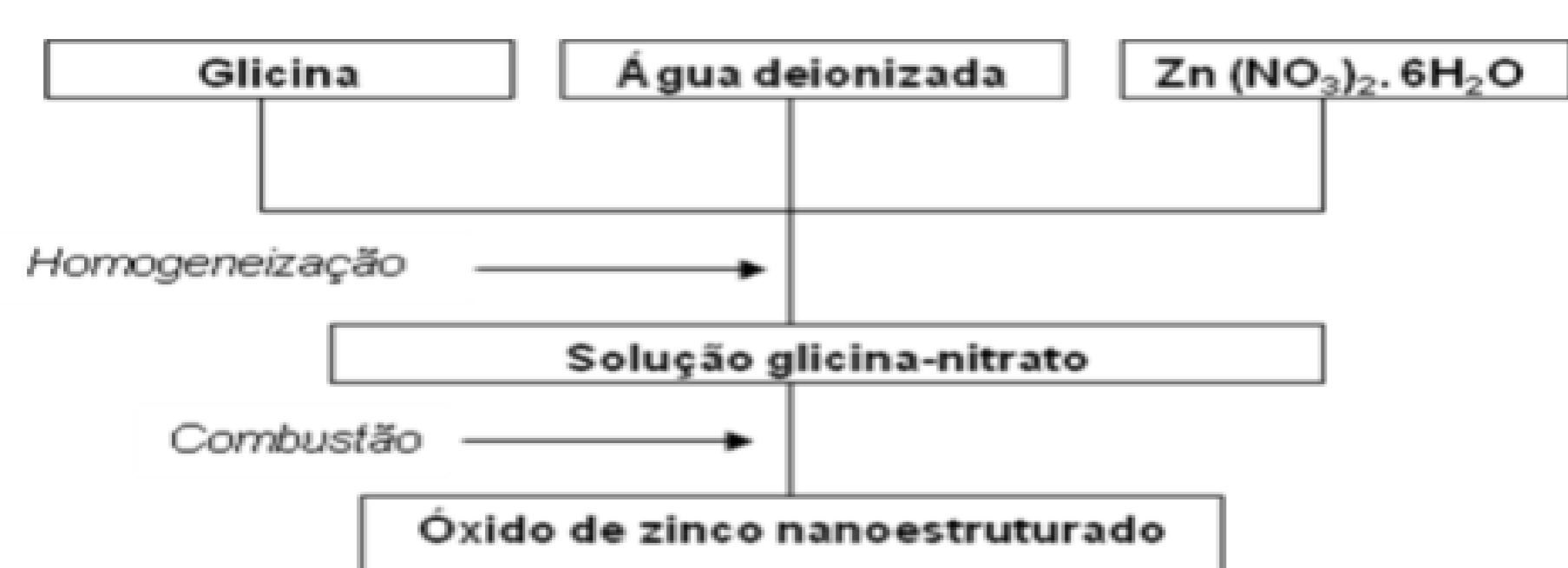


Figura 1. Fluxograma de obtenção do óxido de zinco nanométrico a partir de síntese por combustão em solução de glicina-nitrato em água.

Os nanocompósitos são obtidos por polimerização in situ em um reator PARR de 100 mL, a 40°C durante 30 minutos. O catalisador metalocênico utilizado é o Dicloreto de Zirconoceno (Cp<sub>2</sub>ZrCl<sub>2</sub>) na quantidade de  $4 \times 10^{-6}$  mol. MAO (Metilaluminoxano) é usado como catalisador na razão Al/Zr = 1000 e na lavagem da carga. As reações de polimerização são interrompidas utilizando-se acetona. O solvente utilizado é o tolueno seco. As reações ocorrem e os solventes e soluções são manuseados em atmosfera inerte de argônio.

Foram preparados quatro diferentes tipos de produto: nanocompósitos com 1% em massa de nanocarga (PEZnO 1%), 3% (PEZnO 3%), 5% (PEZnO 5%) e sem nanocarga (PEHomo). As reações ocorrem em um volume total de 50 mL – 2,4 mL correspondem ao MAO (2,3 mL no reator e 0,1 mL adicionado junto à carga) e o restante é constituído basicamente por tolueno. A adição dos reagentes se dá da seguinte forma:

- 1) Tolueno
- 2) MAO
- 3) Carga (ZnO)
- 4) Catalisador

Antes da adição de reagentes, o reator é pré-aquecido e resfriado a vácuo; em seguida, adiciona-se argônio ao reator fechado (mantém-se a entrada de argônio aberta durante a adição de reagentes). Após a adição dos reagentes, fecha-se a válvula de argônio; então, é aberta a válvula de etileno sob pressão controlada e liga-se o agitador. Depois de transcorridos 30 minutos a temperatura controlada de 40°C, o produto é retirado e imerso em acetona em agitação para interrupção das reações de polimerização.

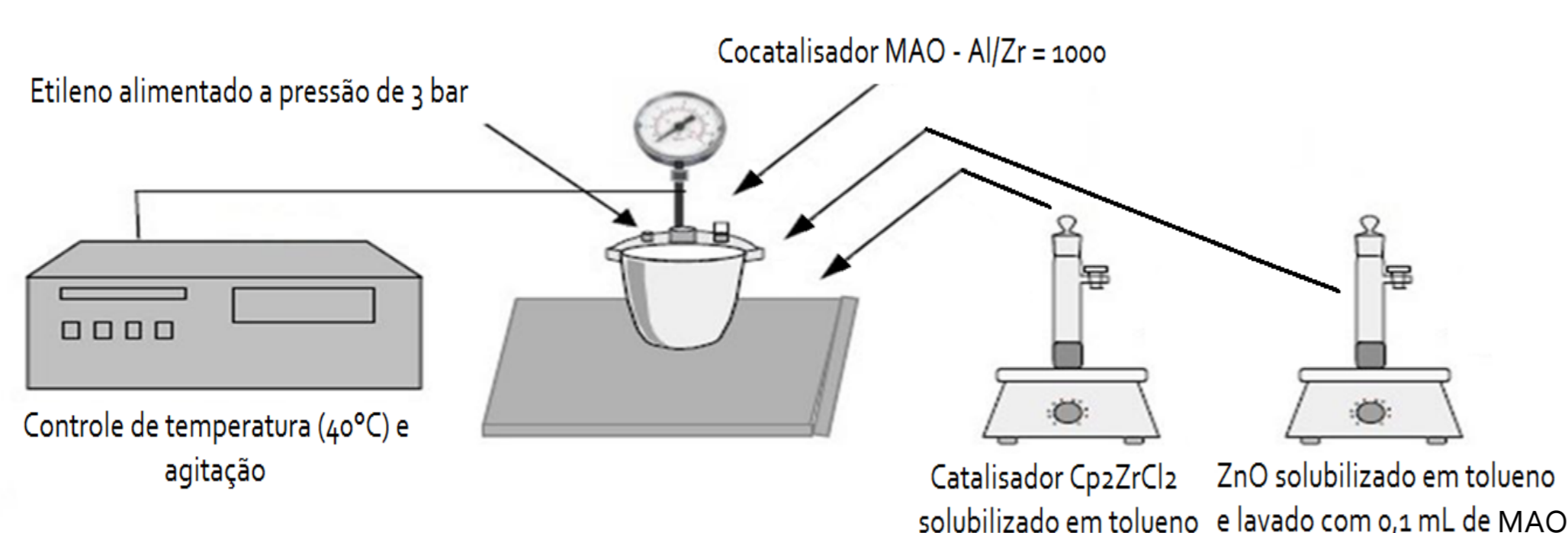


Figura 2. Esquema da reação de polimerização in situ

## Resultados

Na Tabela 1, constam os resultados das polimerizações para cada nanocompósito desejado. Nela constam também os resultados obtidos pela análise por Calorímetro Diferencial de Varredura (DSC).

Tabela 1. Resultados das polimerizações e da análise de DSC  
Rendimento (Rend); massa de ZnO (mZnO); atividade catalítica (A); percentual teórico de ZnO (%T ZnO); Temperatura de cristalização (Tc), Temperatura de fusão (Tm), Entalpia de fusão (ΔH<sub>m</sub>), Cristalinidade (Xc).

Nanocompósito	Rend (g)	mZnO (mg)	A (kgPE/molZr h bar)	%T ZnO (%)	Tc (°C)	Tm (°C)	ΔH <sub>m</sub> (J/g)	Xc (%)
PE Homo	8,56	0	142,6	0	117,3	129,2	128,2	44
PE ZnO 1%	6,23	74	95,33	1,29	120,4	130,8	168,9	57
PE ZnO 3%	6,28	218	93,8	3,87	119,4	131,3	164,4	56
PE ZnO 5%	7,81	361	195,3	4,62	118,9	131,0	186,9	64

Os rendimentos mantiveram-se próximos. Consta-se também que tanto as temperaturas de fusão e cristalização (apesar de manterem-se muito próximas) quanto a cristalinidade (calculada a partir do valor teórico de  $\Delta H_m = 293,9$  J/g) são maiores nos nanocompósitos do que no polímero puro.

Para analisar sua morfologia, as amostras foram submetidas à **microscopia eletrônica de varredura (MEV)**; ainda, foi analisada a nanocarga (ZnO) pura.

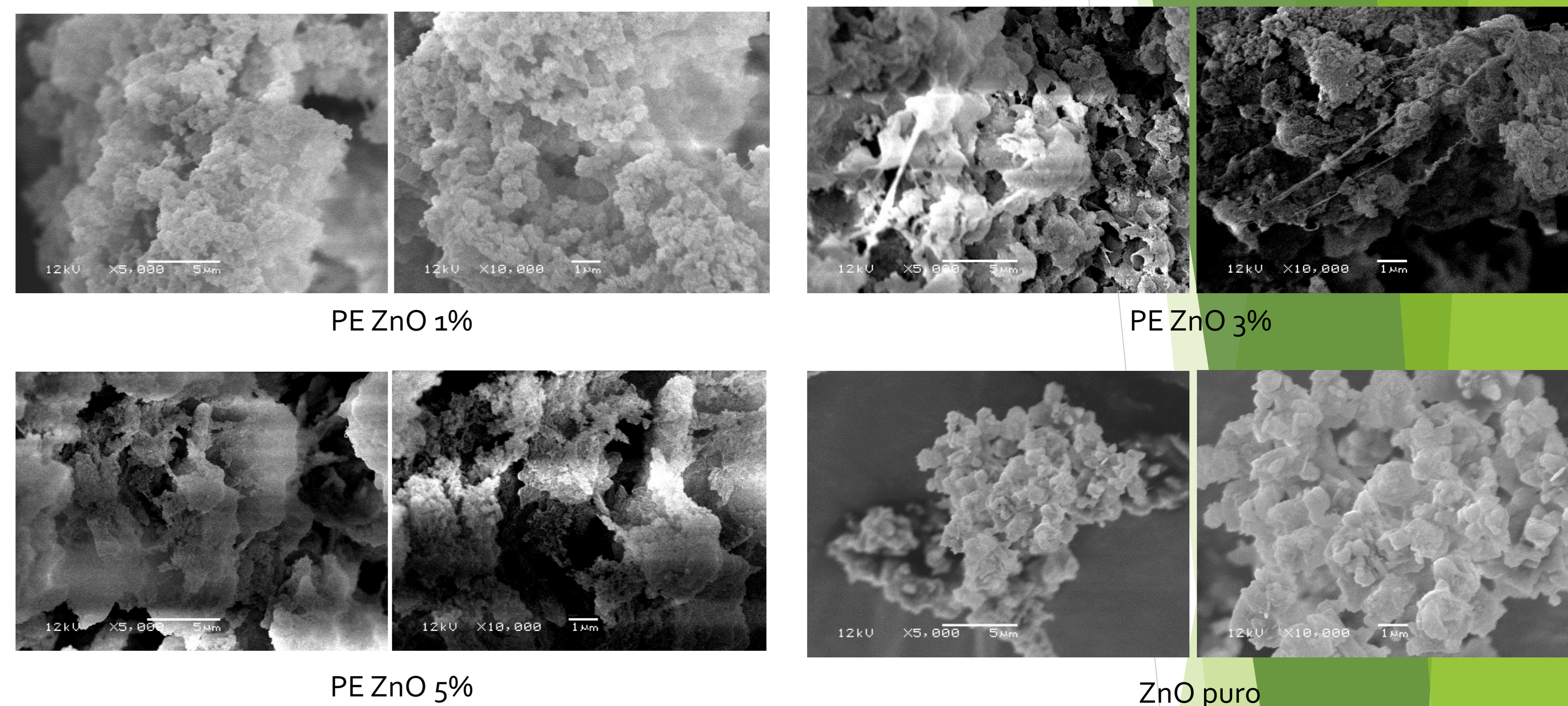


Figura 3. Imagens obtidas pela MEV com ampliação de 5000 e 10000 vezes, respectivamente

As imagens de MEV mostram que os nanocompósitos replicam a morfologia da carga (ZnO).

As amostras foram prensadas a 150°C em filmes, os quais foram enviados para serem testados contra a bactéria *Staphylococcus aureus* e *E. coli*.

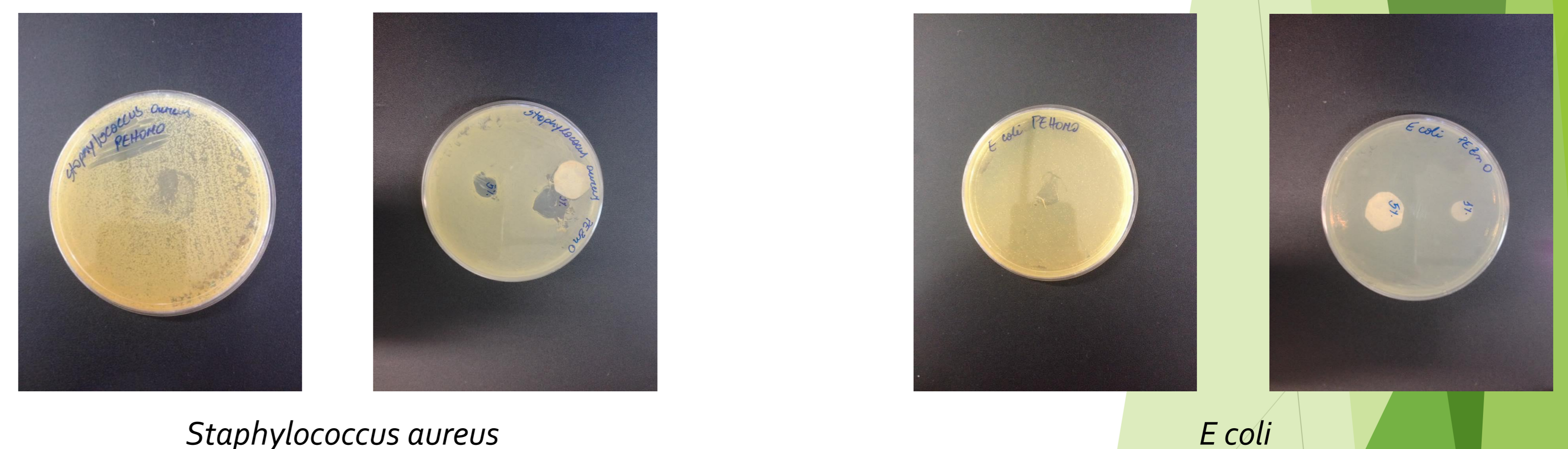


Figura 4. Comparação da atividade antibacteriana de PE Homo (esquerda) e PE ZnO 1% e PE ZnO 5% (direita) para ambas as bactérias

O teste apresentou resultados satisfatórios para ambas as bactérias ao revelar que não houve crescimento bacteriano embaixo dos filmes PEZnO 1% e PEZnO 5%, apesar do crescimento embaixo do filme PEHomo.

## Conclusões

O rendimento das polimerizações foram satisfatórios, os nanocompósitos PE/ZnO obtidos apresentaram propriedades térmicas satisfatórias. Além disso, o principal objetivo foi atingido: observar atividade antibacteriana tanto para bactérias Gram positivas (*Staphylococcus aureus*) e Gram negativas (*E. coli*).

## Referências Bibliográficas

- S. Chambhare, G. Lokhande, R. Jagtap, Effects of incorporated imine functionality and dispersed nano zinc oxide particles on antimicrobial activity synthesized by RAFT polymerization, *Polymer Bulletin*, **74**, pp.1421-1439, 2016.
- P. Espitia et al., Zinc Oxide Nanoparticles: Synthesis, Antimicrobial Activity and Food Packaging Applications, *Food and Bioprocess Technology*, **5**, pp.1447-1464, 2012.
- H. Roghani-Mamaqani, V. Haddadi-Asl, M. Salami-Kalajahi, In Situ Controlled Radical Polymerization: A Review on Synthesis of Well-defined Nanocomposites, *Polymer Reviews*, **52**, pp.142-188.
- J. Minick, A. Moet, E. Baer, Morphology of HDPE/LDPE blends with different thermal histories, *Polymer*, **36**, pp.1923-1932, 1995.