

Aplicação de Nanopartículas de Prata e Cobre no Desenvolvimento de Tinta em Pó à Base de Resina Poliéster com Propriedades Antibacterianas e Antifúngicas

Lucas Schappo Breis

153ª Defesa - 20 de dezembro de 2023

Membros da Banca Examinadora:

Profa. Dra. Andréa Lima dos Santos Schneider (Orientadora/UNIVILLE)

Prof. Dr. André Lourenço Nogueira (Coorientador)

Dra. Patrícia Zigoski Uchôa (NÓRIO NANOTECNOLOGIA)

Dra. Palova Santos Balzer (UNIVILLE)

RESUMO:

No Brasil, a produção de tintas aumentou significativamente em 2022, tornando o país um dos cinco maiores mercados de tintas do mundo. No entanto, o crescimento constante da indústria de tintas deve ser acompanhado por melhorias na eficiência dos seus produtos. Como alternativa, os nanomateriais desempenham um papel crucial na busca por aprimorar produtos, oferecendo características únicas, como propriedades antimicrobianas, catalíticas e magnéticas. Esses nanomateriais têm aplicações em diversas áreas, incluindo a indústria de tintas. As propriedades que as nanopartículas (Nps) possuem, dependem da sua morfologia e composição, tornando a síntese de Nps metálicas e semicondutoras essencial para diversas aplicações. As nanopartículas de prata (NpsAg) e nanopartículas de cobre (NpsCu) possuem destaque por suas propriedades antimicrobianas, podendo ser incorporadas em tintas, tornando-as ideais para ambientes sensíveis à contaminação, como hospitais e cozinhas industriais. Entretanto, como as tintas líquidas possuem solventes nocivos à saúde, opta-se na sua grande maioria em incorporar essas nanopartículas em tintas em pó (livres de solvente). Sendo assim, a presente dissertação concentrou-se em explorar o potencial das nanopartículas de prata e cobre como agentes antimicrobianos, incorporadas em resinas poliésteres, utilizadas em tintas em pó, visando melhorar a eficiência antimicrobiana, atendendo assim às necessidades de setores sensíveis à contaminação. O estudo foi dividido em quatro etapas: a primeira, consistiu em caracterizar as nanopartículas a fim de conhecer as suas estruturas e características de tamanhos; a segunda etapa referiu-se à produção das resinas poliésteres sem e com nanopartículas de cobre e prata; a terceira etapa, foi destinada à produção das tintas em pó com as resinas produzidas; e por fim, a quarta etapa consistiu em realizar ensaios destrutivos e microbiológicos na tinta já aplicada. Em relação à caracterização das nanopartículas, foi possível identificar no ensaio de MEV EDS que as NpsAg da Norio, apresentaram morfologias esféricas e triangulares, com dimensões de 39 a 96 nm, influenciadas pela presença de clusters de prata com diferentes formatos; já a amostra de prata da TNS, obteve uma morfologia tendendo apenas à esfericidade, com dimensões de 80 nm. Para as amostras de cobre, todas apresentaram morfologias tendendo à esfericidade, porém com tamanhos elevados (entre 170 e 185 nm). Na análise de espectrofotometria de UV-Vis, após 30 dias de descanso em prateleira, as amostras de prata obtiveram estabilidade com pico de 7 absorvância em 400 nm, como é de se esperar para as NpsAg. Já as NpsCu, apresentaram alta instabilidade, o que pode ser comprovado mediante constatação de corpo de fundo ao final da análise. No ensaio de DLS, as NpsAg da Norio e da TNS, obtiveram diâmetro hidrodinâmico médio de 128,64 nm. Em relação ao potencial zeta, os dados obtidos em UV-Vis foram comprovados, mostrando a estabilidade das NpsAg e a instabilidade das NpsCu. O

processo produtivo das resinas poliésteres sem e com incorporação de Nps ocorreu de forma controlada, com exceção da amostra com 1,5 % de NpsCu + Monoetilenoglicol (MEG) da TNS onde, foi necessário adicionar mais 40 g de ácido isoftálico para aumentar o índice de acidez, visto que, este estava bem abaixo do especificado pelo processo. A caracterização das resinas não apresentou diferenças significativas entre os produtos testados, com exceção da resina com 1,5 % de NpsCu + MEG (TNS), que obteve resultados inferiores quando comparado com as demais resinas. Pode-se perceber também que as resinas com NpsCu obtiveram uma coloração escura devido à adição do cobre; isso por sua vez, não seria ideal visto que, resinas devem ser límpidas para que não influenciem na cor final da tinta em pó produzida. A análise de TGA não obteve variação entre as resinas poliésteres com e sem Nps, ficando em torno de 400 °C o início da degradação. Para o ensaio de DSC, a Tg das resinas ficara em torno de 62 °C, com exceção das resinas com adição de NpsCu + MEG (TNS), que obtiveram Tg DE 56 °C. No ensaio de HPLC/GPC a ordem de grandeza da massa molar das resinas produzidas não apresentou variação significativa em função da adição das nanopartículas de prata e cobre. No ensaio de FTIR e Raman, pode-se observar as bandas características de uma resina poliéster que são: estiramento aromático do (C-H) em 3098 cm⁻¹ , estiramento simétrico do (-CH₂-) entre 2856-2942 cm⁻¹ , grupo alquino (O-H) em 2230- 2360 cm⁻¹ , estiramento éster (C=O) em 1716 cm⁻¹ , estiramento do anel aromático (C=C-C) em 1379 cm⁻¹ , estiramento do (O-C-C) em 1103 cm⁻¹ , estiramento do (C-O H) em 1097 cm⁻¹ , dobramento no plano aromático (C-H) em 996 e 873 cm⁻¹ , benzeno orto substituído em 742 cm⁻¹ . No que diz respeito à produção e caracterização das tintas em pó, todas elas apresentaram desempenhos similares no ensaio de granulometria (D90 de 103,5 µm). Nos ensaios destrutivos de névoa salina neutra e umidade saturada todas as amostras não apresentaram pontos de corrosão e empolamento (bolhas). Para o ensaio de impacto, todas as amostras apresentaram resistência de 200 kgf.cm⁻² , com exceção das tintas com NpsCu + MEG (TNS), que obtiveram valores de impacto inferior a 40 kgf.cm⁻² . No ensaio de flexibilidade por 8 mandril cônico, nenhuma amostra apresentou trincas, apenas as tintas com NpsCu + MEG (TNS). Em relação ao ensaio de intemperismo artificial com raios UV-A e UV-B, as tintas obtiveram baixas variações de cor e brilho, já a amostra com 1,5 % de NpsCu + MEG não obteve bons resultados, visto que, apresentou uma variação de cor e brilho de quase 90 %. Por fim, para o ensaio de resistência microbiológica, as tintas com 1,5 % de NpsAg da TNS e da Norio obtiveram eficácia em torno de 99,0 % para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Aspergillus niger*, *Talaromyces pinophilus* e *Cladosporium cladosporoides*. Já as amostras com NpsCu não apresentaram bons resultados, obtendo valores de resistência antimicrobiana em torno de 75,0 %, abaixo do requisito legal de 99,9 %. Além disso, seu desempenho térmico e mecânico é inferior ao das tintas com resinas poliéster sem ou com nanopartículas de prata. Já as nanopartículas de prata incorporadas em resina poliéster, fornecidas pelas empresas Norio e TNS, mostram um desempenho antimicrobiano superior quando comparado com as resinas sem nanopartículas e com nanopartículas de cobre (cerca de 99,0 %). As nanopartículas de prata obtidas por síntese química mantiveram uma morfologia mais uniforme e uma eficácia antimicrobiana aceitável, enquanto as produzidas por síntese verde apresentaram variação morfológica e menor eficácia.

Palavras-chave: antimicrobiano; nanopartículas de prata; nanopartículas de cobre; resina poliéster; tinta em pó.