

Síntese de nanopartículas de prata revestida com PMAA para o controle de larvas do *aedes aegypti*

Gisele Silva de Santana^{1,2,*}, Mariana T. Carvalho¹, Audrey Nunes de Andrade^{1,2}
Maria Alice Varjal de Melo-Santos³, Anderson S. L. Gomes¹

¹Departamento de Física, UFPE, Recife, PE, Brasil,

²Departamento de Química Fundamental, UFPE, Recife, PE, Brasil,

³Instituto Aggeu Magalhães, Recife, PE, Brasil.

*gisele_s@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Diversos agentes antimicrobianos foram desenvolvidos para curar e impedir doenças na higiene da saúde pública e na indústria biomédica [1]. Entre eles, as nanopartículas de prata (AgNP) foram aprovadas como promissores agentes antimicrobianos em virtude do seu potencial biocida efetivo e a não toxicidade para o ser humano [2].

As sínteses de nanopartículas de prata são bem compreendidas e inúmeras técnicas foram desenvolvidas levando a um controle sobre a forma e o tamanho dessas partículas [3]. Na maioria das sínteses de nanopartículas de prata é primordial a utilização de um reagente adicional de passivação superficial, incluindo moléculas de surfactantes e polímeros, para impossibilitar que as nanopartículas se agreguem dentro da suspensão líquida [4]. O uso de polieletrólitos para a redução da prata demonstra um benefício de atuar tanto como agente redutor quanto como agente estabilizador [3].

Dentre uma gama extensa de polieletrólitos encontrados na literatura científica, a utilização do Ácido Polimetacrílico (PMAA), propicia infinitos benefícios por causa das suas propriedades físicas e químicas, tais como a solubilidade na água e a capacidade de coordenação das nanopartículas metálicas [4].

A biocompatibilidade e a inocuidade do polímero PMAA tornam o ácido adequado para aplicação biomédica. Com todas essas características supracitadas, o emprego de nanopartículas de prata revestidas com PMAA vem a se tornar um promissor material para o controle vetorial do mosquito *Aedes aegypti* [5]. O *Aedes aegypti* é um dos mais importantes vetores de arbovírus para o homem, pois está envolvido na transmissão dos vírus Dengue, Chikungunya e Zika. Esta espécie atingiu o continente Americano após desenvolver grau significativo de sinantropia [6]. O *Aedes aegypti* está bem habituado aos ambientes urbanos, principalmente em localidades com problemas de abastecimento de água, infraestrutura e saneamento básico, como o Nordeste do país.

O uso de inseticidas químicos convencionais para o controle de larvas e mosquitos adultos promove a seleção de populações mais resistentes a alguns destes compostos [7]. Desta forma, a procura por novas substâncias com ações inseticidas e larvicidas são necessárias para garantir que esta estratégia de controle do mosquito continue sendo uma opção [5].

MATERIAIS E MÉTODOS

As nanopartículas de prata são induzidas por irradiação UV. A síntese (figura 1) consiste em adicionar 25 mL de solução de AgNO_3 0,5 mM a uma solução de 25 mL de PMAA 5 mM. Essa mistura é colocada sob agitação durante 5 minutos e posteriormente é posta sob irradiação UV durante 6 horas.

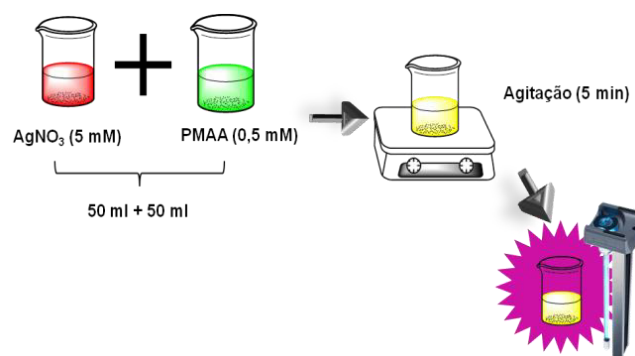


Figura 1: Síntese de nanopartícula de prata por irradiação UV durante 6 horas.

As nanopartículas foram caracterizadas para determinar o comprimento de onda através da espectroscopia na região ultravioleta e visível (UV-vis), imagens de microscopia eletrônica de transmissão (MET), imagens de microscopia óptica e tomografia de coerência óptica (OCT).

Após as caracterizações foram realizados os bioensaios no departamento de Entomologia/CPqAM-Fiocruz, Universidade Federal de Pernambuco.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As nanopartículas metálicas têm uma alta energia superficial, beneficiando termodinamicamente a agregação destas para a formação metal-metal. Esta agregação pode ser evitada com a inserção de estabilizadores formando uma camada auto-organizada que impedem a aderência. Desta forma é utilizado o polímero PMAA que possui uma grande afinidade pelas nanopartículas e uma cadeia orgânica longa que gera impedimento estérico suficiente para evitar interações entre as mesmas.

As amostras sintetizadas apresentaram uma coloração amarelada quando expostas a irradiação UV, por um tempo de reação de 6h, o que está associado com a excitação eletrônica. O pH da síntese deve permanecer constante em 8,4, pois a alteração deste para o meio ácido pode comprometer a eficiência do polímero para alcançar a redução da prata, bem como a estabilidade das partículas. O espectro de UV-vis (figura 2) apresentou um pico intenso em aproximadamente 430 nm, referente à ressonância dos plasmons da superfície dessas nanopartículas.

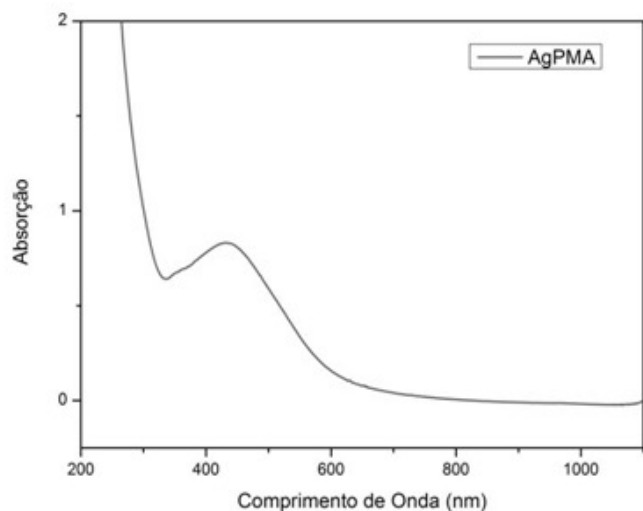


Figura 2: Espectro de absorção da síntese de nanopartícula de prata revestida com PMAA.

O diâmetro das nanopartículas foi determinado através da microscopia eletrônica de transmissão (figura 3), no qual obtivemos um tamanho de aproximadamente 9 nm. Desta forma, a estabilidade do sistema foi decorrente do fato de que as nanopartículas formadas permaneceram em suspensão e não se agregaram para a formação de partículas maiores.

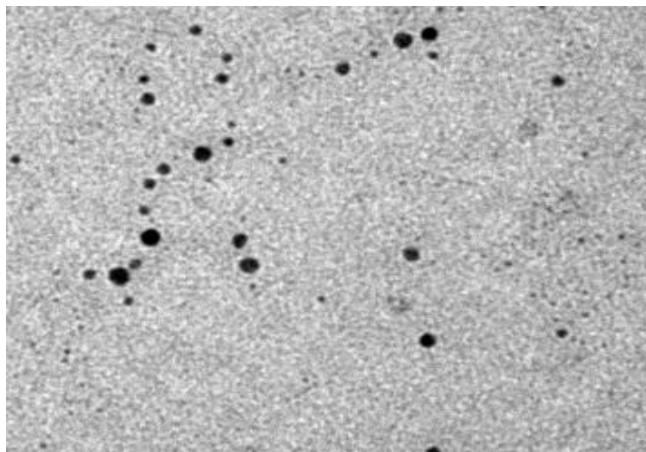


Figura 3: Imagem TEM para nanopartículas de prata com capa de PMAA.

Durante o bioensaio foi observado que a mortalidade das larvas depende do tempo de exposição das mesmas com as nanopartículas, bem como suas concentrações (tabela 3). Vinte larvas de *Aedes aegypti* em 4º estágio de desenvolvimento foram depositadas em recipientes contendo 100ml de água e diferentes volumes do nanolarvicida (figura 6). Após 24 horas, a quantidade de larvas é avaliada para analisar a eficiência da amostra.

Tabela 3: Mortalidade larval registrada em 24h. Cada amostra foi testada com 20 larvas de 4º estágio de desenvolvimento

Volume solução Nanopartícula (µl)	Concentração (mg/L)	AgPMA (%)
10	0,004	12,5
20	0,009	25
30	0,013	82,5
50	0,022	92
70	0,031	100
100	0,045	100



Figura 4: Bioensaios das larvas de *Aedes aegypti* em 4º estágio de desenvolvimento.

De acordo com os dados apresentados, nota-se que a amostra desta forma, para nanopartículas com diâmetro aproximadamente 10 nm, há uma especulação que a causa da morte das larvas é devido à penetração da prata na membrana larval.

Na sequência dos bioensaios, houve a coleta de algumas larvas controle (sem nanopartícula) e larvas com nanopartícula para a análise de microscopia óptica (figura 5 a,b).



Figura 5 (a): Imagens de microscopia óptica de larvas de *Aedes aegypti* controle (sem nanopartícula de prata).



Figura 5 (b): Imagens de microscopia óptica de larvas de *Aedes aegypti* com nanopartícula de prata.

Também foi analisado uma possível elucidação da morfologia da *Aedes* controle e morta pela presença de nanopartículas através da tomografia de coerência óptica (OCT). O OCT permite a observação de diferentes camadas da larva, com uma boa penetração da luz em seu tecido (Figura 6).

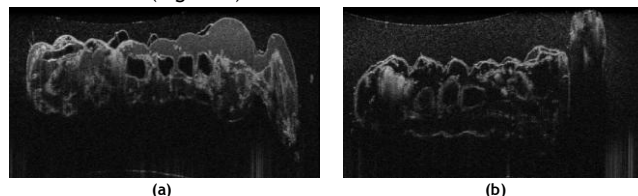


Figura 6: Imagens de OCT (a) da larva controle e de uma (b) larva com morte pelo AgPMAA.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo confirmam a atividade larvicida das nanopartículas de prata para o *Aedes aegypti*, que, juntamente com a facilidade e o baixo custo de sua produção, revelam o

grande potencial para o desenvolvimento tecnológico deste nanocompósito para controle de larvas.

REFERÊNCIAS

- Silver, S. "FEMS Microbio". *Rev.* 27, (2003), 341 - 353
- Kong, H., and Jang, J., "Antibacterial properties of novel Poly(methyl methacrylate) nanofiber containing silver nanoparticles", *Langmuir*, 24, (2008) 2051 - 2056
- Dubas, T. S., Kumlangdudsana, P., Potiyaraj, P., "Layer-by-layer deposition of antimicrobial silver nanoparticles on textile fibers", *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects* 289 (2006) 105-109
- Spadaro, D., Barletta, E., Barreca, F., Curro, G., "PMA capped silver nanoparticles produced by UV-enhanced chemical process", *Applied Surface Science* 255 (2009) 8403-8408.
- Sap-lam, N., Homklinchan, C., Larpudomlert, R., Warisnoicharoen., Sereemasapun, A. and Dubas, T. S., "UV irradiation-induced silver nanoparticles as mosquito larvicides", *Journal of applied sciences* 10 (23): (2010) 3132 - 3136;
- Gomes, C. A., "Medidas dos níveis de infestação urbana para *aedes aegypti* e *aedes albopictus* em programa de vigilância entomológica!", Departamento de Epidemiologia da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.
- Torres, S. M., Cruz, N. L. N., Rolim, V. P. M., Cavalcanti, M. I. A., Alves, L. C., Júnior, V. A. M., "Cumulative mortality of *Aedes aegypti* larvae treated with compounds", (2014)