

# Polarização plasmônica de superfície em nanopartículas de ouro

Prado, A. R.<sup>1,3</sup>; Oliveira, J. P.<sup>2</sup>; Keijok, W. J.<sup>2</sup>; Nogueira, B. V.<sup>2</sup>; Guimarães, M. C. C.<sup>2</sup>; Frizera Neto, A.<sup>1</sup>; Pontes, M. J.<sup>1</sup>; Ribeiro, M. R. N.<sup>1</sup>

1 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Laboratório de Telecomunicações - Labtel, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil

2 Laboratório de Ultraestrutura Celular - LUCCAR, CCS, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil

3 Instituto Federal do Espírito Santo, Serra, ES, Brasil

---

## Resumo

Atualmente a Ressonância de Plasmon de Superfície (SPR) vem proporcionando resultados significativos nas áreas de sensores e efeito fotônico. Um caso particular de SPR é a Ressonância de Plasmon de Superfície Localizada, porém ao invés de ocorrer sobre um filme metálico fino manifesta-se em NPAu, gerando assim um efeito localizado que é entendido como uma oscilação concorrente entre os elétrons livres no metal. Desse modo, a comunicação e transmissão de energia de uma nanopartícula para outra ocorre de forma mais eficiente quando maior for a interação de dipolo desses sistemas. Portanto, a adição de um componente que promova o aumento da interação das nanopartículas por dipolo gera elevação na absorvância desse sistema. Nesse trabalho foi explorado a interação que ocorrer entre NPAu e íons de sulfeto. Devido à alta capacidade de interação entre o enxofre e o ouro, as NPAu tornam-se mais coesas melhorando assim suas interações no sistema e, por consequência, aumentando a interação energética entre as nanopartículas. Tal comportamento apresenta características interessantes com relação a aplicação em sensores e dispositivos tecnológicos.

Keywords (Palavras chaves): plasmon, nanopartícula de ouro, sensores.

---

## 1. Introdução

O fenômeno estudado nesse trabalho pode ser observado de forma semelhante em nanopartículas de metais ouro, prata, cobre ou suas associações, havendo entre eles forte diferença com relação à resposta óptica gerada pela excitação de plasmon. Devido à facilidade de síntese e estabilidade, além da grande quantidade de trabalhos na literatura explorando as propriedades do ouro nessas aplicações, este material foi o metal explorado nesse estudo. Outros fatores que influenciam na ressonância são o tamanho, a forma e o meio dielétrico onde as nanopartículas estão inseridas. É interessante destacar que mudanças sensíveis no meio promovem significativas alterações na ressonância dessas estruturas, sendo esse um interessante mecanismo a ser usado como sensor [1].

Em situações onde as NPAu encontram-se livres e polarizadas é observado a Polarização por Plasmon de

Superfície (PPS), que ocorre devido o acoplamento de modos eletromagnética e de cargas livres sobre uma superfície metálica, formando assim dipolos nas duas superfícies de contato. A interação entre cargas livres coletivas sobre uma superfície de metal e os campos eletromagnéticos gera também um o campo evanescente que se propaga ao longo da superfície das nanopartículas [1].

Esse trabalho busca entender o efeito de polarização por plasmon em nanopartículas, pois consiste em um fenômeno com grande potencial para aplicação na construção de sensores.

## 2. Materiais e Métodos

O ácido tetracloroáurico ( $\text{HAuCl}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , Merk) foi usado como precursor das nanopartículas de ouro e o di-hidrato de citrato trissódico ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , Merk) foi usado como agente redutor. Todas as vidrarias e equipamentos foram higienizadas com uma solução de

água régia ( $\text{HCl}:\text{HNO}_3 / 3:1$ ) e lavadas com água deionizada.

Para preparar as NPAu pelo método da redução com citrato, o citrato trissódico foi adicionado à solução precursora de ouro em ebulição [2]. Em seguida a solução foi misturada na mesma temperatura até mudança de coloração para vermelho, e mantido em ebulição durante diferentes intervalos de tempo. As concentrações usados foram de  $2,5 \cdot 10^{-4}$  M para o precursor de ouro ( $\text{HAuCl}_4$ ) e  $3,0 \cdot 10^{-4}$  M do agente redutor ( $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ), sendo 15 minutos o tempo de síntese usado. Para verificar o efeito de polarização plasmônica foi usada uma solução de sulfeto de sódio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) na concentração de 0,1 M.

Para caracterização da amostra obtida foi um espectrofotometria de UV-Vis (FEMTO 800 XI) e o tamanho e morfologia das nanopartículas foram examinadas por microscopia eletrônica de transmissão (JEOL, JEM1400).

### 3. Resultados e Discussão

Nesse trabalho foi sintetizado nanopartículas com morfologia esférica, como tais sistemas não são esferas perfeitas a própria irregularidade superficial contribui para a formação de acúmulos de carga diferenciada ao longo de toda NPAu. A seguir é apresentada uma imagem em MET da amostra sintetizada antes da manifestação do efeito de polarização.

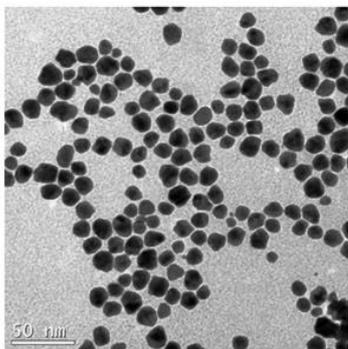


Figura 1: Imagem de micrografia eletrônica de transmissão (MET) das nanopartículas de ouro antes da adição de sulfeto.

A figura a seguir mostra o efeito de aglutinação provocado pela adição de sulfeto ao sistema, para isso foram adicionados 0,5 mL de uma solução previamente preparada. Tal efeito ocorrer devido a forte

força de ligação entre o ouro e os íons de enxofre. Sendo esse feito já comprovado na literatura. Outra característica interessante é a carga presente no íon fato que motiva a conexão do mesmo a mais de uma NPAu simultaneamente, favorecendo o processo de polarização e comunicação energética entre as nanopartículas [3]. A figura a seguir mostra o efeito de aglutinação e comunicação energética entre as NPAu.

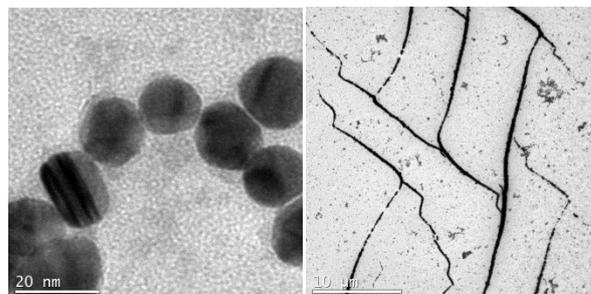


Figura 2: Imagem de micrografia eletrônica de transmissão (MET) das nanopartículas de ouro conectadas devido ao efeito de Polarização de Plasmon de Superfície.

### 4. Conclusão

Esse trabalho mostra uma forma simples de sintetizar nanopartículas de ouro e o comportamento elétrico desses sistemas em ambiente onde é privilegiada a Polarização por Plasmon de Superfície. Tal fenômeno foi provocado pela adição de íons de sulfeto, que apresentam grande interação química com as NPAu. O entendimento desse fenômeno é de grande importância para a construção de dispositivos tecnológicos como sensores e células solares.

### 5. Agradecimentos

Esse trabalho teve suporte da Petrobras S.A., Ministério da Ciência e Tecnologia (CNPq 483036/2011-0 Grant), o Ministério da Educação (MEC-PROEXT Grant 04/2011) e do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCTI / FINEP / CT-INFRA PROINFRA conceder 01/2006). Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES concessão 018/2012).

### 6. Referências

- [1] Tinguely, J., C., Sow, I., Leiner, C., Grand, J., Hohenau, A., Felidj, N., Aubard, J., Krenn, J. R. *BioNanoScience*, v 1, p. 128–135, 2011.
- [2] Zhao, P., Li, N., Astruc, D. *Coordination Chemistry Reviews*, v. 257, p. 638-665, 2013.
- [3] Huang Y.; Kim D. H. *Nanoscale. Res. Letters*, v. 3, p. 3228-23, 2011.