

MODELO GLOBAL PARA PLASMAS EM BAIXA PRESSÃO

Sarah Helem Tschá¹, Júlia Karnopp,² Julio César Sagás³

¹ Acadêmica do Curso de Licenciatura em Física CCT - PROBIC/UDESC

² Acadêmica do Curso Mestrado em Física – CCT

³ Orientador, Departamento de Física CCT – julio.sagas@udesc.br

Palavras-chave: Modelo Global. Plasma.

Plasma é usualmente definido como um gás ionizado, contudo, todo gás possui certa quantidade de ionização. Uma definição mais formal impõe que este gás ionizado seja quase neutro, ou seja, que a densidade de cargas positivas seja aproximadamente igual à densidade de cargas negativas. Como consequência, plasmas apresentam comportamento coletivo, blindado perturbações eletromagnéticas. De modo que uma das exigências para que um gás ionizado possa ser considerado um plasma é que a distância na qual estas perturbações são blindadas (comprimento de Debye) seja muito menor que as dimensões características do sistema [1]. A tecnologia de plasmas é utilizada em diversos processos de tratamentos de superfícies, catálise de reações químicas, dentre outras aplicações.

Os parâmetros que caracterizam um plasma, como temperatura (T_e) e densidade eletrônica (n_e), são de difícil medição, especialmente em sistemas voltados para aplicações tecnológicas. Logo, a compreensão dos fenômenos que ocorrem em um plasma é facilitada com o uso de modelizações, pois, com elas é possível ter domínio dos valores relacionados às grandezas presentes bem como seus parâmetros [2].

Um dos tipos de modelizações mais utilizados em plasma é o modelo global. Este é um modelo de volume médio, de modo variações espaciais. Suas equações derivam da teoria dos fluidos, onde podem ser encontradas as equações de balanço de partículas (1) e do balanço de energia (2)

$$\frac{dn_i}{dt} = \frac{Q}{V} - k_{bomb}n_i + \sum_l k_{li}n_en_l - \sum_m k_{im}n_en_i + \sum_{r,t} k_{rt}n_rn_t - \sum_j k_{ij}n_in_j \pm k_{diff}n_i \quad , (1)$$

$$\frac{dw_e}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{3n_e k_B T_e}{2} \right) = \frac{P_{abs} - P_p}{V} = \frac{P_{abs} - (P_c + P_+ + P_-)}{V} \quad (2)$$

A equação (1) relaciona o ganho e perda de partículas da espécie i devido a colisões e difusão, sendo n a densidade da espécie e k a constante de reação específica para cada tipo de processo. O índice e se refere a elétrons e demais índices a espécies pesadas (íons, átomos, radicais e moléculas). A equação (2) apresenta o ganho e perda de energia por colisões, difusões e a potência fornecida para o sistema (P_{abs}). Sendo P_c a potência perdida em colisões, P_+ a potência transferida dos íons para as paredes e P_- a energia transferida dos elétrons para as paredes. Na equação (2), V é o volume do plasma e k_B é a constante de Boltzmann.

Para a construção da modelização do plasma foi considerado uma descarga indutiva (ICP – *inductively coupled plasma*) em argônio, considerando 6 espécies: argônio no estado fundamental, argônio ionizado, três estados metaestáveis do argônio [3] e elétrons. Ao todo, 19 reações entre as espécies foram consideradas [4]. O reator considerado é de formato cilíndrico. A distribuição de elétrons é Maxwelliana. Os parâmetros de saída que podem ser analisados são as densidades de todas as espécies envolvidas, temperatura de elétrons, energia interna e densidade de elétrons.

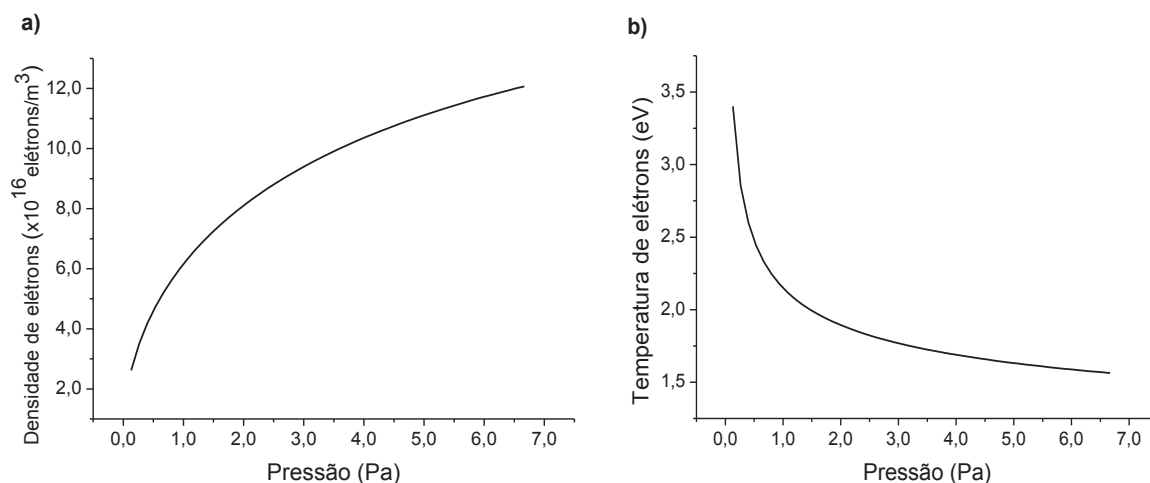


Figura 1: Variação da densidade eletrônica (a) e da temperatura de elétrons (b) em função da pressão.

Na Figura 1a é visível o aumento da densidade de elétrons com a pressão. O aumento da densidade ocorre devido ao aumento da densidade do gás, resultando em um maior número de colisões ionizantes. Esta maior taxa de ionização acarreta na diminuição da temperatura eletrônica, como pode ser visto na Figura 1b. Como a geração de elétrons se torna mais eficiente com o aumento da pressão, a temperatura não precisa ser tão alta para sustentar as perdas.

Referências

- [1] TONELI, David Arruda. A volume averaged global model study of oxygen discharges – formation and annihilation of the singlet molecular metastables and effects of the electron energy distribution function. 2016. 93f. Tese de doutorado em Física de Plasmas – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- [2] PESSOA, Rodrigo Sávio. Estudos de plasmas fluorados aplicados em corrosão de silício usando simulação de modelo global e diagnósticos experimentais. 2009. 229f. Tese de doutorado em Física de Plasmas – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- [3] LEE, Min-hyong; JANG, Sung-ho; CHUNG, Chin-wook. Physics Of Plasmas, [s.l.], v. 13, n. 5, p.053502, maio 2006. AIP Publishing. <http://dx.doi.org/10.1063/1.2193535>.
- [4] ASHIDA, Sumio; LEE, C.; LIEBERMAN, M. A. Journal Of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films, [s.l.], v. 13, n. 5, p.2498-2507, set. 1995. American Vacuum Society. <http://dx.doi.org/10.1116/1.579494>.