

Título do trabalho: Propulsor a Plasma

Projeto: Modelagem e Simulações Multiescala em Plasma - **Código COCEPE:** 4464

Orientador: Joel Pavan

No âmbito da tecnologia aeroespacial, os dispositivos de propulsão têm como objetivo básico promover a troca de momento linear ou angular entre um veículo e seu propelente, visando como resultado que este veículo sofra algum tipo de força e assim o possibilite cumprir determinada tarefa. Para viabilizar esse mecanismo de troca de momento, o propelente tem que adquirir energia e assim ser acelerado a uma determinada velocidade de exaustão. Entre as principais técnicas de propulsão, como a propulsão química e a propulsão nuclear térmica, está a propulsão elétrica, ou de maneira geral, *propulsão a plasma*. A propulsão a plasma utiliza-se de arranjos de campos eletromagnéticos para realizar a aceleração do propelente até a velocidade de exaustão final.

Como no sistema químico, a propulsão elétrica se baseia na lei de conservação de momento: uma força, chamada empuxo, é exercida sobre um veículo espacial através da ejeção de matéria com elevada energia cinética. Um aspecto distinto na propulsão elétrica é que as elevadas velocidades de exaustão do propelente são alcançadas porque uma elevada quantidade de energia, armazenada *externamente*, pode ser transferida para o propelente. Uma elevada velocidade de ejeção diretamente se traduz em um baixo consumo de propelente para uma dada manobra. A economia de massa de propelente é a principal vantagem da propulsão elétrica em relação à propulsão química, para a qual a aceleração se origina na conversão de energia química em energia cinética através de um processo de expansão. Outras vantagens de um sistema de propulsão elétrica são o longo tempo de operação e flexibilidade. A atual desvantagem da propulsão elétrica é seu nível bastante baixo de empuxo, o qual está relacionado à limitação da fonte de potência.

As tecnologias de propulsão elétrica podem ser divididas em três categorias abrangentes, de acordo com a forma com que o empuxo é gerado: propulsão eletrotérmica, eletrostática e eletromagnética. Esses grupos englobam numerosas abordagens e dispositivos que cobrem uma vasta gama de características e performances. Atualmente a propulsão elétrica apresenta uma variedade de tecnologias bem estabelecidas para a movimentação de satélites e espaçonaves. O desenvolvimento da propulsão elétrica remonta aos anos 1960, com o surgimento de fontes de plasma capazes de produzir correntes elevadas. As primeiras demonstrações da propulsão elétrica no espaço ocorreram em 1964 e foram alcançadas com um motor iônico a bordo do *Space Electric Rocket Test* (SERT-1) e com um propulsor pulsado a plasma (PPT) a bordo do satélite *Soviet Zond-2*. Desde então, a rápida evolução na tecnologia de propulsão elétrica tornou possível o aparecimento de novos conceitos na área. Propulsores a plasma têm sido desenvolvidos em todo o mundo e centenas desses propulsores têm sido operados em satélites e sondas de exploração espacial.

O presente trabalho, em sua parte inicial, contempla uma revisão da literatura sobre as diferentes formas conhecidas de gerar propulsão a plasma, os *designs* e princípios de funcionamento de dispositivos em operação e em desenvolvimento, seu uso específico em satélites e sondas espaciais, bem como sobre a formulação matemática e simulações computacionais dos processos físicos envolvidos.

Referências

- [1] João Henrique Campos de Souza. Estudo da dinâmica de partículas em um propulsor a plasma do tipo Hall com ímãs permanentes, 2006. Dissertação. Universidade de Brasília.
- [2] Georg Herdrich Dillon O'Reilly and Darren F. Kavanagh. Electric propulsion methods for small satellites: A review. *Aerospace*, 8(22), 2021.
- [3] F. Taccogna et al. Kinetic simulations of a plasma thruster. *Plasma Sources Science and Technology*, 17(024003):16, 2008.
- [4] Mirko Magarotto et al. Numerical model of a helicon plasma thruster. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 48(4), 2020.
- [5] W. Andrew Hoskins et al. 30 years of electric propulsion flight experience at Aerojet Rocketdyne. *The 33rd International Electric Propulsion Conference, The George Washington University, USA*, (IEPC-2013-439), 2013.
- [6] Benjamin Jorns Ethan Dale and Alec Gallimore. Future directions for electric propulsion research. *Aerospace*, 7(120), 2020.
- [7] Lui Txai Calvoso Habl. Investigação de um propulsor iônico modificado operando como uma fonte de elétrons, 2016. Monografia. Universidade de Brasília.
- [8] Robert G. Jahn. Electric propulsion. *American Scientist*, 52(2):207–217, 1964.
- [9] Matheus Araújo Aguilár. Estudo da dinâmica do plasma em propulsores do tipo Hall, 2019. Dissertação. Universidade de Brasília.
- [10] Stéphane Mazouffre. Electric propulsion for satellites and spacecraft: established technologies and novel approaches. *Plasma Sources Science and Technology*, 25(033002):27, 2016.