



Desenvolvimento de um Propulsor de Plasma Pulsado com Impulso Específico Variável

Intini Marques, R.¹, Nogueira, J.L.¹

Aluno de Doutorado do curso de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia Espaciais

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

rodrigo.intini@inpe.br

jefferson.nogueira@inpe.br

Resumo. Propulsores elétricos utilizam forças de natureza elétrica para acelerar o propelente e produzir empuxo. Propulsores de plasma pulsado são propulsores elétricos para satélites e sondas espaciais que utilizam essas forças para acelerar o propelente a velocidades até dez vezes maiores do que propulsores químicos convencionais e podendo consumir até dez vezes menos propelente. A proposta deste trabalho é o estudo e o desenvolvimento de um PPT com o impulso específico variável. O resultado esperado é a possível mitigação da ablação tardia e o aumento do empuxo do propulsor.

Palavras-chave: Propulsor de plasma pulsado; Impulso variável; Ablação tardia.

1. Introdução

A construção e o lançamento de satélites artificiais começou na década de 1950 com o início dos programas espaciais, americano e soviético. Os soviéticos foram os primeiros a colocar um satélite artificial em órbita ao redor da Terra (o *Sputnik I*) em 4 de outubro de 1957 (INPE, 1999). O termo “satélite artificial” pode ser definido como sendo um sistema modular, construído pelo homem, e que pode orbitar a Terra ou algum outro planeta e, em geral, manter velocidade e altitude constantes. O controle da velocidade e da altitude é realizado através do acionamento dos propulsores acoplados aos satélites artificiais. Esses propulsores podem ser do tipo, bipropelente líquidos, monopropelentes, nucleares e elétricos. Propulsores elétricos utilizam forças de natureza elétrica para acelerar o propelente e produzir empuxo (Jahn, 1968). Propulsores de plasma pulsado são propulsores elétricos para satélites e sondas espaciais que utilizam forças de origem elétrica para acelerar o propelente a velocidades até dez vezes maiores do que propulsores químicos convencionais e, portanto, podem consumir até dez vezes menos propelente. Isto permite que o veículo seja mais leve, que se carregue mais carga útil ou que o tempo da missão possa ser aumentado ou ainda que o alcance da missão possa ser aumentado (FIN, 2014). Este trabalho propõe a realização de pesquisas em propulsão de plasma pulsado com o objetivo de avançar o estudo de propulsores de dupla descarga com descargas em alta frequência para mitigação dos efeitos da ablação tardia e aumento de impulso específico ou ainda pesquisas que envolvam novos tipos de propulsores de plasma pulsados que permitam a variação do impulso específico. Um propulsor de plasma pulsado (PPT) básico é composto pelos componentes representados na figura 1.

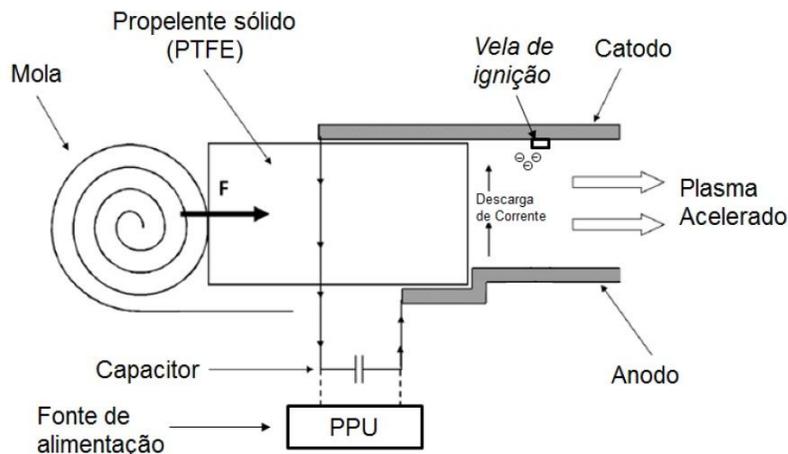


Figura 1: Diagrama básico de um propulsor de plasma pulsado
fonte: Intini Marques (2009) adaptado por MARIN (2014)

O mecanismo de funcionamento de um ppt básico é representado pela seqüência demonstrada na figura 2

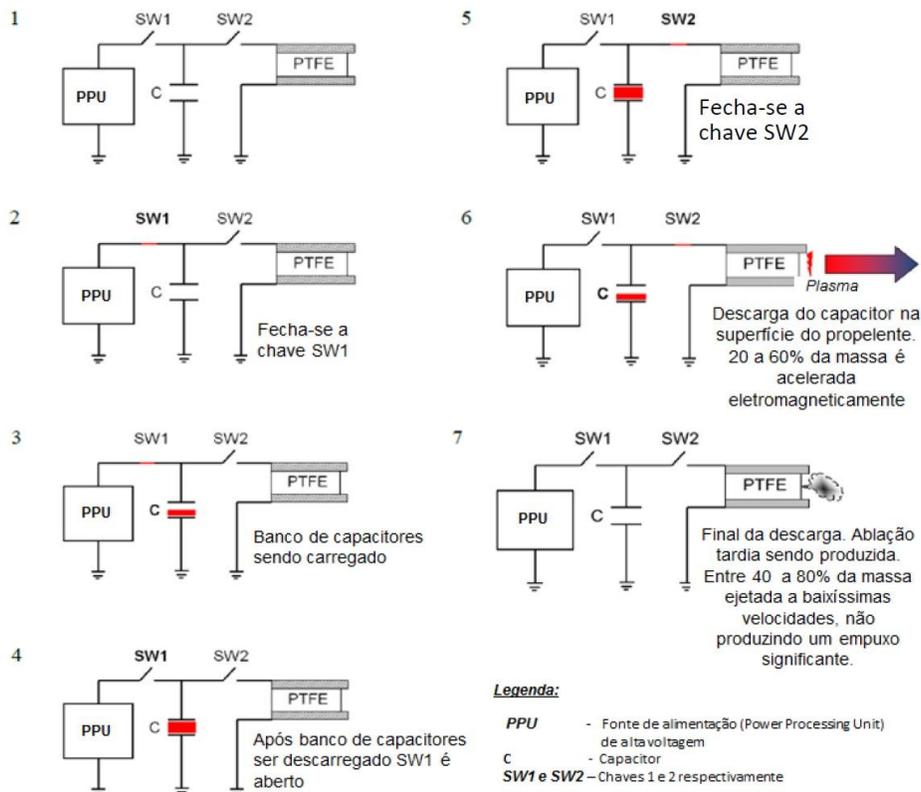


Figura 2: Mecanismo de carga e descarga de um ppt básico
fonte: Intini Marques (2009) adaptado por MARIN (2014)

No mecanismo demonstrado na figura 2 e após o carregamento do capacitor, uma chave é acionada para fechar o circuito que descarregará o capacitor (passo 5). A ignição ocorre com a



liberação da descarga elétrica sobre um eletrodo do tipo vela de ignição, liberando assim uma pequena quantidade de plasma (plasma inicial). Este plasma inicial ativa uma descarga elétrica de alta corrente de curta duração nos eletrodos. Essa descarga elétrica atravessa a superfície exposta do propelente entre os eletrodos provocando ablação e ionização de uma fração do propelente gerando gases não ionizados e plasma. O plasma é ejetado por meio da força eletromagnética (força de Lorentz), e os gases não ionizados são acelerados pelos gradientes de pressão. Porém, 40% a 80% da massa ejetada não contribui no impulso específico devido às baixíssimas velocidades (MARIN, 2014). Existe uma fração do propelente que sublima uns instantes após a ionização, conhecida como ablação tardia. Uma pesquisa sobre a ablação tardia foi tema de tese que resultou em um PPT de dupla descarga. Uma seqüência apresentada na figura 3 demonstra o funcionamento proposto pelo PPT de dupla descarga.

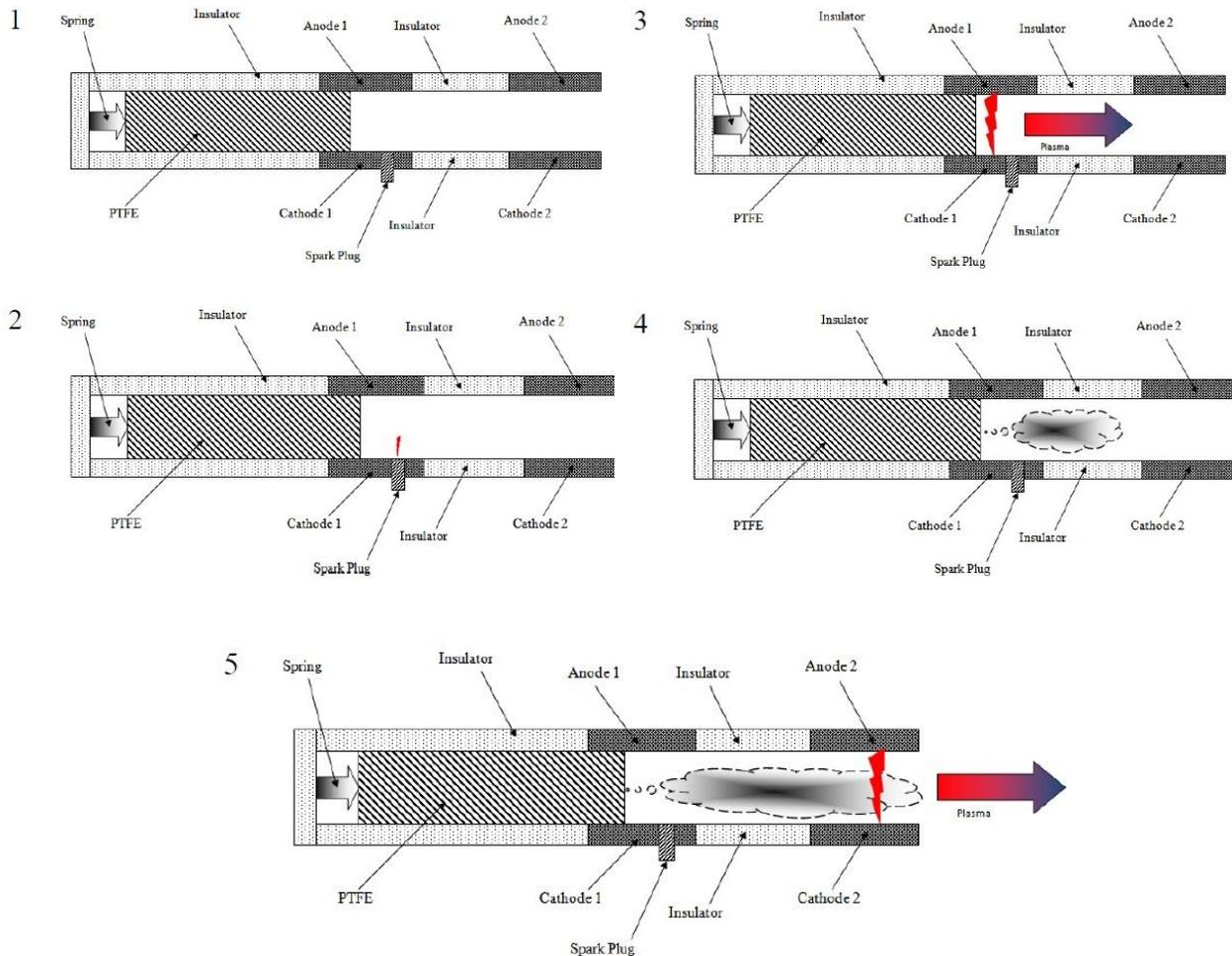


Figura 3: esquema da seqüência de descarga do TS-PPT
Fonte: Intini Marques (2009)



O esquema apresentado na figura 3, até o (passo 3) o mecanismo funciona semelhante a um PPT básico. O (passo 4) representa a formação de ablação tardia. Essa fração de massa ejetada alcança o segundo eletrodo que ioniza e acelera o gás na forma de plasma (Intini Marques, 2009).

2. Metodologia

O fenômeno de ablação tardia direcionou este trabalho para o estudo de novos tipos de propulsores de plasma pulsados que permitam a variação do impulso específico e a mitigação dos efeitos da ablação tardia e aumento de impulso específico ou ainda o empuxo variado. Um diagrama esquemático de uma proposta de PPT é apresentado na figura 4. O mecanismo desta proposta é composto de três estágios específicos. O primeiro é o estágio de sublimação do propelente PTFE. O gás produzido é confinado na câmara de sublimação e liberado através de uma válvula eletromagnética. Esse processo deve ser sincronizado com a descarga elétrica (Anodo 1) que tem a função de ionizar o gás liberado produzindo o plasma. Esse processo faz parte do segundo estágio. O terceiro estágio é a aceleração do plasma através do anodo 2.

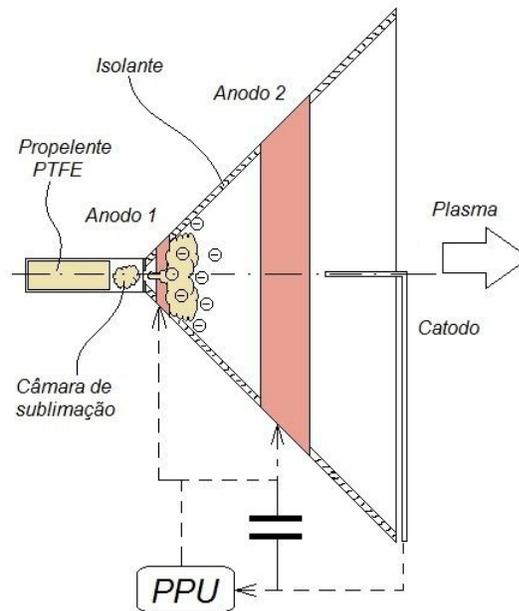


Figura 4: diagrama

um PPT
Fonte: Autor

esquemático de

3. Resultados e Discussão

Esperam-se, com esse estudo, os resultados possíveis de alcançar, tais como, a mitigação da ablação tardia através da câmara de sublimação, um aumento do impulso específico, um empuxo variável devido ao controle de ejeção de massa de propelente através da válvula eletromagnética. A geometria desse PPT proposto é um cone de material isolante elétrico



dotado de um anel metálico interno (Anodo 2) e uma haste fixada em três pontos da borda externa do cone (Catodo) é representada na figura 5.

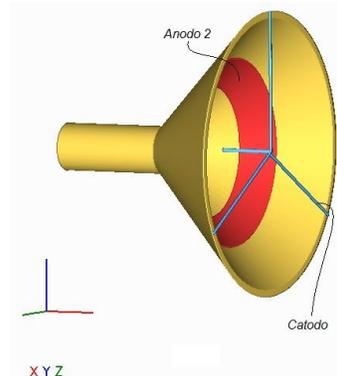


Figura 5: Geometria da proposta de um PPT cônico

Fonte: Autor

Os mecanismos que compõem os estágios 1 e 2 do PPT proposto são os dispositivos em estudo que devem estar sincronizados quando forem acionados.

4. Referências

- [1] Intini Marques, R., "A Mechanism to Accelerate the Late Ablation in Pulsed Plasma Thrusters", tese de doutorado, University of Southampton, Southampton – Reino Unido, 2009.
- [2] ANSELMO, M. R., "Desenvolvimento de uma balança de empuxo para propulsores elétricos", dissertação de mestrado, INPE, Cachoeira Paulista/SP, 2017.
- [3] MARIN, L.F.C., "Análise do desempenho de um propulsor a plasma pulsado de dupla descarga através da variação da distribuição de energia entre os seus dois estágios", dissertação de mestrado, INPE, Cachoeira Paulista, 2014.
- [4] FIN, P., "Influência da geometria dos eletrodos secundários no desempenho de um propulsor de plasma pulsado de dois estágios", dissertação de mestrado, INPE, São José dos Campos, 2014.
- [5] Jahn, R. G., "Physics of Electric Propulsion," McGraw-Hill, New York, 1968
- [6] INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Portal de Acesso à Informação**. 1999a. Disponível em: <<http://www.inpe.br/acessoainformacao/node/422>>.