

Co-financiado por:



**Designação do Projeto** | PlasMa - Teoria e simulação avançada de plasmas relevantes para aplicações energéticas

**Código do projeto** | M1420-01-0145-FEDER-000016

**Objetivo Principal** | ☐ Reforçar a Investigação, o Desenvolvimento Tecnológico e a Inovação

**Região de intervenção** | NUTS PT3 Madeira - Região Autónoma da Madeira

**Entidade beneficiária** | Universidade da Madeira

**Data de aprovação** | 06-06-2019

**Data de início** | 01-01-2019 **Data de conclusão** | 31-12-2022

**Custo total elegível** | ☐ 1.401.203,90€ **Apoio Financeiro da União Europeia (FEDER)** | 1.401.203,90€

**Comparticipação da Universidade da Madeira (15%)** | 210.180,59€

**Descrição da Operação:** O Projeto PlasMa irá contribuir para o desenvolvimento e reconhecimento da investigação em ciência e tecnologia de plasmas com aplicações energéticas a nível internacional e por conseguinte irá tornar a Região reconhecida pela investigação realizada nessa área, através da publicação de artigos científicos nas mais importantes revistas internacionais da área e pela colaboração, já em curso, em projetos de IDT+I com parceiros de excelência internacionais.

O projeto é dedicado à investigação de duas formas de descargas de gás em gases a alta pressão, que constituem sub-projetos de I&D:

## **Sub-projeto Arco: interação plasma-elétrodos em descargas de arco de alta pressão, incluindo a erosão dos eletrodos**

### **Objectivo**

- Desenvolver uma ferramenta rápida, robusta e precisa para a modelização de descargas de arco de alta pressão considerando a interação plasma-elétrodo de forma autoconsistente.

### **Ações específicas a realizar**

- Refinamento das condições fronteira que descrevem a troca de energia entre a região catódica e o volume do arco, sem introduzir uma estrutura mais complexa da região do arco próxima ao cátodo;
- Garantir um acoplamento completo (térmico e elétrico) do cátodo com o plasma através da tomada em conta da variação, ao longo da superfície do cátodo, da queda de tensão na camada de plasma junto ao cátodo, devido à resistência elétrica do volume do arco;
- Acoplamento dos modelos de descargas de arco e de descargas de superfície e streamers com o código que simula os processos dentro do cátodo, incluindo a vaporização do material do cátodo e a eventual formação de crateras e a ejeção de gotas;
- Desenvolvimento de um código integrado, que funcionará para qualquer conjunto de parâmetros de interesse, e que permitirá uma transição entre os modelos de descargas de arco e descargas tipo streamer conforme apropriado. Este código estará pronto a ser usado para aplicações industriais.

### **Resultados esperados:**

- Código integrado, que funcionará para qualquer conjunto de parâmetros de interesse, e que permitirá uma transição entre os modelos de descargas de arco e descargas tipo streamer conforme apropriado. Este código estará pronto a ser usado para aplicações industriais;
- Publicação de 10 artigos científicos nas melhores revistas internacionais das áreas relevantes.

## **Sub-projeto Streamers: disrupção e streamers de superfície em gases a alta pressão**

### **Objectivo**

- Desenvolver um código capaz de prever as condições de disrupção de gases numa larga gama de condições, incluindo os efeitos da presença de dielétricos e de campos variáveis no tempo. Este código estará pronto a ser usado para aplicações energéticas.

### Ações específicas a realizar

- Desenvolvimento de um código capaz de prever as condições de disrupção de gases numa larga gama de condições, incluindo os efeitos da presença de dielétricos e de campos variáveis no tempo;
- Validação do código com outros resultados numéricos e também resultados experimentais.

### Resultados esperados

- Código capaz de prever as condições de disrupção de gases numa larga gama de condições, incluindo os efeitos da presença de dielétricos e de campos variáveis no tempo. Este código estará pronto a ser usado para aplicações energéticas;
- Publicação de 5 artigos científicos nas melhores revistas internacionais das áreas relevantes

Os sub-projectos serão desenvolvidos em colaboração com parceiros internacionais líderes nas suas respetivas áreas.

### Galeria de imagens

{gallery}imagens\_plasma{/gallery}

### Atividades no decorrer de 2021

#### [Insígnia Autonómica de Distinção atribuída ao Prof.º Doutor Mikhail Benilov](#)

No dia da região da RAM, 1 de julho, o Governo Regional prestou homenagem ao coordenador científico do Polo, Prof.º Doutor Mikhail Benilov, atribuindo-lhe a Insígnia Autonómica de Distinção. Foi com enorme satisfação que todos os elementos do Polo viram ser reconhecido todo o trabalho desenvolvido em prol da ciência pelo Prof.º Doutor Mikhail Benilov!

- [Reportagem do telejornal da RTP Madeira do dia 1 de junho de 2021](#)

#### [Visita de Sua Excelência o Representante da República para a R.A.M. ao Polo](#)

A Universidade da Madeira (UMa) e o Polo na UMa do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear receberam no passado dia 2 de junho a visita do Representante da República para a Região

Autónoma da Madeira, Juiz Conselheiro Ireneu Cabral Barreto.

Na ocasião, foi recebido pelo Reitor, Prof.<sup>o</sup> Doutor Sílvio Fernandes, e pela Vice-Reitora para as áreas da Internacionalização, Investigação, Inovação e Empreendedorismo, Prof.<sup>a</sup> Doutora Elsa Fernandes, para além dos elementos do polo.

O programa da visita incluiu para além de uma palestra pela coordenadora do polo, Prof.<sup>a</sup> Doutora Helena Kaufmann, uma visita ao supercomputador Zarco.

### **Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear e UMa congratulados pela criação de Polo na Madeira**

O relatório final do Painel Consultivo Externo (External Advisory Panel – EAP) congratula o Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear (IPFN) e a Universidade da Madeira (UMa) pela criação do Polo na Madeira.

Na última avaliação promovida pela Fundação para a Ciência e Tecnologia aos Laboratórios Associados, o IPFN obteve a classificação de Excelente. O EAP 2021 é constituído por cinco investigadores internacionais de renome mundial. O relatório salienta a importância da criação do polo sendo que assegurou uma linha de financiamento autónoma da do instituto e permitiu o acesso ao financiamento regional. Oportunidade já utilizada, no âmbito do “PlasMa: theory and advanced simulation of plasmas relevant to energy applications”, um projecto com financiamento do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional no âmbito do Programa Operacional da Região Autónoma da Madeira 2014-20 através do Instituto de Desenvolvimento Regional (IP-RAM), com incidência na área da Energia, mobilidade e alterações climáticas.

Destaca, também, o elevado número de colaborações internacionais do polo com empresas privadas e instituições públicas, em particular, com a Siemens, Schneider Electric e o CERN – Centro Europeu de Pesquisa Nuclear. O EAP aconselhou a prossecução destas colaborações, dada a sua importância do ponto de vista científico, financeiro, e das aplicações benéficas para a sociedade.

Realçou, ainda, a publicação de um novo modelo de manchas catódicas em elétrodos em arcos de vácuo, reconhecido pelo American Institute of Physics, a participação dos membros do polo em conferências internacionais de alto nível, e a organização da Etapa Regional das Olimpíadas Nacionais de Física e do International Masterclass “Hands on Particle Physics”. A estratégia definida para os próximos anos mereceu também o apoio do EAP. Passa pelo desenvolvimento de métodos de modelação e simulação de sistemas de plasma, tendo por base modelos realistas de interações plasma-elétrodos.

### **Publicações do projeto em 2021**

[2] Helena T C Kaufmann, Iaroslava Profatilova, Inna Popov, Walter Wuensch, Mikhail S Benilov, ["Investigation of Vacuum Breakdown in Pulsed DC Systems"](#), 9th International Workshop on Mechanisms of Vacuum Arcs (online, March 8-12, 2021), 2021. [bib]

[1] Diego F Santos, Marina Lisnyak, Nelson A Almeida, Larissa G Benilova, Mikhail S Benilov, ["Numerical investigation of AC arc ignition on cold electrodes in atmospheric-pressure argon"](#), J. Phys. D: Appl. Phys., 2021. [bib]

## Atividades no decorrer de 2020

**Inauguração do supercomputador Zarco** Em 28 de outubro, o Polo do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear na Universidade da Madeira recebeu a visita do Presidente do Governo Regional da Madeira, Miguel Albuquerque, do secretário regional da Educação e da presidente do Conselho Diretivo do Instituto de Desenvolvimento Regional, estando igualmente presentes entre outros, o reitor da UMa, José Carmo. O Senhor Presidente do Governo ficou inteirado da investigação que é realizada pelo Polo e inaugurou o supercomputador Zarco. Este supercomputador irá permitir efectuar modelização numérica avançada e simulações 3D. Para mais detalhes clique [aqui](#).

**O projeto PlasMa cumpre o objetivo de captar para a Madeira projetos de investigação financiados pela indústria internacional de alta tecnologia** O Departamento de Física e o Polo do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear na Universidade da Madeira começaram a desenvolver em parceria com, e com financiamento, da Siemens AG (Erlangen, Alemanha), um novo projeto dedicado à investigação de arcos de vácuo, com aplicações a equipamentos energéticos. Será o segundo projeto de investigação com financiamento da indústria internacional de alta tecnologia em curso no Departamento de Física e no Polo do Instituto de Plasmas e Fusão Nuclear, estando outro a ser executado em parceria com a Schneider Electric (Grenoble, França).

- [Nota de imprensa da Universidade da Madeira de 20 abril de 2020](#)
- [Reportagem do telejornal da RTP Madeira do dia 3 de maio de 2020](#)

## Publicações do projeto em 2020

[4] Nuno G C Ferreira, Pedro G C Almeida, Mikhail S Benilov, Victor A Panarin, Victor S Skakun, Victor F Tarasenko, George V Naidis, ["Computational and experimental study of time-averaged characteristics of positive and negative DC corona discharges in point-plane gaps in atmospheric air"](#), IEEE Trans.

Plasma Sci., vol. 48, no. 12, pp. 4080-4088, 2020. [bib] [doi]

[3]

P G C Almeida, R M S Almeida, N G C Ferreira, G V Naidis, M S Benilov, ["Simple computation of ignition voltage of self-sustaining gas discharges"](#), Plasma Sources Sci. Technol., vol. 29, no. 12, pp. 125005, 2020. [bib] [doi]

[2]

N G C Ferreira, P G C Almeida, M S Benilov, G V Naidis, ["Comment on "Electric field measurements under DC corona discharges in ambient air by electric field induced second harmonic generation"](#) [Appl. Phys. Lett. 115, 244101 (2019)]", Appl. Phys. Lett., vol. 117, no. 2, pp. 026101, 2020. [bib] [doi]

[1]

M S Benilov, ["Modeling the physics of interaction of high-pressure arcs with their electrodes: advances and challenges"](#), J. Phys. D: Appl. Phys., vol. 53, no. 1, pp. 013002, 2020. [bib] [doi]

## Atividades no decorrer de 2019

### Visitas de consultores

- A visita do Prof. Georgy Naidis, perito a nível mundial em modelos cinéticos detalhados,

teve como objetivo a realização de discussões científicas para trabalho conjunto na modelização de descargas de coroa e streamer, bem como o desenvolvimento de trabalhos com emissão de campo, para simulação numérica com aplicação em interruptores de alta pressão e interruptores de baixa tensão.

### Participação em conferências

- 8th International Workshop on Mechanisms of Vacuum Arcs (MeVArc 2019), Consorzio RFX, Padova, 16 a 19 de Setembro de 2019), <https://indico.cern.ch/event/774138/>

### Palestras convidadas apresentadas em conferências internacionais

- Mikhail Benilov, Nuno Ferreira, Georgy Naidis, Does field emission from 'real' surfaces affect the high-pressure air breakdown in electric power equipment?, 8th International Workshop on Mechanisms of Vacuum Arcs (MeVArc 2019), Consorzio RFX, Padova, 16 a 19 de Setembro de 2019)

- Helena Kaufmann, Carlos Silva, Mikhail Benilov, Numerical Simulation of the Initial Phase of Unipolar Arcing in Fusion-Relevant Conditions., 8th International Workshop on Mechanisms of Vacuum Arcs (MeVArc 2019), Consorzio RFX, Padova, 16 a 19 de Setembro de 2019)

### **Publicações do projeto em 2019** [9] N G C Ferreira, G V Naidis, M S Benilov, ["Does field emission from 'real' surfaces affect the high-pressure air breakdown in electric power equipment?"](#)

8th International Workshop on Mechanisms of Vacuum Arcs (Padova, Italy, Sept. 15 - 19, 2019), pp. 18, 2019. [bib]

[8]

M S Benilov, N A Almeida,

["Kinetic Bohm criterion in the Tonks-Langmuir model: Assumption or theorem?"](#)

, Phys. Plasmas, vol. 26, no. 12, pp. 123505, 2019. [bib] [doi]

[7]

E S Benilov, M S Benilov,

["The Enskog-Vlasov equation: a kinetic model describing gas, liquid, and solid"](#)

, J. Stat. Mech: Theory Exp., vol. 2019, no. 10, pp. 103205, 2019. [bib] [doi]

[6]

M D Cunha, N Wenzel, P G C Almeida, W Hartmann, M S Benilov,

["A simple model of distribution of current over cathodes of vacuum circuit breakers"](#)

, IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 47, no. 8, pp. 3462-3469, 2019. [bib] [doi]

[5]

M S Benilov, H T C Kaufmann, W Hartmann, L G Benilova,

["Revisiting theoretical description of the retrograde motion of cathode spots of vacuum arcs"](#)

, IEEE Trans. Plasma Sci., vol. 47, no. 8, pp. 3434-3441, 2019. [bib] [doi]

[4]

M D Cunha, H T C Kaufmann, D F N Santos, M S Benilov,

["Simulating changes in shape of thermionic cathodes during operation of high-pressure arc discharges"](#)

, J. Phys. D: Appl. Phys., vol. 52, no. 50, pp. 504004, 2019. [bib] [doi]

[3]

D F N Santos, M Lisnyak, M S Benilov,

["Account of diffusion in local thermodynamic equilibrium and two-temperature plasma models"](#)

, J. Phys. D: Appl. Phys., vol. 52, no. 45, pp. 454003, 2019. [bib]

[2]

H T C Kaufmann, C Silva, M S Benilov,

["Numerical simulation of the initial stage of unipolar arcing in fusion-relevant conditions"](#)

, Plasma Phys. Control. Fusion, vol. 61, no. 9, pp. 095001, 2019. [bib] [doi]

[1]

N G C Ferreira, D F N Santos, P G C Almeida, G V Naidis, M S Benilov,

["Simulation of pre-breakdown discharges in high-pressure air. I: The model and its application to corona inception"](#)

, J. Phys. D: Appl. Phys., vol. 52, no. 35, pp. 355206, 2019. [bib] [doi]

**Entidade beneficiária:** □



**Ligações úteis:**

<https://fisica.uma.pt/plasma/>