



IV Workshop INCT CERN-Brasil

29 de julho de 2026 - Natal RN

GT1 - Detectores Gasosos

Coordenadores: Tiago Fiorini e Helio Nogima



Desenvolvimento de **tecnologia nacional** em detectores gasosos e promover a **maior inserção dos pesquisadores brasileiros** na área dentro dos experimentos do LHC, CMS e ALICE, bem como em **futuros experimentos/aceleradores**.

Objetivos gerais:

- Implementação de infraestrutura para estudos avançados
- Estudos de misturas gasosas de menor impacto ambiental
- Desenvolvimento de protocolos de testes de longevidade
- Estudos de formação de sinal e aquisição/processamento
- Formação de recursos humanos

PARTICIPANTES

Matheus Almeida¹, Gilvan Alves¹, Kevin Amarilo², Estevão Bandeira¹, Marco Bregant³, Diogo Caffonso², Eduardo Coelho¹, Dalmo Dalto², Dilson Damião², Daniel Estevão³, Daniel Fachieri³, Mapse Ferreira², Sandro Fonseca², Silas Jesus², Lucas Kopke², Eliza Melo², Helena Malbouisson², Fabio Marujo¹, Luis Mendes¹, Katherine Maslova², Luiz Mundim², Marcelle Nascimento², Helio Nogima², João Pinheiro², Matheus Reis², Miguel Rodrigues², Thiago Saramela³, Alberto Santoro², Gabriela Santos³, Willian Silva³, Tiago Silva³, Matheus Sousa², Raphael Souza², Lucas Tamayo², Maurício Thiel²

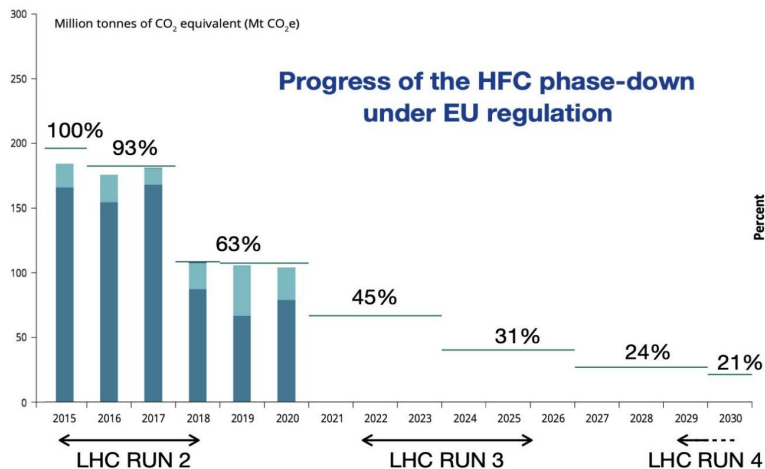
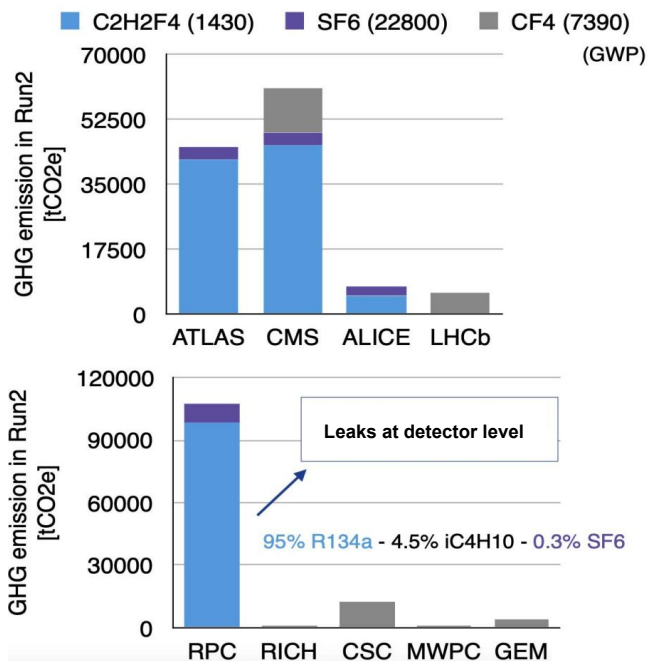
1 Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

2 Universidade do Estado do Rio de Janeiro

3 Universidade de São Paulo

RPCs e Ecogases

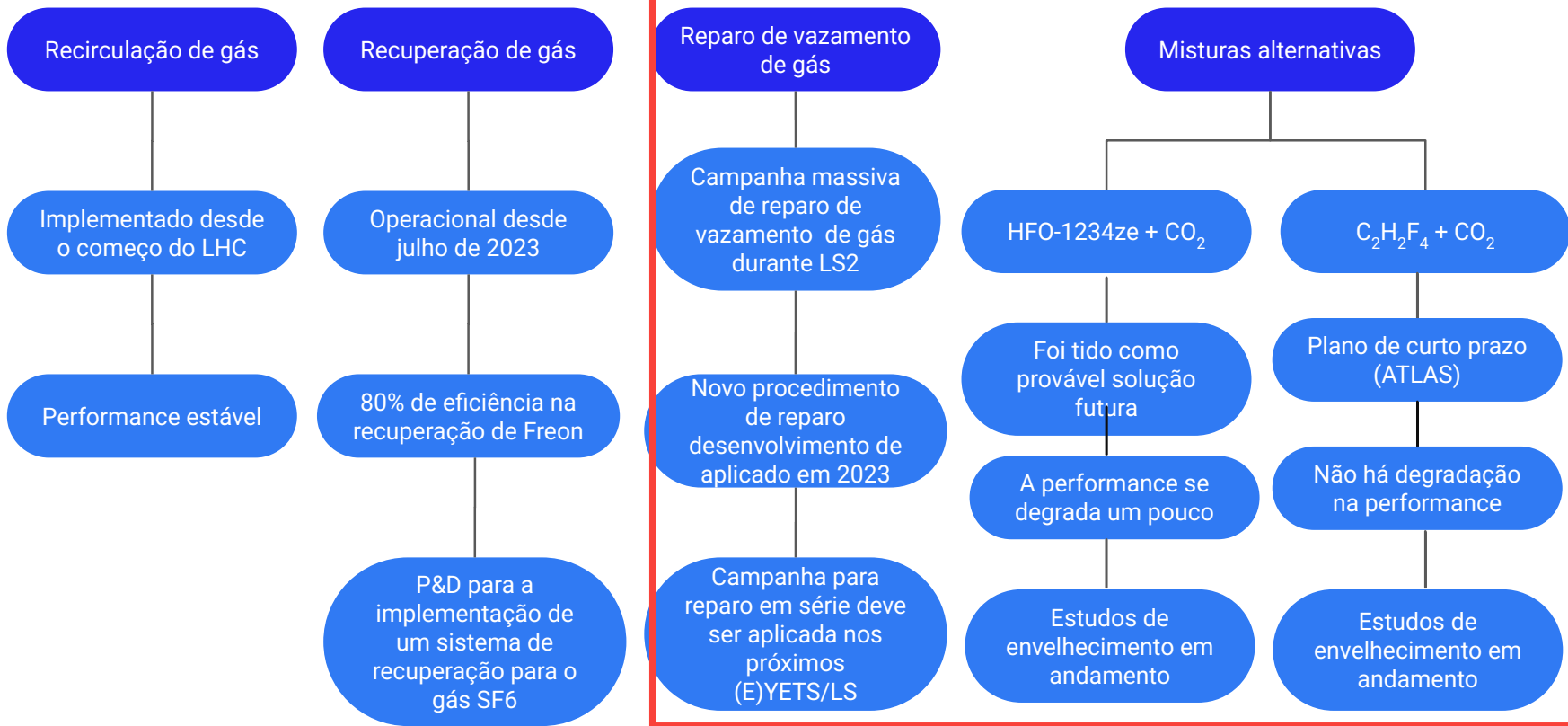
Uso de gases do efeito estufa no CERN



O uso dos gases fluorados deve ser reduzido substancialmente. As principais soluções são:

- Recirculação/recuperação desses gases;
- Uso de misturas de gases com menor fator GWP (*Global Warming Potential*)

Estratégias para redução de GHG no CMS-RPC



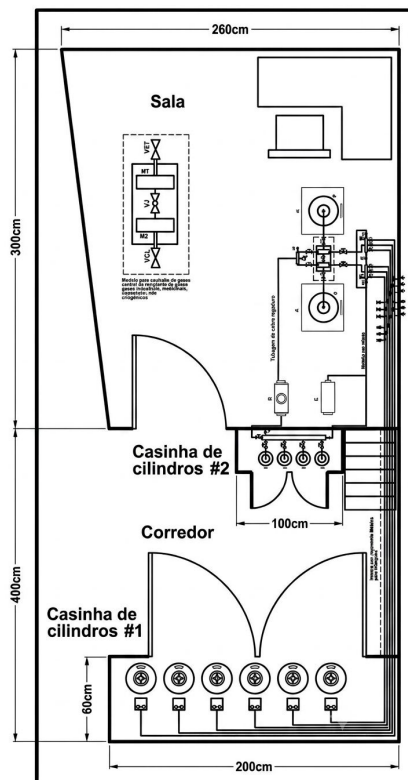
Participação no grupo de estudos que envolve os experimentos ATLAS, CMS e ALICE na pesquisa de alternativas viáveis.

- Desenvolvimento de uma infraestrutura para pesquisa em laboratórios no Brasil. Estudos complementares ao do grupo de ecogases do CERN.
- Estudos práticos de viabilidade em uso nos detectores existentes. Análise de desempenho com os detectores/eletrônica de produção.
- Análise de envelhecimento dos detectores em ambiente de alta dose (GIF++).

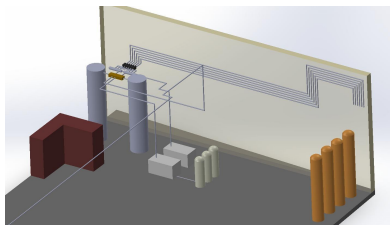
Adotar uma abordagem voltada ao conhecimento dos processos nos gases, contribuindo em nível pouco explorado por outros grupos.

- Análise dos sinais elétricos dos detectores como sonda dos processos internos.
- Explorar métodos de discriminação de sinais usando métodos de IA.
- Uso e refinamento de simulações de detectores (GARFIELD++).

Atividade: Estação de Mistura de Gás



Planta Baixa



Atividades Executadas

- Casa de gases, com controladores de pressão e tubulações externas completadas.
- Derivação de nitrogênio interna do laboratório de criogenia terminada.
- Telhado do pátio externo completado.

Próximos passos

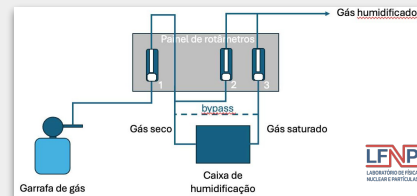
- Prolongamento da linha de nitrogênio.
- Instalação das flautas de mistura.
- Construção e instalação dos cilindros de mistura.
- Instalação dos fluxímetros

Infraestrutura de Coleta de Dados

Integração de parâmetros críticos para monitoragem com ambiente Grafana, garantindo maior segurança para as câmaras alimentadas e estabilidade das condições de coleta de dados.

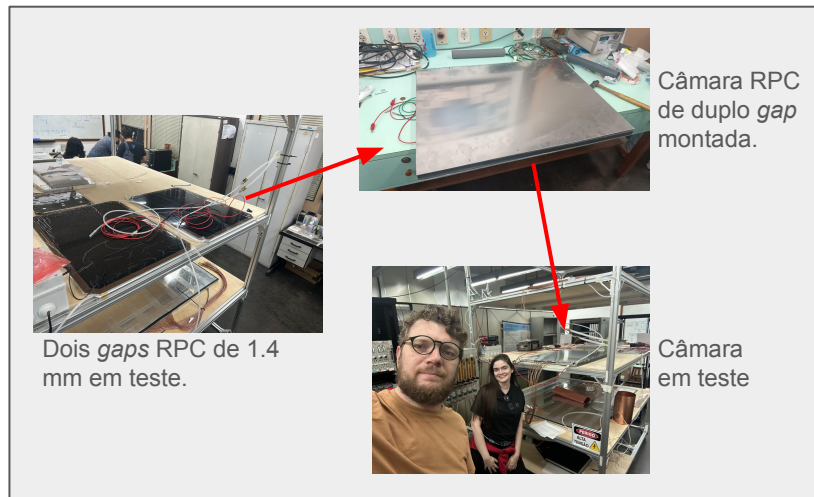


Desenvolvimento e construção de unidades de medidas ambientais microcontrolados e de protocolo de envio de comunicação com sistema DAQ. Na mesma linha, foram desenvolvidos medidores de umidade de baixo custo para controle da umidificação da mistura de gás



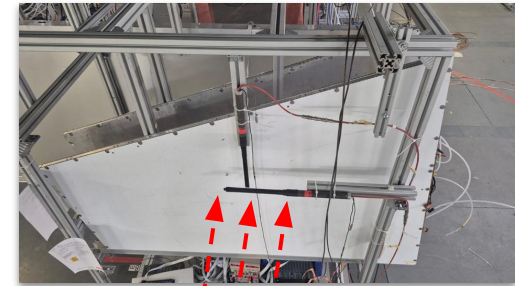
Análise de gases comerciais

- A câmara RPC construída em 2025 apresentou alta corrente após alguns meses de funcionamento com tetrafluoretano puro.
- A suspeita da contaminação de umidade ou outras impurezas acima do tolerado, levou à suspensão do uso daquele fabricante.
- Para verificar possíveis diferenças nos gases ofertados no mercado nacional, levamos três novas garrafas de R134a, de diferentes fabricantes, além de uma suspeita de causar o problema para medidas com o analisador de gases da USP.
- Na mesma ocasião foram feitas também medidas de calibração dos sensores de umidade com o mesmo analisador.

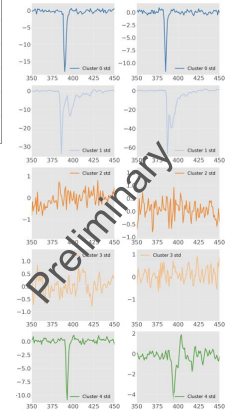
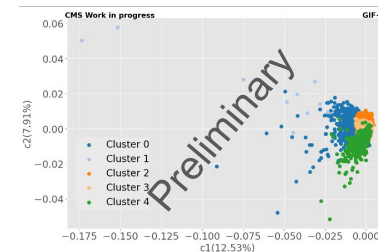


Coleta e Análise de Dados no CERN

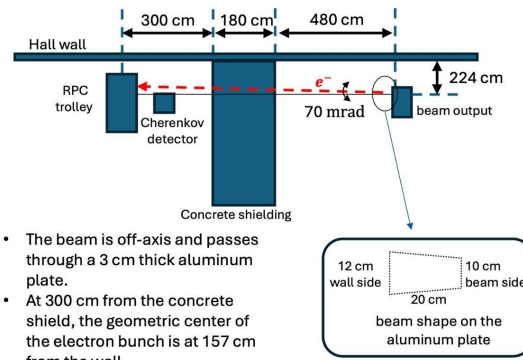
- Desde o ano passado, houveram três campanhas de medidas com feixes múons: 11/2025, 05/2026 e 07/2026. Sendo que a última encerra também os feixes dos aceleradores pelo período do LS3.
- Nessas três campanhas, um sistema experimental especialmente dedicado para estudar ecogases pelo método de formas de onda, proposto pelo grupo do Rio, esteve em operação.
- Os resultados indicam que grandezas como carga parcial e total, tempo de subida e largura parcial e total do sinal podem ser importantes discriminadores que os métodos baseados em desempenho não são capazes.
- Métodos de IA para classificação de sinais estão sendo aplicados mostrando resultados promissores no estudo de ecogases.



Feixe de múons



- Laser Wakefield Acceleration (LWFA) se tornou uma tecnologia praticável de aceleração de partículas a energias da ordem de até dezenas de GeV, com alto potencial de aplicações.
- Pelo segundo ano consecutivo, participamos de um projeto no ELI com o objetivo de entender a estrutura de emissão das partículas e a produção de múons.
- O uso de detectores RPC para esse tipo de medida prova-se desafiador, dada a particularidade da emissão LFWA de pulsos extremamente curtos de partículas (~ 10 fs), mas extremamente intensos.
- RPC é uma das tecnologias candidatas para o uso de LWFA na tomografia por múons.





 **RPC 2026**
RIO DE JANEIRO

About ▾ For Author ▾ Registration ▾ Program ▾ Sponsorship ▾ Destination ▾

XVIII Conference on Resistive Plate Chambers and Related Detectors

RPC 2026

September 14 - 18



Rio de Janeiro State University (UERJ)
Rio de Janeiro, Brazil

PROGRAM IN DETAIL

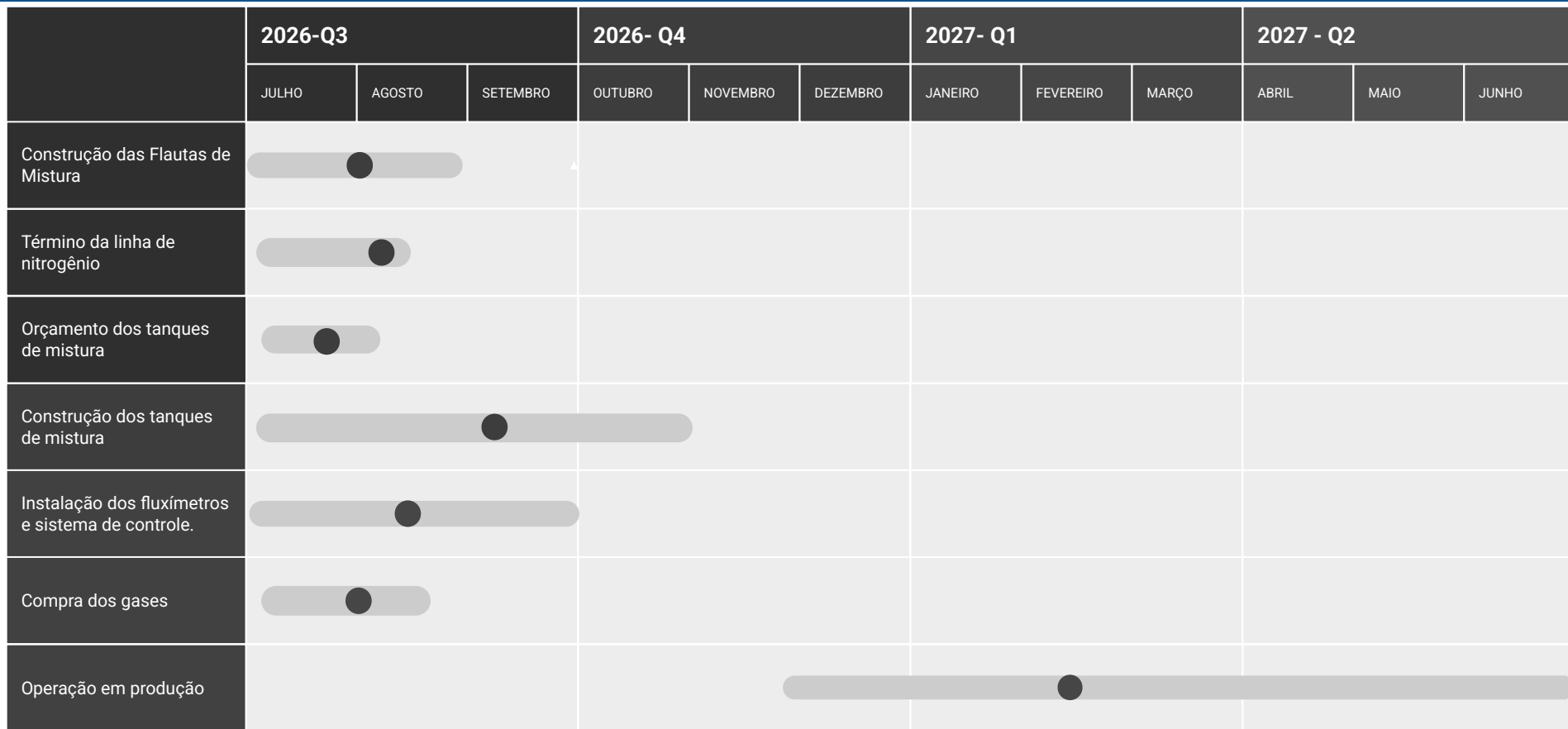
Desembolso Recentes - UERJ/CBPF/USP

ITEM	DESCRIÇÃO	RUBRICA	VALOR (R\$)
1	Serviço de construção de abrigos externos de cilindros	Consumo	R\$ 3.800,00
2	Material de tubulação e manômetros	Consumo	R\$ 59.530,00
3	Serviço de montagem	Consumo	R\$ 36.000,00
4	Garrafas de R134a e manifold	Consumo	R\$ 3.647,09
5	Gás Argônio	Consumo	R\$ 860,00
6	Digitalizador + DPP + Coupler	Capital	R\$49.623,53
		Total Parcial	R\$ 153.460,62
		Gasto Total:	R\$ 691,869.96

Gastos previstos

ITEM	DESCRIÇÃO	RUBRICA	VALOR (R\$)
1	Compra de misturas de gás	Consumo	R\$ 215.000,00
2	Serviço de linha de nitrogênio	Consumo	R\$ 25.000,00
3	Cilindros de mistura de gás	Consumo	R\$ 25.000,00
4	Sistema de regeneração do gás	Consumo	R\$ 10.000,00
		Total previsto	R\$ 275.000,00

Cronograma dos Próximos 6 meses - Estação de Gás

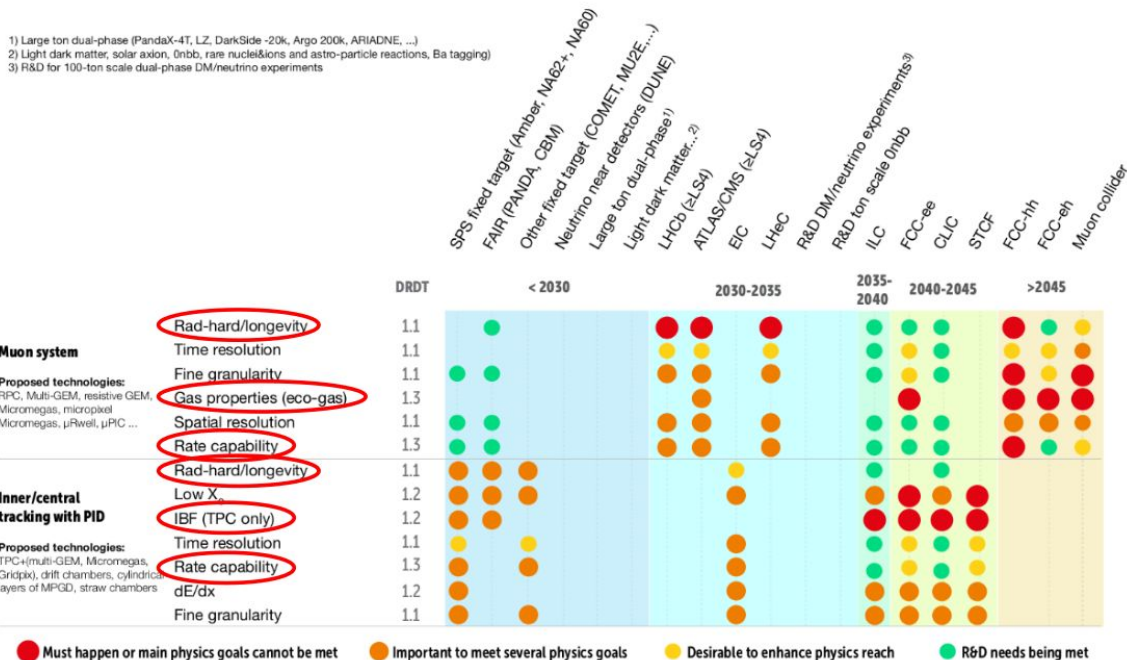


MPGDs e longevidade

- **Centro:** HEPIC - SP
- **Escopo:** Estudo de performance dos Micro-Patterned Gaseous Detectors (MPGDs) em diferentes misturas gasosas e impactos em longevidade. Necessidade dos presentes e futuros experimentos.
- **Equipe (2sem./2024):**
 - Tiago Fiorini da Silva
 - Thiago B. Saramela (doc-CNPq)
 - William W. R. A. da Silva (doc-CNPq)
 - Bruna B. T. Francisco (msc-FAPESP)
 - Daniel M.M. Estevão (doc-FAPESP)
 - Daniel Fachieri (ic-FAPESP)
 - Gabriela Santos (ms-FAPESP)
 - Marco Bregant

Por que estudar o envelhecimento de MPGDs?

Presentes e futuros experimentos demandam desenvolvimentos em direção ao aumento da longevidade dos detectores a gás



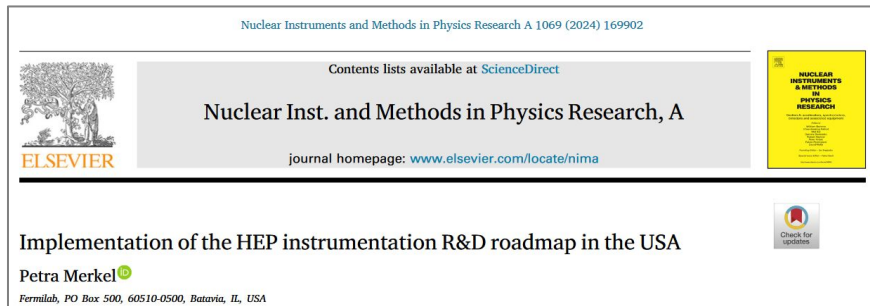
THE 2021 ECFA DETECTOR RESEARCH AND DEVELOPMENT ROADMAP

The European Committee for Future Accelerators Detector R&D Roadmap Process Group

ECFA
European Committee for Future Accelerators

Por que estudar o envelhecimento de MPGDs?

Demanda crescente por informações sobre a robustez de materiais a da suscetibilidade dos MPGDs ao processo de degradação

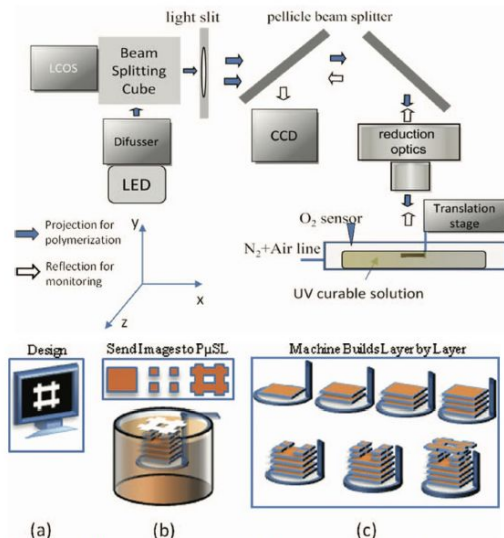


3.6. RDC 6: Gaseous detectors

- Advance gas TPC readout to performance limits, enabling new experiments: maximize sensitivity by achieving 3D single electron counting, minimize background by developing radio-pure MPGDs, develop matching, highly scalable front-end electronics and readout systems, develop on-detector AI/ML and trigger-driven, highly multiplexes readouts.
- Advance MPGDs for high-background environments: develop cylindrical and exotic-shape tracking layers, develop picosecond timing layers, **improve radiation hardness, rate capability, robustness against sparking and aging.**
- Establish MPGD development, prototyping and production facility in the US.

Produção de GEMs por métodos alternativos

- 3D printing technique based on a layer by layer production process utilizing photopolymerization reaction

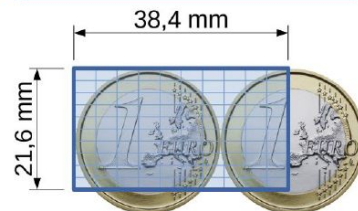


Schematic illustration of μ SLA system and its functioning [3]

[3] Xiaoyu Zheng, Joshua Deotte, Matthew P. Alonso, George R. Farquar, Todd H. Weisgraber, Steven Gemberling, Howon Lee, Nicholas Fang, and Christopher M. Spadaccini. Design and optimization of a light-emitting diode projection micro-stereolithography three-dimensional manufacturing system. Rev. Sci. Instrum., 83(12), 2012.

Why this technique?

- ★ It has adequate spatial resolution for GEMs production ($2\text{-}3\text{ }\mu\text{m}$)
- ★ Adequate printing volume for prototyping: maximum size ($38.4 \times 21.6 \times 10$)mm

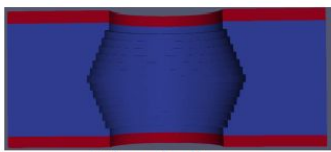
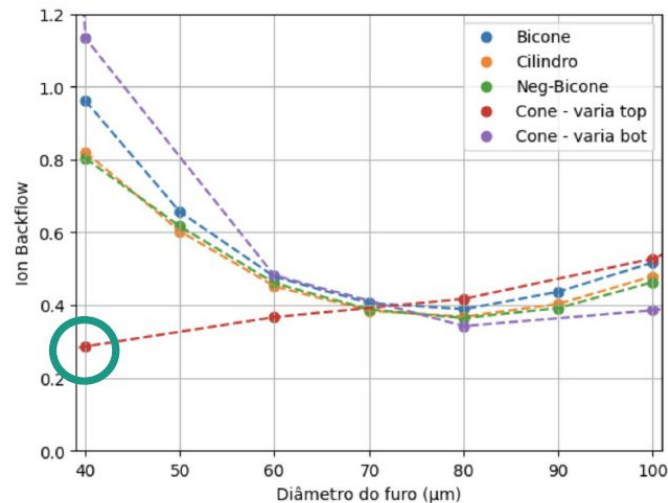
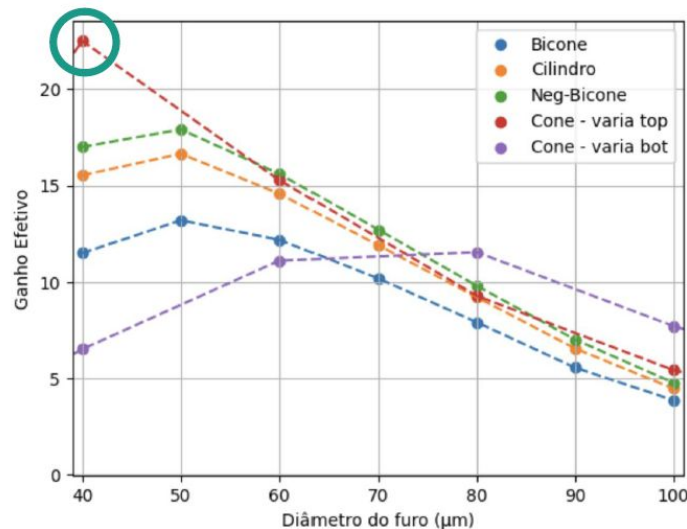


GEM por impressão 3D:

Daniel Magpali Estevão (DD-FAPESP)

Produção de GEMs por métodos alternativos

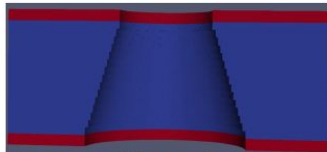
Goal: maximize the Effective Gain and minimize the Ion Backflow by varying the hole shape - since the additive manufacturing easily allows the flexibility of different holes - across different diameters



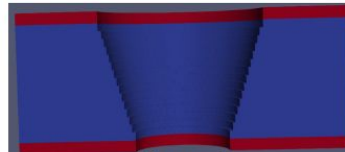
Biconical



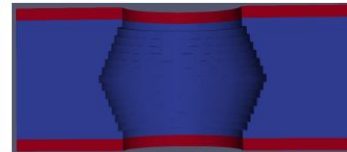
Cylinder



Conical
Narrow -> Wide



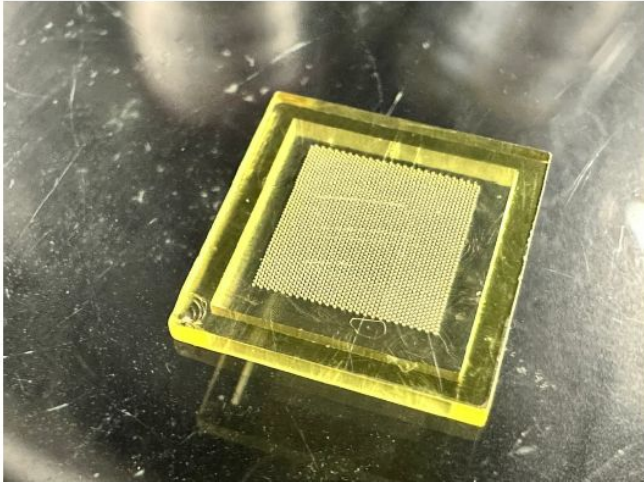
Conical
Wide -> Narrow



Inverse Biconical

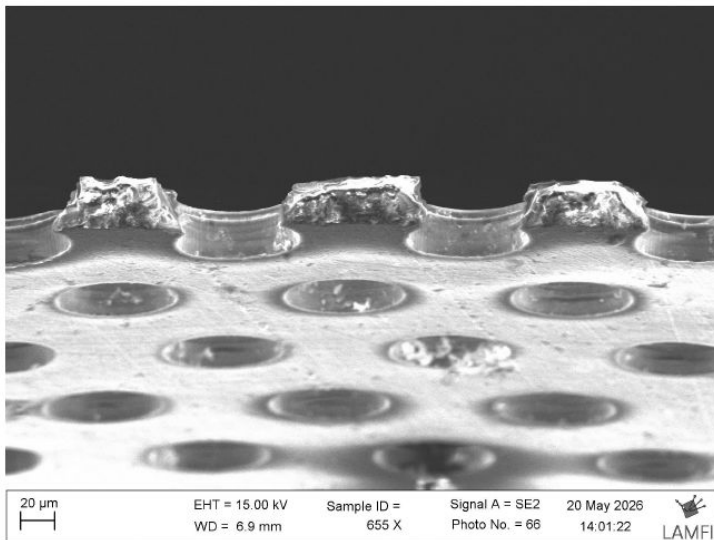
Produção de GEMs por métodos alternativos

- First tests performed on the nanoArch S130 printer by BMF Technology in Nottingham University
- During the time spent there:
 - learned how to operate the printer, including software controls, calibration and maintenance;
 - Printed several samples varying UV light intensity, exposure time, printing speed and other relevant parameters.

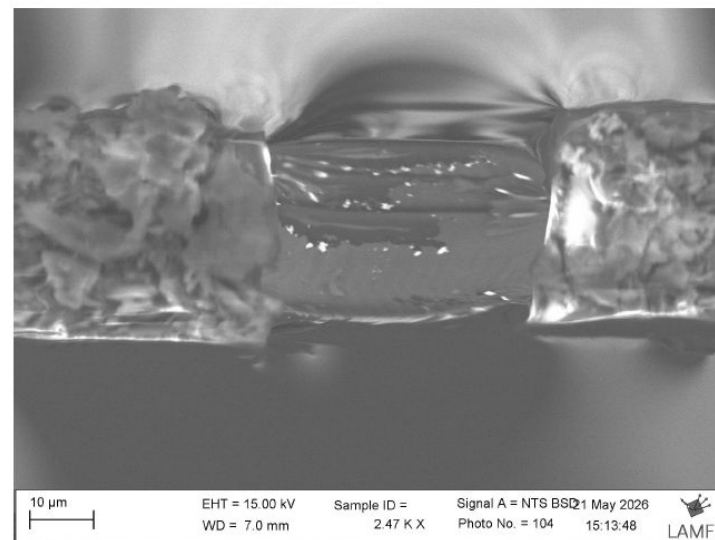


Produção de GEMs por métodos alternativos

- **First tests:** deposition of gold layer by sputtering (estimate thickness of 500nm)
- Investigation of hole contamination by analyzing their cross section images:
 - Secondary Electrons: topography investigation of the inside of the holes ;
 - BackScattered Electrons + Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy: investigation of gold contamination inside the holes;



SEM



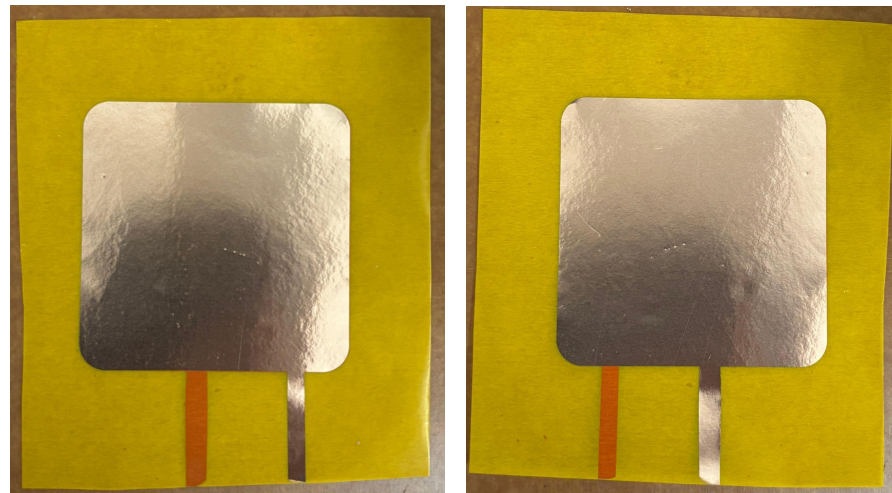
BSD

Produção de GEMs por métodos alternativos

Realização de processos litográficos PCB-like para criação de bordas e eletrodos em folhas de GEM

→ Protocolo utilizado com os laminados DuPont:

- ◆ Laminação de Dry Film photoresist nos dois lados da folha;
- ◆ Ativação por luz UV com uma máscara para exposição;
- ◆ Remoção de filme não ativado: solução 1% Na_2CO_3 (carbonato de sódio)
- ◆ Remoção do cobre: solução 20% FeCl_3 (cloreto férrico)
- ◆ Remoção de filme ativado: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ (etanol)



→ Para folhas de GEM do CERN basta adicionar uma etapa de remoção da camada de cromo
◆ produção em andamento

Produção de GEMs por métodos alternativos

Método: Perfuração de furos em folha comercial de kapton revestida com cobre através do uso de ablação por laser UV de pulso curto

Objetivos: Abrir a possibilidade de replicação da tecnologia para obter competitividade local, superar barreiras comerciais e expandir a oferta de tecnologia no mercado.

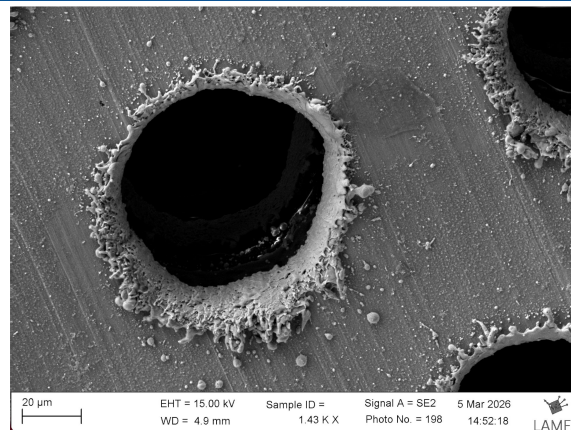
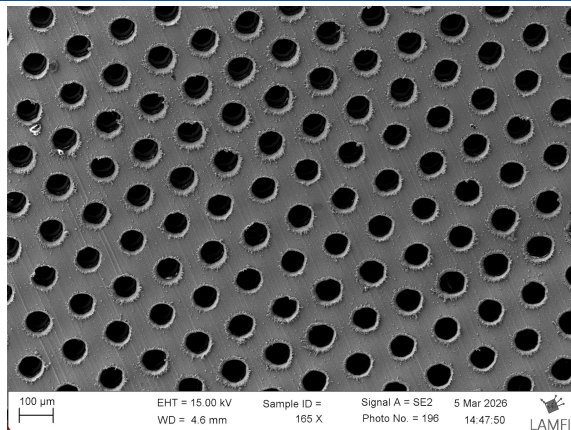
Configuração Experimental: Equipamento de microfabricação a laser LPKF ProtoLaser U3, desenvolvido pela empresa alemã LPKF Laser & Electronics AG, presente no Microelectronic Laboratory da Polytechnic School of University of São Paulo (LME-POLI-USP). Este equipamento permite a execução de diferentes estratégias de usinagem — como corte, furação e remoção de camadas — através do ajuste de parâmetros como número de passadas, frequência de repetição, potência média e velocidade de varredura.



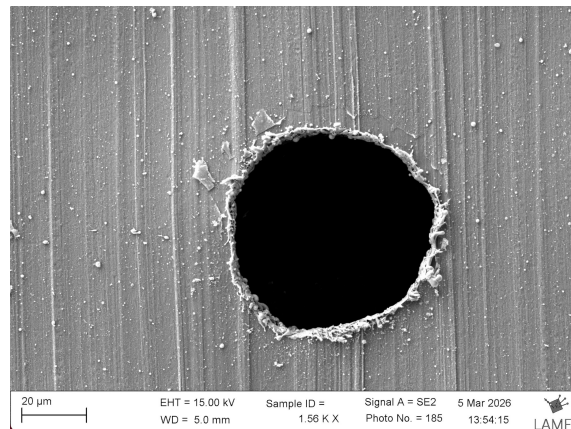
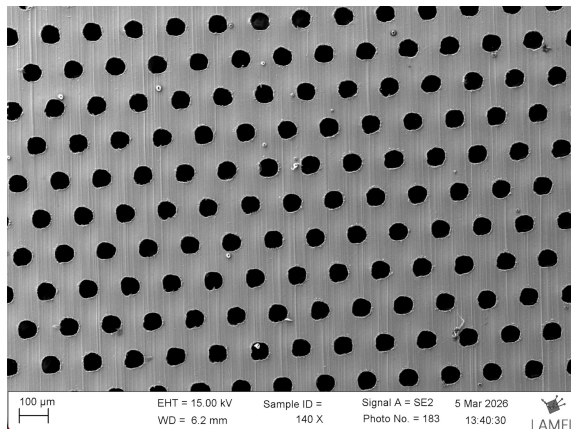
LPKF ProtoLaser U3 no LME-POLI-USP

Produção de GEMs por métodos alternativos

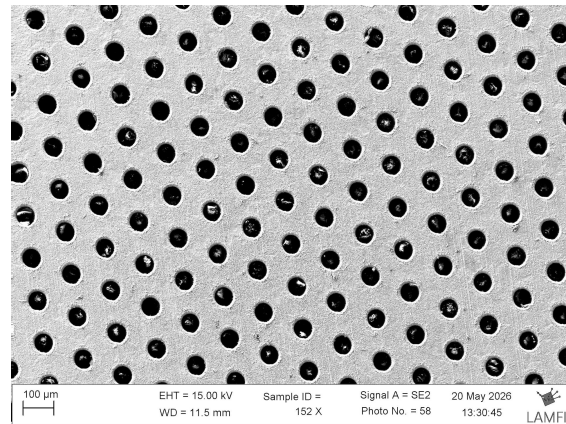
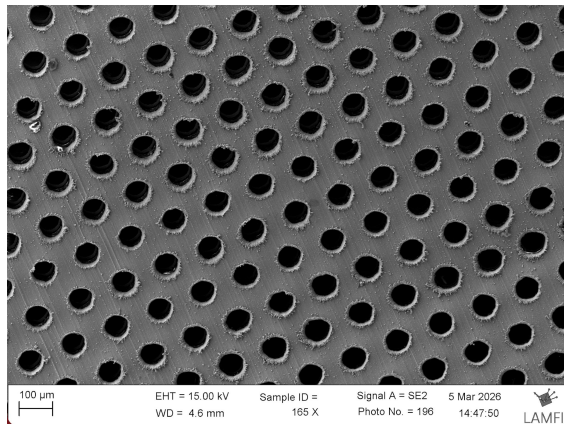
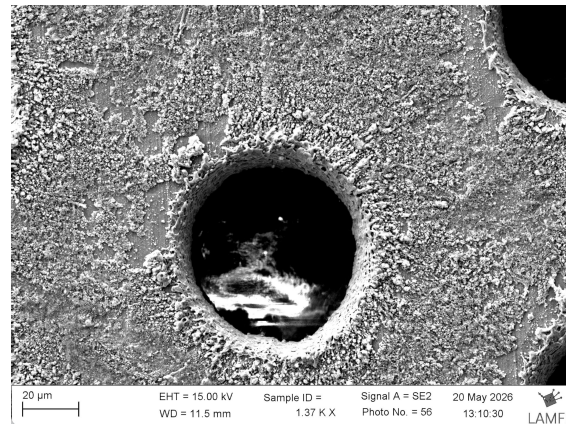
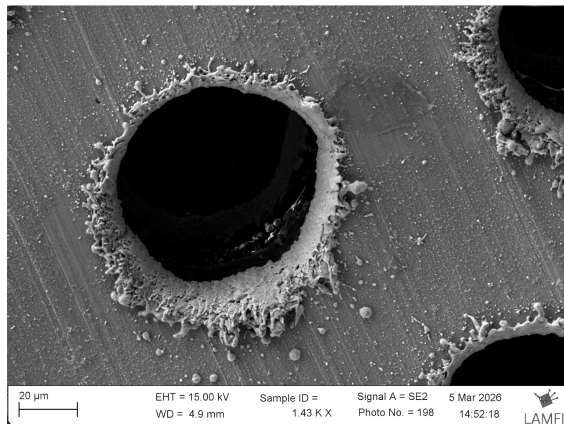
Entrada
do laser



Saída
do laser



Produção de GEMs por métodos alternativos



Atividades atuais:

- ~~Caracterização de tempos de resposta~~
- ~~Calibração para quantificação~~
- ~~Montagens internas~~
- **Estudos de aquecimento/degaseificação**
- Compra de CH_4

Projeto com contribuições de:

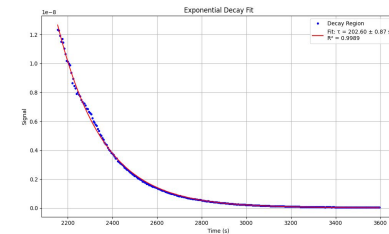
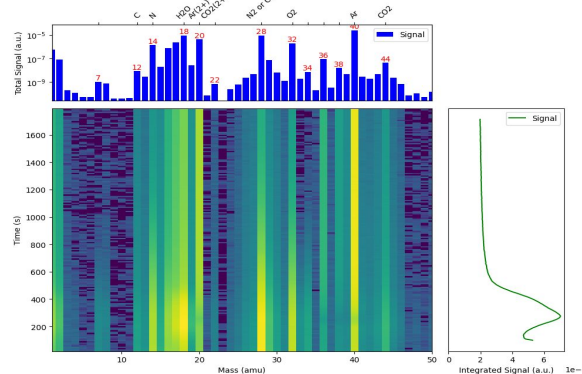
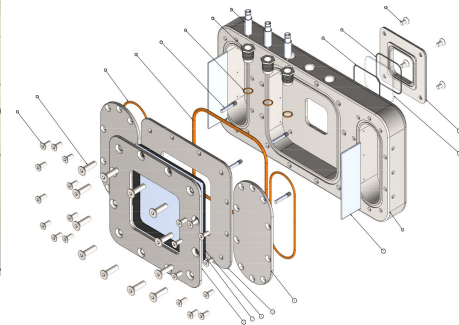
Thiago Badaró Saramela (DD-CNPq)

Eduardo dos Santos Palermo (MS-CNEN)

Daniel Neves Fachieri (DD-FAPESP)



Recursos:

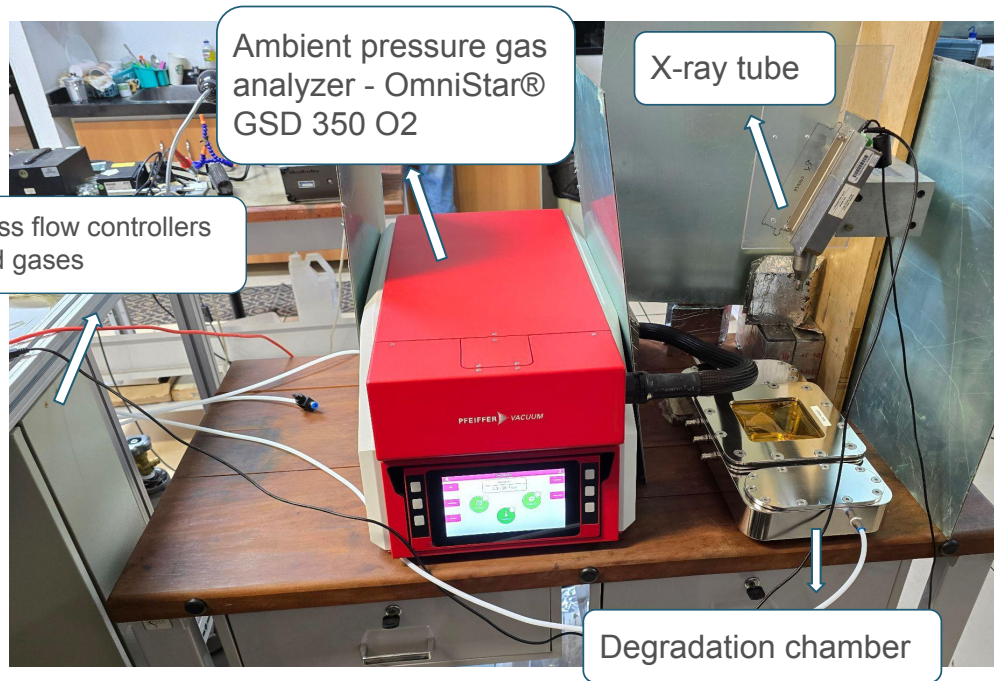


Tempo de resposta de
203 s (3m23s)

Degradação de GEMs:

Willian Wallace Ribeiro Alves da Silva (DR-FAPESP)

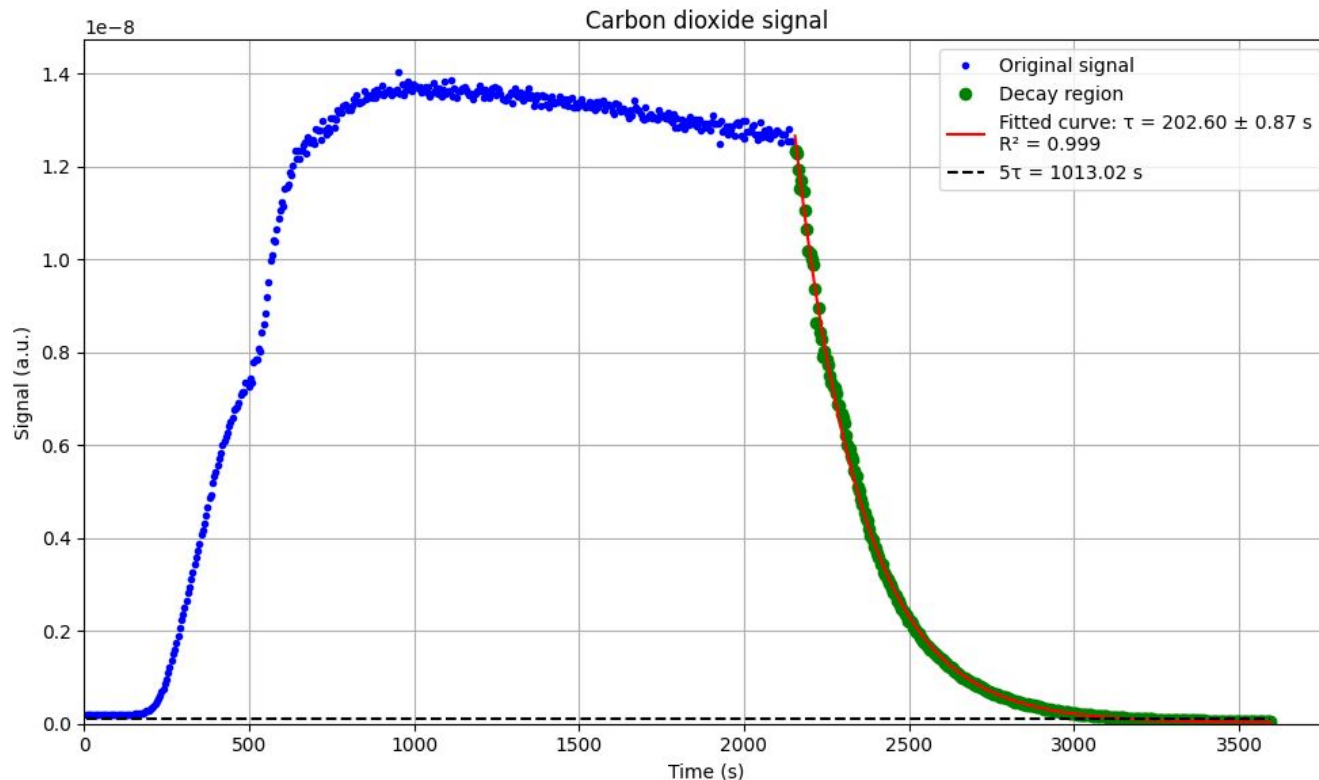
Caracterizações da câmara de degradação controlada de GEM



Experimental conditions:

- Flow rate: 6L/h
- Mixture: Ar(70)/CO2(30)
- Distance between the x-ray tube and the degradation chamber: 25cm
- Kapton window

Caracterizações da câmara de degradação controlada de GEM



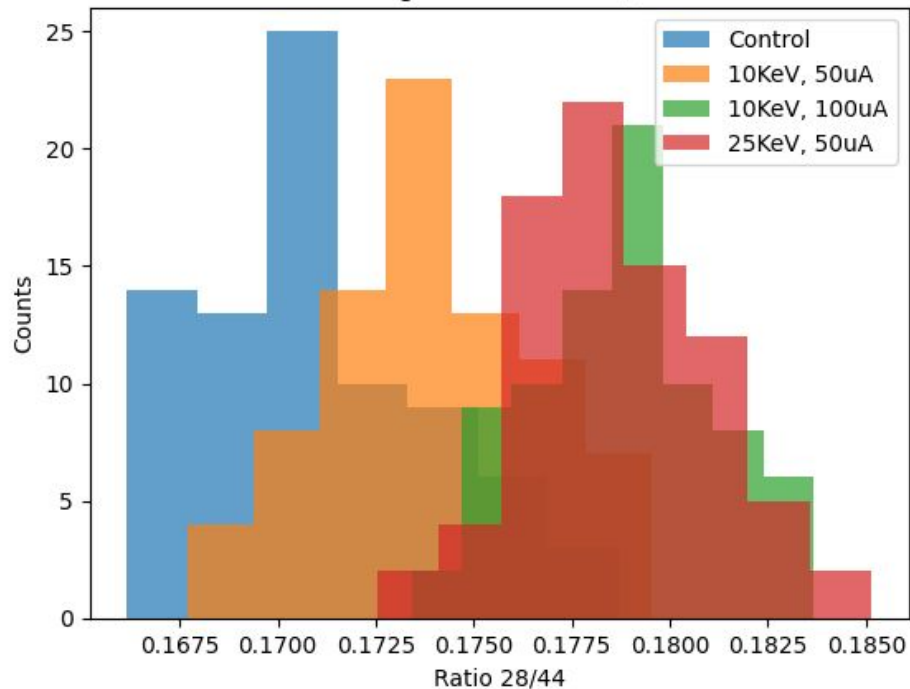
Value obtained for a flow rate of 7 L/h.

$5\tau \approx 17$ minutes.

For a gas flow rate of 6 L/h, the measurements were taken over 20 minutes with a 5-minute waiting period.

Studying the ratio 28/44 (CO/Ar):

Histogram of Ratio 28/44



Control -> Mean: 0.1710 | Std: 0.0030

10KeV, 50uA -> Mean: 0.1739 | Std: 0.0027

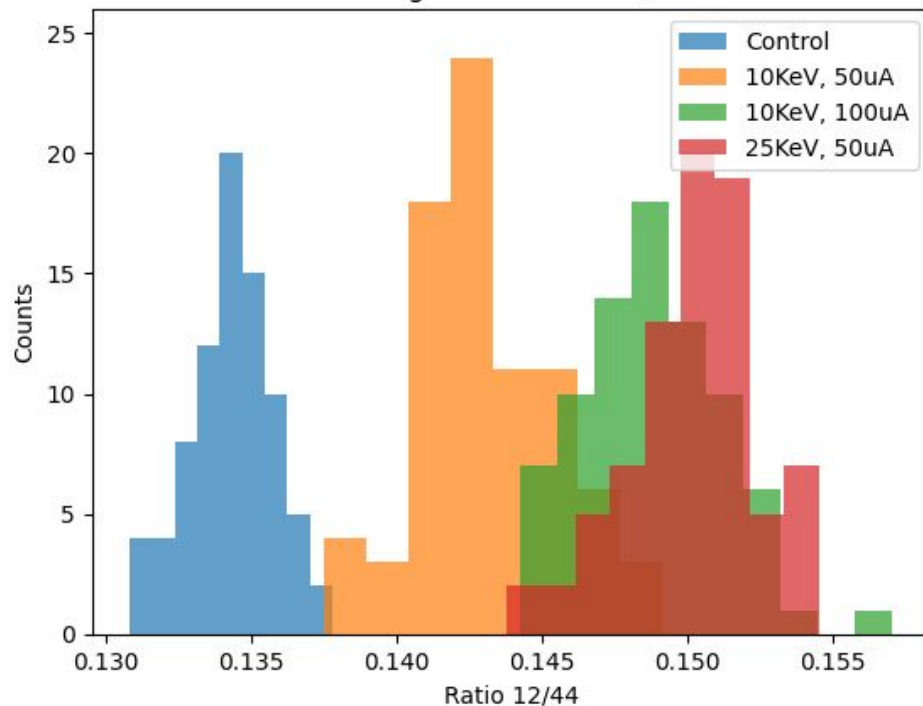
10KeV, 100uA -> Mean: 0.1788 | Std: 0.0024

25KeV, 50uA -> Mean: 0.1786 | Std: 0.0024

Caracterizações da câmara de degradação controlada de GEM

Studying the ratio 12/44 (C/Ar):

Histogram of Ratio 12/44



Control -> Mean: 0.1343 | Std: 0.0015

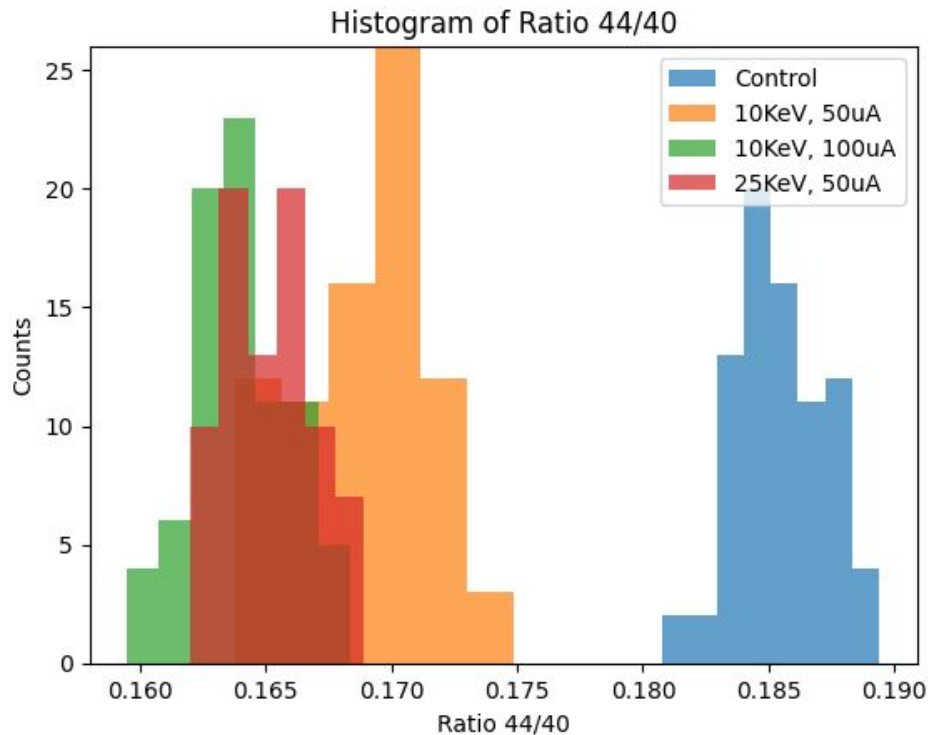
10KeV, 50uA -> Mean: 0.1431 | Std: 0.0024

10KeV, 100uA -> Mean: 0.1488 | Std: 0.0024

25KeV, 50uA -> Mean: 0.1502 | Std: 0.0022

Caracterizações da câmara de degradação controlada de GEM

Studying the ratio 44/40 (CO_2/Ar):



Control -> Mean: 0.1854 | Std: 0.0018

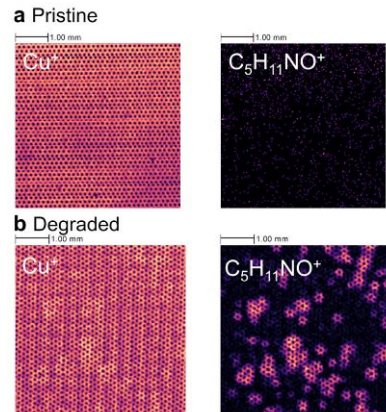
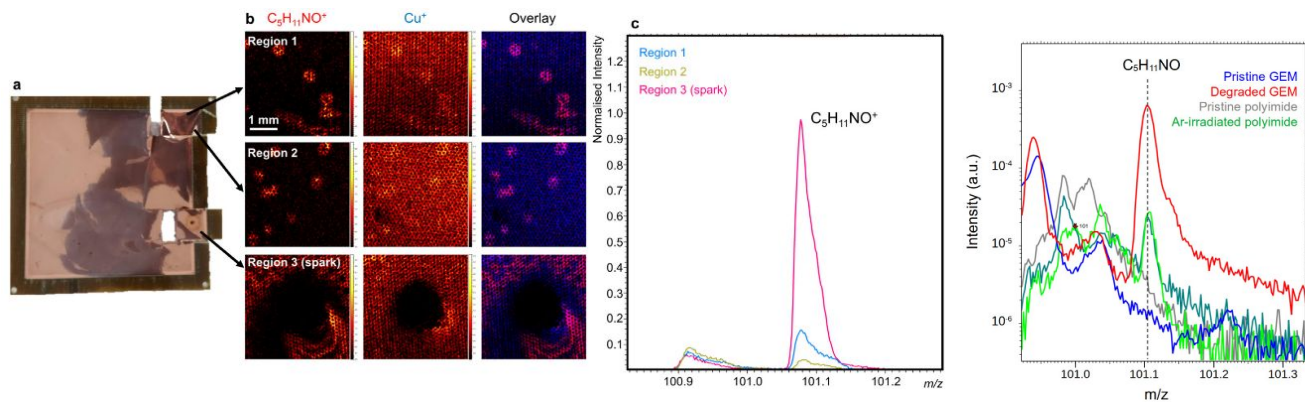
10KeV, 50uA -> Mean: 0.1690 | Std: 0.0026

10KeV, 100uA -> Mean: 0.1640 | Std: 0.0019

25KeV, 50uA -> Mean: 0.1652 | Std: 0.0017

Análise de superfície

Análise de material orgânico usando ToF-SIMS mostrou redeposição de poliimida na superfície dos GEMs.



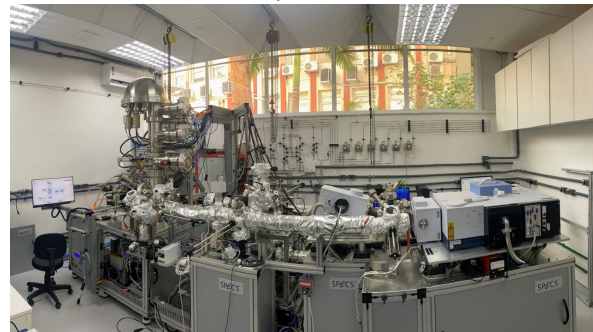
Análises de superfície:

Thiago Badaró Saramela (DD-CNPq)

Análise de superfície

Análise de *Near-Ambient Pressure X-ray Photoelectron Spectroscopy* (NAP-XPS) visando observações *online* de reações químicas de superfície das misturas gasosas com os eletrodos de um GEM.

Arranjo de UHV para NAP-XPS do Lab. de Fenômenos de Interface e Superfície do CBPF



Colaborações:

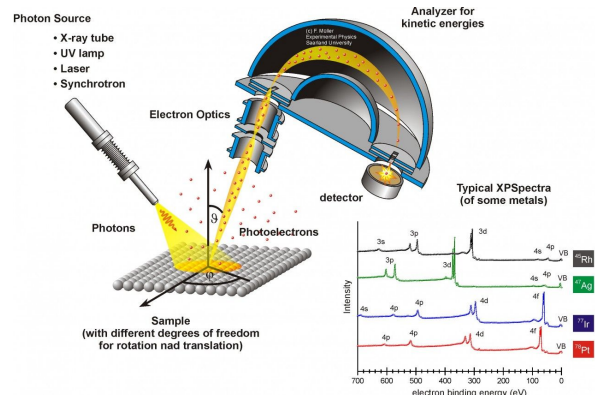
Prof. Maria do Carmo Martins Alves (IQ-UFRGS)

Prof. Jonder Moraes (IF-UFRGS)

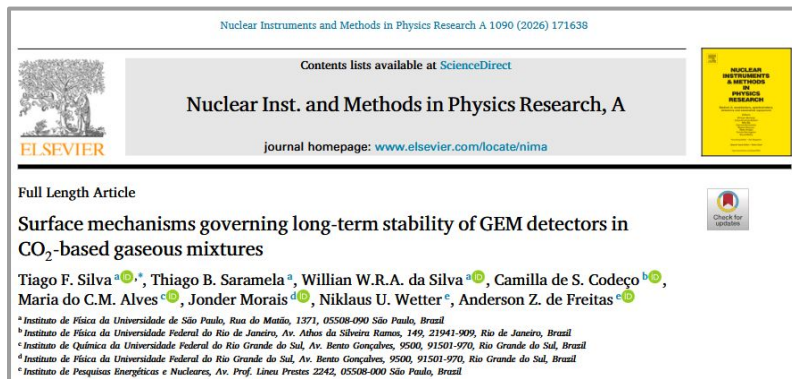
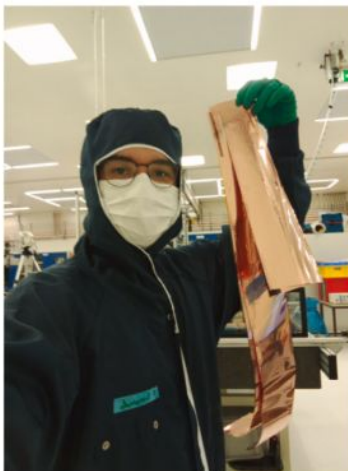
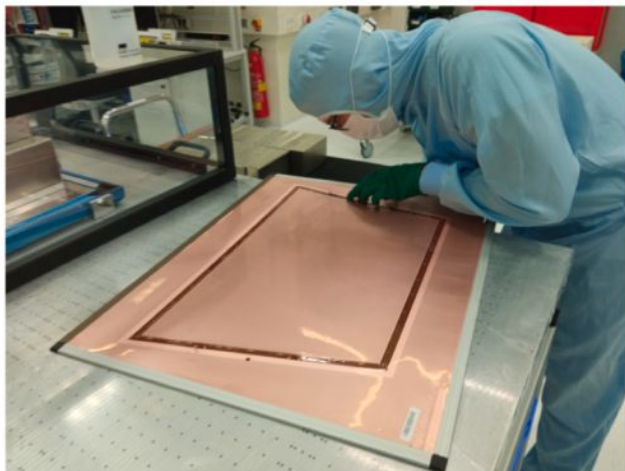
Prof. Camilla Codeço (UFRJ-CBPF)

Análises de superfície:

Thiago Badaró Saramela (DD-CNPq)



Análise de superfície



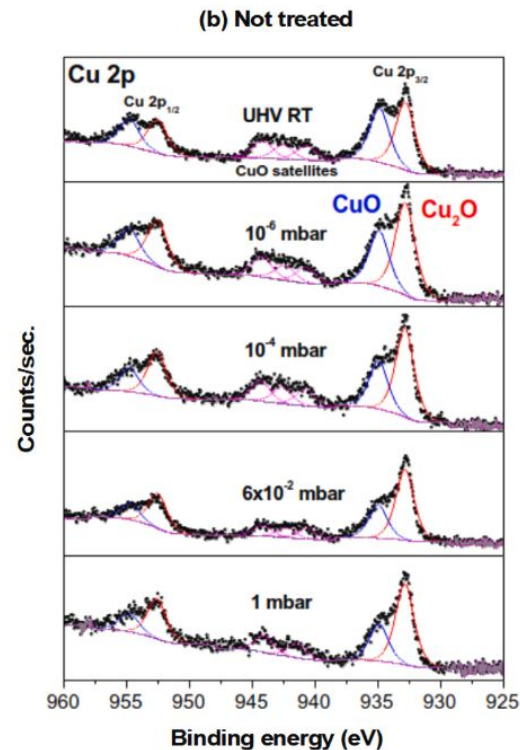
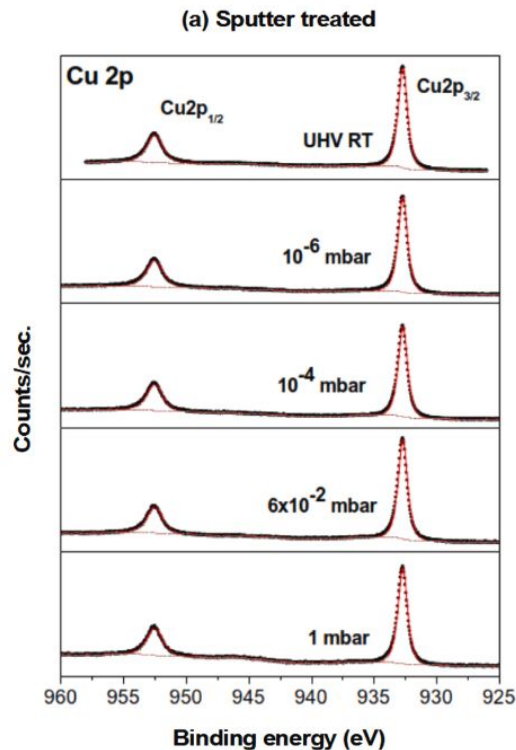
Análise in situ de amostra com a superfície limpa e como entregue.
 Processo de limpeza: bombardeamento de Ar^+ à 1 keV por 1 h. Estimativa de camada removida em 10 nm.

Análises de superfície:

Thiago Badaró Saramela (DD-CNPq)

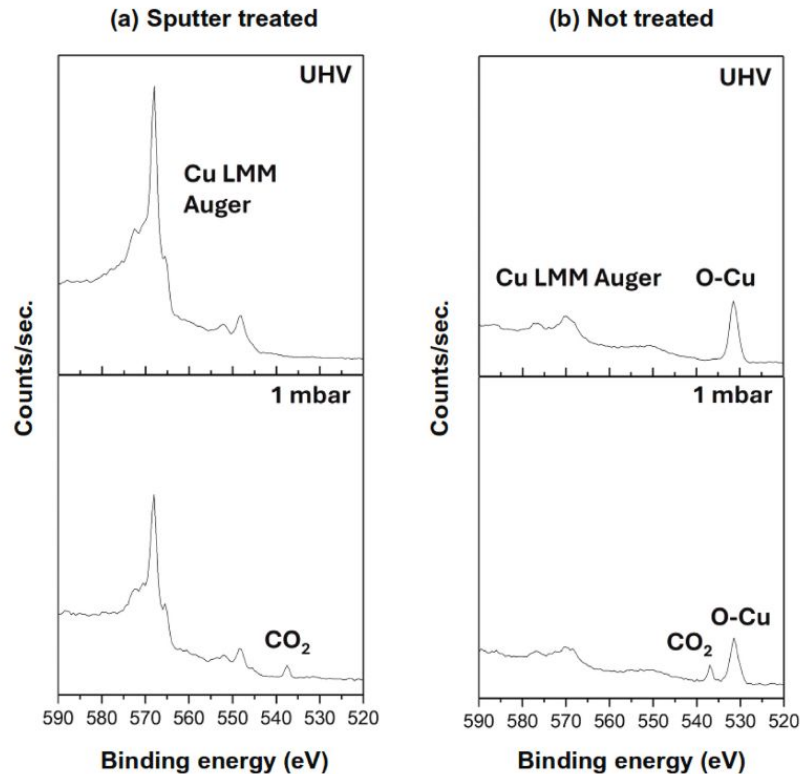
Análise de superfície

Análise na janela de energia de ligação do Cu 2p mostrou que a superfície do GEM limpa tem a assinatura do cobre metálico (puro), enquanto que a sem tratamento tem assinatura de uma mistura de CuO (Cu^{+2}) com Cu_2O (Cu^{+1}).



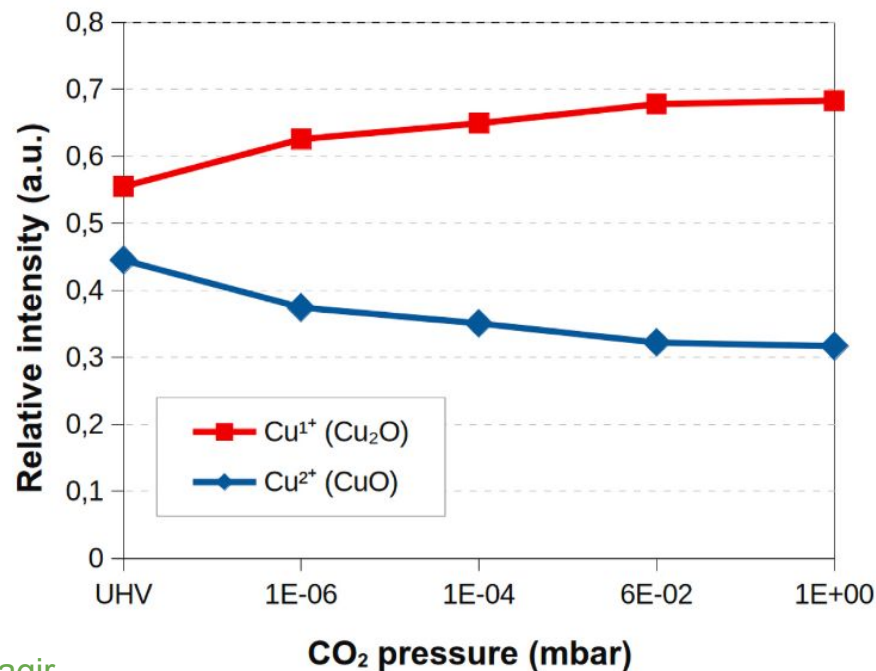
Análise de superfície

Na janela de energia de ligação do O 1s mostrou que a superfície do GEM sem tratamento é totalmente oxidada. O que surpreende é a mistura das duas fases, que requerem processos diferentes, sendo o Cu_2O o que ocorre naturalmente.



Análise de superfície

Ao expor a superfície às pressões gradativamente mais altas de CO_2 (in situ) observa-se uma conversão da fase CuO em Cu_2O . Estudos da literatura mostram que a fase Cu_2O é estável à reações de adsorção do CO_2 .



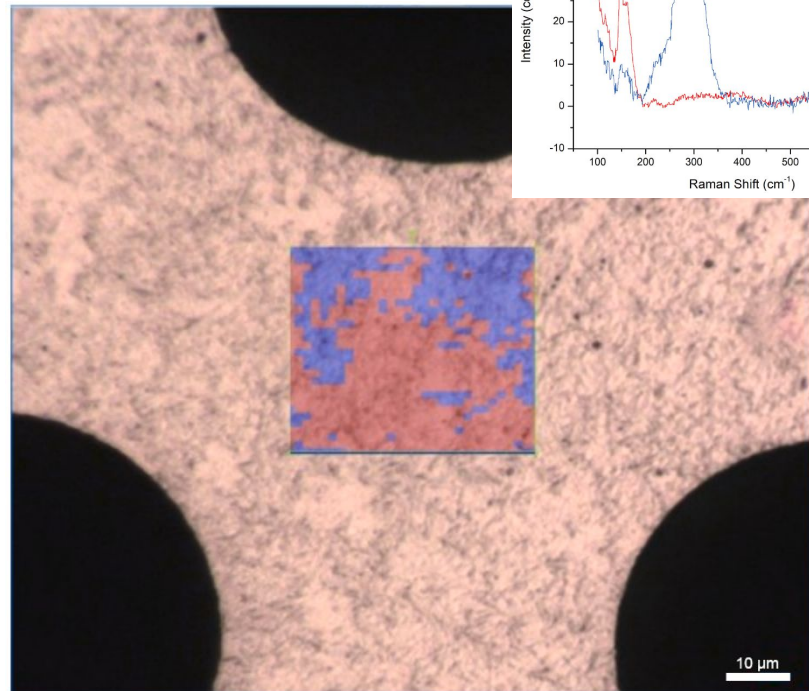
GEM tende a reagir cada vez menos com o CO_2 .

Análise de superfície

Como essas fases se distribuem na superfície?

Mapas de microscopia Raman mostram que as fases estão inicialmente segregadas.

Estudos em andamento para melhor entender a distribuição perto dos buracos e após exposição ao CO_2 .

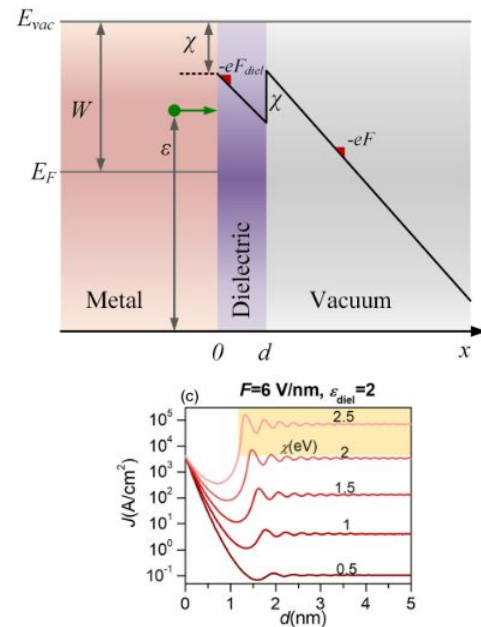


Simulação do efeito Malter

Efeito Malter: Ejeção de elétrons devido à camada isolante formada no eletrodo que impede a neutralização de íons positivos, levando à formação de uma carga superficial. A carga induz um alto campo elétrico que pode ser aumentado o suficiente para extrair elétrons do eletrodo.

Consequências:

- Aumento da corrente de escuro
- Saturação das ionizações e redução do ganho
- Formação de streamers e indução de descargas elétricas



YANG ZHOU AND PENG ZHANG, PHYSICAL REVIEW RESEARCH 2, 043439 (2020)

Simulações de acúmulo de carga:

Bruna T. Francisco (MSC-FAPESP)

Modeling the Malter effect

Ionic current model:

- Number of collisions/cm²/pC in the readout obtained from Garfield++ simulations
- Parametric curve fitted to the ion collisions distribution
- The readout charge is modeled as $Q_{read} = 4.0 \times 10^{-5} f G_{eff}$, where f is the event rate and G_{eff} is the effective gain (for 6 keV photons).

Dielectric layer model:

- Can be treated as a leaky capacitor ($CdV/dt + V/R = i_{ionic}$);
- Polymer resistivity $10^{13} - 10^{15} \Omega m$
- $\rho = \rho_0 \exp(-A/(E_b - E))$, where E is the electric field and E_b is the breakdown electric field of the polymer (may spark > 300 MV/m)
- Electric field given by: $\frac{E}{\rho_0} \cdot \exp\left(\frac{A}{E_b - E}\right) = J_0$

Field Emission model:

- Fowler-Nordheim equation:
 $J(F) = (A_{FN} F^2 / \Phi) \exp(-B_{FN} \Phi^{3/2} / F)$

where $A_{FN} \approx 1.5414 \times 10^{-6} [AeVV^{-2}]$ and $B_{FN} \approx 6.830 \times 10^9 [Vm^{-1}eV^{-3/2}]$.

- The electric field F is given by $F = \beta E$, where β is a local enhancement factor due to surface roughness.

The Malter effect:

- Field emitted electrons propagated using Garfield++
- Initial energy of 7 eV (Copper Fermi energy)
- Varying distances to the GEM hole

Modeling the Malter effect

Figure 6 – Calculation of the dark current as a function of the event rate, considering the electrons emitted by the Malter effect.

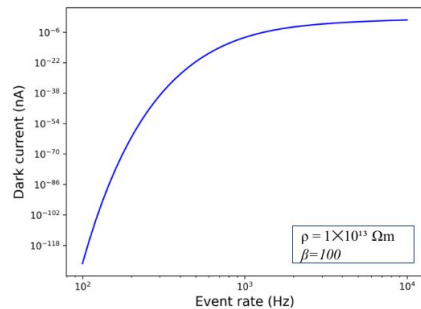


Figure 7 – Calculation of the dark current as a function of the bulk electrical resistivity, considering the electrons emitted by the Malter effect.

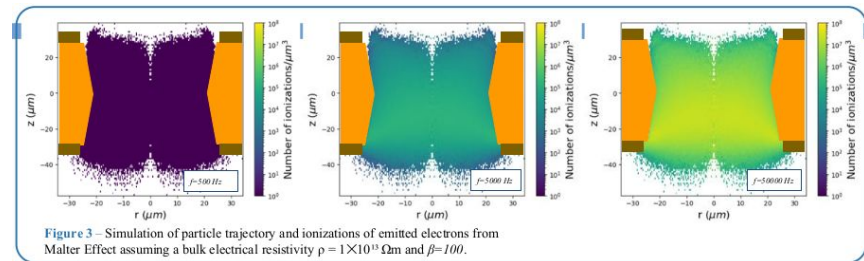
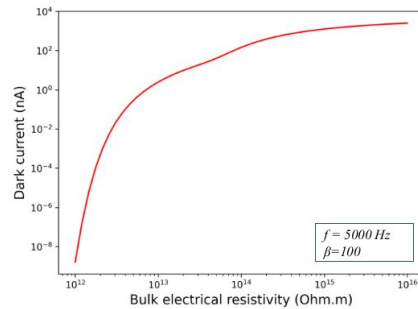


Figure 3 – Simulation of particle trajectory and ionizations of emitted electrons from Malter Effect assuming a bulk electrical resistivity $\rho = 1 \times 10^{13} \Omega\text{m}$ and $\beta = 100$.

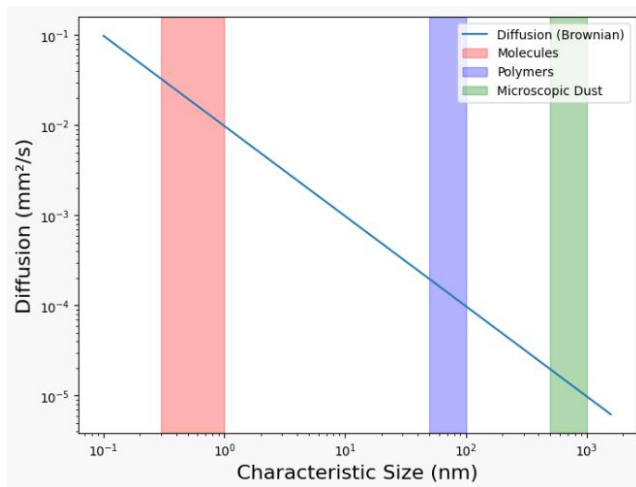
CONCLUSIONS

- Increased ionizations as the dielectric electrical resistivity increases.
- Increased ionizations as the field enhancement factor (surface roughness) increases.
- Dark current from Malter-effect ionizations increases with dielectric resistivity and event rate.

NEXT STEPS

- Attempt to evaluate how the dark current affects the readout sensitivity.
- Try to measure the space charge distortions caused by the Malter effect–induced charge.

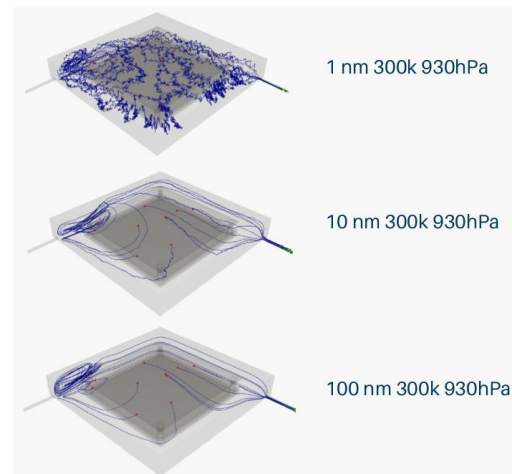
Long term stability of GEMs: flow optimization



Element	Characteristic size
Individual molecules (e.g. O_2 , H_2O)	0.3–1 nm
Polymers (e.g. Poliimida)	50–200 nm
Microscópico dust	0.5–1 μm



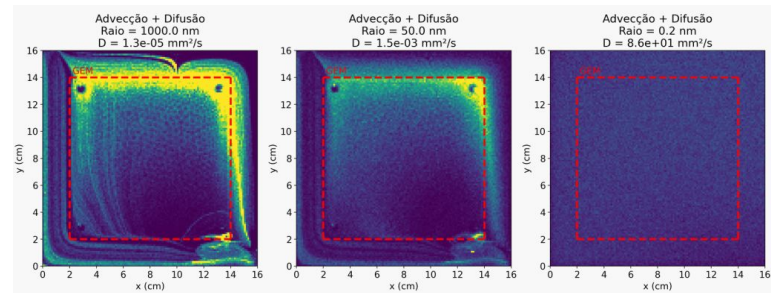
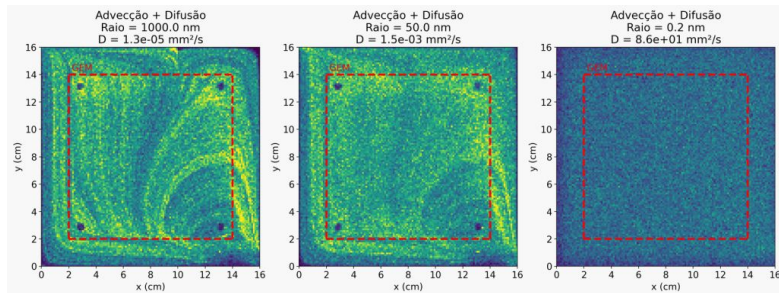
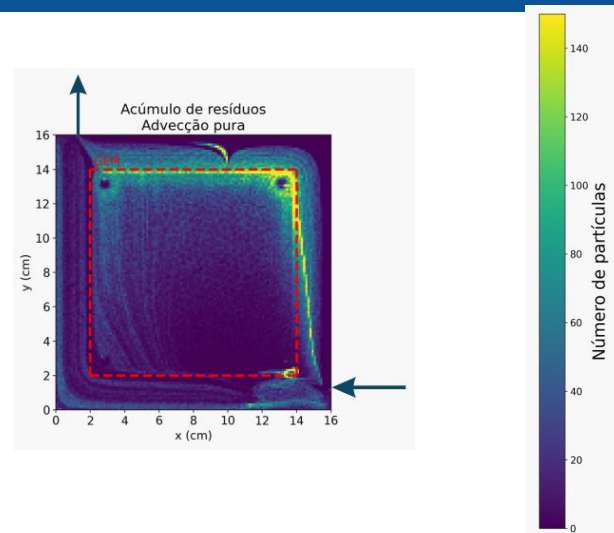
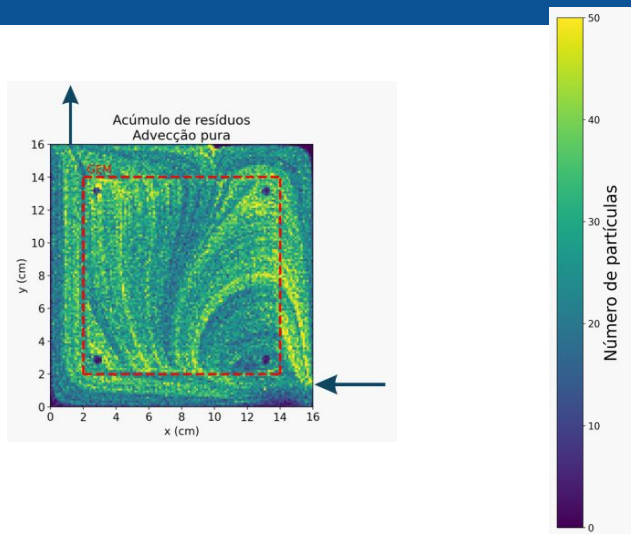
$$\vec{x}_{n+1} = \underbrace{\vec{x}_n + \vec{v}(\vec{x})\Delta t}_{\text{Advection}} + \underbrace{\vec{\eta}}_{\text{Diffusion}}$$



Estabilidade de detectores baseados em GEM:

Juliano Henrique Leite dos Santos (IC-PUB)

Long term stability of GEMs: flow optimization



Sinergias com GT4 - Eletrônica

- **Integração de hardware do SAMPA no ecossistema SRS**
 - Primeiro protótipo de placa híbrida e de interface foram testados e validados em 2022. Os híbridos atualizados foram montados no segundo semestre de 2023 e validados.
- **Desenvolvimento de software dedicado e drivers para SAMPA no sistema SRS**
 - Primeira versão do software de aquisição desenvolvido e em funcionamento desde o início de 2023. Sendo melhorado e atualizado regularmente
- **Desenvolvimento de um sistema de aquisição autônomo compacto baseado em SAMPA (HW)**
 - Prova de princípio de uso e placa adaptadora e um SoCKit CycloneV em 2023.
 - Edmilson e Ernesto (Campinas) expressaram o interesse a liderar um esforço para avançar nisso, e assim conseguir um sistema a baixo custo, baseado na DE10 (ainda um Cyclone V_ para protótipos locais, e, eventualmente, mesmo para pequenos (poucos canais) experimentos.
- **Desenvolvimento de software de aquisição e drivers para aquisição autônoma**
 - Prova de princípio modificando o software utilizado durante o teste/validação do Sampa. A ser atualizado para a DE10 (ou outra placa-FPGA), e desenvolvido para as novas aplicações.
- **Desenvolvimento e otimização de rotinas de reconstrução**
 - Em andamento. Mantido e melhorado regularmente (Geovane, alunos de IC)
- **Estudos para uma eletrônica de próxima geração para MPGD**
 - Hans Muller está propondo uma versão potenciada da FEC, a eFEC. A ser avaliado quanto/como contribuir (= manpower)
 - A próxima geração do ASIC (projeto Salsa), mesmo que fora do Tematico, está em andamento. Principais blocos de construção (front-end analógico, ADC, PLC) protótipos projetados, fabricados e em teste. Protótipos novos, melhorados e/ou mais complexos em desenvolvimento

Solicitado:

- Compra de digitalizadores, pré-amplificadores e firmware

Próximos meses:

- Compra de gases
- Discutir compra conjunta com o grupo do Rio de Janeiro

Possíveis interações

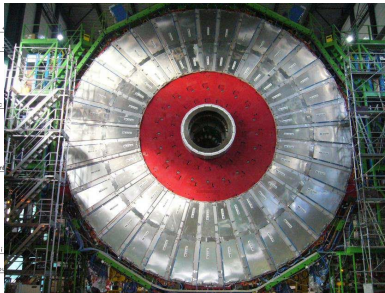
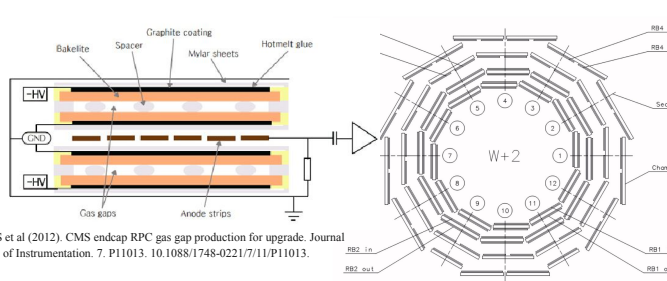
- **Entre os grupos de SP e RJ:**
 - Caracterização das misturas feitas no RJ pelo grupo de SP
 - Produção de misturas de Ecogases no RJ para testes em SP
 - Envio de partes de RPC pelo grupo do RJ para SP para caracterização
 - Estudo dos sinais de MPGDs em SP com Ecogases pelo grupo do RJ
- **Entre o GT1 e outros GTs:**
 - Produção de eletrônica (CMS e DRD1)
 - Caracterização de sensores
- **Entre o GT1 e outros experimentos:**
 - Os estudos de degradação explicam observações de outros experimentos (e.g. LHCb)
 - Estudos de Ecogases beneficiam todos os experimentos com detectores gasosos

BACKUP

Manutenção das RPCs no CMS



As câmaras de placas resistivas no CMS/HL-LHC



	RPC	iRPC
HPL thickness (mm)	2	1.4
Number of gas-gaps	2	2
Gas gap thickness (mm)	2	1.4
Resistivity (Ωcm)	$1 - 6 \times 10^{10}$	$0.9 - 3 \times 10^{10}$
Charge threshold (fC)	150	30 - 40
Space resolution in η (cm)	20 - 28	1.5
Space resolution in ϕ (cm)	0.8 - 1.9	0.3 - 0.6
Intrinsic timing resolution (ns)	1.5	0.5

- 480 câmaras retangulares no barril, em “sanduíche” com os DTs fornecendo sinais temporais precisos
- 576 câmaras trapezoidais nas tampas, alinhadas aos CSCs, também fornecendo informação temporal acurada
- Todas as 1056 câmaras terão a eletrônica atualizada, onde a principal melhoria será na resolução espacial: 25 ns $\rightarrow$ 1.5 ns
- + 72 câmaras nas estações RE3/1 e RE4/1
- Eletrônica completamente diferente, com maior precisão temporal e espacial ainda melhor, além da maior resistência à radiação

