

## **Participação do IPEN no WG 5**

### **Aplicações com detetores gasosos tipo MPGD**

## **Desenvolvimento de detetores de nêutrons térmicos**

Francisco de Assis Souza

Maurício Moralles

# Localização

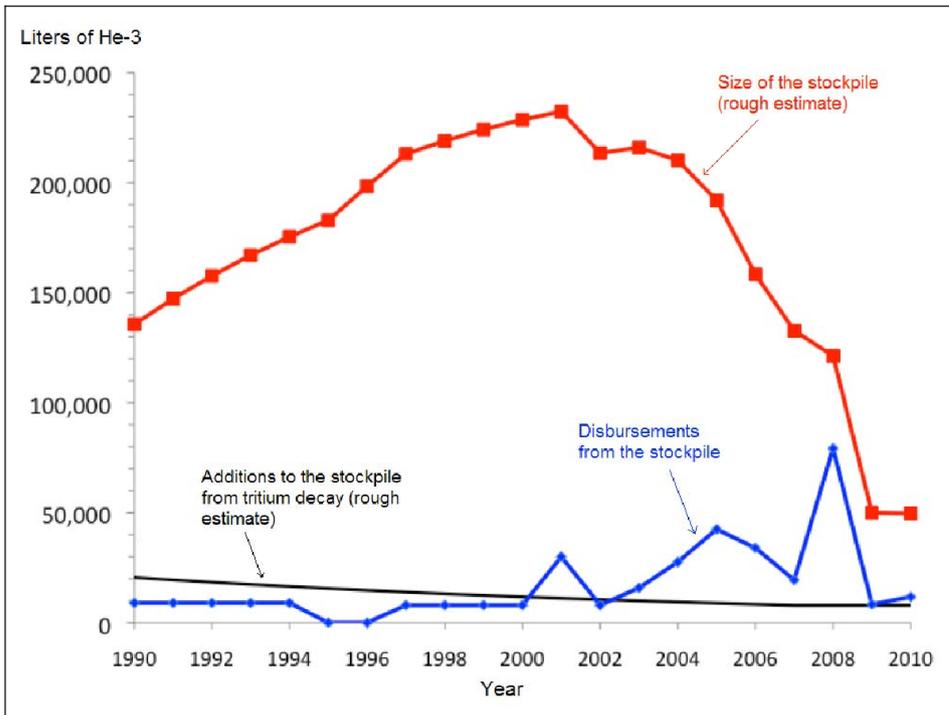


# Motivação

- Técnicas de espalhamento de nêutrons são utilizadas em diversas áreas do conhecimento
  - Espalhamento a baixo ângulo, difração, tomografia, reflexão, spin-echo...
- Escassez de  $^3\text{He}$ , elemento mais utilizado em detectores de nêutrons térmicos

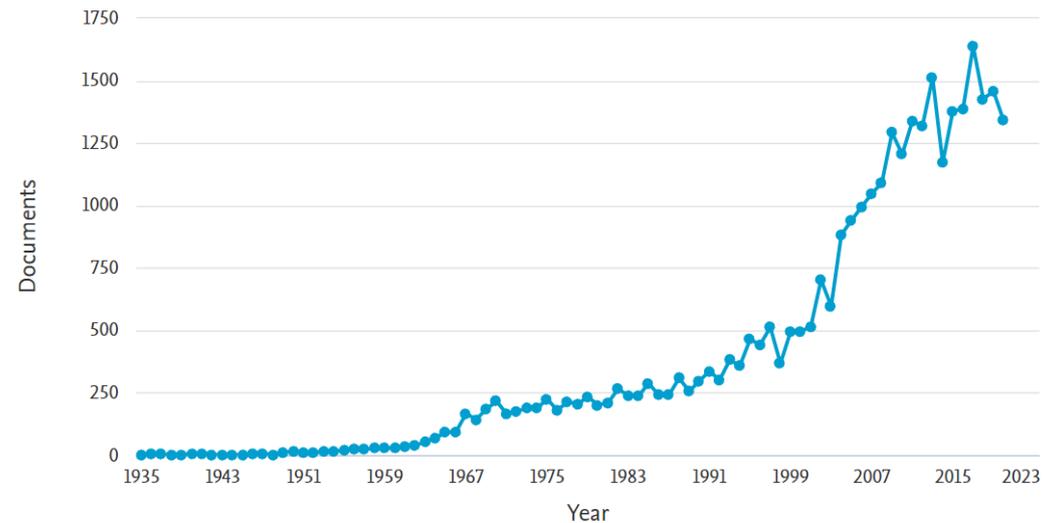


Figure 1. Size of the Helium-3 Stockpile, 1990-2010



Source: Adapted from Steve Fetter, Office of Science and Technology Policy, "Overview of Helium-3 Supply and Demand," presentation at the American Association for the Advancement of Science Workshop on Helium-

Documents by year



Documents indexed in Scopus database which contain "neutron detector" in *title, abstract or keywords*.

# Motivação

- Busca por alternativas ao  $^3\text{He}$  no desenvolvimento de novos detetores de nêutrons térmicos
  - $n + ^{10}\text{B} \rightarrow ^7\text{Li} (840 \text{ keV}) + ^4\text{He} (1470 \text{ keV}) + \gamma(480 \text{ keV})$  (94%)  $^3\text{He} \rightarrow \sigma_a = 5333 \text{ barns}$
  - $n + ^{10}\text{B} \rightarrow ^7\text{Li} (1015 \text{ keV}) + ^4\text{He} (1775 \text{ keV})$  (6%)  $^{10}\text{B} \rightarrow \sigma_a = 3838 \text{ barns}$
- Construção da European Spallation Source (ESS) desde 2014
  - 22 state-of-the-art neutron instruments
- Projeto do reator multipropósito brasileiro (RMB) (inicialmente previsto para 2018)
  - 3 guias de nêutrons térmicos e 3 guias de nêutrons frios
  - 2 instrumentos por guia
- Colaboração IPEN-IFUSP e outras instituições

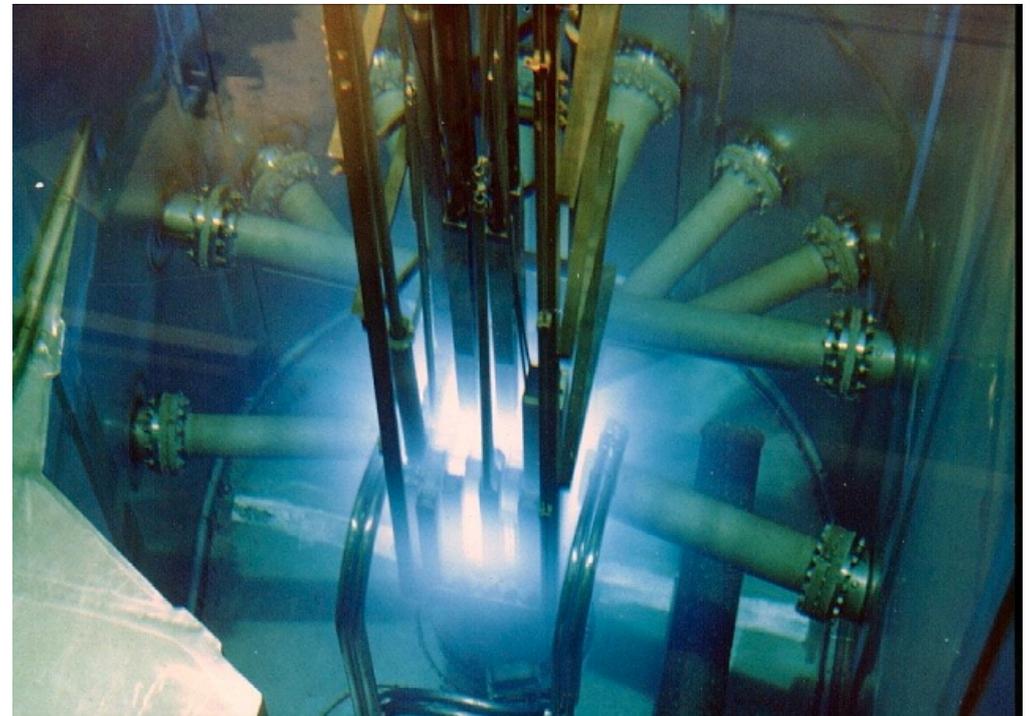
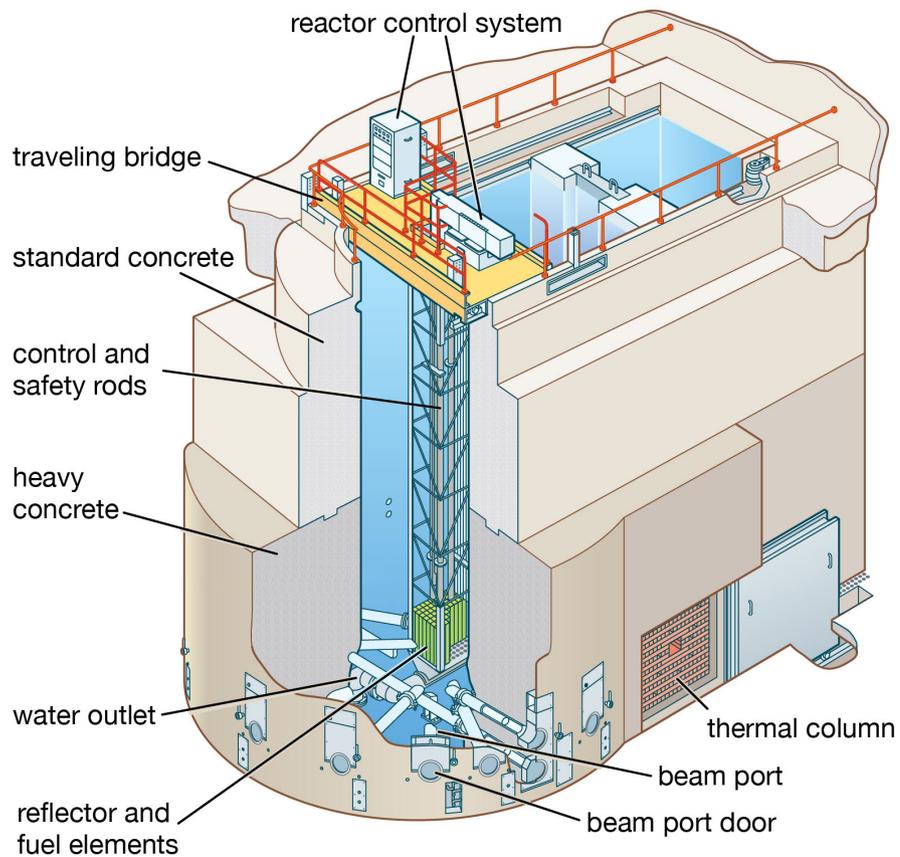
# Objetivos

- Desenvolvimento de detetores de nêutrons térmicos sensíveis à posição e com grande área
  - Desenvolvimento e construção dos detetores
  - Experimentos no reator IEA-R1 usando feixe nêutrons para teste dos detetores
- Irradiação de dispositivos eletrônicos para estudos de danos de radiação
  - Irradiação em um campo de nêutrons/gamas no reator IEA-R1

# Infraestrutura

- Reator IEA-R1 – CERPq/IPEN

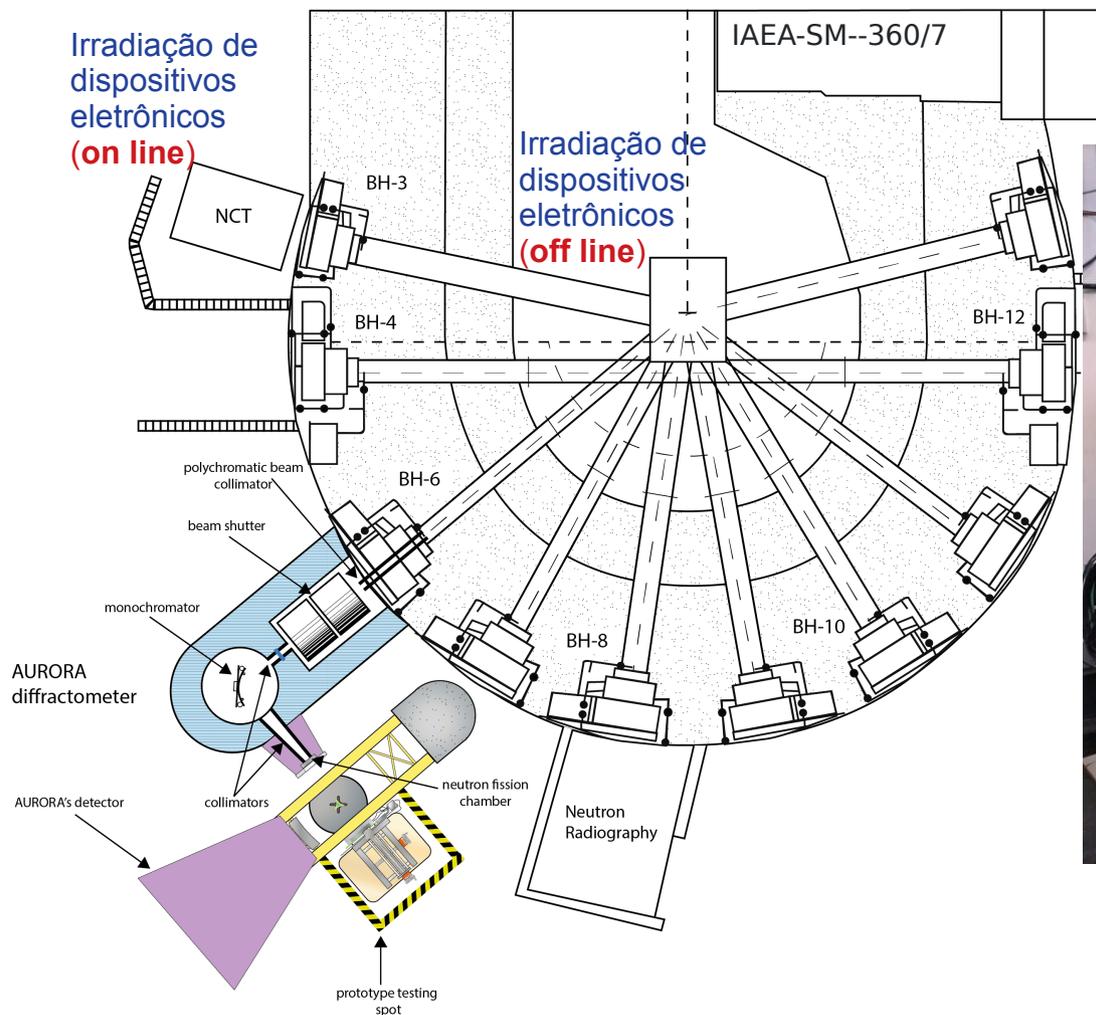
Reator tipo piscina – 4,5 MW



Núcleo do reator e tubos de feixe

A. C. Iglesias Rodrigues, Dissertação de Mestrado 2016

# Infraestrutura



Feixe monocromático para caracterização e teste de detectores



AURORA - DOI:10.1016/j.nima.2010.06.203

Lucas de Arruda Serra Filho – Dissertação de Mestrado 2022

# Feixe de Nêutrons – Difratômetro Aurora

- 1º Andar IEA-R1 – BH 6
- $\lambda = 1.399 \text{ \AA}$ ,  $E = 41,80 \text{ meV}$
- $\Phi = 6,22 \times 10^4 \text{ n/cm}^2/\text{s}$
- Câmara de Fissão (monitor) calibrada
- Tamanho do feixe  $\sim 3 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$



LABORATÓRIO DE METROLOGIA NUCLEAR

CENTRO DO REATOR DE PESQUISAS

**CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO**  
**DENSIDADE DE FLUXO DE NÊUTRONS**

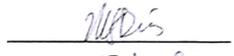
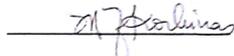
Certificado nº : F-01/2018  
Data: 17/05/2018  
Destinatário: Dr. Mauricio Moralles (CRPq)  
Fonte de nêutrons: Difratômetro de Nêutrons  
Data e hora da irradiação: Início: 08/05/18 08:17 hs  
Término: 08/05/18 15:58 hs  
Reação utilizada:  $^{197}\text{Au}(n,\gamma)^{198}\text{Au}$   
Tipo de amostra: Au puro - diâmetro 12 mm; massa 0,1054 g

POSIÇÃO	FLUXO TÉRMICO ( $\text{n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ )	ERRO(%)
Amostra	6,22E4	3,0

\* Nível de confiança :68 %.

**Observações:**

- Energia de nêutron considerada: 0,04180 eV;
- Seção de choque utilizada: 76,79 b (incerteza 0,5%);
- Fator de Auto-Blindagem: 0,9896 (incerteza 0,3%);
- Foram desconsideradas: influências de materiais vizinhos e contribuição de nêutrons epitérmicos.

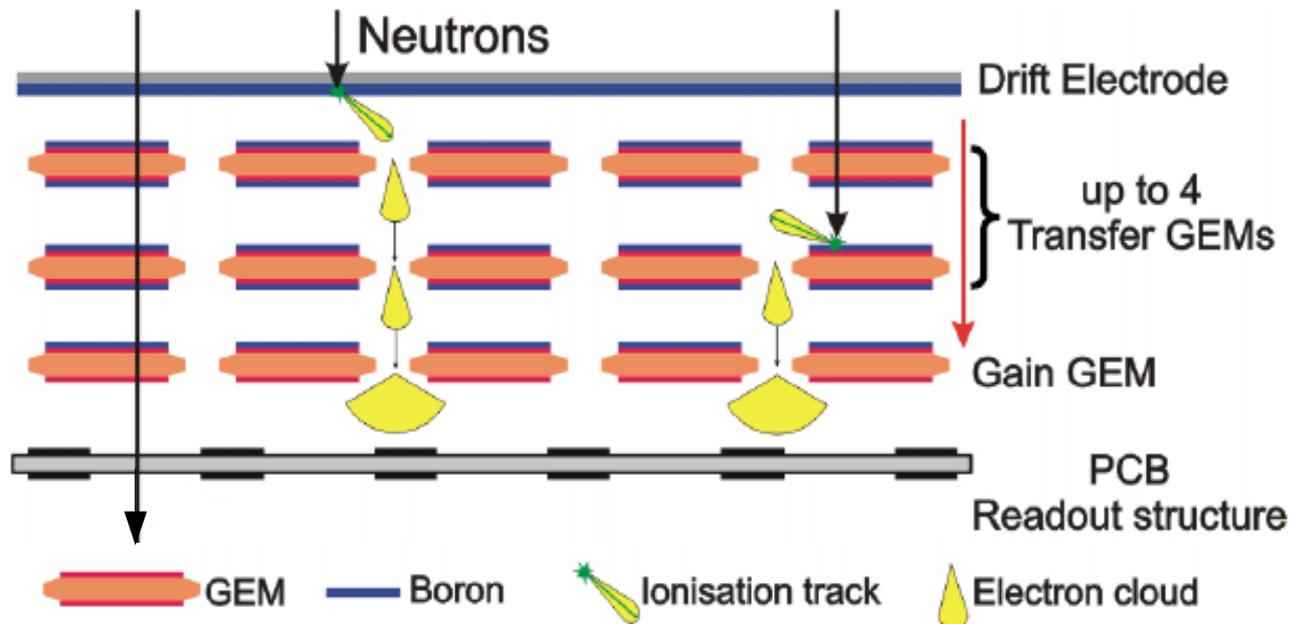
Executores: Dr. Mauro S. Dias   
Dra. Marina F. Koskinas   
Responsável: Dr. Mauro S. Dias 

comissão nacional de energia nuclear  
instituto de pesquisas energéticas e nucleares  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 Cidade Universitária - CEP 05508-900  
Caixa Postal 11049 - CEP 05422-970 - Pinheiros - São Paulo - SP - Brasil  
Telefone: (011) 3133-8822 Fax: (011) 3133-9960  
e-mail: sae@ipen.br

1

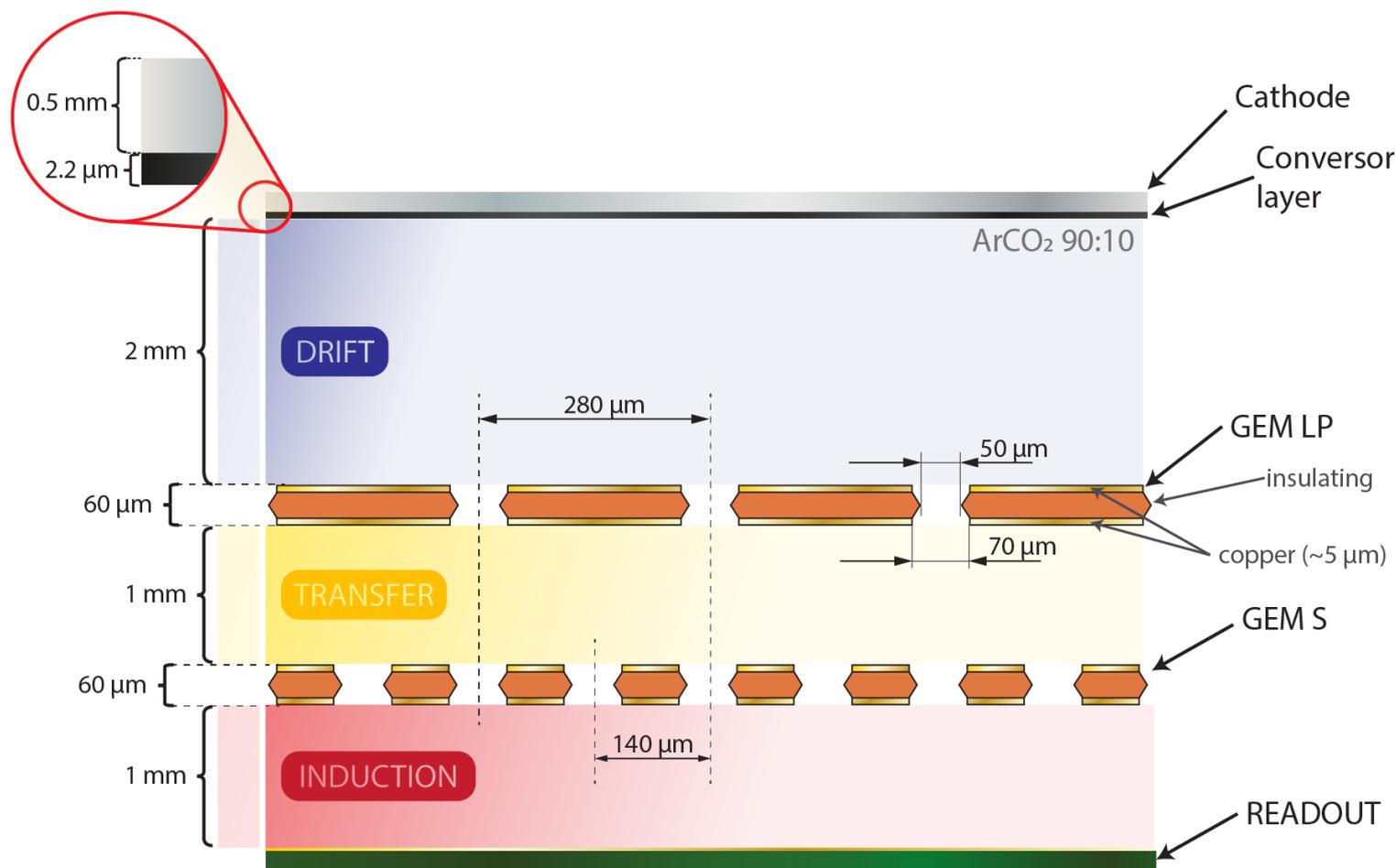
# Detetor de nêutrons baseado em GEMs

- Deposição de uma camada de  $^{10}\text{B}$  em cada lado das placas.
- Utilizar várias placas para aumentar a eficiência de detecção de nêutrons



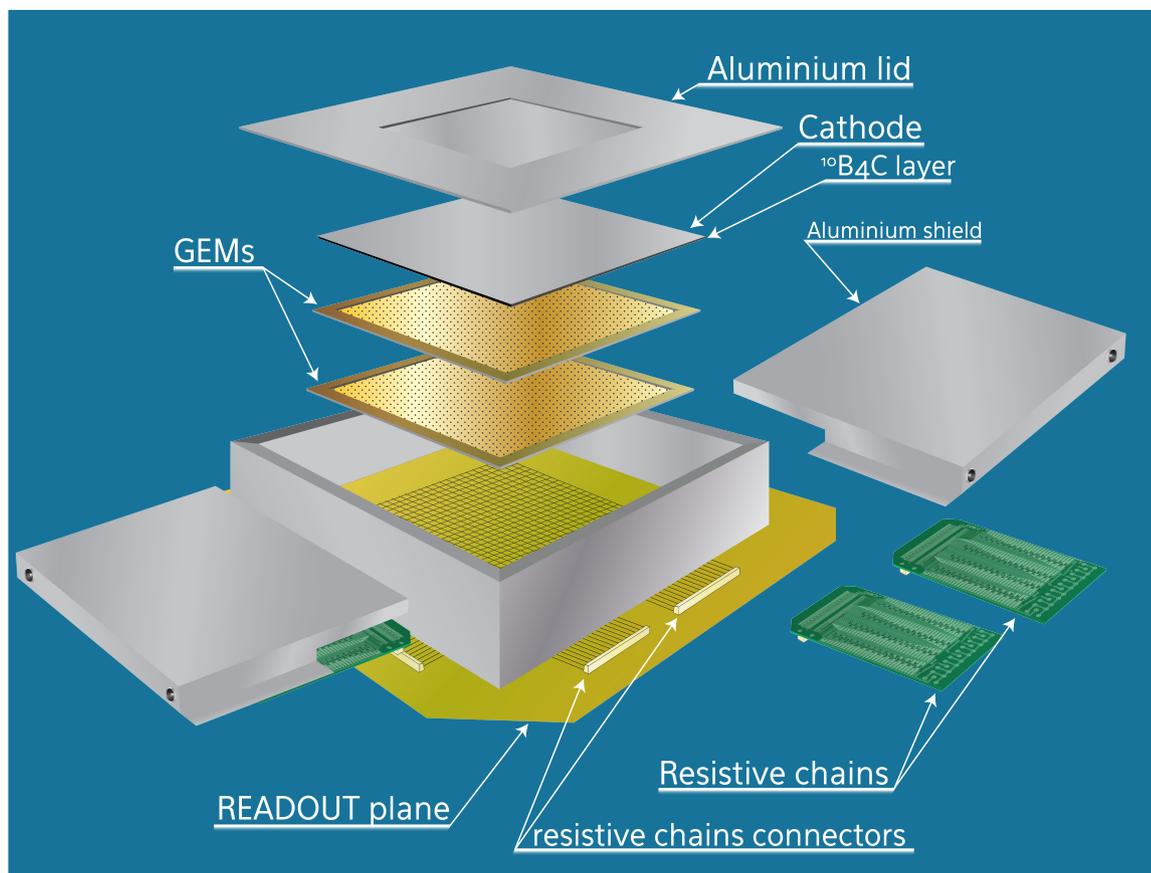
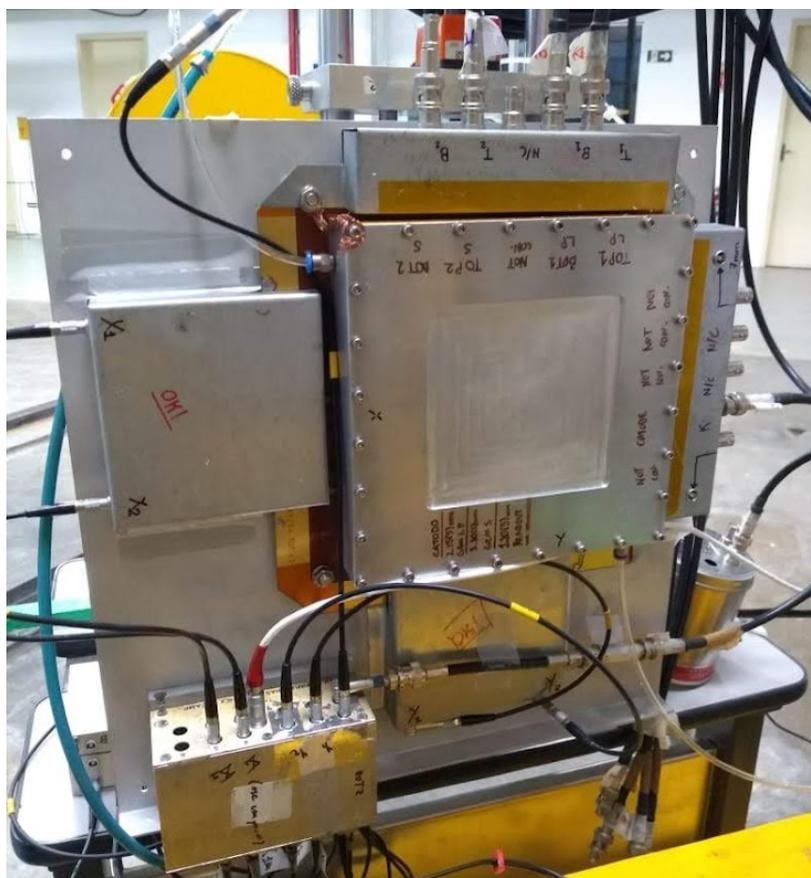
CASCADE, neutron detectors for highest count rates in combination with ASIC/FPGA based readout electronics, Dr. Martin Klein, Physikalisches Institut, Germany

# Detetor de nêutrons sensível à posição - Protótipo



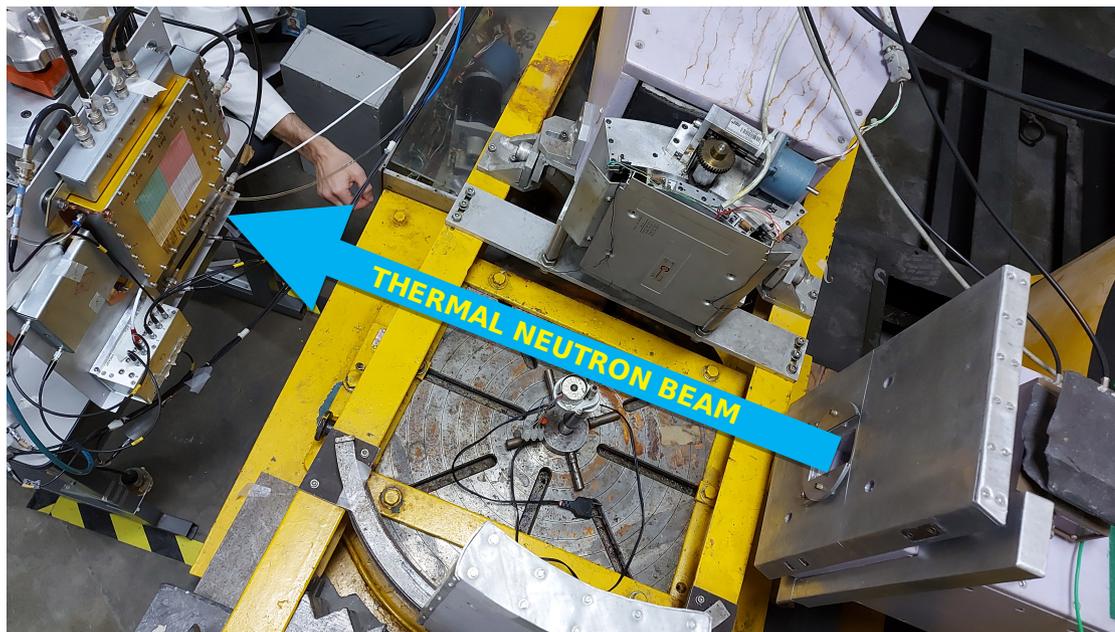
Lucas de Arruda Serra Filho – Dissertação de Mestrado 2022

# Protótipo



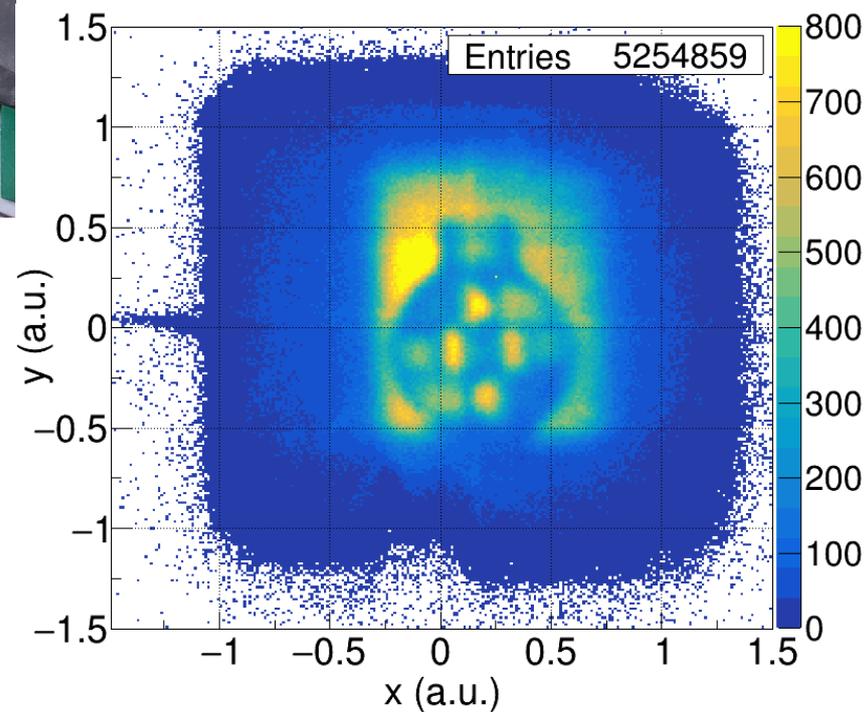
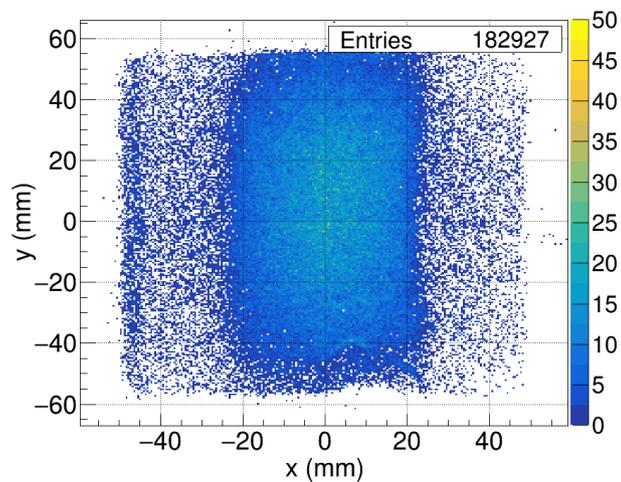
Lucas de Arruda Serra Filho – Dissertação de Mestrado 2022

# Protótipo – Testes e resultados



Resolução: FWHM = 2,70(10)mm

Eficiência 2,61(13)%



# Cronograma

	1o ano	2o ano	3o ano	4o ano	5o ano
<b>MPGD Applications</b>					
Study and optimization of single-layer $^{10}\text{B}$ converter associated with GEM based amplification and readout (thermal neutron beam monitor)	X	X			
Validation of beam monitor for thermal neutrons		X			
Study and optimization of multilayer, $^{10}\text{B}$ coated ThickGEM based, converter for thermal neutron (detection efficiency optimization)	X	X	X		
Developing and validation of a big area, efficient, position-sensitive, thermal neutron detector		X	X	X	
Study and development of a customized application for neutron detector (e.g. RMB)		X	X	X	X
<b>MPGD Simulations</b>					
Integration of Garfield++ and Geant4	X	X			
Simulation of ion probes in MPGDs			X	X	
<b>Radiation Hardness Characterization of Semiconductor Devices</b>					
Irradiation with neutrons at IPEN reactor and dose effect studies in SAMPA and UFSD sensors and ASICs	X	X	X	X	X