



University of São Paulo



Física e Instrumentação de Altas Energias com o LHC-CERN (20/04867-2) - Temático FAPESP

Authors:

Henrique Chaves *GULINO*¹

Pedro Ian Soares de *ALMEIDA*¹

Carlos Eduardo *BRAVO*¹

Bruno *SANCHES*¹

Luís da Silva *ZAMBOM*²

Ronaldo Domingues *MANSANO*³

¹*Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP*

²*Instituto de Física da Universidade de São Paulo - IFUSP*

³*Faculdade de Tecnologia de São Paulo - CEETEPS*

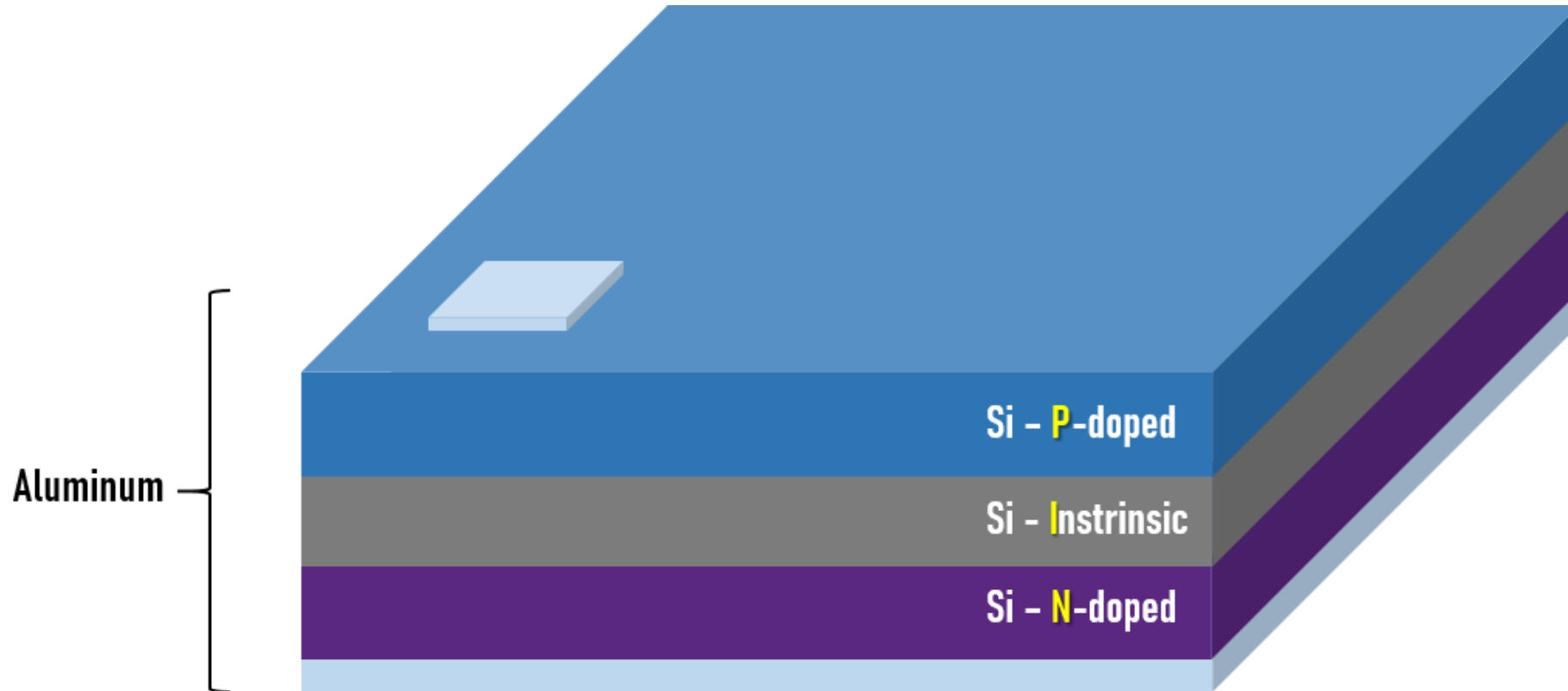


University of São Paulo

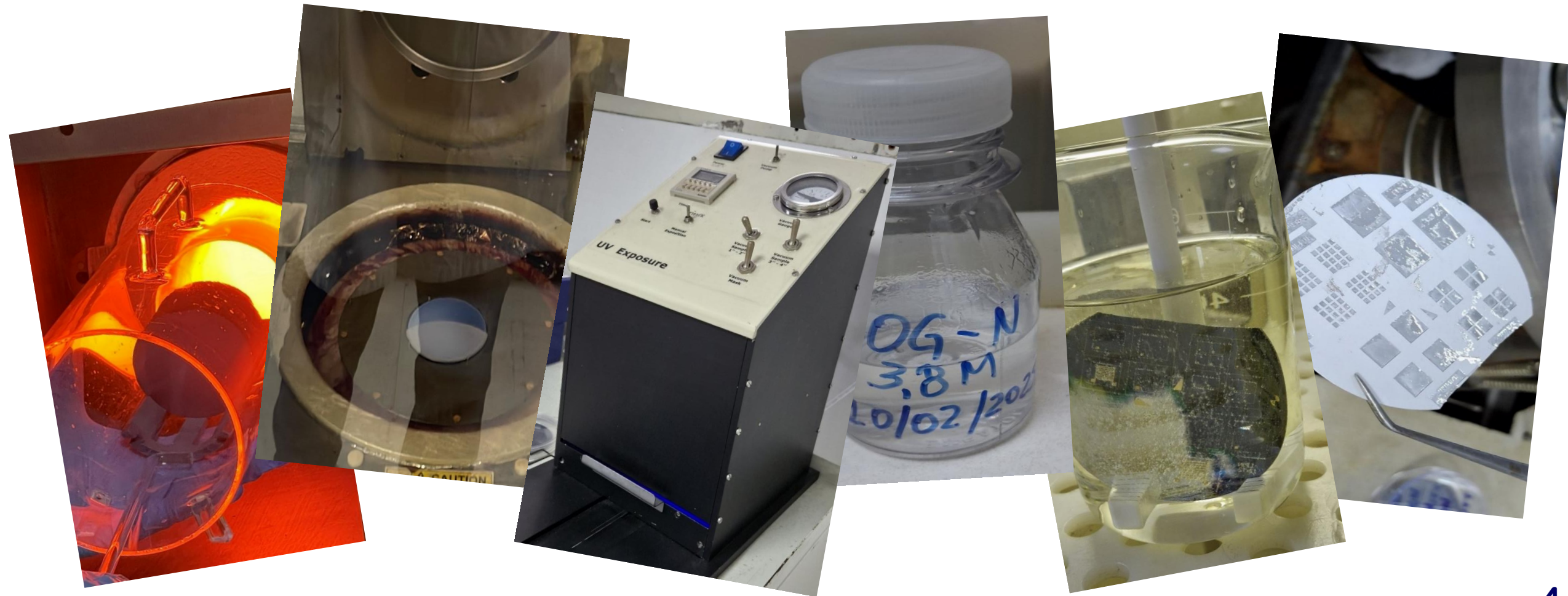


PIN Diodes: Fabrication, Integration and Applications

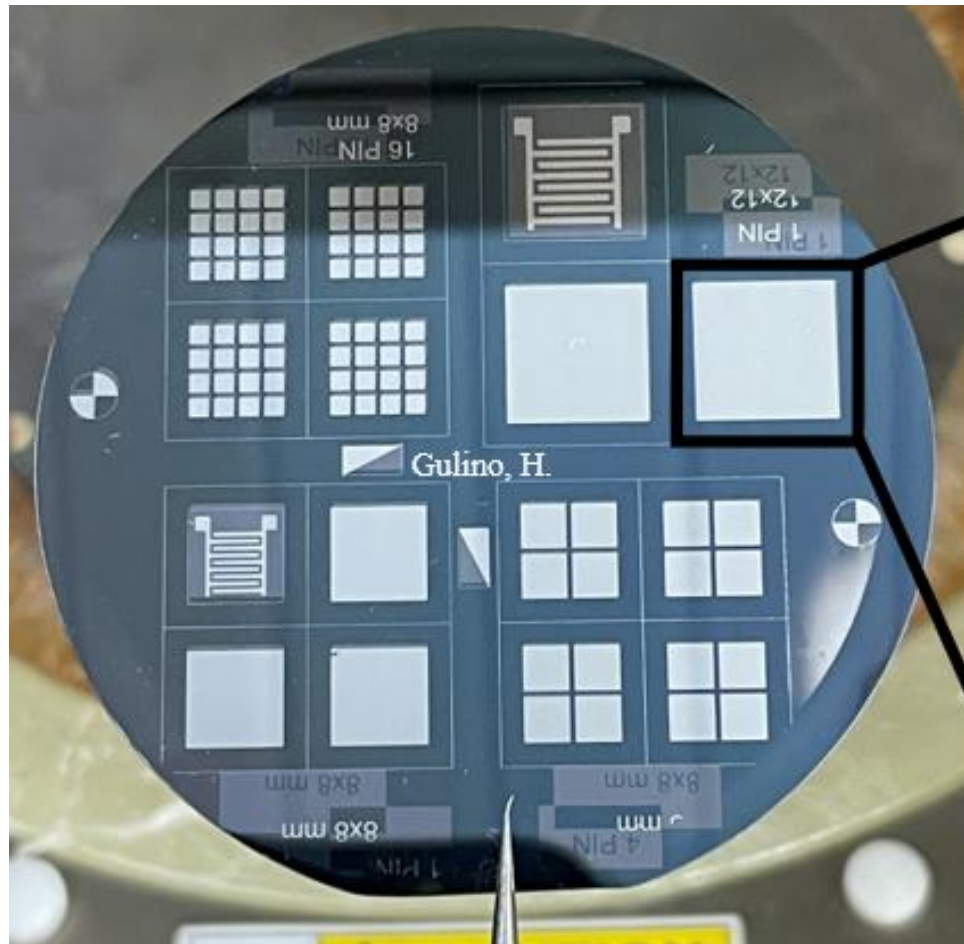
ESTRUTURA DO DIODO PIN



PROCESSOS DE MICROFABRICAÇÃO



RESULTADO FINAL



Aluminum

Si - P doped

Si - Intrinsic

Si - N doped

Aluminum

DIMENSÕES DOS DIODOS

• 2 x 2 mm

• 4 x 4 mm

• 8 x 8 mm

• 12 x 12 mm



University of São Paulo



PUBLICAÇÕES

XXV International Symposium on Solid State Dosimetry



<https://inis.iaea.org/records/2peem-j2h07>

2025 SBFoton International Optics and Photonics
Conference (SBFoton IOPC)



<https://doi.org/10.1109/SBFotonIOPC66433.2025.11218323>



PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO

INAC 2026 - International Nuclear Atlantic Conference



XVII Meeting on Nuclear Applications (ENAN)



**Development of Brazilian Low-Cost PIN Diodes for Radiodiagnosis:
Linearity and SNR Analysis in Low-Energy X-Ray Beam**



Trabalho desenvolvido com o CETER-IPEN



University of São Paulo



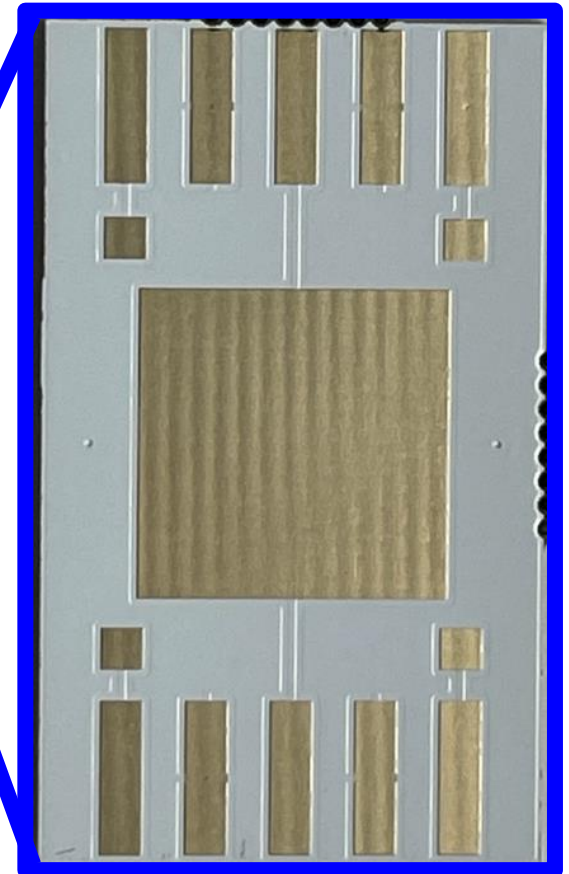
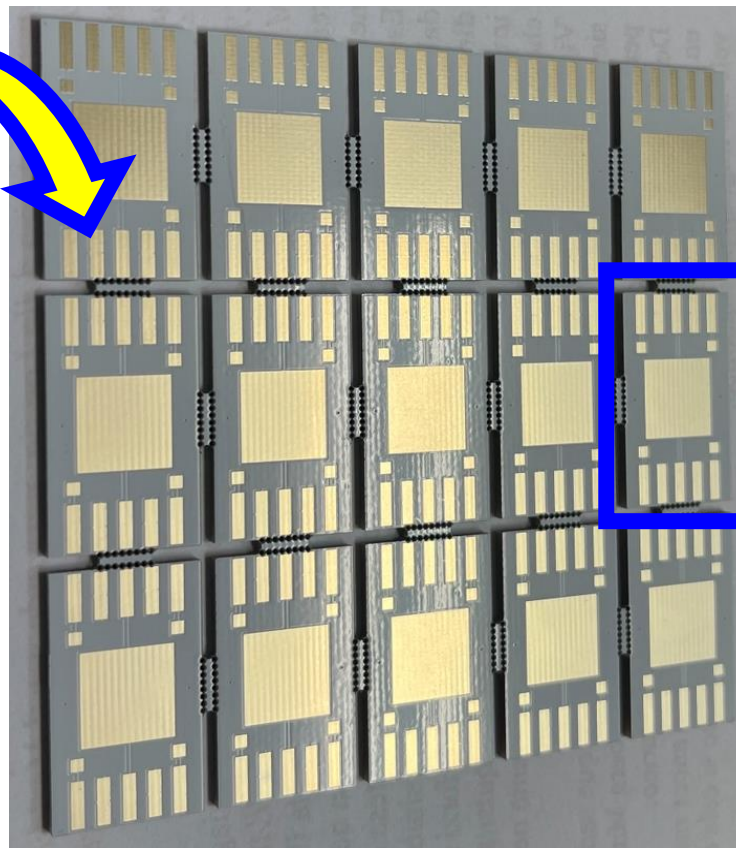
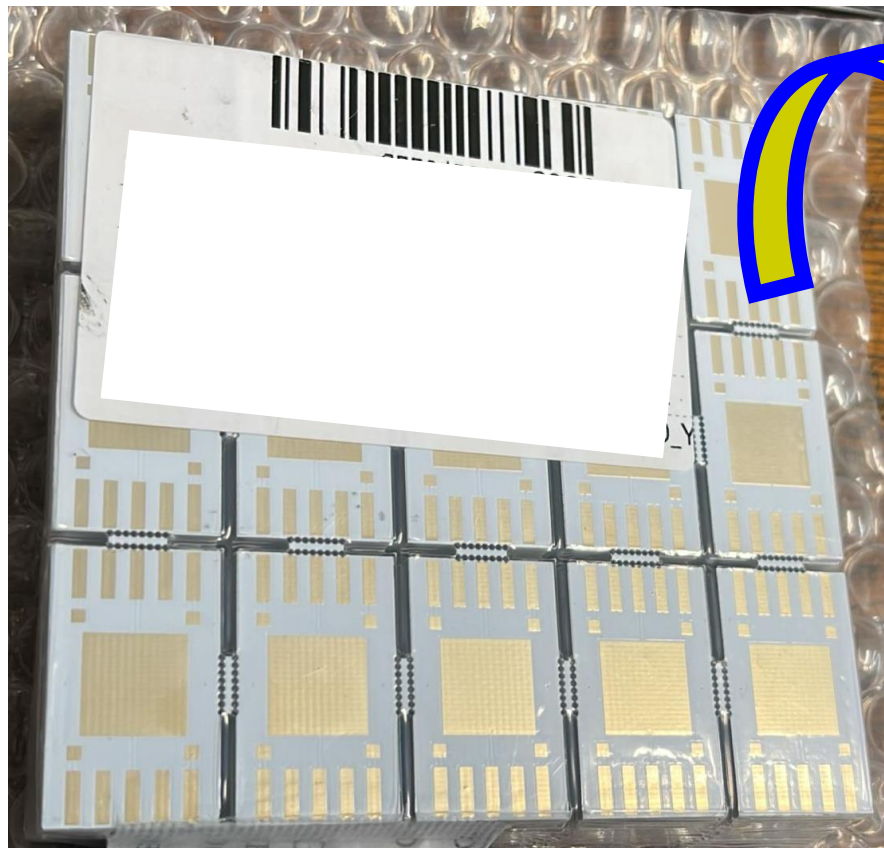
PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO

**Irradiação dos Diodos PIN, com altas doses >50 Grays -
dias 26,27 e 28 de Maio**



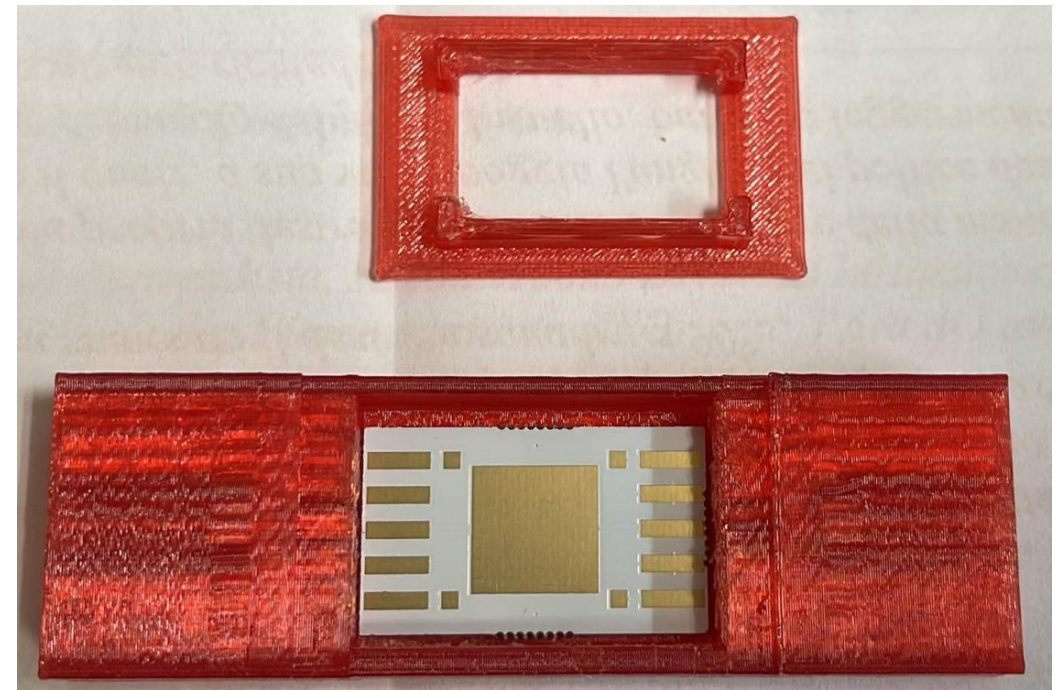
Trabalho desenvolvido com o CETER-IPEN

Montagem para testes de irradiação no IPEN

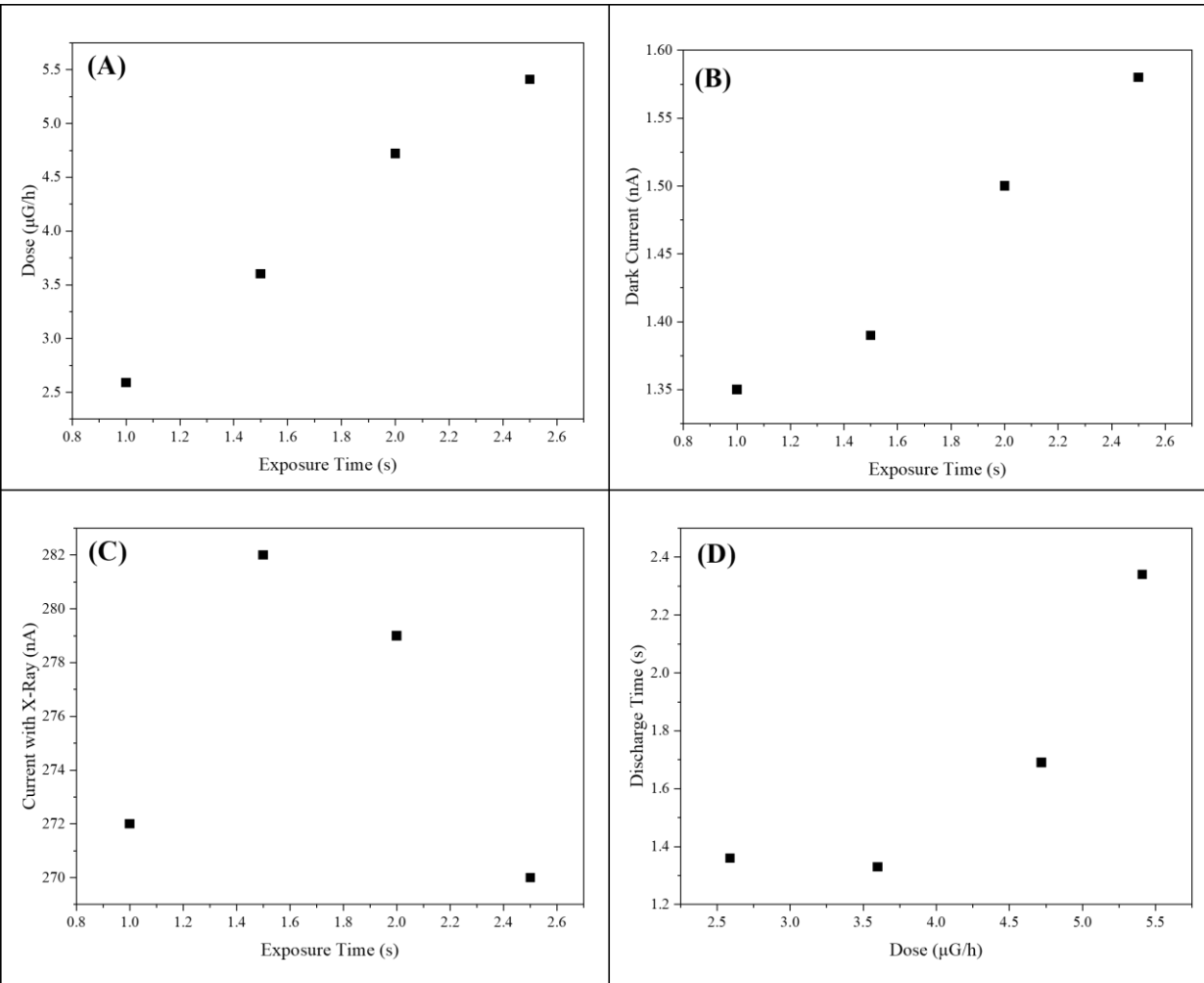


Montagem para testes de irradiação no IPEN

Novas versões...



PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO



| Exposure Time (s) | Dose rate ($\mu\text{g/h}$) | Dark Current (nA) | Current with X-Rays (nA) | Discharge time (s) |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------|
| 2.5 | 5.41 | 1.58 | 270 | 2.34 |
| 2 | 4.72 | 1.50 | 279 | 1.69 |
| 1.5 | 3.60 | 1.39 | 282 | 1.33 |
| 1 | 2.59 | 1.35 | 272 | 1.36 |

Experimental characterization of the 12x12 mm PIN diode: (a) Radiation dose as a function of exposure time showing linear response; (b) Dark current stability measured across different exposure intervals; (c) Photocurrent generated under X-ray irradiation (pumping current); and (d) Recovery dynamics showing the discharge time as a function of the applied dose.

PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO

RADECS (RADiation and its Effects on Components and Systems Conference) 2026

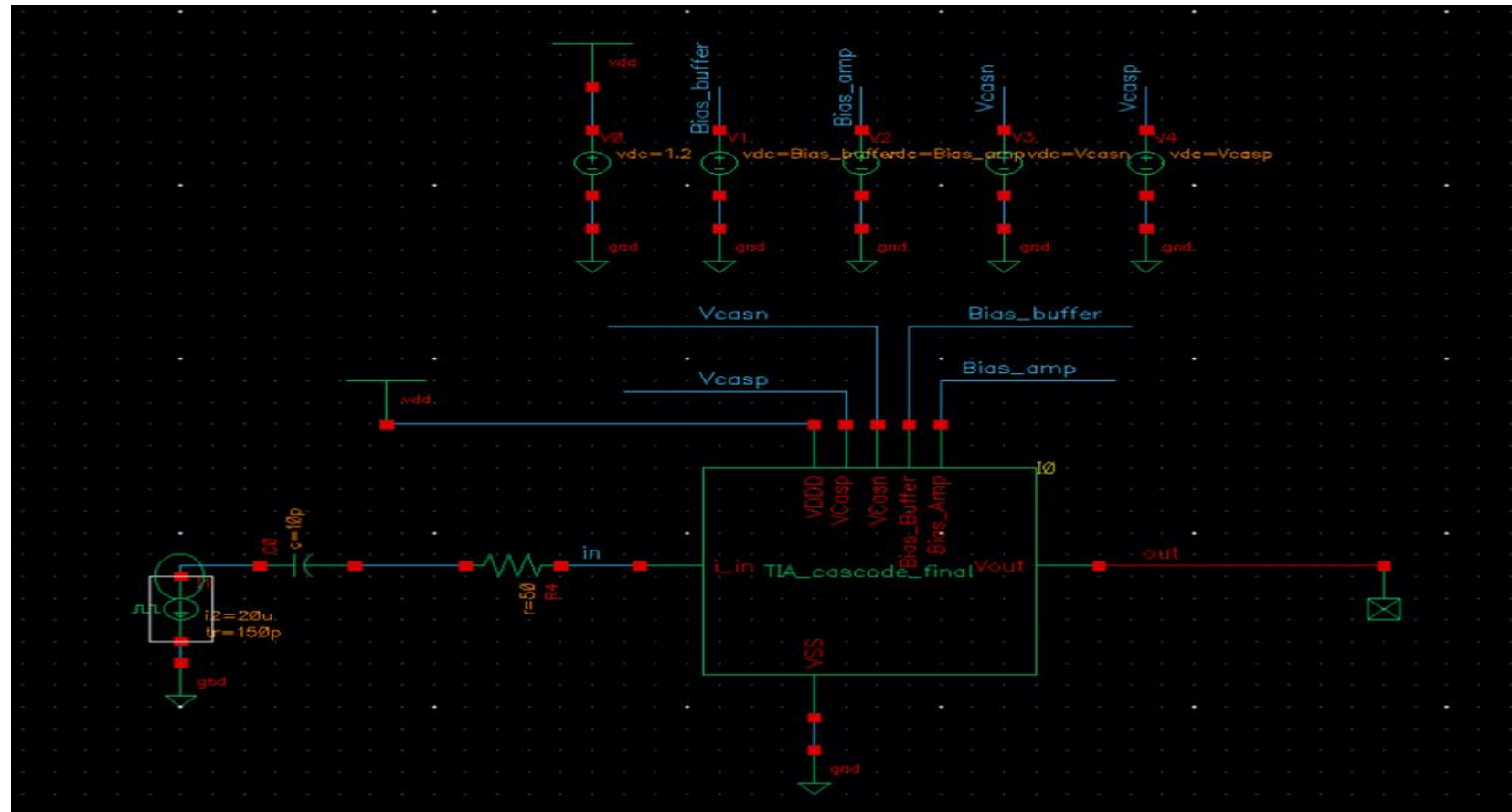


Design and Response Evaluation of a Brazilian Proton Burst Detection System for Satellite Radiation Monitoring

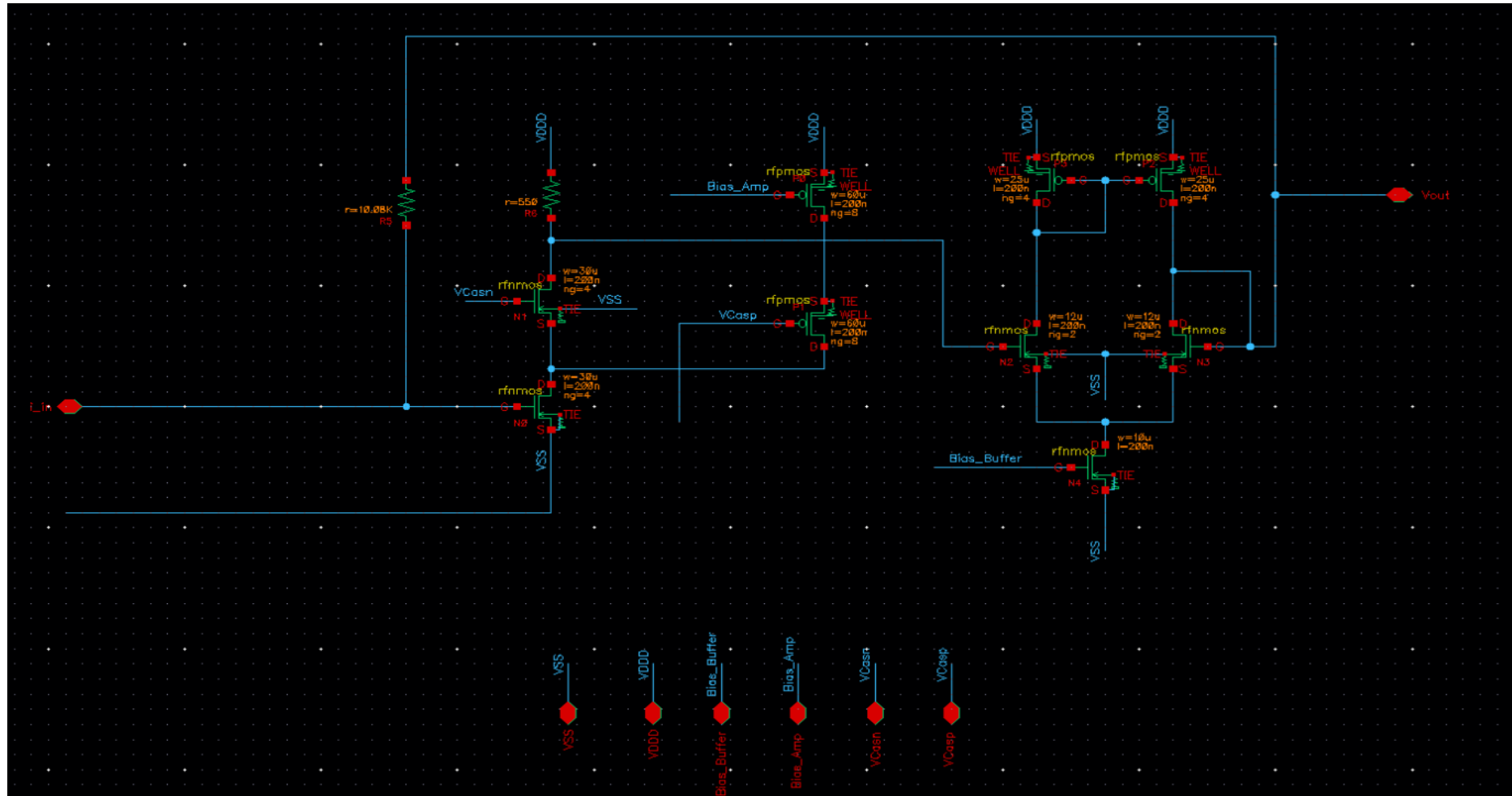


Trabalho desenvolvido com o CTI-RA e FEI no âmbito do projeto CPSAE/CNPq #422360/2023-6

O layout físico do circuito foi elaborado com o auxílio de uma ferramenta open source, a fim de viabilizar sua submissão a um tapeout gratuito promovido por uma iniciativa de fomento ao uso de ferramentas de código aberto na microeletrônica. Por meio dessa parceria internacional, o projeto foi enviado à Alemanha, onde passou por análise técnica e já recebeu aprovação para fabricação. Os chips já estão no Brasil e foram utilizados nos testes de análises com prótons.



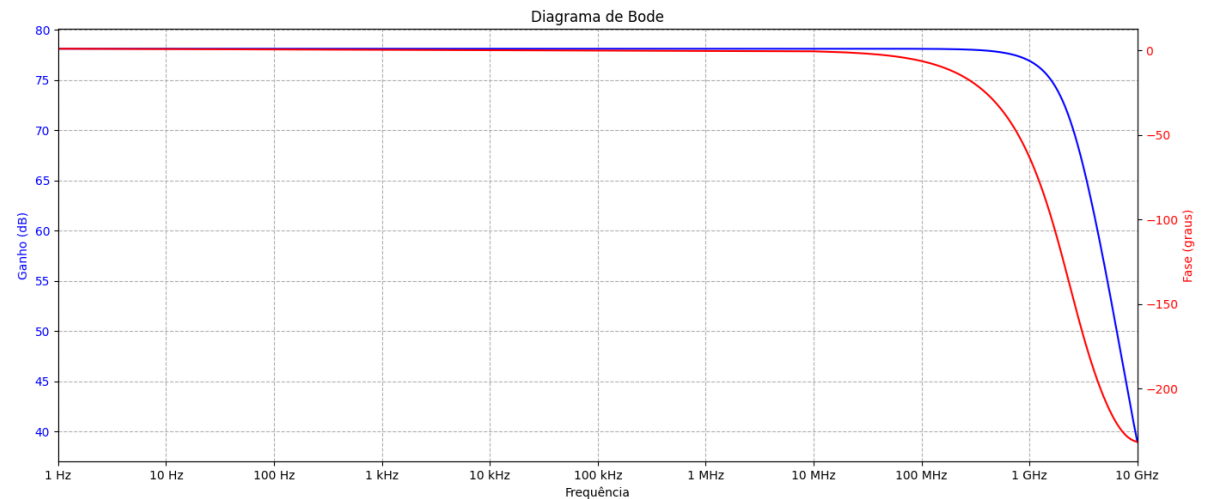
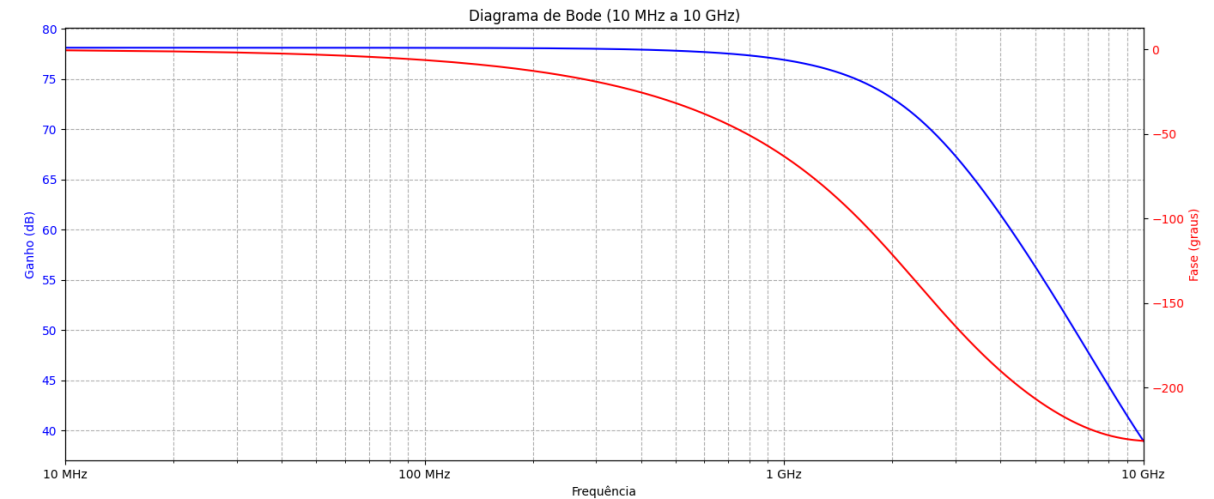
No período recente, foi desenvolvido um amplificador de transimpedância (TIA) com base em um projeto de referência fornecido pelo professor Bruno Sanches. A concepção inicial do circuito foi realizada no ambiente profissional Cadence Virtuoso, conforme ilustrado abaixo:



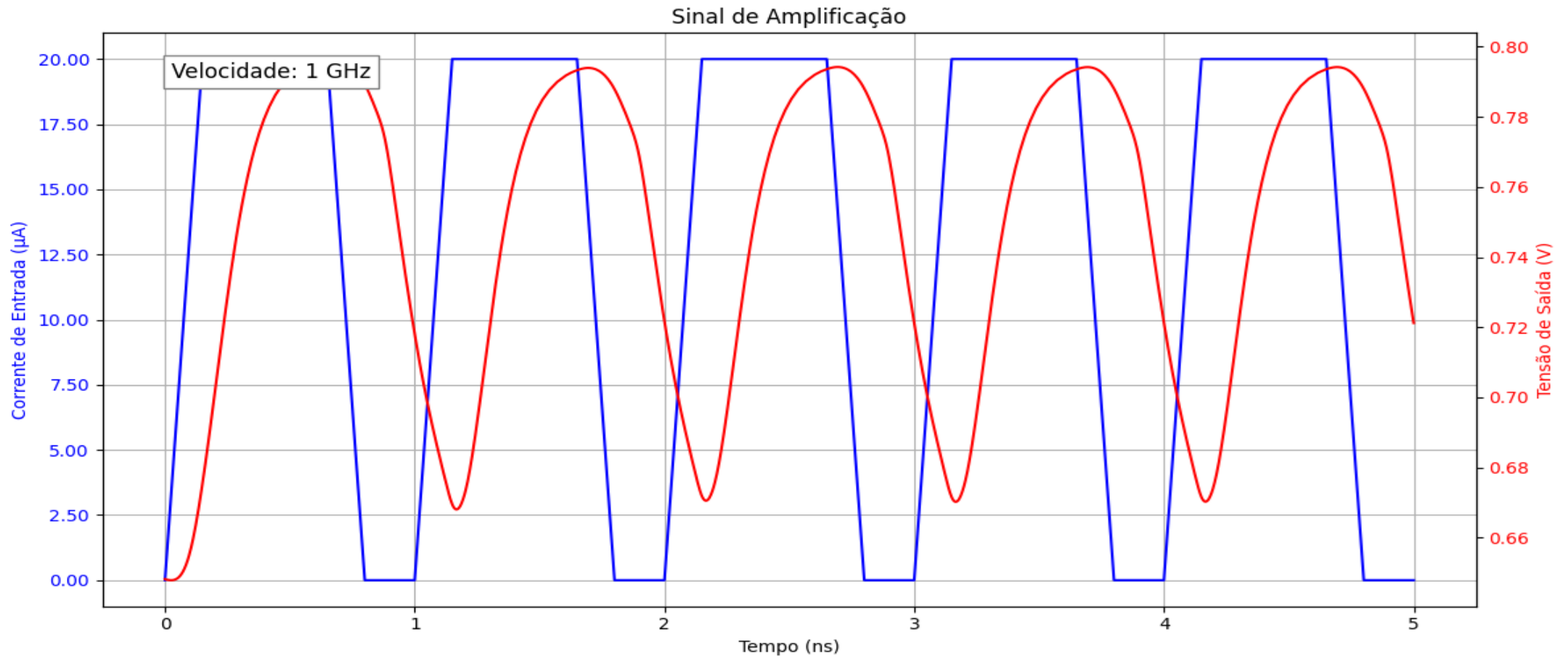
DESEMPENHO

As principais características de desempenho do circuito projetado são:

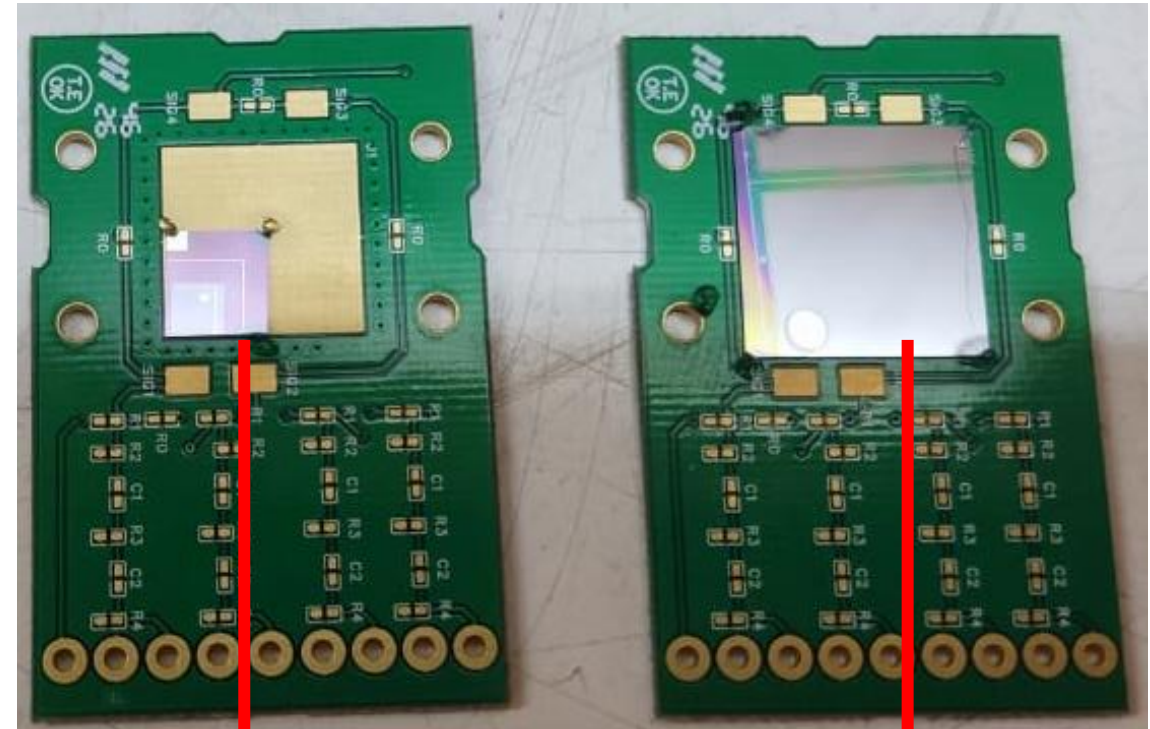
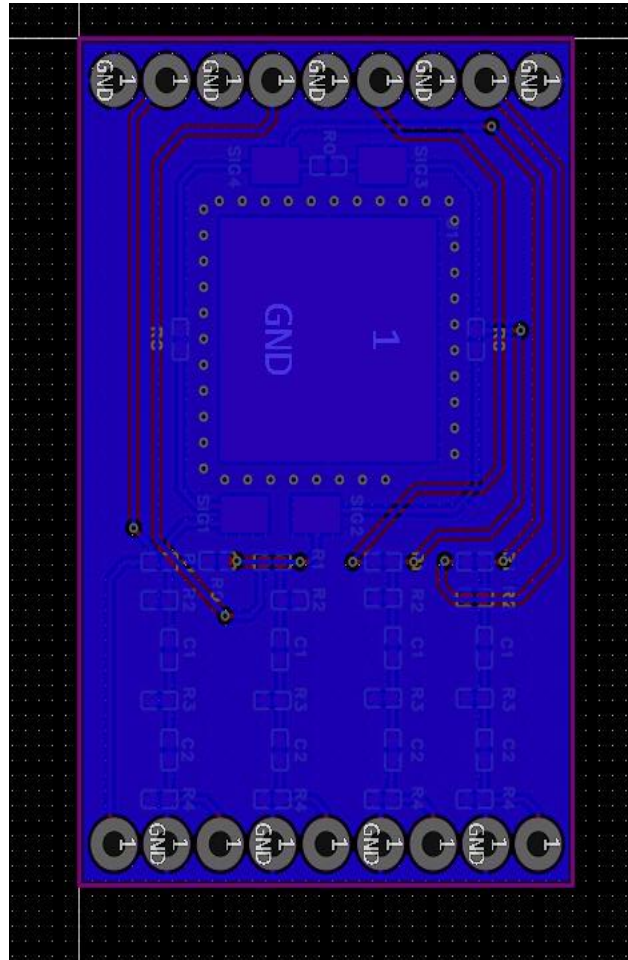
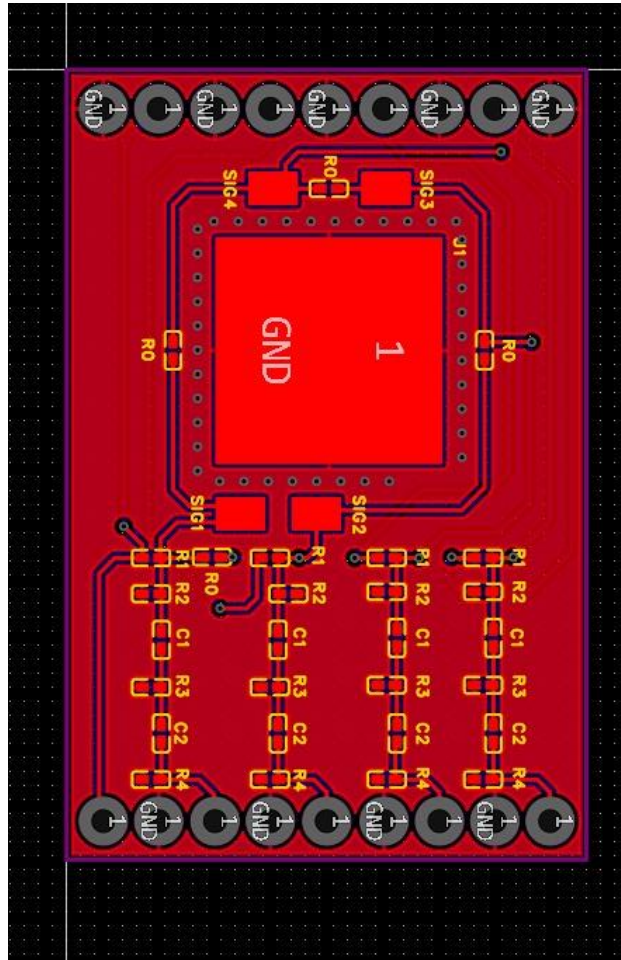
- Ganho transimpedância máximo: 78 dB
- Frequência máxima de operação: 1,4 GHz
- Compatibilidade com diferentes valores de impedância de entrada, conferindo versatilidade ao uso do circuito em diversas aplicações



SINAIS DE ENTRADA E SAÍDA



PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO



4 x 4 mm

12 x 12 mm

PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO



**Irradiação com
prótons**



**Paul Scherrer Institute
(PSI), Suíça**

PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO

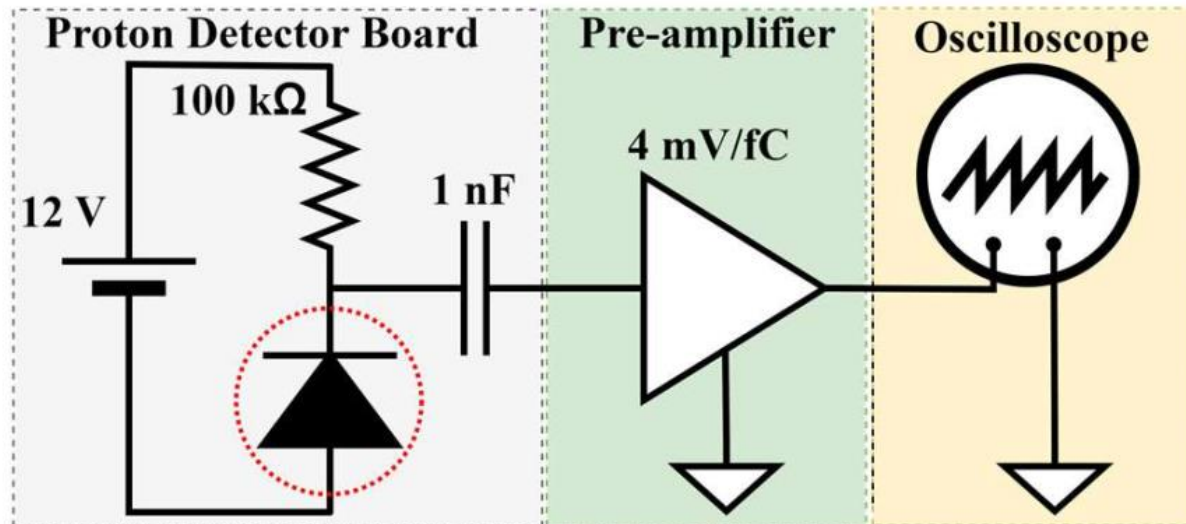


Fig. 4. Schematic diagram of the experimental readout chain used to measure the temporal response of the proton bursts. The proton detector board consists of a reverse-biased diode powered by a 12 V supply, with a 100 k Ω bias resistor and 1 nF coupling capacitor. The signal is then processed by the SAMPA front-end preamplifier configured with a gain of 4 mV/fC and finally recorded by a high-speed oscilloscope for temporal waveform acquisition.

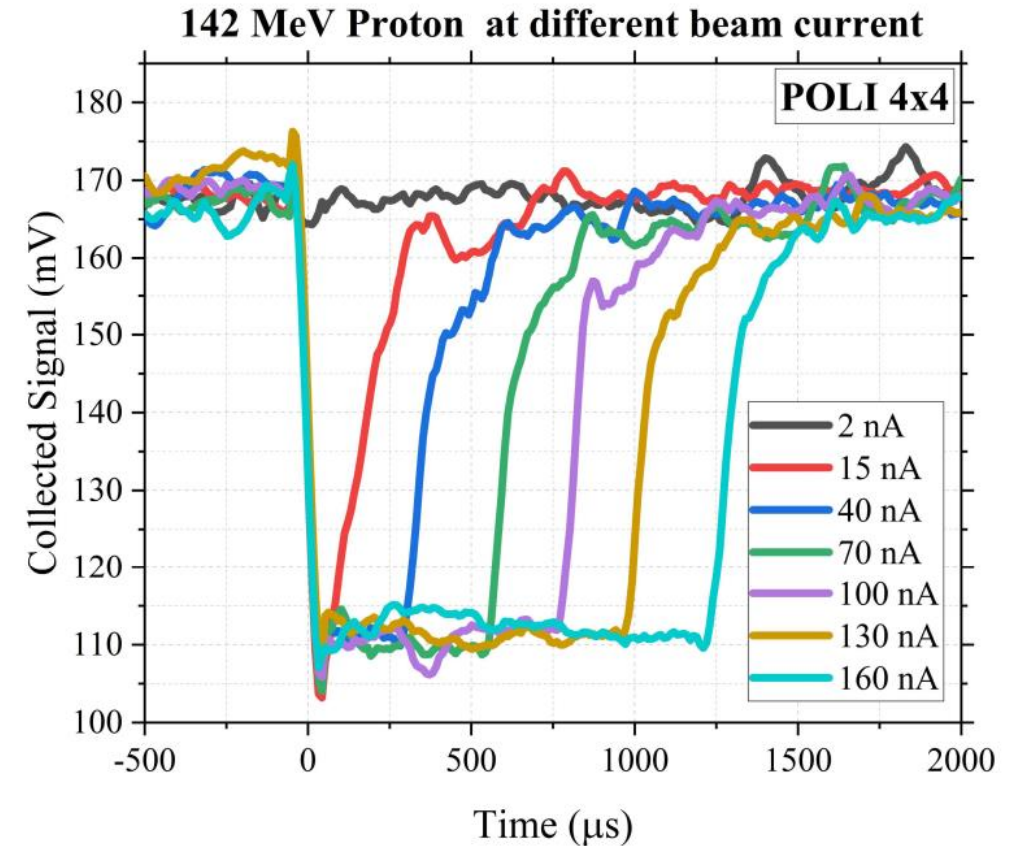
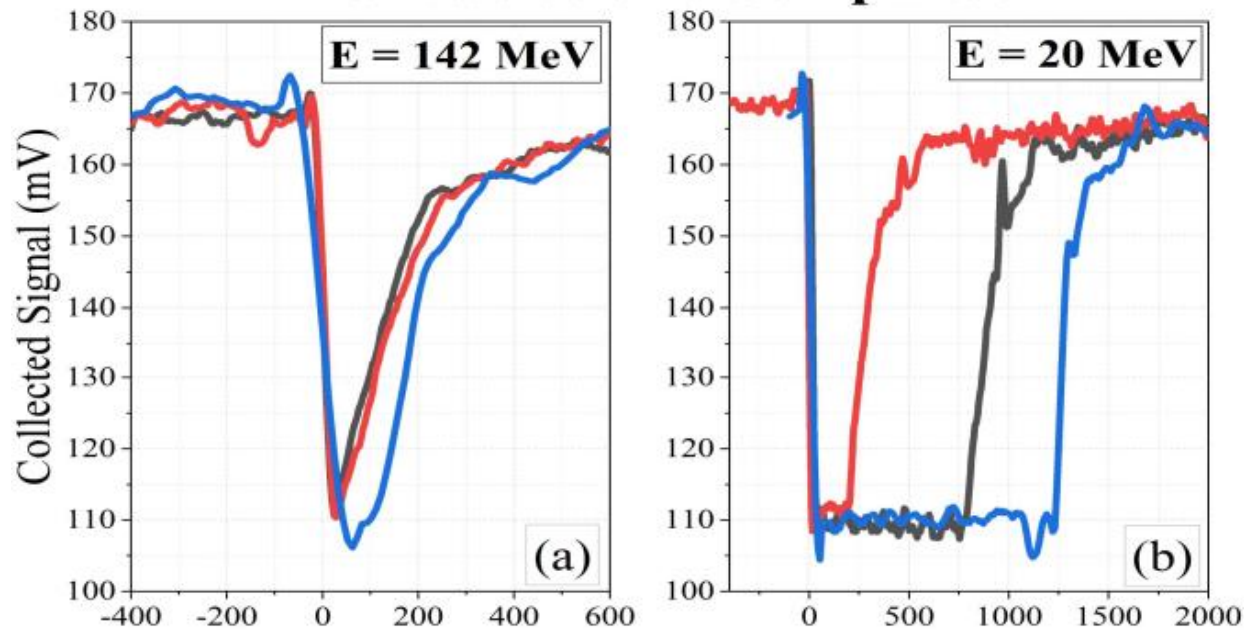


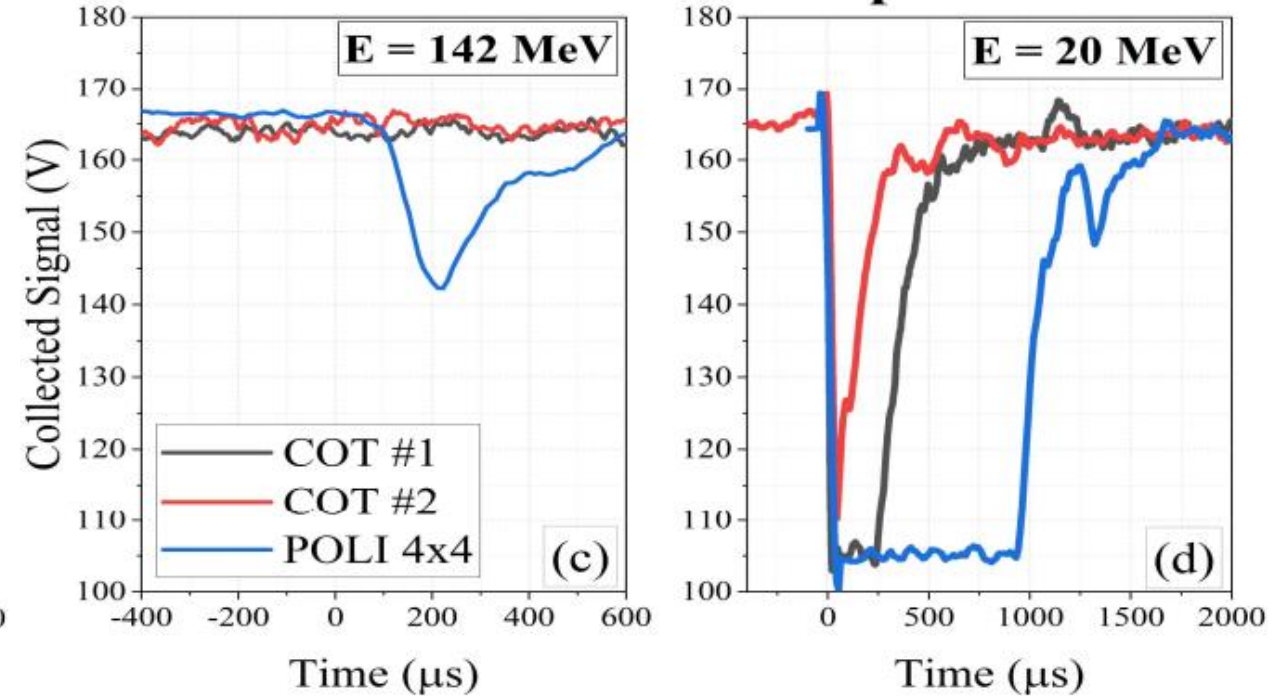
Fig. 5. Temporal response of the POLI 4x4 readout circuit to 200 ms proton bursts with an energy of 142 MeV.

PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO

Front detector's Comparison



Back detector's Comparison



PUBLICAÇÕES EM ANDAMENTO

TABLE I.

DETECTOR'S BURST WIDTH NORMALIZED BY THE ACTIVE AREA.

| FRONT | COT#1 ($\frac{\mu\text{m}}{\text{mm}^2}$) | COT#2 ($\frac{\mu\text{m}}{\text{mm}^2}$) | POLI 4x4 ($\frac{\mu\text{m}}{\text{mm}^2}$) |
|--------------|--|--|---|
| 20 MeV | 76.2 ± 3.8 | 25.6 ± 1.3 | 100.8 ± 5.1 |
| 142 MeV | 6.2 ± 0.3 | 6.9 ± 0.4 | 8.75 ± 0.5 |
| BACK | COT#1 ($\frac{\mu\text{m}}{\text{mm}^2}$) | COT#2 ($\frac{\mu\text{m}}{\text{mm}^2}$) | POLI 4x4 ($\frac{\mu\text{m}}{\text{mm}^2}$) |
| 20 MeV | 30.9 ± 1.5 | 3.2 ± 0.2 | 58.75 ± 2.9 |
| 142 MeV | 0 | 0 | 5 ± 0.2 |



University of São Paulo



INTEGRAÇÃO

Desenvolvimento de sistema de aquisição
para multi-sensores 4x4 pixels

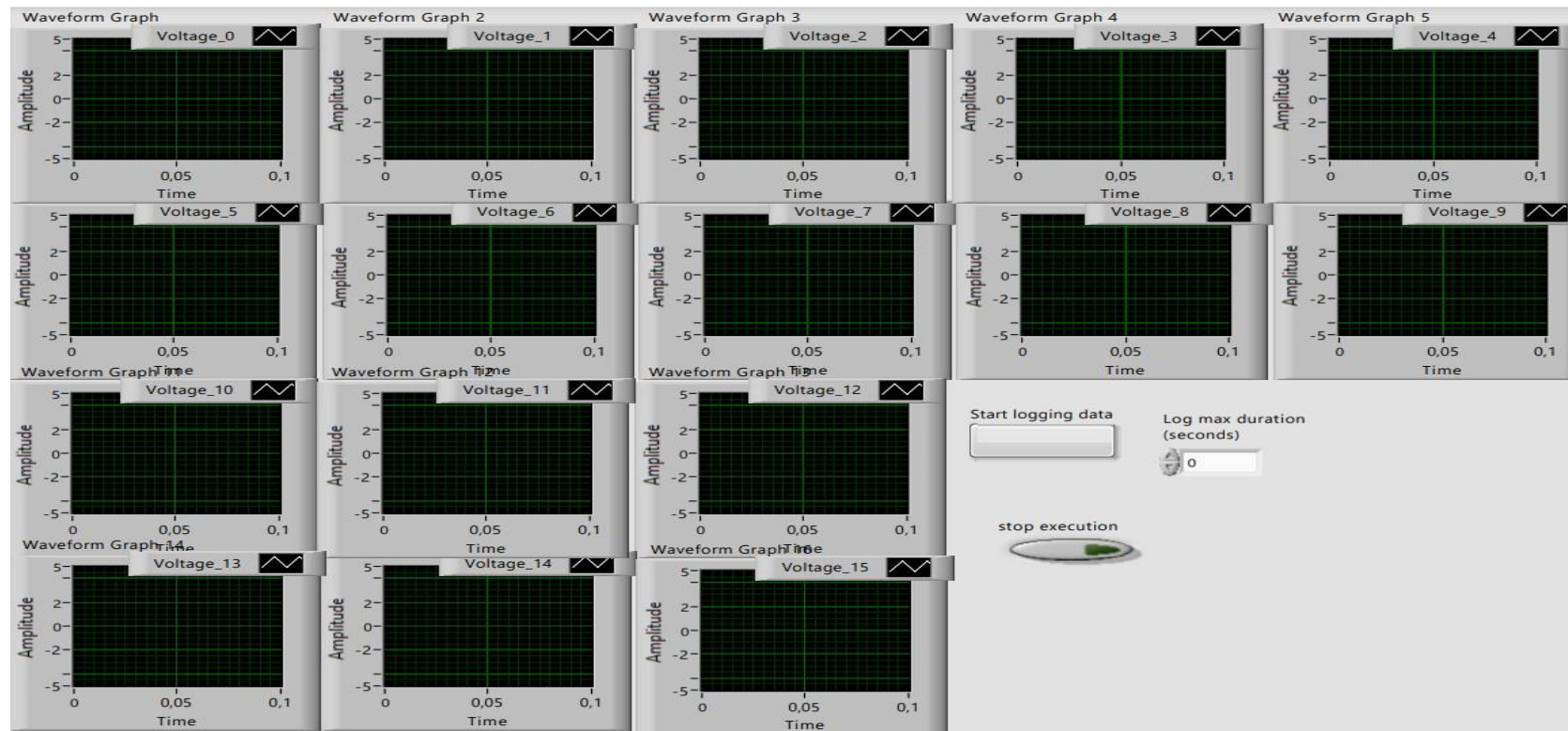
INTEGRAÇÃO

PCI-MIO-16E-4 (PCI-6040E), sistema de aquisição de dados da National Instruments

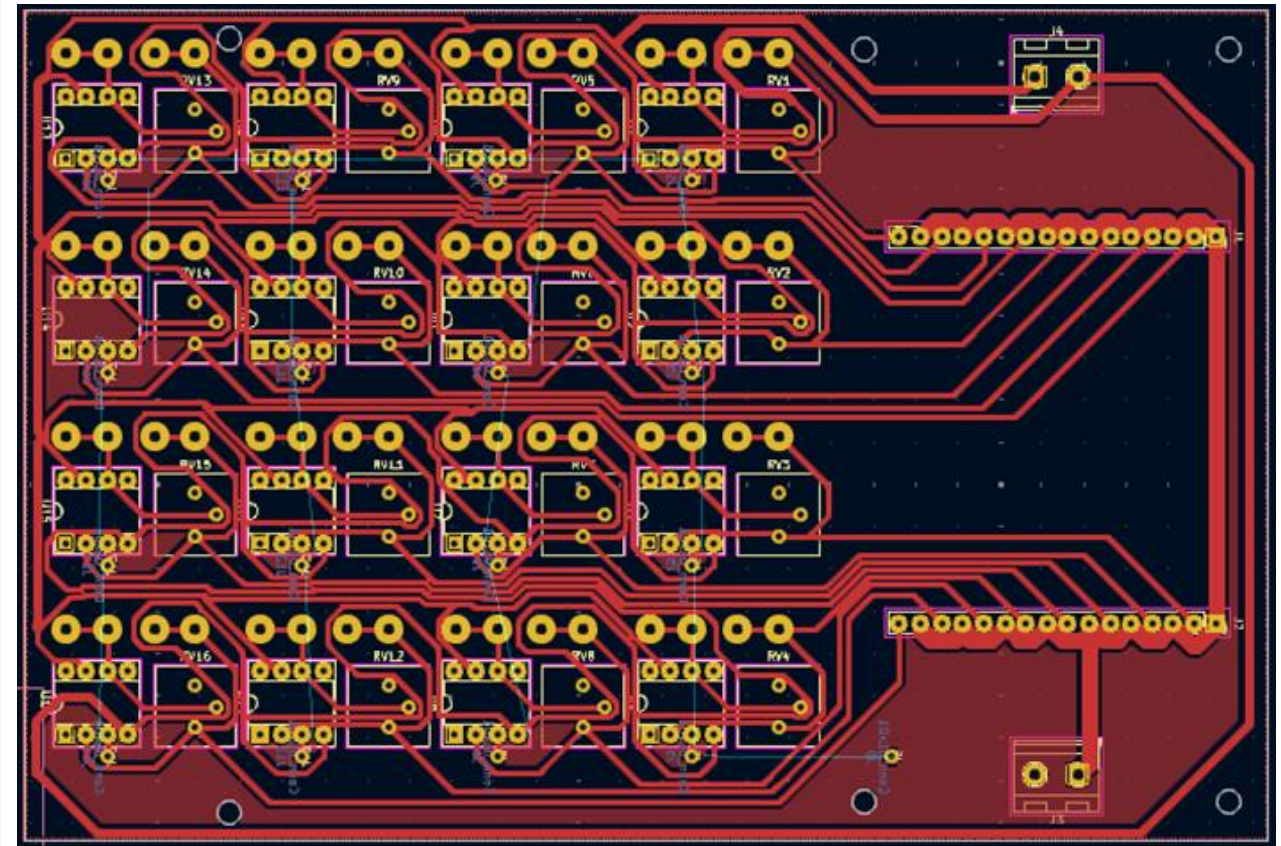
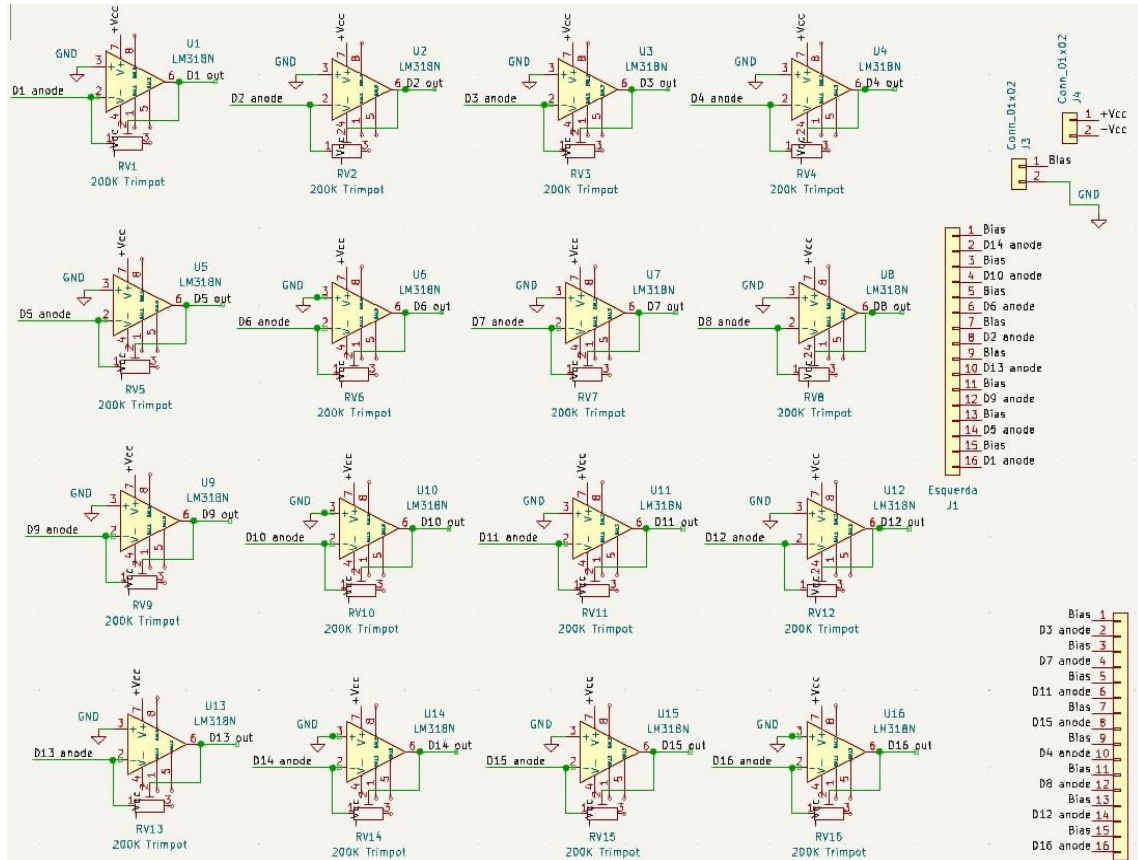


INTEGRAÇÃO

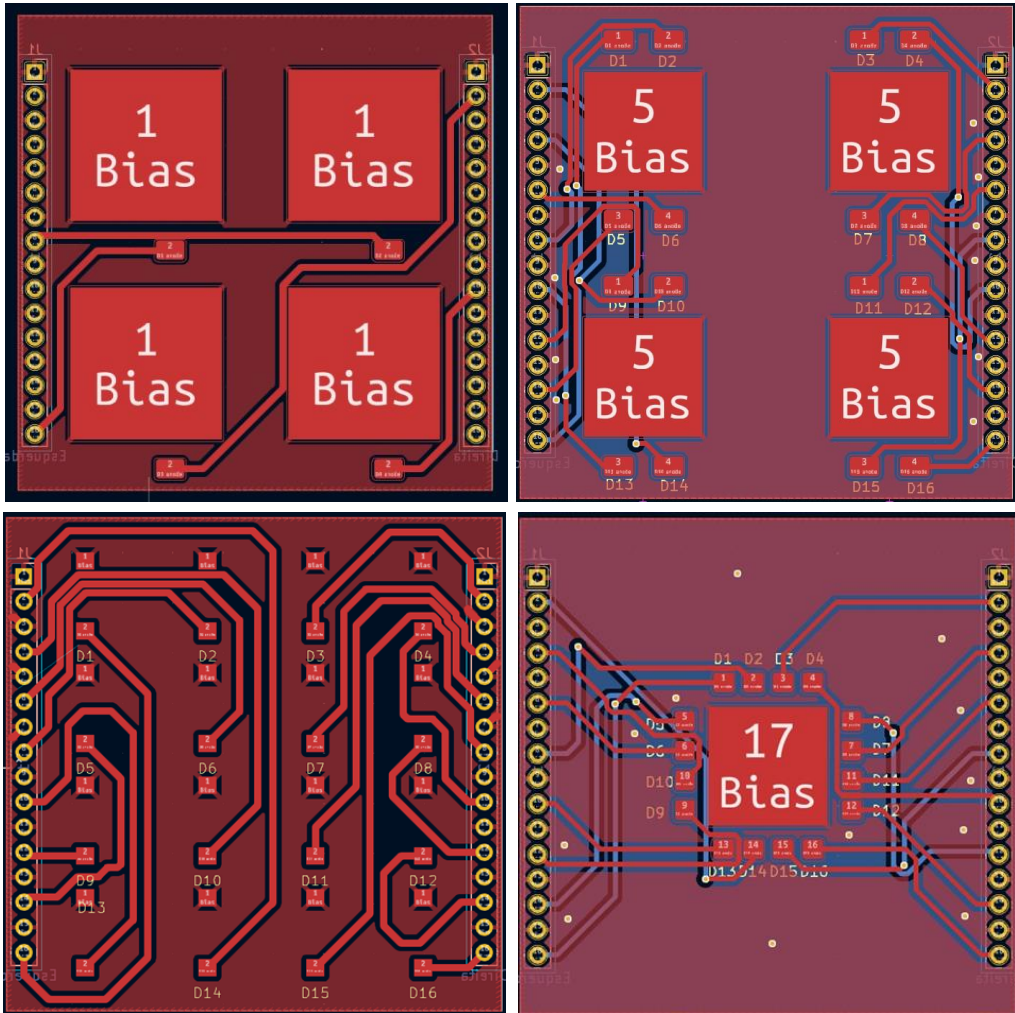
Painel frontal do VI do LabView desenvolvido para o projeto



INTEGRAÇÃO



INTEGRAÇÃO



RESUMO DAS APLICAÇÕES ATUAIS

Aplicações em Satélites

Aplicações Dosimétricas

Aplicações em Altas Energias e
altas doses

ATIVIDADES FUTURAS

- Novo conjunto de máscaras fotolitográficas;
- Estudo de diferentes materiais;
- Testes de dopagem para formação de junção rasa N-P na estruturas N-P, Intrinsico, P;
- Projeto e Fabricação do LGAD;
- Testes de funcionamento do LGAD;



ESCOLA POLITÉCNICA



ACKNOWLEDGMENTS



IFUSP

Instituto de Física da USP



CAPES



CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico