

# EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM DISPOSITIVOS E COMPONENTES ELETRÔNICOS

*Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, Brasil*

# Objetivos específicos relacionados ao Estudo dos Efeitos da Radiação Ionizante em Dispositivos Eletrônicos

## Compreender

- os mecanismos físicos decorrentes da interação da radiação ionizante com os diferentes materiais, tecnologias e dispositivos eletrônicos
- o comportamento de dispositivos / circuitos / sistemas eletrônicos em ambientes radioativos, por meio de testes EM LABORATÓRIO.

## Analisar

- os diferentes dispositivos eletrônicos, caracterizando e testando através de uma plataforma específica – detectores de radiação.
- os diferentes materiais que compõem os dispositivos

Desenvolver **UMA METODOLOGIA PARA TESTAR** esses dispositivos.

**Usar esse conhecimento em aplicações.**

**Raio X**

**$^{60}\text{Co}$**

**Neutrons, prótons  
Íons pesados, Laser**

**Temáticos FAPESP:** Física e Instrumentação de Altas Energias com o LHC-CERN; Reações nucleares com núcleos fracamente ligados ou com estrutura de cluster, radioativos e estáveis.

## PRÓXIMAS ETAPAS



Estudo da radiação de detectores de radiação e partículas



Simulações da respostas do detector PIN aos efeitos da radiação ionizante (TID e SEE)

1. **PLANEJAMENTO DO TESTE**
2. **PREPARO DA PLACA, ELETRÔNICA, AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE SINAIS**
3. **TESTES DO COMPORTAMENTO DA CORRENTE NO DETECTOR EM FUNÇÃO DA RADIAÇÃO ACUMULADA (TID – TOTAL IONIZING DOSE)**
4. **CARACTERIZAÇÃO DO COMPONENTE PRÉ E PÓS-RAD**

# PROPOSTA 1

**I - RAIOS X** - EXPOSIÇÃO DO DETECTOR (PIN) A RAIOS X DE ENERGIA EFETIVA DE 10 keV  
tubo de raio X de cobre.

**2 to 50 mA, 10 to 60 kV**

**Energia efetiva de 13 keV para tensão de 20 kV.**

**II - TESTE DO SINAL DO DETECTOR AO RECEBER RADIAÇÃO DE RAIOS X  
MONOCROMÁTICA**  
**5 to 200  $\mu$ A; 10 to 50 kV,**

**Au  $\approx$  10 keV**

**Ag  $\approx$  22,5 keV**

# PROTOCOLO DE ACORDO COM O TEMPO E EXPOSIÇÃO

Meta = 2 MGy

1 Gy = 100 rad



- **LABORATÓRIO DE MICROELETRÔNICA**

**Cascade Microtech REL 3600 Microprobe (4-inch chuck)**

**Signatone Microprobe (6-inch chuck)**

**LTMP + K20 Temperature Controller – MMR Technologies (580K down to 80 K)**

**Keysight B1500 SCS (IV, CV and Pulse Measurements)**

**2 Keithley 4200 SCS (IV + CV Measurements)**

**Agilent 4156 C (IV Measurements)**

**Agilent 4395 A + LNA (Spectrum, Impedance and Network Analyzer)**

# LERI – LABORATÓRIO DE EFEITOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE

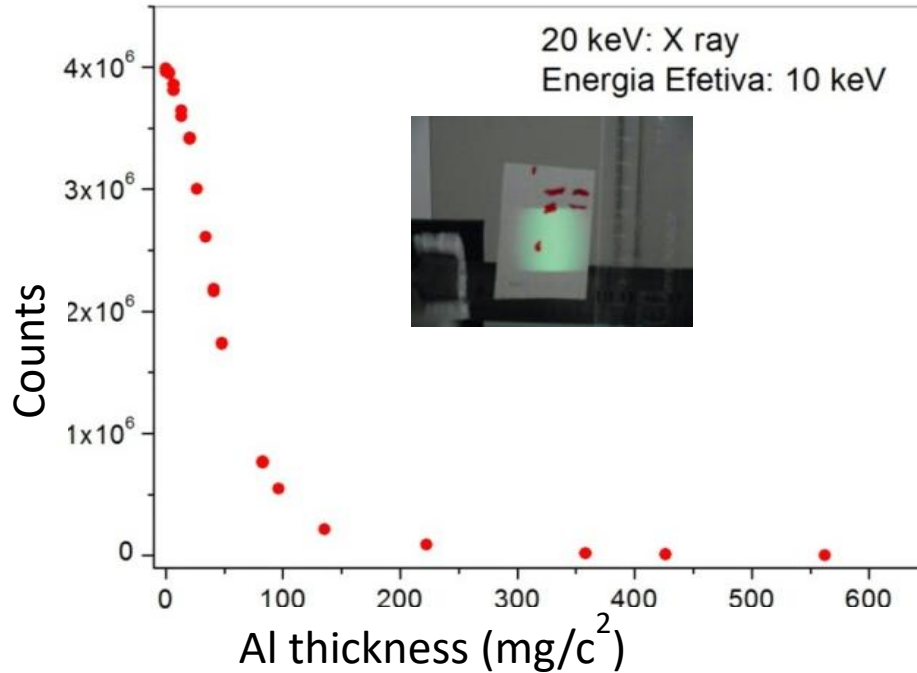




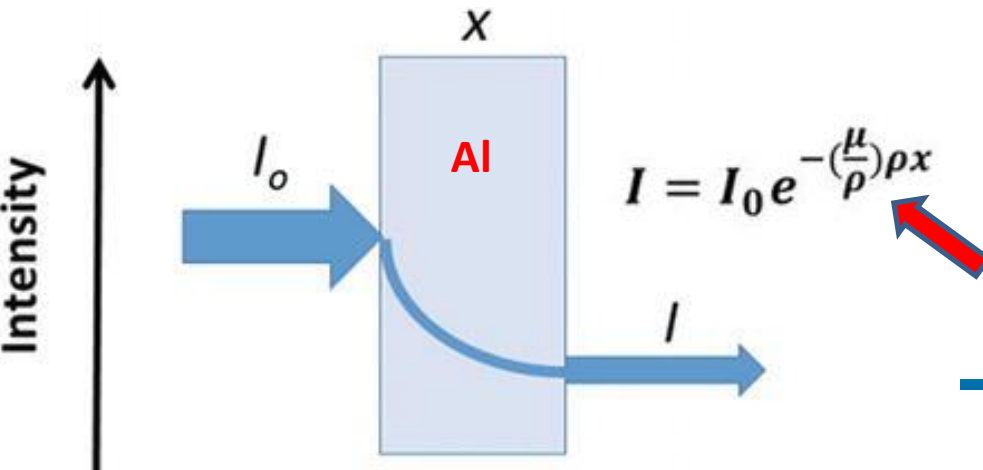
# ➤ X-ray source calibration

Aluminum  
Z = 13

HTML table format



| Energy<br>(MeV) | $\mu/\rho$<br>(cm <sup>2</sup> /g) | $\mu_{en}/\rho$<br>(cm <sup>2</sup> /g) |
|-----------------|------------------------------------|---|
| 1.00000E-03     | 1.185E+03                          | 1.183E+03                               |
| 1.50000E-03     | 4.022E+02                          | 4.001E+02                               |
| 1.55960E-03     | 3.621E+02                          | 3.600E+02                               |
| 1.55960E-03     | 3.957E+03                          | 3.829E+03                               |
| 2.00000E-03     | 2.263E+03                          | 2.204E+03                               |
| 3.00000E-03     | 7.880E+02                          | 7.732E+02                               |
| 4.00000E-03     | 3.605E+02                          | 3.545E+02                               |
| 5.00000E-03     | 1.934E+02                          | 1.902E+02                               |
| 6.00000E-03     | 1.153E+02                          | 1.133E+02                               |
| 8.00000E-03     | 5.033E+01                          | 4.918E+01                               |
| 1.00000E-02     | 2.623E+01                          | 2.543E+01                               |
| 1.50000E-02     | 7.955E+00                          | 7.487E+00                               |



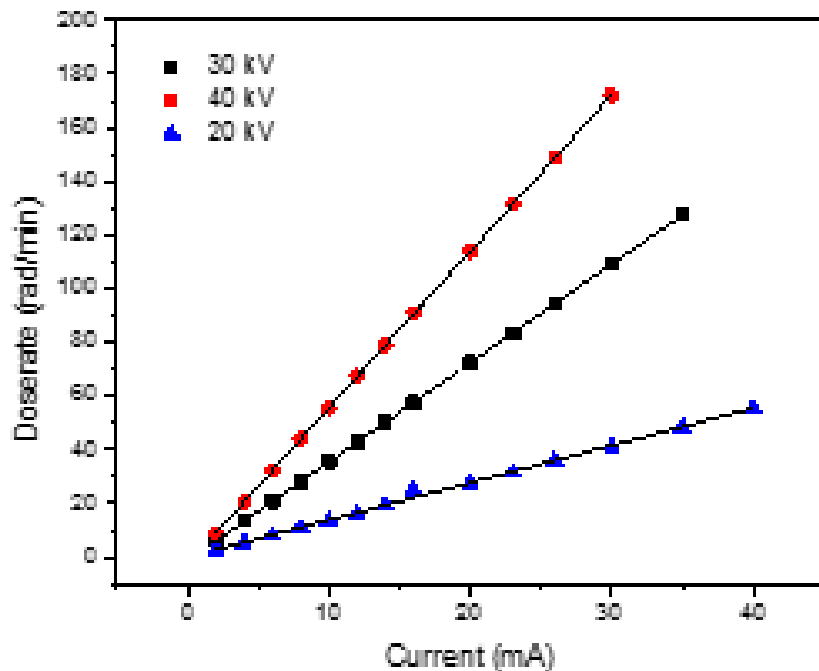
The intensity of the beam that is absorbed in aluminum of different thickness is measured.

knowing the mass coefficient  $\mu/\rho$ , we can estimate the effective energy of the X-ray beam



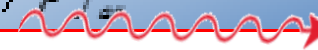
É possível modificar a corrente do feixe e a distância do dispositivo em relação ao feixe, admitindo uma variação de alguns rads até o Mrad / h.  $D \propto \frac{1}{r^2}$

Linearity between dose rate and beam current



DOSE RATE IN Si

$$D = \frac{\left( \frac{\mu_{kv}}{\rho} \right)_{\text{material}}}{\left( \frac{\mu_{kv}}{\rho} \right)_{\text{air}}} \text{Dose rate}_{\text{air}}$$



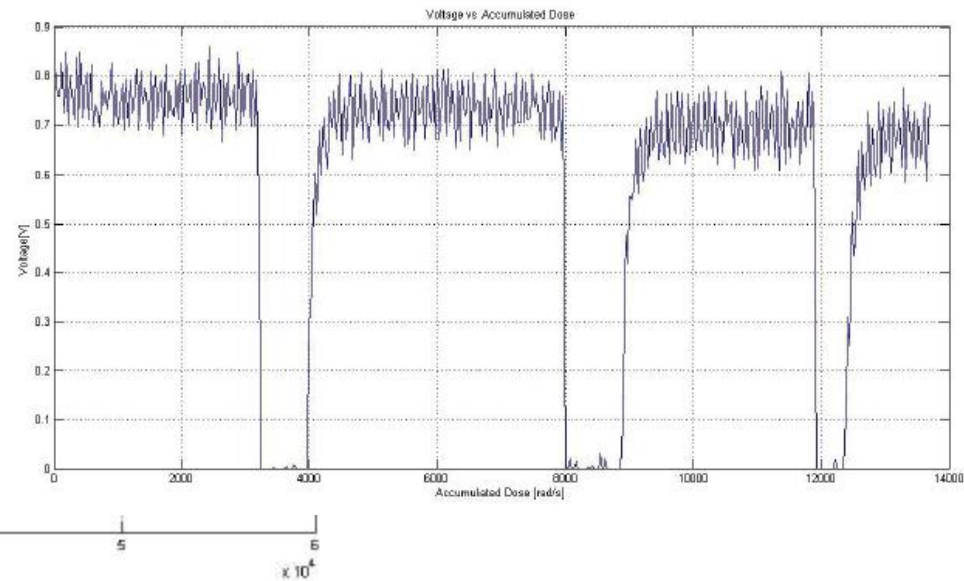
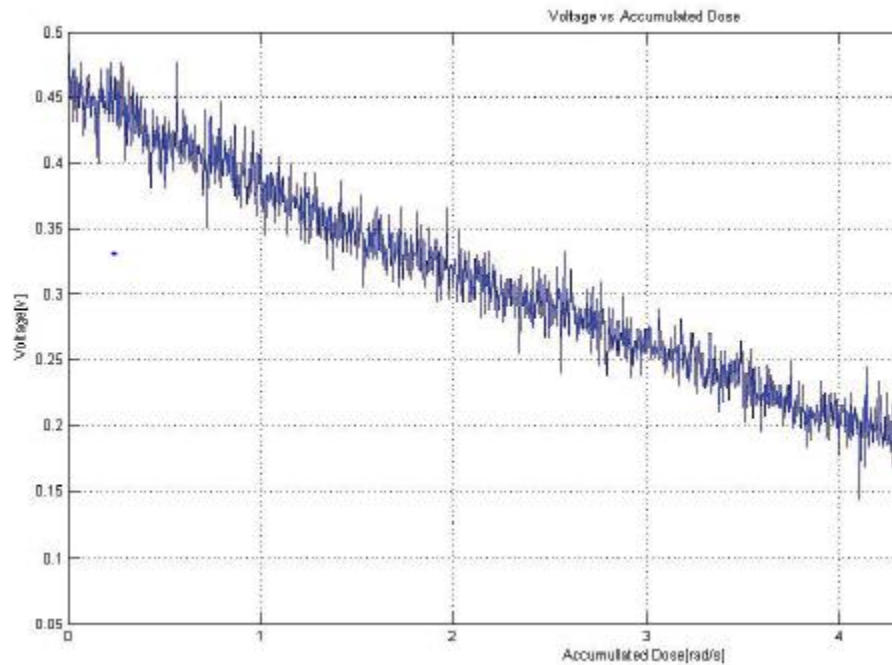
20 kV 10-keV X-ray energy

2 mA current up to 50 mA  
allow irradiation dose rates up  
to 10 kGy/h = Mrad / hour .

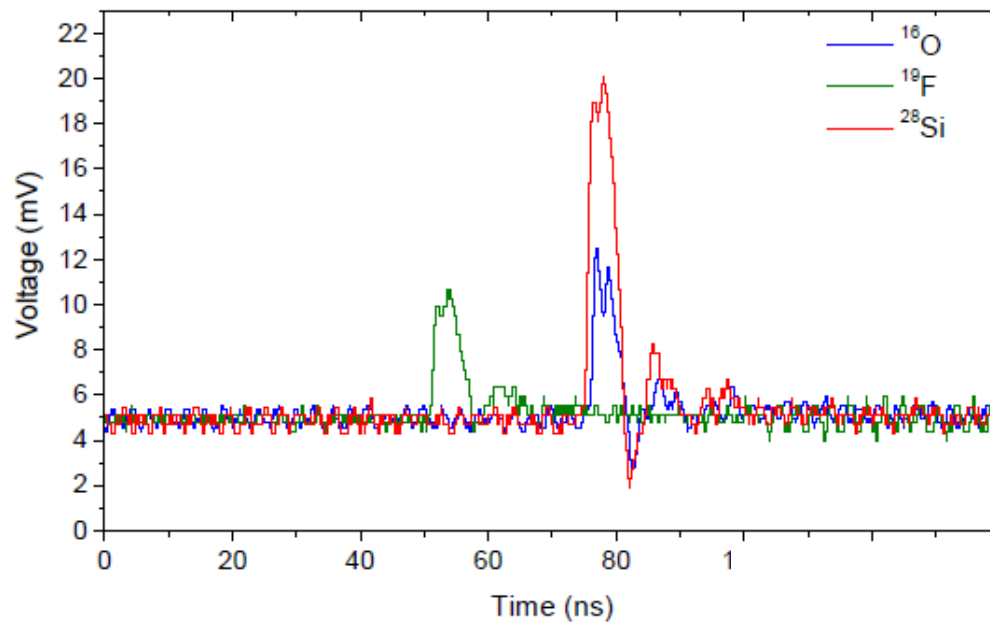
**CÂMERA DE IONIZAÇÃO -  
DETERMINAR A TAXA DE DOSE  
DO TUBO DE Cu, Au e Ag**

# A Commercial off-the-shelf pMOS Transistor as X-ray and Heavy Ion Detector

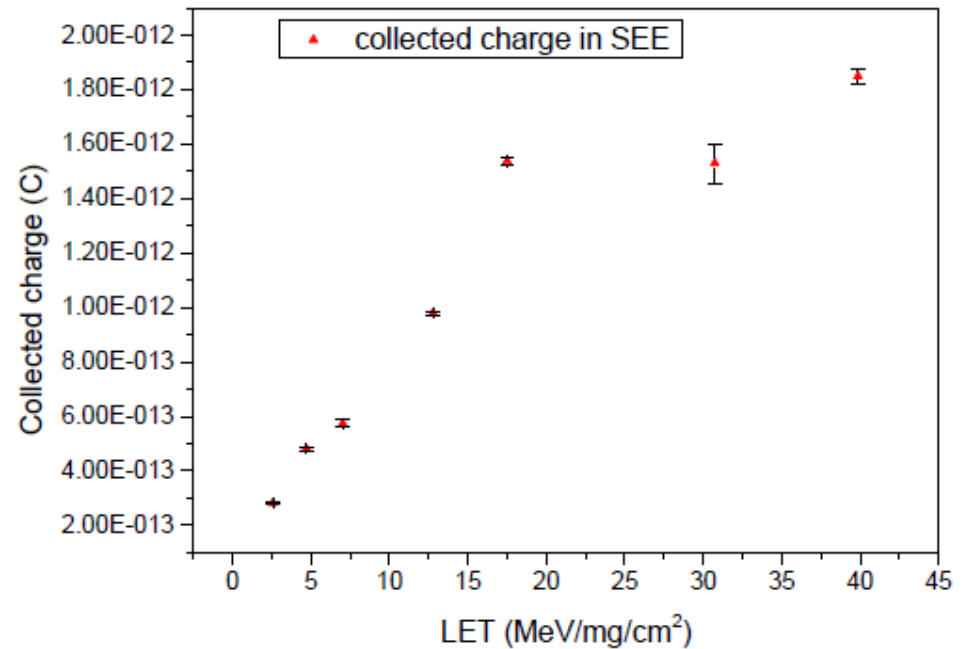
doi:10.1088/1742-6596/630/1/012012



**p-MOSFET : decaimento linear e rápida recuperação do dispositivo = uso deste dispositivo como dosímetro de radiação para monitorar baixas taxas de raios-X. Linearidade da tensão em função da amostra (2 Hz). Tensão é proporcionalmente à dose acumulada. O valor da tensão pode ser calibrado para indicar a dose acumulada. É possível observar outro bom aspecto relacionado a este dispositivo, que é a regeneração do dispositivo. Também é possível observar uma pequena queda de voltagem. No entanto, essa pequena queda pode ser compensada por software, uma vez que esse efeito é constante para uma determinada dose cumulativa.**



É importante notar que, uma vez que o dispositivo é um simples transistor CMOS do tipo p, a carga coletada é, em grande parte, proporcional ao LET do íon.

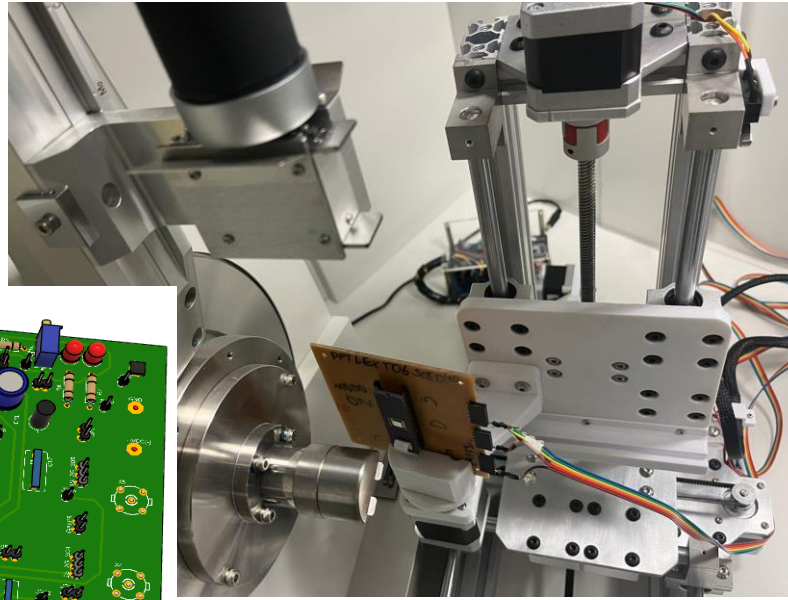


# EXEMPLO DE TESTE QUE ACABA DE SER PLANEJADO E PREPARADO NA FEI

## CI com 3 retangulares e 2 ELT

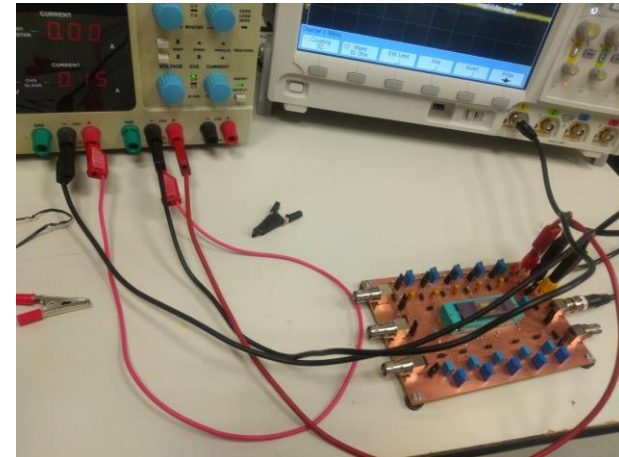
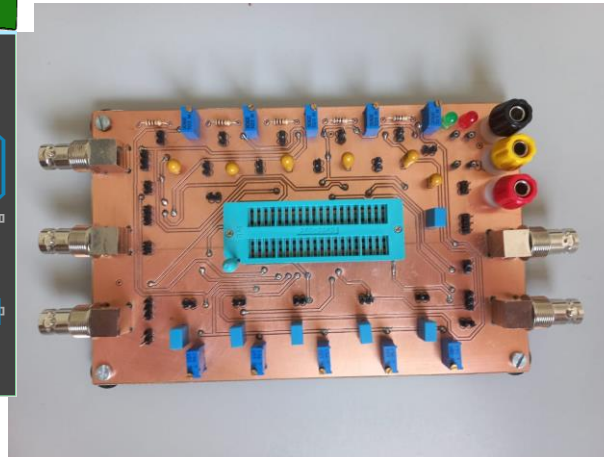
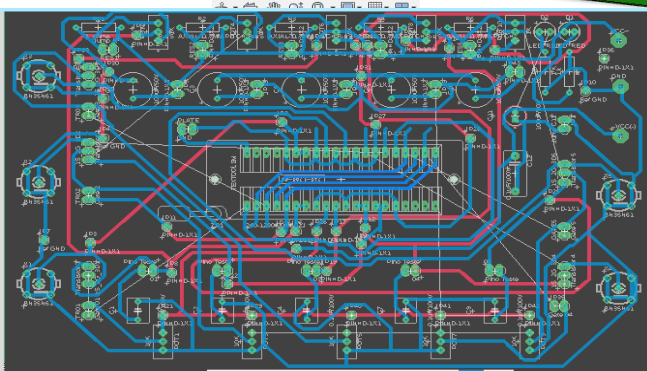
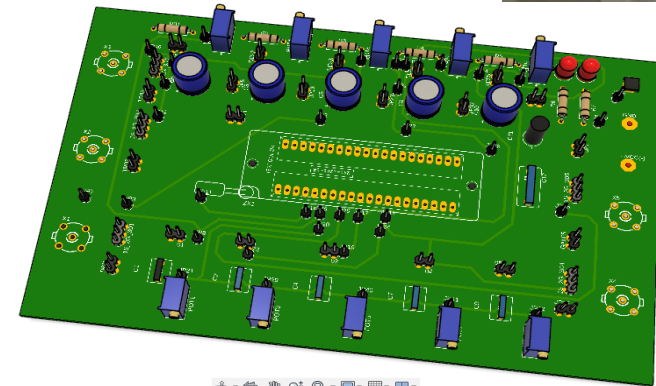
TID

Irradiado até 300 keV.  
Analisado antes, durante e após irradiação



SEE

Verificar sinal analógico do pico de corrente (SEE) em função do tempo. Número de SEE em função do tempo, para um determinado LET. Serão monitorados 1 Ret e 1 ELT ao mesmo tempo.



# Próximas Etapas - SIMULAÇÃO

1. Avaliação da integração Sentaurus/Geant
2. Análise de resultados comparativos entre as ferramentas
3. Validação de simulações com resultados experimentais, especialmente dados do LERI
4. Proposição de alterações em modelos e na simulação
5. Proposição de alterações topológicas a partir da simulação

|   | jan | fev | mar | abr | mai | jun | jul | ago | set | out | nov | dez |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

# OBRIGADA

*Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, Brasil*



# Caracterização de dispositivos sob a influência da temperatura antes e após a radiação.

- ARS-2HW closed cycle cryocooler, equipped with a Lakeshore temperature controller.

Helium compressor and the refrigerator allow temperatures from  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

