

Projeto final de ICF

# **Uso de Seções de Choque Microscópicas Nucleares em Simulações Computacionais**

Maria Elisa Viana



# O que são seções de choque (nucleares) microscópicas?

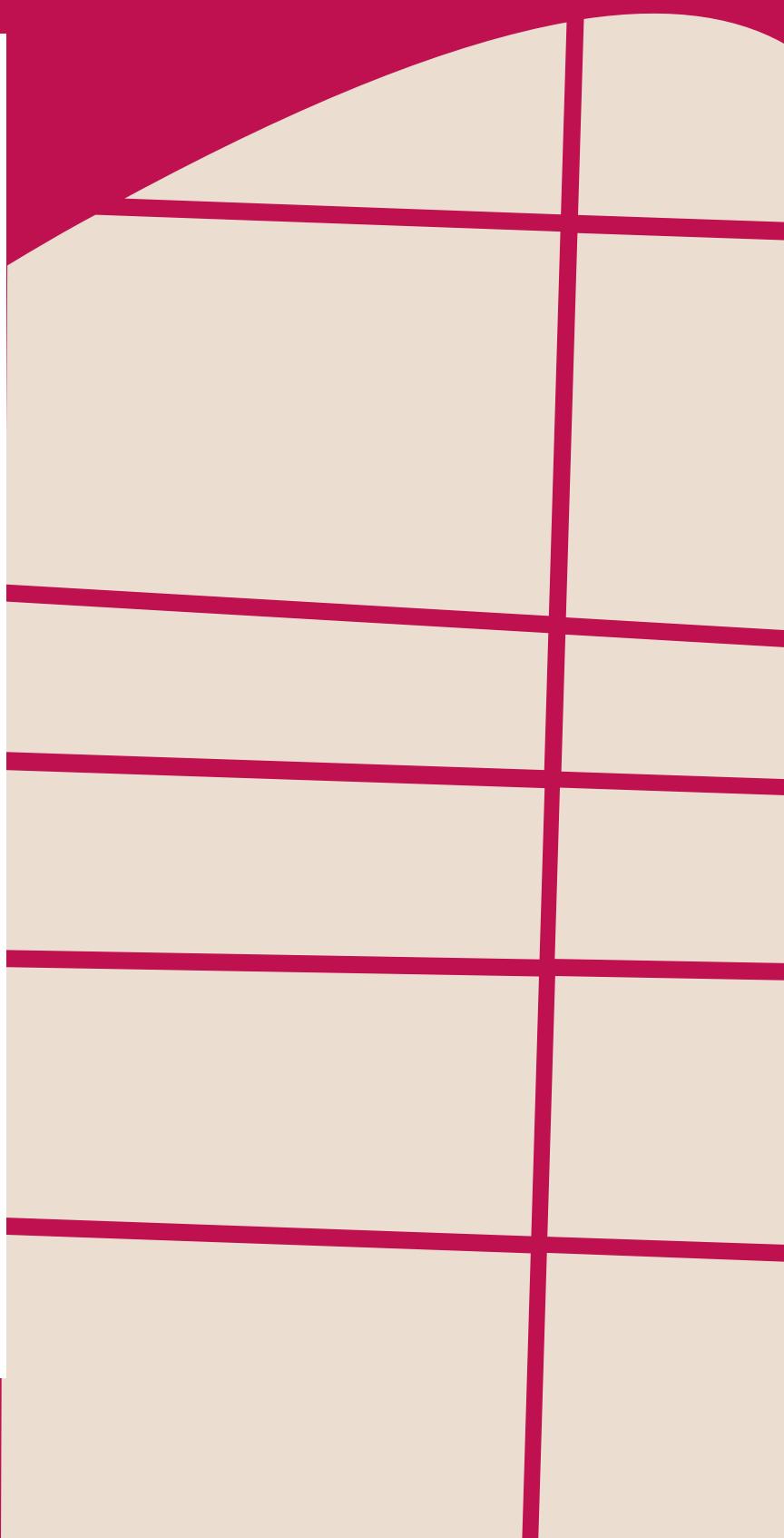
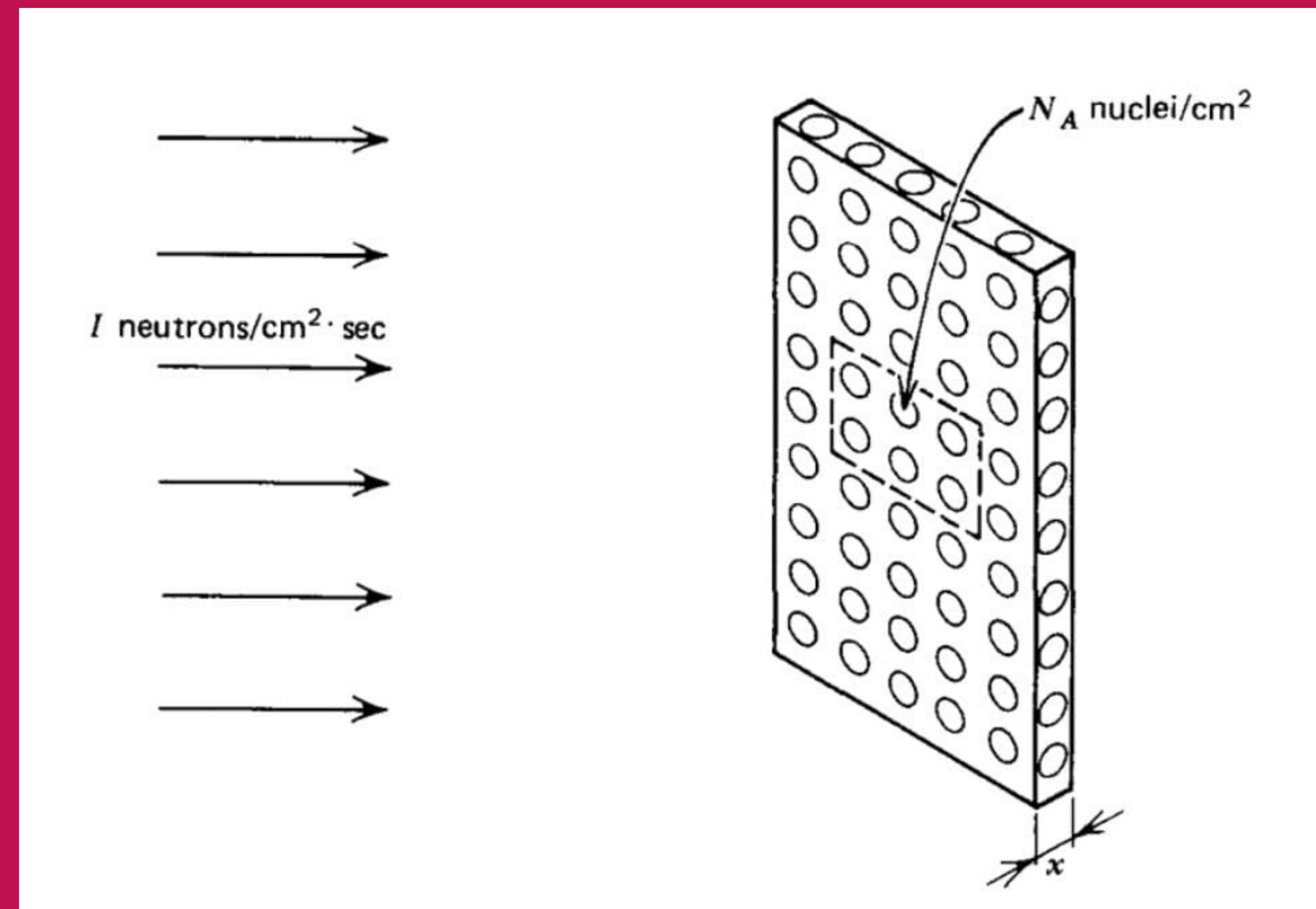


Para uma reação induzida por um feixe de partículas, definimos a taxa de reações no sistema como:

$$R = \sigma I N_a$$

Em que  $R$  é a taxa de reações por área por segundo,  $N_a$  é o número de núcleos alvo por área,  $I$  é a intensidade do feixe de partículas (em unidade de partículas por área por segundo), e  $\sigma$  é uma constante de proporcionalidade (o que chamamos de seção de choque), medida em unidades de área.

# Representação esquemática da situação:





*"A seção de choque microscópica é a probabilidade de uma dada reação nuclear acontecer, quando incidimos uma partícula em direção a um nuclídeo."*

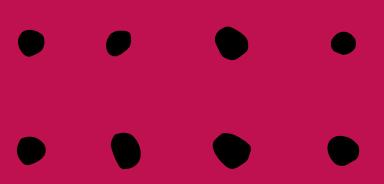
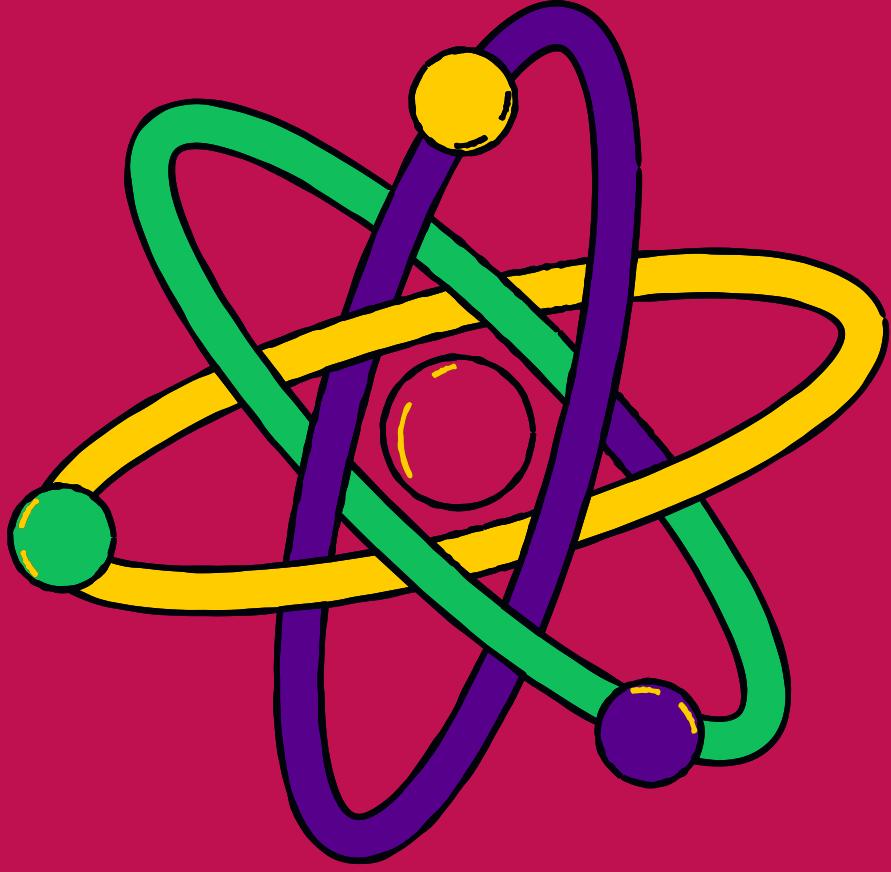
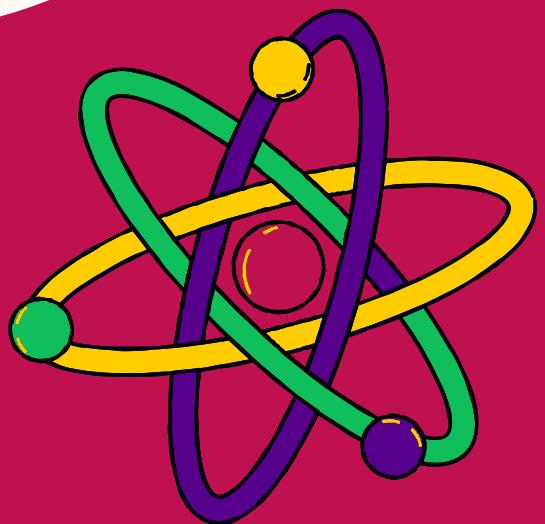
...  
...

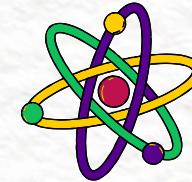
# Aplicação

- Podemos usar as seções de choque microscópicas para realizar **cálculos teóricos e simulações de sistemas nucleares**, que ajudam, por exemplo, a validar e aperfeiçoar a segurança desses sistemas.



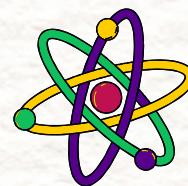
# **PRINCIPAIS PROBLEMAS:**





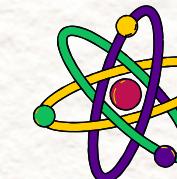
# Obtenção dos dados

Dados são obtidos de forma experimental e interpolações gráficas



## Quantidade de informação

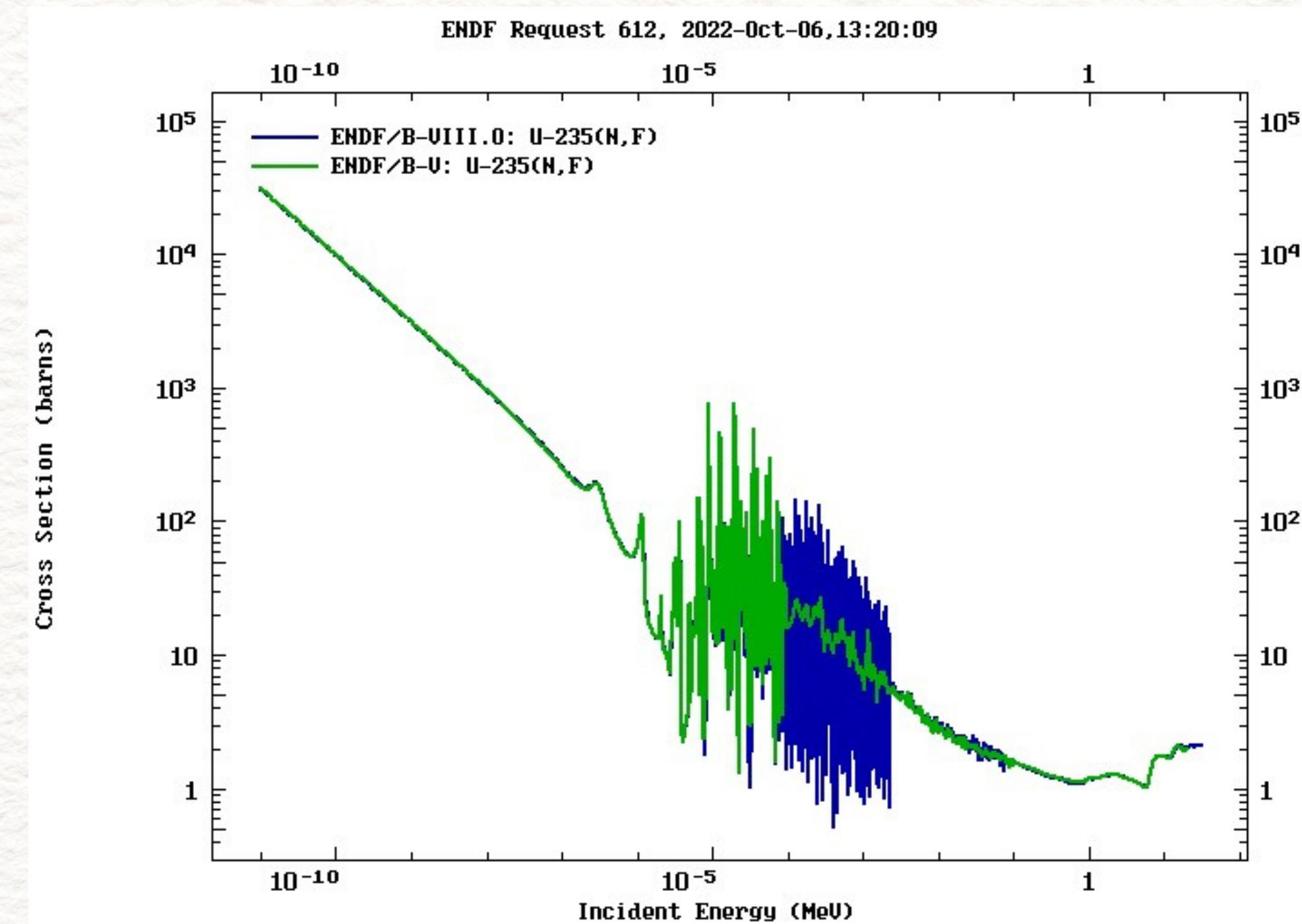
Como esses dados são obtidos experimentalmente, a maioria dos laboratórios que realizam essas medidas estudam nuclídeos (e faixas de energia) de maior interesse.



## Diferenças

Os dados **podem diferir** em alguma faixa de energia, dependendo da biblioteca utilizada, já que são medições experimentais. Também por isso existe uma incerteza associada. O quanto essas incertezas afetam nossos resultados?

# **Seção de choque microscópica para fissão induzida por nêutrons, para o U-235, por duas bibliotecas de dados distintas.**



# Projeto - Entrada

- Um programa que recebe um arquivo formatado de dados nucleares, do tipo .ace, contendo as seções de choque microscópicas para certo isótopo
- O programa é generalista, pode receber qualquer arquivo desse tipo.
- Recebe também valores de range de energia (MeV), no qual o usuário quer alterar a seção de choque microscópica correspondente, e um valor percentual, que é o quanto deve ser alterado.

# Projeto - Saída

- Ele retorna um arquivo exatamente igual ao original, apenas com as seções de choque microscópicas de fissão correspondentes alteradas.
- Com o arquivo em mãos, o usuário pode usar softwares como o Serpent, caso tenha o licenciamento, para realizar simulações de sistemas nucleares e avaliar seu desempenho no caso de variações determinadas nos dados de seções de choque.

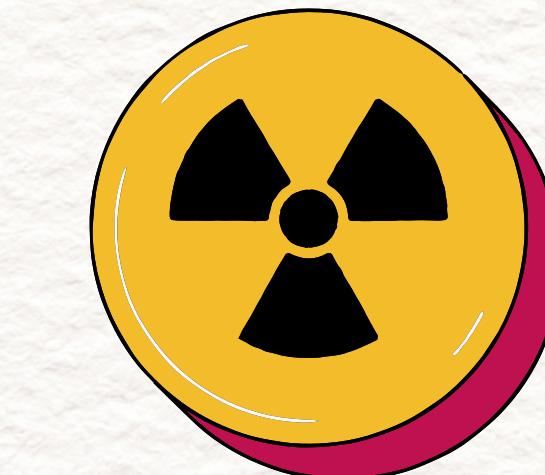


# Projeto - Exemplo

- Como exemplo, avaliamos o fator de criticalidade k para um arquivo de seções de choque microscópicas do U-235, a 600K de temperatura, alterado para as seções de choque de fissão, de 0 a 0.65e-6 MeV.

$$k = \frac{N_k}{N_{k-1}}$$

em que  $N_k$  é o número de nêutrons na geração atual, e  $N_{(k-1)}$  o número de nêutrons na geração anterior.



- $k=1$ : reação independente do tempo
- $k<1$ : subcrítico, o nº de nêutrons cai a cada geração
- $k>1$ : supercrítico

- A análise de criticalidade de um reator é importante para o **controle e segurança** das usinas.

# Projeto - Exemplo

- Análise de sensibilidade:

$$S_{k,x} = \frac{\Delta k/k}{\Delta x/x}$$

- $k$  é a criticalidade do sistema original,  $\Delta k$  é a variação da criticalidade desse sistema para o que queremos analisar, alterado.
- $\Delta x/x$  é a porcentagem que alteramos dos dados originais para resultar nessa diferença de criticalidade; isto é, no nosso caso, é a % que inserimos no programa.

# RESULTADO DO EXEMPLO

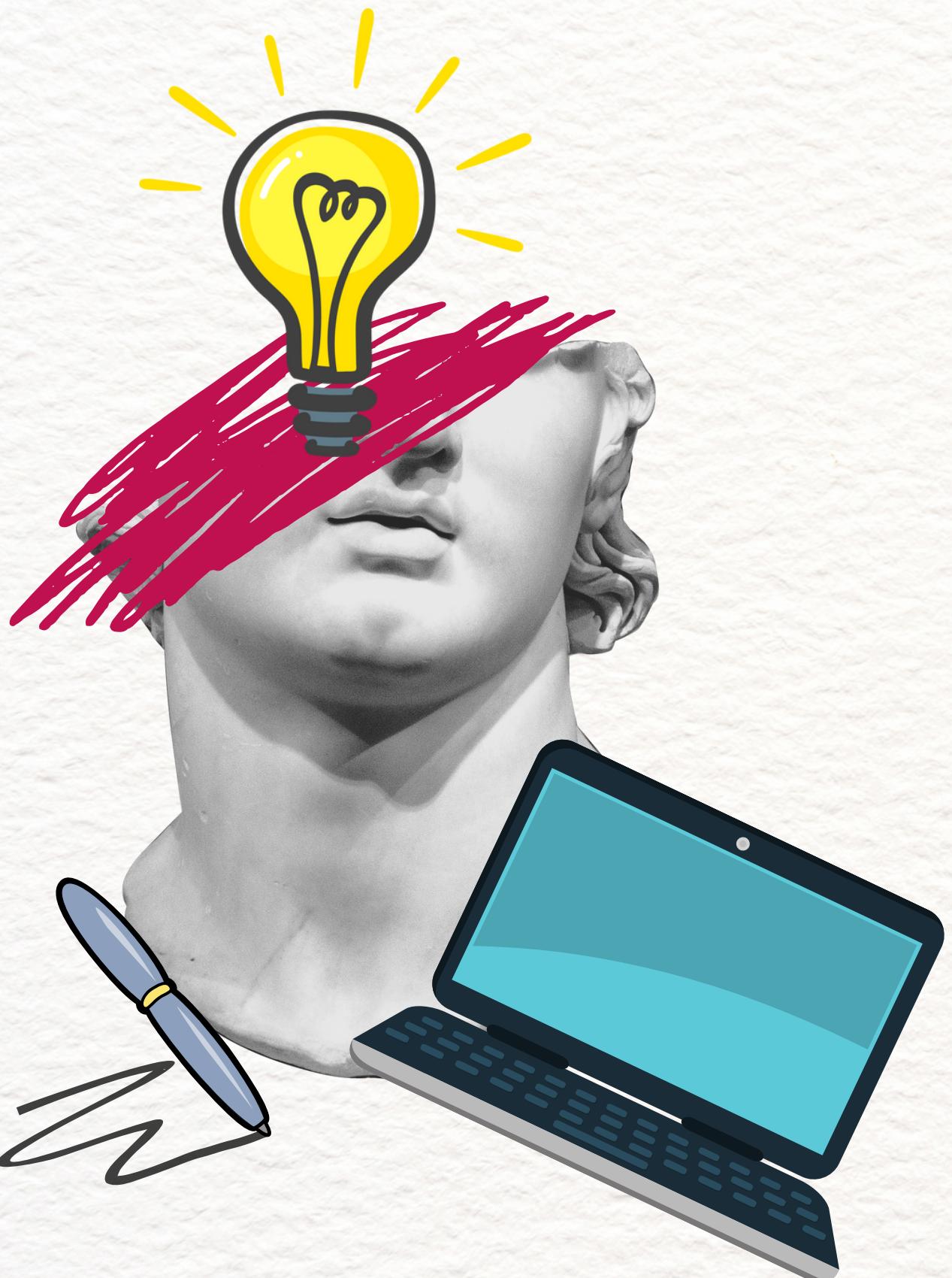
	k	$\Delta k$	del_k	$\Delta(\text{del}_k)$	S	$\Delta S$
base	1,38751	0,00016	-	-	-	-
thermal_1	1,38827	0,00015	0,00076	0,000219317122	0,05477438	0,01580652676
thermal_5	1,39053	0,00015	0,00302	0,000219317122	0,04353121779	0,00316130908 6
fast_1	1,38765	0,00015	0,00014	0,000219317122	0,01009001737	0,01580652554

\* del\_k é a diferença,  $\Delta$  é a incerteza.

# RESULTADO DO EXEMPLO

- Alterando-se as seções de choque na faixa térmica:
  - Sensibilidade  $\cong 5\%$
  - Criticalidade aumentou mais para o caso de 5% de alteração na seção de choque microscópica do que para o caso de 1% de alteração.
- Alterando-se as seções de choque na faixa de nêutrons rápidos:
  - Sensibilidade  $\cong 1\%$  (menor influência)

# CÓDIGO

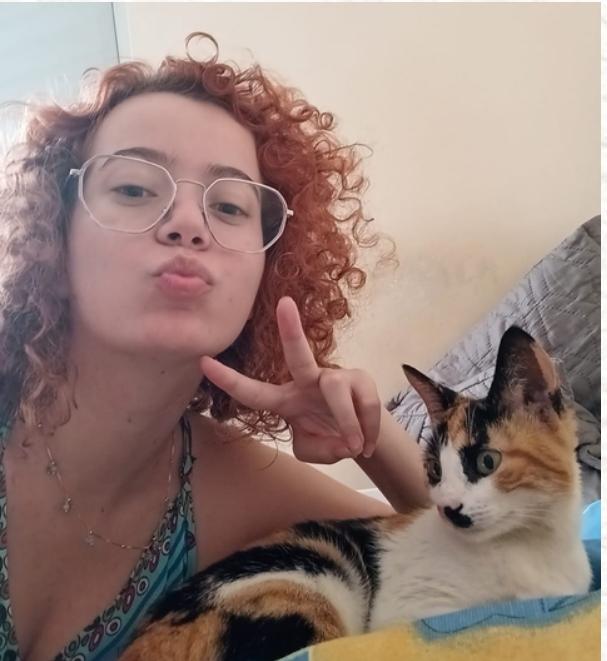


O código batatinha.py está disponível para ser avaliado pelo professor, em um arquivo .zip baixado do github, como será mostrado.

O github ainda não está público, pois queremos deixar o código ainda mais generalista.

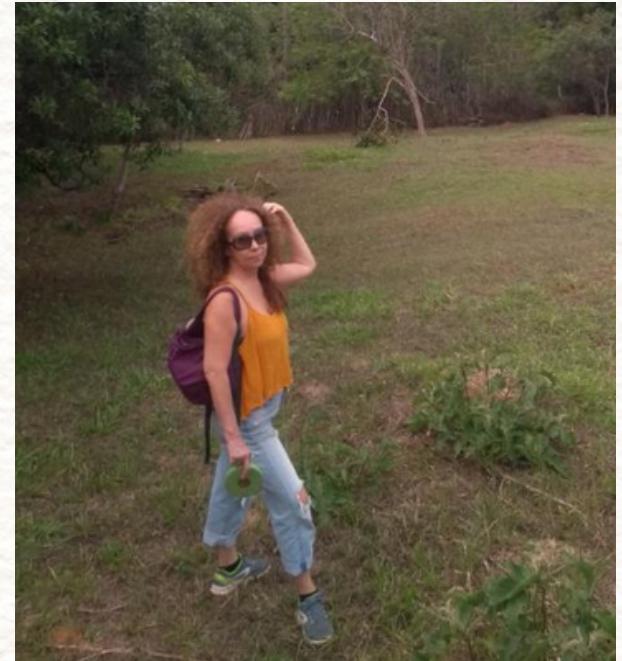
Caso alguém se interesse, contatar a orientanda.

# Equipe



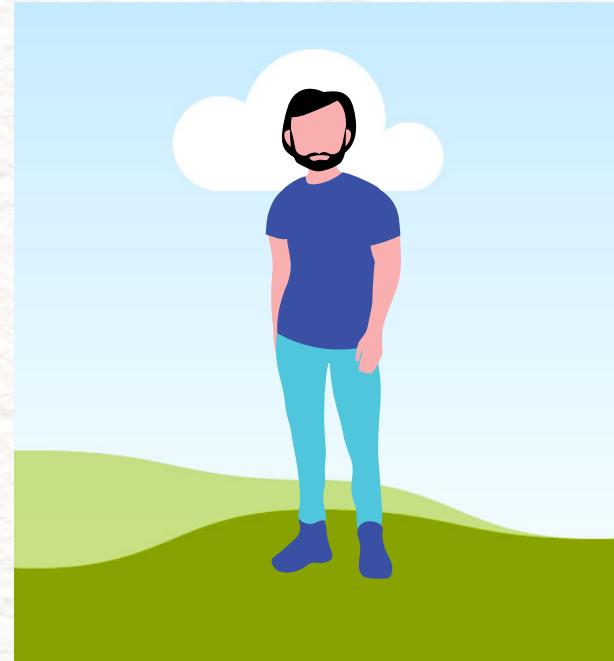
**Maria Elisa  
Orientanda**

[mevmagalhaes@gmail.com](mailto:mevmagalhaes@gmail.com)



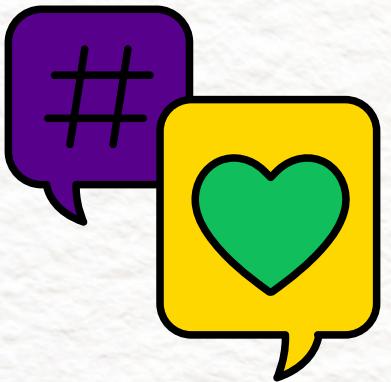
**Cláubia Pereira  
Orientadora**

[claubia@nuclear.ufmg.br](mailto:claubia@nuclear.ufmg.br)



**Victor Faria  
Co-Orientador**

[victorfariacastro@gmail.com](mailto:victorfariacastro@gmail.com)



# Referências

1. Duderstadt, James J., and Louis J. Hamilton.  
Nuclear Reactor Analysis. Wiley, 1976.
2. Evaluated Nuclear Data File. Disponível em: <<https://www-nds.iaea.org/exfor/endf.htm>>, acesso em: 5 out. 2022.
3. Leppänen, J., et al. (2015) "The Serpent Monte Carlo code: Status, development and applications in 2013." Ann. Nucl. Energy, 82 (2015) 142-150

# Gratidão

