

# LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

Proposta de Experimento

Nº: E-76

Período: 1 ano

**Título:** Medidas da reação  $^{12}\text{C}(^8\text{Li}, ^4\text{He})^{16}\text{N}$

**Responsável:** Alinka Lépine-Szily

**e-mail:** alinka@if.usp.br

**Participantes:** Djalma Rosa Mendes Junior, Alinka Lépine-Szily, Rubens Lichtenthäler Filho, Erich Leistenschneider, Valdir Guimarães, Marlete Assunção, Pedro Neto de Faria, Adriana Barioni, Kelly Cristina Cezaretto Pires, Viviane Morcelle, Ruben Pampa Condori, Maria Carmen Morais, Valdir Scarduelli, Leandro Gasques, Marcos Alvarez, Mario Cubero, Roberto Linares, Erica Nunes, Paulo Gomes

**Porta Voz:** Djalma Rosa Mendes Junior

**e-mail:** dmendes@if.uff.br

**Número de dias solicitados:** 10 dias

**Datas preferidas:**

**Datas realmente impossíveis:**

**Canalização:** 45° B

Feixe	Est. Carga	I <sub>mínima</sub> (feixe primário)	V <sub>min</sub>	V <sub>max</sub>
$^7\text{Li}$	3	500 nA	4 MV	7,0 MV

**Alvos:**  $^{12}\text{C}$ ,  $^{197}\text{Au}$

**Continuação da Experiência já Aprovada Nº:** E-76

**Outras informações:**

## Medidas da reação $^{12}\text{C}(^8\text{Li}, ^4\text{He})^{16}\text{N}$

Esta reação representa a transferência de t+n ou de um cluster  $^4\text{H}$ . O principal interesse desta medida é procurar esta correlação t+n ou a possível presença de  $^4\text{H}$  nos núcleos. O estudo desta reação de transferência ressonante pode jogar luz sobre o fenômeno de formação de clusters em núcleos ricos de nêutrons. Esta reação havia sido estudada em no Laboratório de física Nuclear da Universidade de Notre Dame, usando o equipamento TWINSOL [1]. Na Figura 1. apresentamos resultado desta medida obtida com feixe de energia  $E(^8\text{Li})=27.7$  MeV e alvo fino de  $^{12}\text{C}$  ( $0.93$   $\text{mg}/\text{cm}^2$ ).

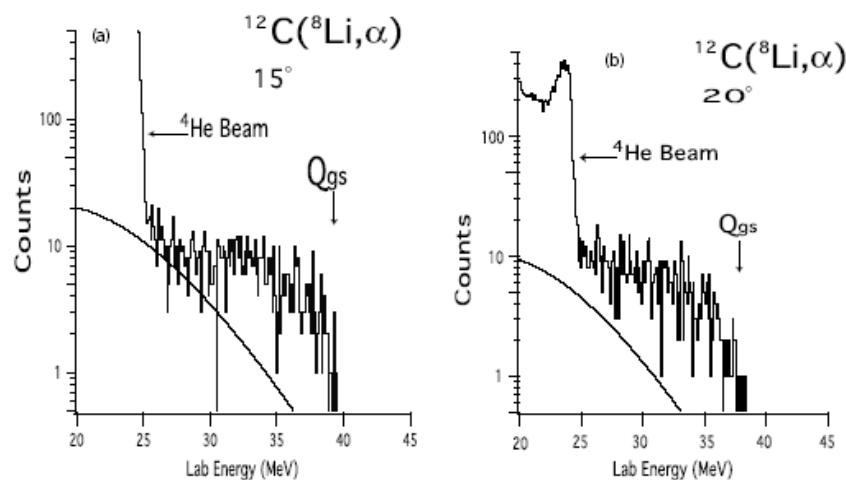


Figura 1: Medida da reação  $^{12}\text{C}(^8\text{Li}, ^4\text{He})^{16}\text{N}$  obtido a 27.7 MeV, utilizando o equipamento TWINSOL.

Nos também havíamos realizado medidas desta reação  $^{12}\text{C}(^8\text{Li}, ^4\text{He})^{16}\text{N}$ , em 2011, usando uma semana de feixe e usando um alvo grosso de  $^{12}\text{C}$ , de  $15$   $\text{mg}/\text{cm}^2$  e feixes de  $^8\text{Li}$  incidentes com 4 energias diferentes:  $E=13.2$ ,  $14.5$ ,  $17.0$  e  $19.0$  MeV. Verificamos que a seção de choque da reação cresce com a energia incidente. O objetivo mais pratico desta medida era obter a função de excitação desta reação, usando o método de alvo grosso, para poder subtraí-la da seção de choque medida para a reação  $(^8\text{Li}, ^4\text{He})$  usando um alvo de  $(\text{CH}_2)_n$ . Na tese de doutoramento de Djalma Rosa Mendes Junior foi medida a reação  $^1\text{H}(^8\text{Li}, ^4\text{He})^5\text{He}$  com a utilização de um alvo de  $(\text{CH}_2)_n$  de  $6.8$   $\text{mg}/\text{cm}^2$ . Essas medidas foram feitas utilizando o método do alvo grosso, que consiste em parar o feixe de  $^8\text{Li}$  no alvo e detectar as partículas alfas provenientes da reação. À medida que o feixe penetra no alvo e vai perdendo energia, ira popular as ressonâncias do núcleo composto formado, no caso  $^9\text{Be}$ . Com esta

medida foi obtida uma função de excitação da reação  $H(^8\text{Li}, ^4\text{He})^{16}\text{N}$ . No entanto, o alvo usado contém  $^{12}\text{C}$  também, e as partículas alfa tanto poderiam vir da reação sobre o carbono, como do hidrogênio. Por esta razão a medida da reação  $^{12}\text{C}(^8\text{Li}, ^4\text{He})^{16}\text{N}$  foi necessária e os resultados foram subtraídos da função de excitação já medida com alvo de  $(\text{CH}_2)_n$ .

Na Figura 2 apresentamos o espectro obtido com o alvo grosso de  $^{12}\text{C}$  e feixe de  $^8\text{Li}$  de energia 19.0 MeV.

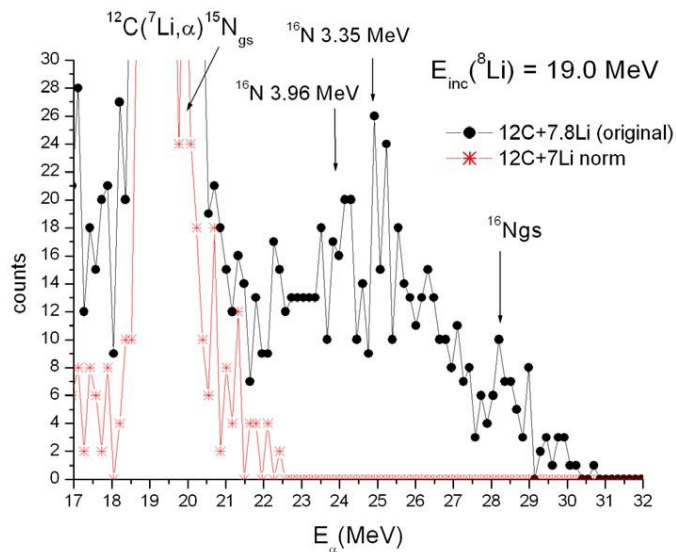


Figura 2. Espectro das partículas alfa obtidas com um alvo grosso de  $^{12}\text{C}$  e feixe de  $^8\text{Li}$  (bolinhas cheias). As cruces representam o espectro da reação  $^{12}\text{C}(^7\text{Li}, ^4\text{He})^{15}\text{N}$ , obtido com feixe de  $^7\text{Li}^{2+}$ . O pico grande situado a  $E_\alpha=19\text{-}20$  MeV, corresponde ao estado fundamental de  $^{15}\text{N}_{\text{gs}}$ .

Podemos ver pela Figura 2, que apesar de termos usado alvo grosso, os estados de  $^{16}\text{N}$  podem ser vislumbrados. Por este motivo queremos estudar esta reação com alvo fino de  $^{12}\text{C}$  (temos alvos de  $^{12}\text{C}$  de 0.5 e 1.0  $\text{mg}/\text{cm}^2$ ) e com feixe de  $^8\text{Li}$  de energias altas, para fazer o estudo espectroscópico desta reação. Com a detecção de nêutrons em coincidência, poderemos distinguir entre a transferência seqüencial  $t+n$  ou de um  $^4\text{H}$ .

### Sistema RIBRAS

A medida será realizada no sistema RIBRAS [2,3], com a utilização de detectores de Silício de barreira de superfície ou detectores de Silício do tipo strip (sensível a posição). O sistema RIBRAS consiste em dois solenóides supercondutores que fazem a seleção (focalização) em voo, dos produtos de reação provenientes da reação do feixe primário (produzido pelo acelerador Pelletron) e o alvo primário.

Até agora a maioria dos experimentos foram realizados na câmara central, que fica entre os dois solenóides, mas a câmara de espalhamento grande, que fica após o segundo solenóide já está instalada nos trilhos com um prato onde se podem montar os detectores e com torre de alvos com movimento externo. A idéia é realizar esse experimento com a utilização dos dois solenóides e da câmara de espalhamento grande, que esta apresentada na Figura 5.

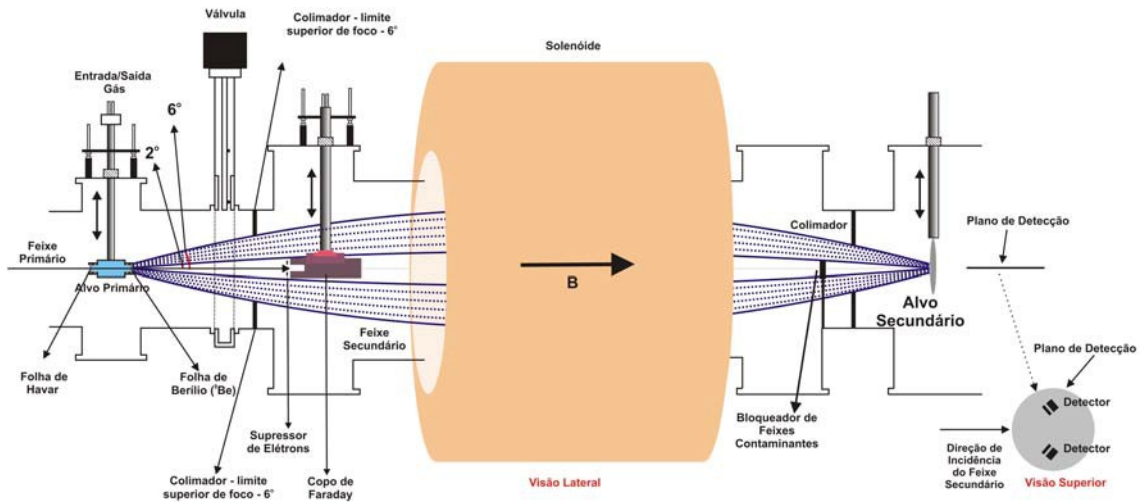


Figura 3: Desenho Esquemático do funcionamento do sistema RIBRAS.



Figura 4: Foto mostrando os dois solenóides supercondutores, instalados na canalização 45B do laboratório Pelletron, e a câmara onde são realizados os experimentos atualmente.



Figura 5. Foto mostrando sistema RIBRAS com a câmara de espalhamento grande

### Justificativa

Esta reação,  $^{12}\text{C}(^8\text{Li}, ^4\text{He})^{16}\text{N}$ , representa a transferência seqüencial de de t+n ou de um cluster  $^4\text{H}$ . O principal interesse desta medida é procurar esta correlação t+n ou a possível presença de  $^4\text{H}$  nos núcleos. O estudo desta reação de transferência ressonante pode jogar luz sobre o fenômeno de formação de clusters em núcleos ricos de nêutrons.

Nos já realizamos medidas, onde apesar de termos usado alvo grosso, os estados de  $^{16}\text{N}$  podiam ser vislumbrados. Por este motivo queremos estudar esta reação com alvo fino de  $^{12}\text{C}$  (temos alvos de  $^{12}\text{C}$  de 0.5 e 1.0 mg/cm<sup>2</sup>) e com feixe de  $^8\text{Li}$  de energias altas, para fazer o estudo espectroscópico desta reação. Com a detecção de nêutrons em coincidência, poderemos distinguir entre a transferência seqüencial t+n ou de um 4H.

A grande quantidade de dias solicitada é justificada, pois a medida é realizada com um feixe instável, no caso  $^8\text{Li}$ , que tem uma intensidade usualmente  $10^7$  vezes menor do que a de um feixe estável. Assim uma intensidade de 500 nA de feixe primário corresponderia a  $4 \times 10^5$  partículas/s chegando no alvo secundário.

### Referências

- [1] F.D.Bechetti, R.S.Raymond, D.A. Roberts et al Phys. Rev.C71,054610 (2005)
- [2] LICHTENTHÄLER, R., LÉPINE-SZILY, A. , GUIMARÃES, V., ET ALL.: **Radioactive Ion Beams in Brazil (RIBRAS)**. The European Physical Journal A - Hadrons and Nuclei, v. **25**, n. s01, p. 733-736, 2005.
- [3] LEPINE-SZILY, A., LICHTENTHALER, R., RIBRAS COLLABORATION.: **First Results of the Radioactive Ion Beam Facility in Brasil (RIBRAS): Elastic Scattering of  $^6\text{He}$  and  $^8\text{Li}$  Beams on Light and Medium Mass Targets**. Nuclear Physics A, vol.**787**, p.94-101, 2007
- [4] D.R TILLEY, C.M.CHEVES, J.H.KELLEY, S.RAMAN, H.R.WELLER.: **Energy levels of light nuclei, A = 20**. Nuclear Physics A, vol.636, p.249-364, 1998