

# LABORATÓRIO ABERTO DE FÍSICA NUCLEAR

## PAC 2018

### Technical information

Proposal	N°
<b>Title:</b> <b>Reação de captura de próton no sistema <math>{}^8\text{Li}+{}^{19}\text{F}</math> de interesse astrofísico.</b>	
<b>Responsible:</b> Adriana Barioni	<b>e-mail:</b> adriana.barioni@gmail.com
<b>Participants</b> <b>IFUSP:</b> Juan Carlos Zamora Cardona, Valdir Guimarães, Rubens Lichtenthäler, Alinka Lepine-Szily e Kelly Cristina Cezaretto Pires; <b>UNIFESP:</b> Adriana Barioni e Marlete Assunção; <b>UFF:</b> Djalma Rosa Mendes Júnior e Pedro Neto de Faria; <b>TAndar-Argentina:</b> Andrés Arazi	
<b>Spokeperson:</b> Adriana Barioni	<b>e-mail:</b> adriana.barioni@gmail.com
<b>Telephone:</b> (11)97474-4356	<b>Skype:</b>
<b>Number of days for experiment:</b>	12
<b>Period planned for the experiment (are the setup ready for beam time?):</b> Ano de 2019 (alvo ainda precisa ser adquirido)	

Ion source			Accelerator			Experimental Area	
Beam	Cathode	$I_{\text{mínima}}$	$V_{\text{min}}$	$V_{\text{max}}$	Bunched beam?	Beam line	Target
7Li		500 nA	6,0	8,0	não	45B	9Be

Other relevant/needed information:

# Reação de captura de próton no sistema ${}^8\text{Li}+{}^{19}\text{F}$ de interesse astrofísico

## Introdução

A existência de núcleos fora do vale de estabilidade causou um grande impacto na teoria de reações nucleares e no estudo da estrutura nuclear, tendo inclusive, reflexos no campo da astrofísica nuclear. Nesse âmbito, tanto a nucleossíntese primordial como a explosão de novas e supernovas e o processo de evolução de estrelas supermassivas envolvem núcleos radioativos [1]. O modelo padrão de nucleossíntese primordial (*Big Bang*) admite um universo com distribuição uniforme de densidade e explica de forma satisfatória a abundância de alguns elementos leves, como  ${}^2\text{H}$ ,  ${}^3\text{He}$  e  ${}^4\text{He}$ , mas falha na determinação da abundância do  ${}^7\text{Li}$  [2]. Num universo não homogêneo, além dos núcleos estáveis também haveria a presença de núcleos radiativos como  ${}^8\text{Li}$ ,  ${}^8\text{B}$  ou  ${}^7\text{Be}$ . Apesar desses núcleos instáveis terem meias-vidas curtas, eles podem ter um papel importante na formação de núcleos estáveis. Portanto, ter informações experimentais sobre a probabilidades dessas reações no universo primordial é de fundamental importância para que se tenha uma ideia mais clara de como a síntese dos elementos poderia ter ocorrido.

Em ambientes com alta densidade de nêutrons, o  ${}^8\text{Li}$  poderia ser formado a partir da reação  ${}^7\text{Li}(p, \gamma){}^8\text{Li}$  e tomar parte na síntese de elementos mais pesados. A reação  ${}^8\text{Li}(\alpha, n){}^{11}\text{B}$  é considerada a mais importante nesse cenário não-homogêneo e tem sido extensivamente investigada [3,4]. Outra reação possível nas quais o  ${}^8\text{Li}$  tem um papel fundamental na síntese de elementos pesados é  ${}^8\text{Li}(p,\gamma){}^9\text{Be}$ . Devido à dificuldade para se criar um alvo do núcleo instável  ${}^8\text{Li}$ , esse tipo de experimento deve ser feito em cinemática inversa e usando métodos indiretos. A primeira tentativa dessa medida foi feita usando a reação  ${}^8\text{Li}(d,n){}^9\text{Be}$  [5]. O fator S-astrofísico obtido nesse experimento foi de 272 keV b, o que implica em uma taxa de reação de duas ordens de grandeza menor que o valor sugerido por R.A. Malaney e W.A. Fowler [6]. Essa discrepância tem consequências importantes na abundância primordial de núcleos como  ${}^9\text{Be}$  e  ${}^8\text{Li}$ , assim como na criação e destruição de outros elementos. Dando continuidade na investigação da captura de prótons com  ${}^8\text{Li}$ , nós realizamos estudos envolvendo as reações  ${}^8\text{Li}({}^9\text{Be}, {}^8\text{Li}){}^9\text{Be}$  [7] e  ${}^8\text{Li}({}^{12}\text{C}, {}^9\text{Be}){}^{11}\text{B}$  [8]. Nesses experimentos foi possível medir satisfatoriamente as distribuições angulares de transferência de um próton para energias entre 24 e 27 MeV. A Figura 1 (esquerda) apresenta a distribuição angular de transfe-

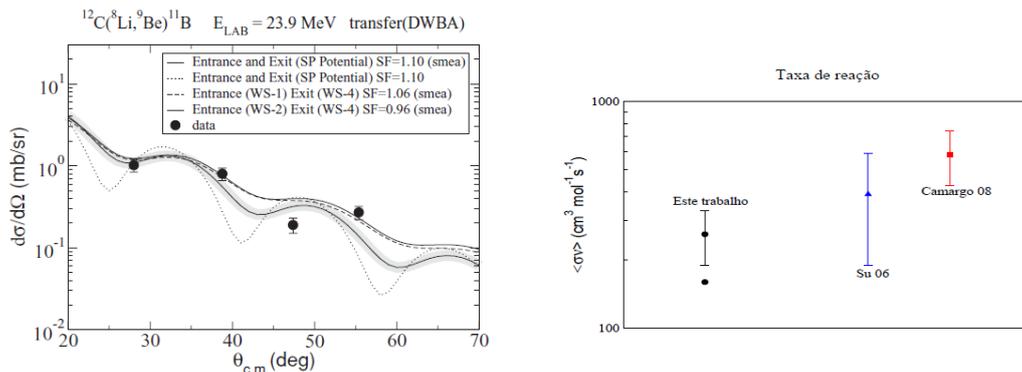


Figura 1: (Esquerda) Seção de choque de transferência de um próton. (Direita) Taxa de reação para a captura  ${}^8\text{Li}(p,\gamma){}^9\text{Be}_{gs}$ .

rência com a reação  $^{12}\text{C}(^8\text{Li}, ^9\text{Be})^{11}\text{B}$ . Nesse estudo foi possível obter o fator espectroscópico para o sistema ligado ( $^9\text{Be}, ^8\text{Li}+p$ ) e assim calcular a taxa de reação (Figura 1 à direita) para a captura  $^8\text{Li}(p,\gamma)^9\text{Be}_{\text{gs}}$  [8].

Na Figura 1 à direita, é possível ver a comparação das taxas de reação de captura de próton com  $^8\text{Li}$  obtidos com diferentes reações. Pode-se ver um fator 5 nas diferenças das taxas de reação. Podemos então inferir sobre a influência de outros canais de reação na transferência.

Assim, uma forma interessante de estudar esse problema é por meio de medidas de transferência de prótons usando um alvo com menor energia de ligação para os mesmos. Um ótimo candidato seria o  $^{19}\text{F}$ , pois esse núcleo possui uma energia de ligação de próton de 8 MeV (a metade da energia de separação de próton no  $^{12}\text{C}$  e  $^9\text{Be}$ ). Essas medidas são inéditas e o espalhamento elástico ainda não foi medido nesse núcleo. A combinação desses novos resultados com medidas anteriores podem complementar estudos sistemáticos com o núcleo instável  $^8\text{Li}$ .

### **Objetivos da Proposta**

Neste projeto estamos propondo medir a captura de próton usando o feixe instável  $^8\text{Li}$  por meio da reação  $^8\text{Li}(^{19}\text{F}, ^9\text{Be})^{18}\text{O}$ . A análise da distribuição angular de transferência vai permitir obter a taxa de reação  $^8\text{Li}(p,\gamma)^9\text{Be}$  que é relevante para entender a abundância durante a nucleossíntese primordial. Além disso, o espalhamento elástico de  $^8\text{Li}$  em  $^{19}\text{F}$  não foi medido e esses resultados seriam importantes para complementar estudos sistemáticos [8].

### **Detalhes Experimentais**

O feixe secundário de  $^8\text{Li}$  será criado e selecionado no sistema RIBRAS numa energia de 28 MeV e uma intensidade da ordem de  $10^5$  pps. O alvo secundário de flúor será um alvo molecular de politetrafluoretileno ( $\text{C}_2\text{F}_4$ )<sub>n</sub> (comumente chamado Teflon) de espessura de 15 mg/cm<sup>2</sup>. Medidas com alvo de  $^{12}\text{C}$  serão necessárias para normalizar e subtrair os contaminantes na reação devido ao carbono. O alvo secundário será montado na segunda câmara de espalhamento do RIBRAS junto com um sistema de detectores de silício dE-E cobrindo ângulos entre 15 e 60 graus.

A seção de choque da transferência no ângulo de 15 graus é estimada em 2 mb/sr, enquanto a 60 graus é de 0.1 mb/sr. Assumindo a intensidade e espessura do alvo anteriormente mencionadas e um ângulo sólido de 5 mSr, o número de contagens no ângulos mais traseiro seria de 86 contagens/dia. Portanto, estamos fazendo um pedido de 12 dias no total sendo: 2 dias para calibração, montagem e otimização do acelerador, e 10 dias para as medidas de transferência de prótons.

## **Bibliografia**

- [1] Rolfs C. E., Rodney W. S. "Cauldrons in the Cosmos: Nuclear Astrophysics" (University of Chicago Press) (1988).
- [2] G. J. Mathews et al. The Astrophysical Journal 349, 449 (1990)
- [3] R. N. Boyd et al. Physical Review Letters 68, 1293 (1992)
- [4] X. Gu et al., Physics Letters B 343, 31 (1995)
- [5] Zeng Sheng et al., Chinese Physics Letters 22, 2219 (2005)
- [6] R.A. Malaney, W.A. Fowler Ap. J., 345, L5 (1989)
- [7] O. Camargo et al., Physical Review C 78, 034605 (2008)
- [8] A. Barioni et al., Physical Review C 80, 034617 (2009)