

**Universidade de São Paulo**  
**Instituto de Física**

**Fragmentação Nuclear em Colisões de Íons  
Pesados a Energias Relativísticas**

Rogério Gregorio Burgugi

Orientadora: Profa. Dra. Emi Márcia Takagui

Tese de doutorado apresentada ao Instituto de Física  
para obtenção do título de Doutor em Ciências

Comissão examinadora: Profs. Drs. Emi Márcia Takagui (IFUSP),  
Vito Roberto Vanin (IFUSP), Sandra dos Santos Padula (UNESP),  
Carola Dobrigkeit Chinellato (UNICAMP) e Márcia Begalli (UERJ).

São Paulo

2009

Para os meus pais,  
meus irmãos e  
minha sobrinha Íris.

---

Fragmentação Nuclear em  
Colisões de Íons Pesados a Energias  
Relativísticas

*Rogério Gregorio Burgugi*

---

# Agradecimentos

À Profa. Dra. Emi Márcia Takagui pela orientação e, principalmente, pela paciência na discussão dos problemas encontrados durante a elaboração deste trabalho.

Ao Dr. Helio Takai pelos valiosos esclarecimentos em relação aos procedimentos e método de trabalho a serem adotados.

Ao Prof. Dr. Olacio Dietzsch e aos colegas Cesar Luiz da Silva e Marisilvia Donadelli pelas sugestões e contribuições.

A todo pessoal do Laboratório de Instrumentação e Partículas do IFUSP, pelo suporte técnico e pelas discussões que permitiram a finalização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido.

# Resumo

Foi investigada a correlação entre a energia transversa ( $E_T$ ) produzida e a energia de partículas neutras ( $E_n$ ) emitidas em colisões de íons de  $^{28}\text{Si}$  ( $p_{\text{lab}}=14.6$  GeV/c por nucleon) com alvos de Al, Cu e Pb, estudadas pelo Experimento 814 no acelerador AGS do Laboratório Nacional de Brookhaven. A correlação entre a energia transversa e a energia dianteira produzida em colisões com emissão dos fragmentos  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^6\text{He}$ ,  $^5\text{Li}$  e  $^6\text{Li}$  também foi investigada. Foi observado que a energia  $E_n$  dianteira produzida pelas partículas neutras tem uma forte dependência com a energia transversa  $E_T$  produzida na colisão. Uma parametrização eficiente dos dados é obtida utilizando um modelo estatístico que relaciona o número de espectadores da colisão com o número de nêutrons detectados na região dianteira. As distribuições de momento desses fragmentos foram investigadas através do modelo de Goldhaber e os seus respectivos parâmetros  $\sigma_0$  foram calculados para os eventos referentes às colisões de  $^{28}\text{Si}$  com alvos de Al, Cu e Pb.

# Abstract

We carried out a study of the forward neutral energy ( $E_n$ ) and its correlation with the produced transverse energy ( $E_T$ ) in collisions of  $^{28}\text{Si}$  ions ( $p_{\text{lab}}=14.6$  GeV/c per nucleon) with Al, Cu, and Pb targets, investigated by Experiment 814 at the Brookhaven AGS. The correlation of the produced transverse energy with forward neutral energy from fragments  $^2\text{H}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^3\text{He}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^6\text{He}$ ,  $^5\text{Li}$  and  $^6\text{Li}$  was also investigated. We find that the forward neutral energy  $E_n$  has a strong dependence on transverse energy  $E_T$  produced in the collision. An efficient parametrization of this data set is accomplished through the use of a statistical model which relates the number of spectators in the collision to the number of neutrons detected in the forward direction. Momentum distributions of the fragments were investigated through the use of the Goldhaber model and the  $\sigma_0$  parameter was calculated to each of the fragments in reactions of  $^{28}\text{Si}$  with Al, Cu and Pb targets.

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>Aspectos Teóricos</b>	<b>23</b>
2.1	Variáveis globais e cinemáticas . . . . .	25
2.2	Dissociação eletromagnética . . . . .	28
2.3	Fragmentação nuclear . . . . .	31
2.3.1	Espectadores e participantes . . . . .	31
2.3.2	Fragmentação limitada . . . . .	35
2.3.3	Modelo de Glauber . . . . .	35
2.3.4	Momento dos fragmentos . . . . .	38
<b>3</b>	<b>O Experimento</b>	<b>41</b>
3.1	Detectores . . . . .	44
3.2	Sistema de decisão ou gatilho (“Trigger”) . . . . .	48
3.3	Sistema de aquisição de dados . . . . .	53
<b>4</b>	<b>Estudo dos Detectores</b>	<b>56</b>
4.1	Detector de Vértice . . . . .	56
4.2	Detector de Multiplicidade . . . . .	58
4.3	Calorímetro Participante (PCAL) . . . . .	60
4.3.1	Procedimento para correção de dados no PCAL . . . . .	62
4.4	Cintiladores Dianteiros . . . . .	65

4.4.1	Pedestais e correção de 60 Hz . . . . .	66
4.4.2	Medida de carga nos cintiladores dianteiros . . . . .	68
4.4.3	Efeitos de Saturação . . . . .	71
4.4.4	Tempo de voô e correções de “slewing” . . . . .	73
4.4.5	Medida de posição . . . . .	74
4.5	Câmaras Multifilares . . . . .	76
4.5.1	Câmara Segmentada DC1 . . . . .	76
4.5.2	Câmaras de Deriva (DC2 e DC3) . . . . .	78
4.5.3	Medida de posição de uma partícula incidente no plano segmentado . . . . .	80
4.5.4	Seções de Deriva . . . . .	81
4.6	Calorímetro U/Cu . . . . .	82
4.6.1	Energia e Busca de Aglomerados . . . . .	83
4.6.2	Correções de ruído . . . . .	86
4.6.3	Determinação da posição . . . . .	86
<b>5</b>	<b>Análise de dados</b>	<b>89</b>
5.1	Introdução . . . . .	89
5.2	Seleção “Offline” . . . . .	89
5.2.1	Sistema Interativo de Análise de dados - ROOT . . . . .	90
5.3	Correção de dados em relação ao “trigger” de energia transversa $E_T$ . . . . .	92
5.4	Seleção preliminar de eventos . . . . .	94
5.4.1	Procedimento para veto de eventos originários de interações antes do alvo . . . . .	94
5.4.2	Veto de partículas carregadas na região de nêutrons dos calorímetros U/Cu . . . . .	98
5.4.3	Procedimento para veto de eventos de colisões periféricas . . . . .	99
5.4.4	Subtração do fundo (“Background”) . . . . .	102



5.5	Rigidez Magnética (P/Z) . . . . .	103
5.5.1	Seleção preliminar . . . . .	103
5.5.2	Reconhecimento de trajetórias nas câmaras multifilares . . . . .	107
5.5.3	Alinhamento dos detectores . . . . .	109
5.6	Seleção de eventos referentes à emissão de fragmentos leves . . . . .	109
5.6.1	Método de seleção de eventos com emissão de ${}^6\text{He}$ . . . . .	115
<b>6</b>	<b>Resultados</b>	<b>119</b>
6.1	Introdução . . . . .	119
6.2	A distribuição de energia transversa . . . . .	120
6.3	A aplicação do modelo de Glauber . . . . .	120
6.4	A geração de eventos simulados . . . . .	127
6.4.1	O modelo FRITIOF . . . . .	128
6.4.2	O modelo UrQMD . . . . .	129
6.5	A energia dianteira versus a energia transversa . . . . .	131
6.6	Um modelo estatístico . . . . .	146
6.7	Investigação das distribuições de momento dos fragmentos . . . . .	153
<b>7</b>	<b>Considerações finais</b>	<b>169</b>
<b>A</b>	<b>Dinâmica Relativística</b>	<b>195</b>
<b>B</b>	<b>O modelo de Glauber</b>	<b>198</b>
<b>C</b>	<b>Programa de ajuste da função <math>R(k)</math></b>	<b>204</b>
C.1	Teste do programa de ajuste . . . . .	205



## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

