

## UM ESTUDO DA PRODUÇÃO DE JATOS DE PARTÍCULAS EM EVENTOS DE COLISÕES ENERGÉTICAS

Gabriella D. Franco<sup>1\*</sup>, Danilo Albuquerque<sup>1</sup>, Tiago F. Cantalice<sup>1</sup>, David D. Chinellato<sup>1</sup>, Rafael D. de Souza<sup>1</sup>, Jun Takahashi<sup>2</sup>

1. Instituto de Física "Gleb Wataghin" - UNICAMP

2. Instituto de Física "Gleb Wataghin" - UNICAMP / Orientador

### Resumo:

Colisões energéticas de partículas, como as que ocorrem no LHC, podem gerar estruturas de partículas colimadas chamadas de Jatos. Tais estruturas são comumente estudadas fazendo uso de algoritmos de seleção e definição de Jatos. Contudo, podemos usar também a técnica de correlação angular entre dois pontos, conhecida no estudo de comportamento coletivo de sistemas na área de Colisão de Íons Pesados. Isso traz a vantagem de que não necessitamos de pré-definições do Jato ao utilizá-la, diferentemente de quando utilizamos algoritmos como o do FastJet [1]. Além disso, sendo objetos de estudo fenomenológico, Jatos de Partículas são descritos por diversos modelos distintos, com parâmetros que ainda não são bem estabelecidos. Sendo assim, estudaremos aqui Jatos de Partículas via correlação angular entre dois pontos e posteriormente veremos os efeitos de diferentes modelos e diferentes parâmetros de um mesmo modelo na estrutura dos Jatos.

**Palavras-chave:** LHC; Jatos de Partículas; Correlação angular.

**Apoio financeiro:** PIBIC/CNPq.

**Trabalho selecionado para a JNIC pela instituição:** UNICAMP

### Introdução:

A Física de Partículas é um ramo em expansão da ciência atual. A cada nova rodada do LHC, novos dados surgem a respeito do comportamento da matéria a altas energias.

Em tal tipo de experimento sabe-se que, dentre os diversos processos que ocorrem, pode haver espalhamento com alta transferência de momento entre os pártons. Tal interação leva ao surgimento de partículas correlacionadas que se estruturam em forma de cone, sendo esse conjunto denominado Jato de Partículas.

O estudo de Jatos de Partículas se faz importante no entendimento de interações energéticas pois o surgimento destes se encontra em um regime em que a QCD não permite mais a realização de cálculos analíticos [2], trazendo novas informações sobre a Física nestas condições, mas necessitando de uma abordagem distinta.

Dessa forma, buscamos nesse trabalho estudar Jatos de Partículas do ponto de vista fenomenológico, usando para tal o método da correlação angular entre dois pontos ao analisar eventos de colisões energéticas simulados computacionalmente. Também observaremos os efeitos de distintos modelos e distintos parâmetros de um mesmo modelo nos observáveis de Jatos, usando para tal análise algoritmos já conhecidos de seleção de tais estruturas.

### Metodologia:

Os dados a serem aqui analisados foram gerados com a utilização do algoritmo PYTHIA [3], que usa a plataforma ROOT [4] para funcionar. Este algoritmo leva em consideração os mais atuais conhecimentos no ramo de colisões a altas energias, e é tido como um fiel modelo de simulação. No nosso caso geramos colisões que resultavam na geração de uma partícula  $Z_0$ , a qual posteriormente decaía nas partículas finais do evento. Essa escolha se deu por causa da facilidade de geramos apenas dois Jatos neste tipo de colisão, facilitando o estudo posterior.

Para a primeira análise geramos então

um algoritmo em C++ que realiza a correlação angular. É importante ressaltar que aqui usamos como grandezas angulares do estudo as variáveis  $\varphi$  e  $\eta$ , sendo  $\varphi$  o ângulo que a projeção do momento no plano transverso ( $P_T$ ) ao feixe faz com o eixo x (direcionado ao centro do acelerador de partículas) e  $\eta$ :

$$\eta = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{|\vec{p}| + p_z}{|\vec{p}| - p_z} \right) = \frac{1}{2} \ln [tg(\theta/2)],$$

sendo  $\theta$  o ângulo que o momento da partícula faz com o feixe colisor. Dessa forma, a análise se faz:

$$(\Delta\varphi)_i = \varphi_{ref} - \varphi_i,$$

$$(\Delta\eta)_i = \begin{cases} \eta_{ref} - \eta_i, & \text{se } \text{sgn}(\eta_{ref}) = \text{sgn}(\eta_i) \\ \eta_{ref} + \eta_i, & \text{se } \text{sgn}(\eta_{ref}) \neq \text{sgn}(\eta_i) \end{cases}$$

Optamos por analisar o desvio padrão, aqui representando a largura do pico nas projeções em  $\varphi$  e  $\eta$ , como observável do estudo. Analisamos então três esquemas diferentes de referenciais, buscando obter quão robusto é nosso parâmetro. Os três foram:

- No referencial do  $Z_0$ , com o eixo do Jato como referência;
- No referencial do  $Z_0$  com a direção da partícula de maior  $P_T$  como referência;
- No referencial do laboratório com a direção da partícula de maior  $P_T$  como referência.

Além disso analisamos via FastJet o efeito de diferentes modelos fenomenológicos e de diferentes parâmetros para um mesmo modelo nos observáveis dos Jatos. Assim, analisamos os modelos de Bowler [5], Peterson/SLAC [6] e o modelo de Lund [7], sendo este último tido como o mais condizente com resultados experimentais na atualidade.

O modelo de Lund é dado por:

$$f(z) = \frac{1}{z} (1-z)^a e^{-\frac{bm^2}{z}},$$

em que  $z$  é a fração do momento total carregada por uma partícula resultante do evento. Dessa forma optamos também por estudar os parâmetros  $a$  e  $b$  da função acima a fim de entender sua influência na distribuição de energia final nos dois Jatos dos eventos.

### Resultados e Discussão:

Feita a análise como explicitado nas seções anteriores chegamos aos resultados mostrados nas figuras a seguir. Note que

determinamos como "Near Side" o Jato que contém a partícula de maior  $P_T$ .

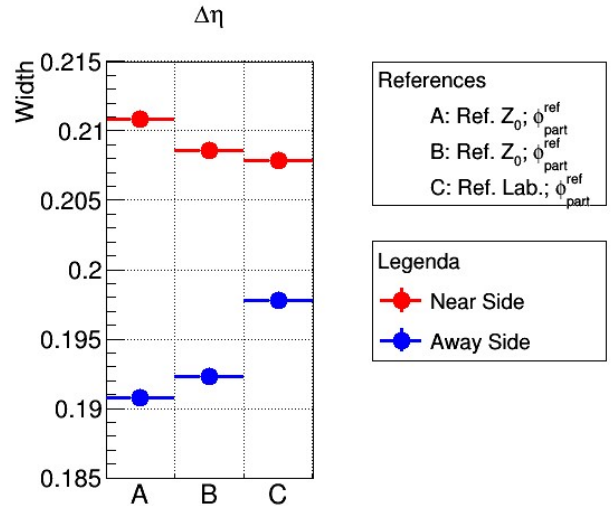


Figura 1: Comparação entre a largura para os diferentes referenciais adotados na projeção em  $\eta$ .

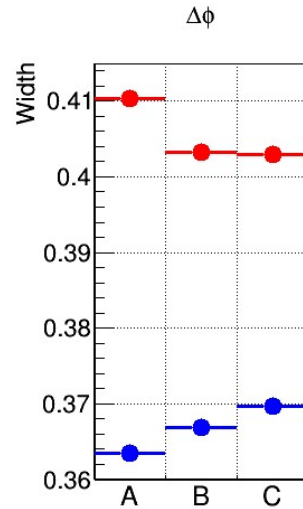


Figura 2: Comparação entre as larguras obtidas para os diferentes referenciais adotados na projeção em  $\varphi$ .

Nelas vemos que o parâmetro escolhido, o desvio padrão como largura, não se altera significativamente com as mudanças de referencial, mostrando que ele pode vir a ser robusto o suficiente para que estudos com ele sejam válidos.

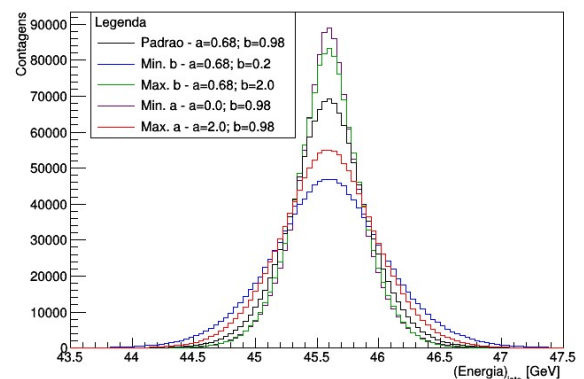


Figura 3: Comparação da energia do Jato para

os diferentes parâmetros usados no modelo de Lund.

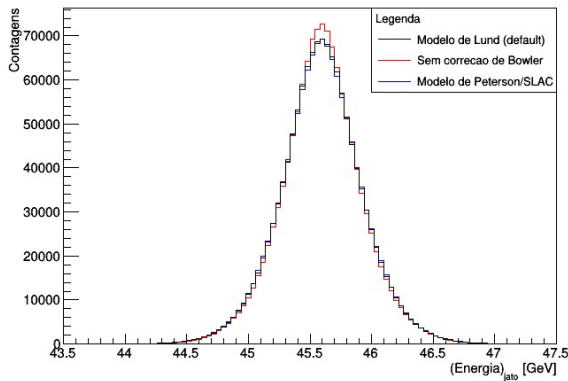


Figura 4: Comparação da energia do Jato para os diferentes modelos analisados.

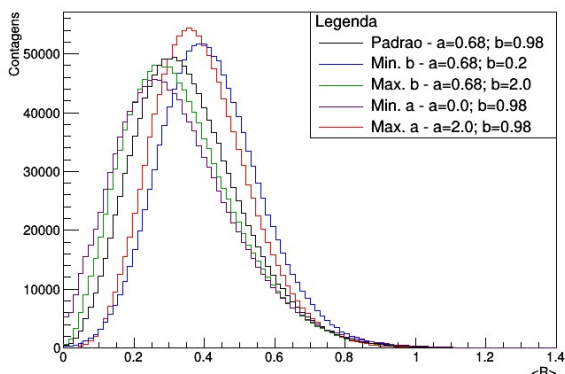


Figura 5: Comparação do raio médio do Jato para os diferentes parâmetros usados no modelo de Lund.

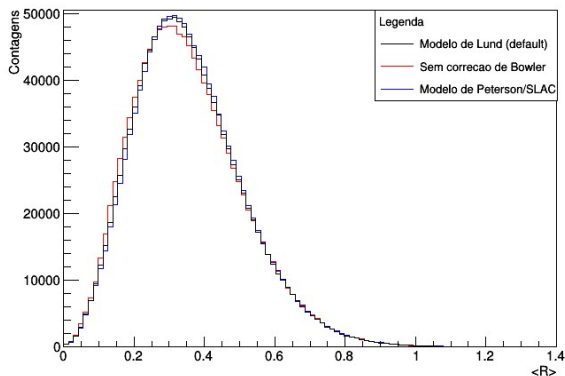


Figura 6: Comparação do raio médio do Jato para os diferentes modelos analisados.

Com esses resultados observamos que os modelos entre si concordam muito bem nessa análise, com seus parâmetros no modo padrão. Vemos também como os parâmetros do modelo de Lund interferem no Jato, seja deixando os dois Jatos do evento mais assimétricos e, portanto, mais largos, ou então mais simétricos e mais colimados.

### Conclusões:

Com esse estudo concluímos que mudanças em ângulos de referência e referenciais não

interferem consideravelmente no desvio padrão utilizado como largura.

Observamos também que os diferentes modelos existentes para descrição da distribuição final de energia nos Jatos concordam muito bem no regime em que aqui foram analisados. Vemos ainda que os parâmetros do modelo de Lund podem determinar uma maior assimetria (ou simetria) de distribuição das energia entre os dois Jatos gerados no evento, levando a um maior (ou menor) raio médio do Jato.

### Referências bibliográficas

- [1] M. Cacciari, G. P. Salam, e G. Soyez. **Fastjet user manual**. *The European Physical Journal C*, 72(3):1–54, 2012;
- [2] P. Skands. **QCD for collider physics**. arXiv:1104.2863, 2011;
- [3] T. Sjöstrand, S. Mrenna, P. Skands, **PYTHIA Physics and Manual**;
- [4] <https://root.cern.ch/>
- [5] M. G. Bowler.  **$e^+ e^-$  production of heavy quarks in the string model**. *Zeitschrift für Physik C Particles and Fields*, 11(2):169–174, 1981;
- [6] C. Peterson, D. Schlatter, I. Schmitt, e P. M. Zerwas. **Scaling violations in inclusive  $e^+ e^-$  annihilation spectra**. *Physical Review D*, 27(1):105, 1983;
- [7] B. Andersson, G. Gustafson, G. Ingelman, e T. Sjöstrand. **Parton fragmentation and string dynamics**. *Physics Reports*, 97(2):31–145, 1983.