

Identificação e correção de jatos de quarks b no LHCb

Gabriel Rebello – Física UFRJ

Orientador: Prof. Murilo Rangel

Bolsista pelo CNPq – Jovens Talentos



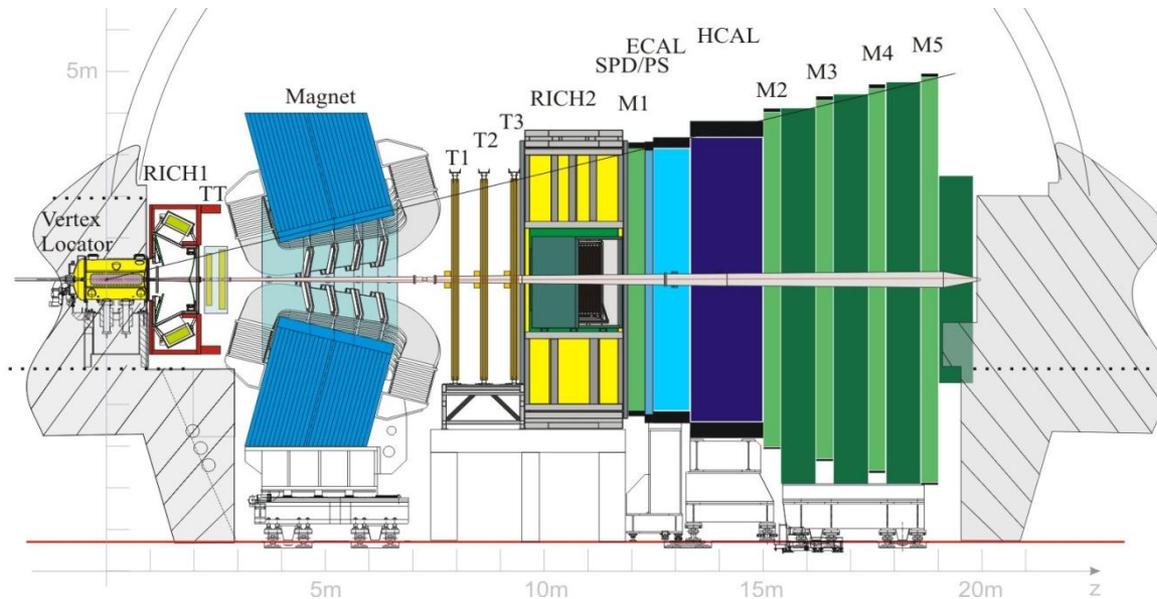
Large Hadron Collider

- 27km de circunferência
- 7 TeV/feixe
- Colide feixes de prótons
- Busca por **física nova**
- Estudo do **Modelo Padrão**



O experimento LHCb

- Hádrons pesados (D e B)
- Por que a natureza privilegia a *matéria*?



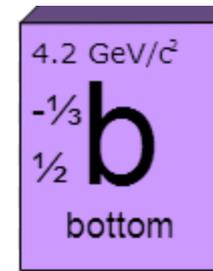
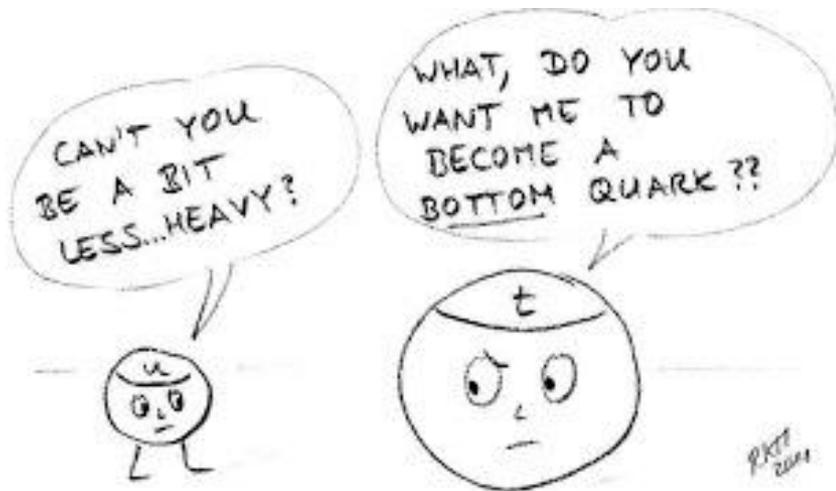
Quarks

	I	II	III		
mass →	2.4 MeV/c ²	1.27 GeV/c ²	171.2 GeV/c ²	0	? GeV/c ²
charge →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
name →	u up	c charm	t top	γ photon	H Higgs boson
	4.8 MeV/c ²	104 MeV/c ²	4.2 GeV/c ²	0	
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon	
	<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	91.2 GeV/c ²	
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	Z⁰ Z boson	
	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	± 1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Leptons	e electron	μ muon	τ tau	W[±] W boson	
					Gauge bosons

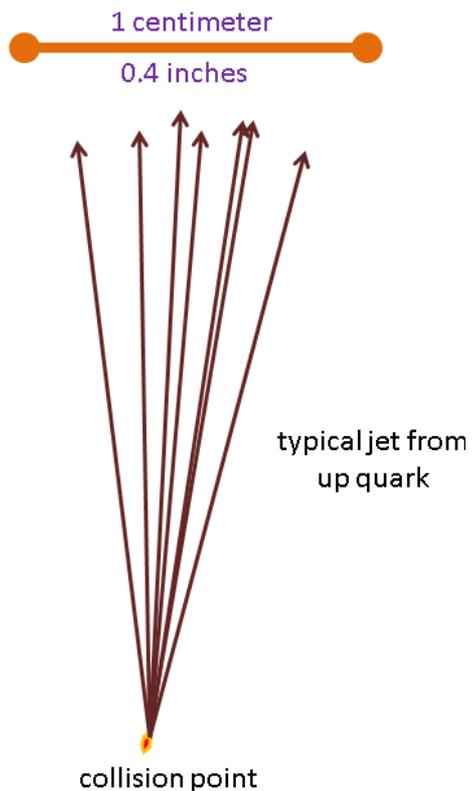
- **Partículas elementares**
- **Constituem a *matéria***
- **Seis tipos: Up, Down, Charm, Strange, Top, *Bottom*.**

O quark b

- Descoberto em 1977 no **Fermilab**
- Massa de aprox. **$4.2\text{GeV}/c^2$**
- Fácil identificação experimentalmente



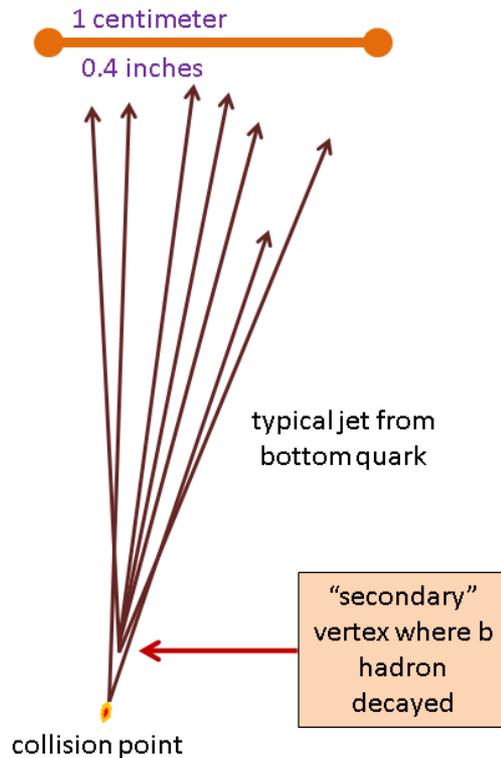
Jatos



- Quarks e glúons não podem existir livres na natureza pois possuem **cor**
- Processo de **hadronização**
- “Sprays” (jatos)



Jatos b

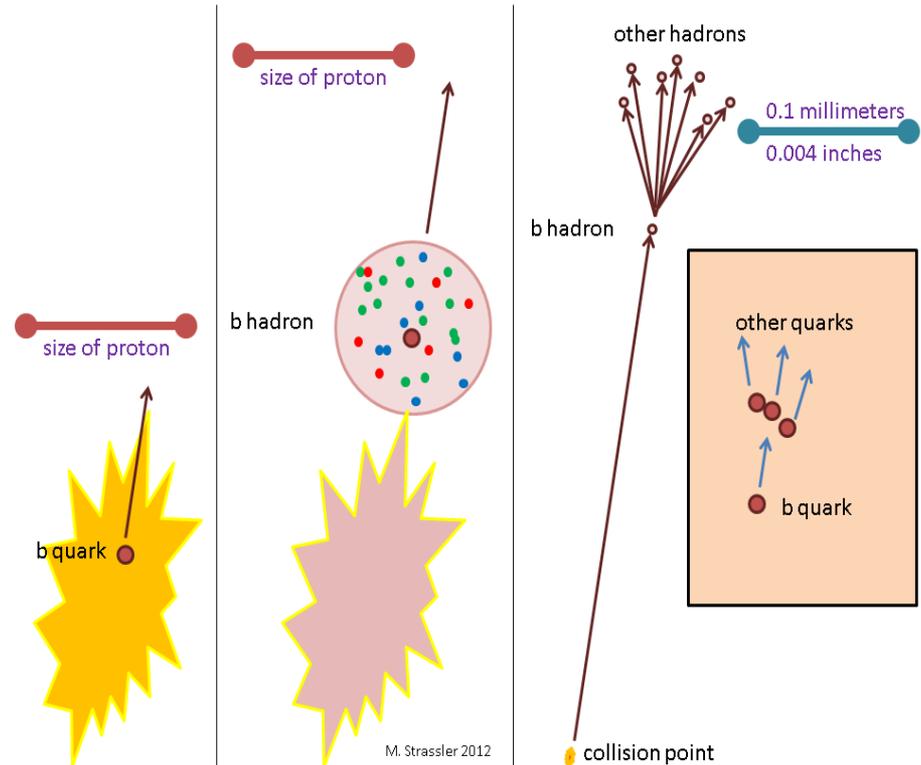


M. Strassler 2012

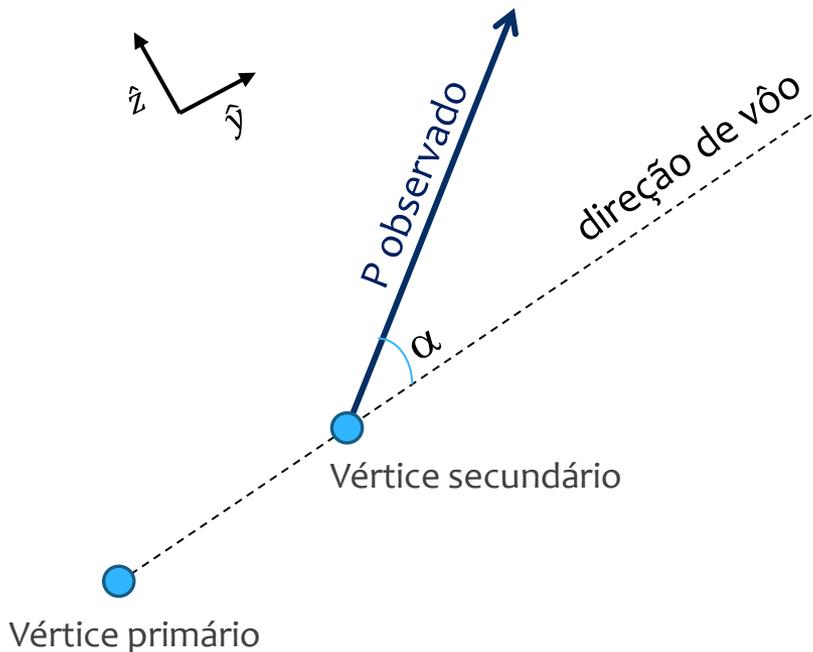
- Hádrons B possuem alta massa e longo tempo de vida
- Seus jatos tipicamente possuem **vértice secundário**

Reconstrução de jatos

- Sinal no detector
- Extrapolação das trajetórias
- Vértice secundário
- **B-tagging**

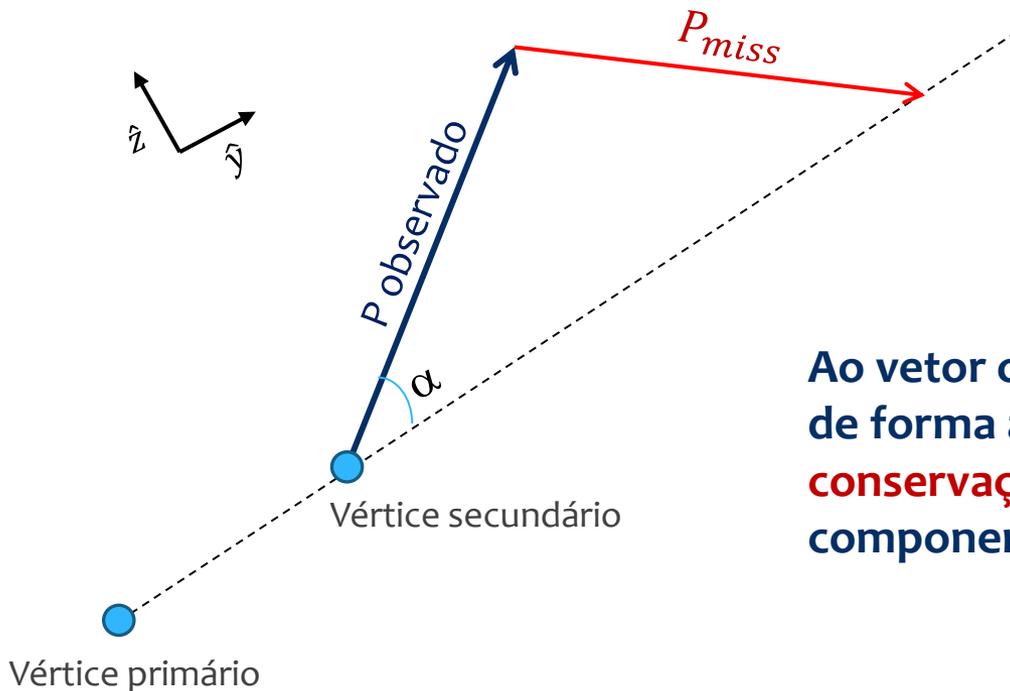


Algoritmo de correção



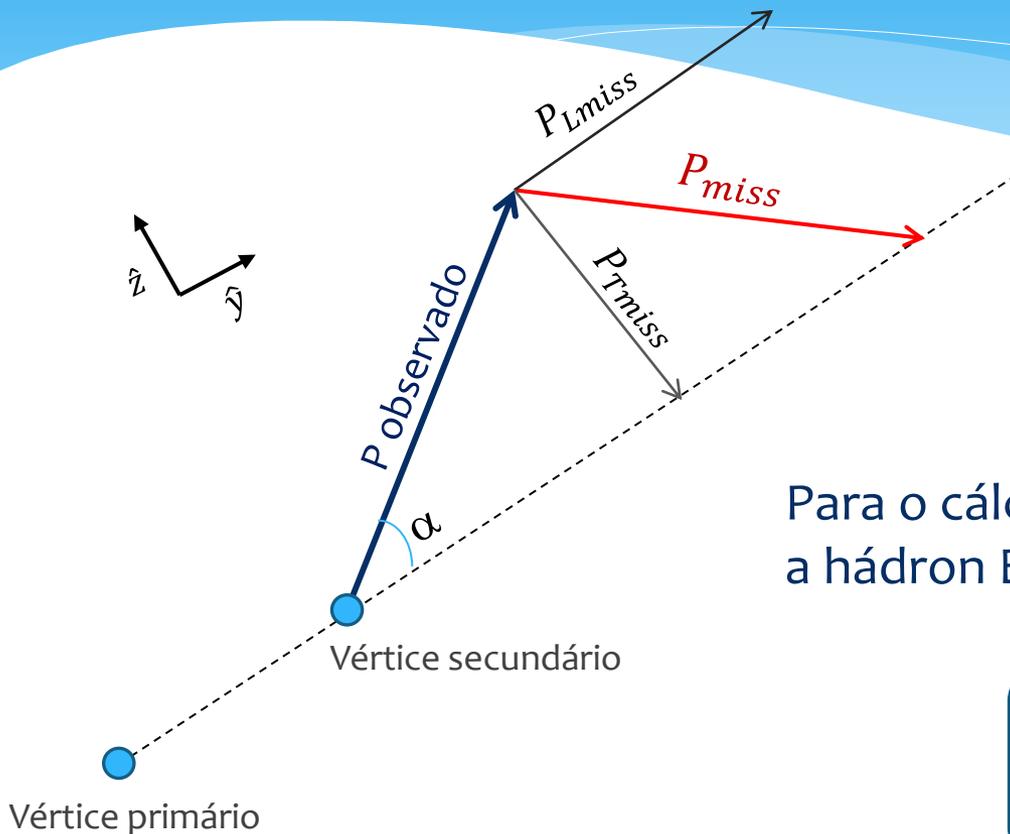
Nem sempre o momento total do candidato a hadron B observado coincide com a **direção de vôo** da colisão. Para a realização da correção da massa do **hádron B**, é utilizado um método simples que consiste de uma **soma vetorial**.

Algoritmo de correção



Ao vetor observado, adiciona-se um P_{miss} de forma a alinhar o P final para que haja **conservação de momento**. Note que P_{miss} possui componentes longitudinal e transversal.

Algoritmo de correção



Para o cálculo da **massa corrigida** do candidato a hádron B e de $P_{L\text{miss}}$, foi assumido que:

M_{corr} é **mínimo**

$M_{\text{miss}} = 0$

Algoritmo de correção

Então temos, assumindo $c=1$ e fazendo $P_{Lmiss} = x$, que:

$$\frac{d M_{corr}}{dx} = 0$$

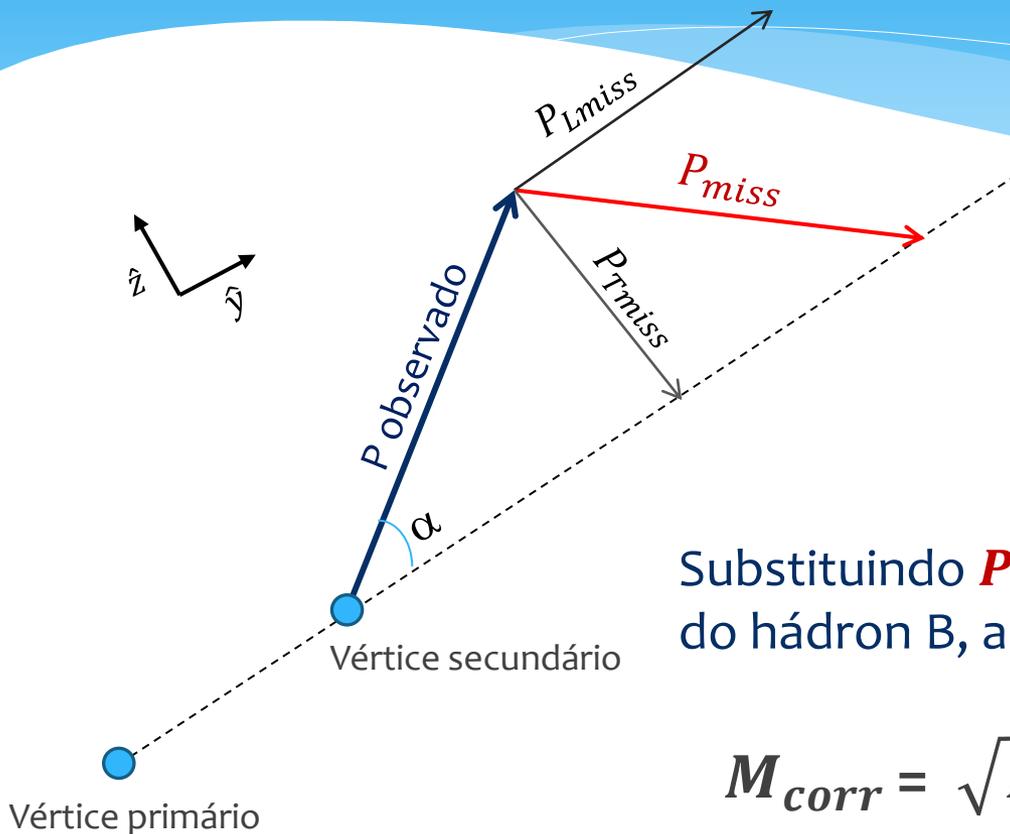
$$E_{miss} = |\vec{P}_{miss}|$$

- $M_{corr}^2 = E_{corr}^2 + P_{corr}^2$

$$\frac{dM_{corr}^2}{dx} = \frac{Ex}{\sqrt{P^2 \sin^2 \alpha + x^2}} + P \cos \alpha = 0$$

$$x = \sqrt{\frac{P^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}{E^2 - P^2 \cos^2 \alpha}}$$

Algoritmo de correção



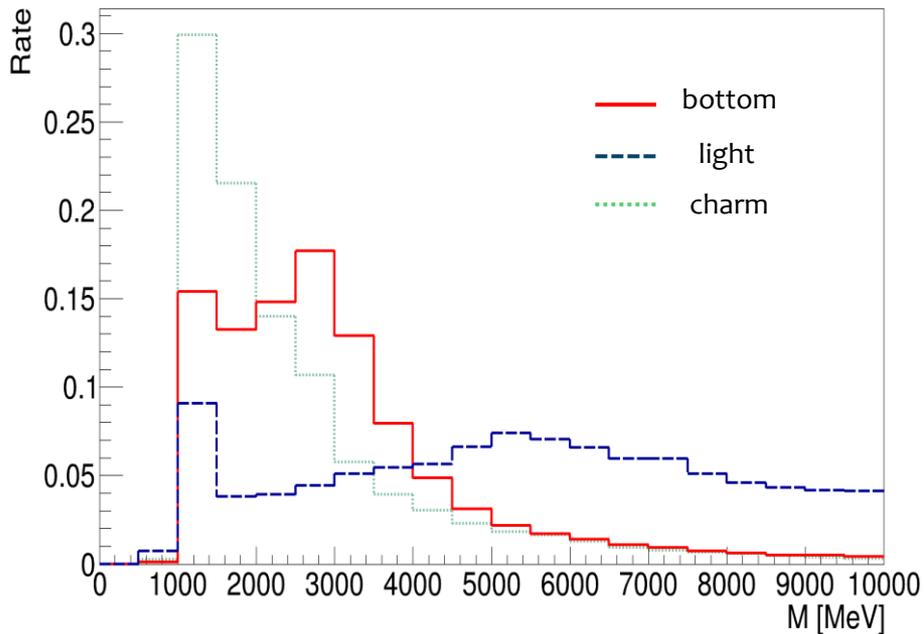
Substituindo $P_{L\text{miss}}$ na fórmula da massa corrigida do hádron B, a equação se reduz a:

$$M_{\text{corr}} = \sqrt{M^2 + |P_{T\text{miss}}|^2} + |P_{T\text{miss}}|$$

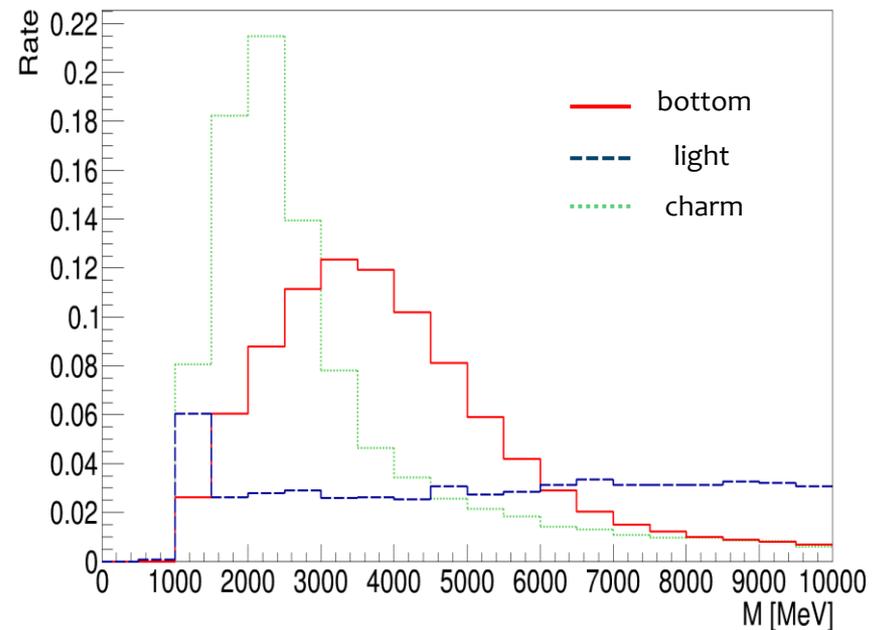
Estudos da correção

Para análise do algoritmo proposto, utilizou-se amostras de **Monte Carlo** entre candidatos verdadeiros e falsos. Será que a correção é mais **discriminante**?

M_{reco}

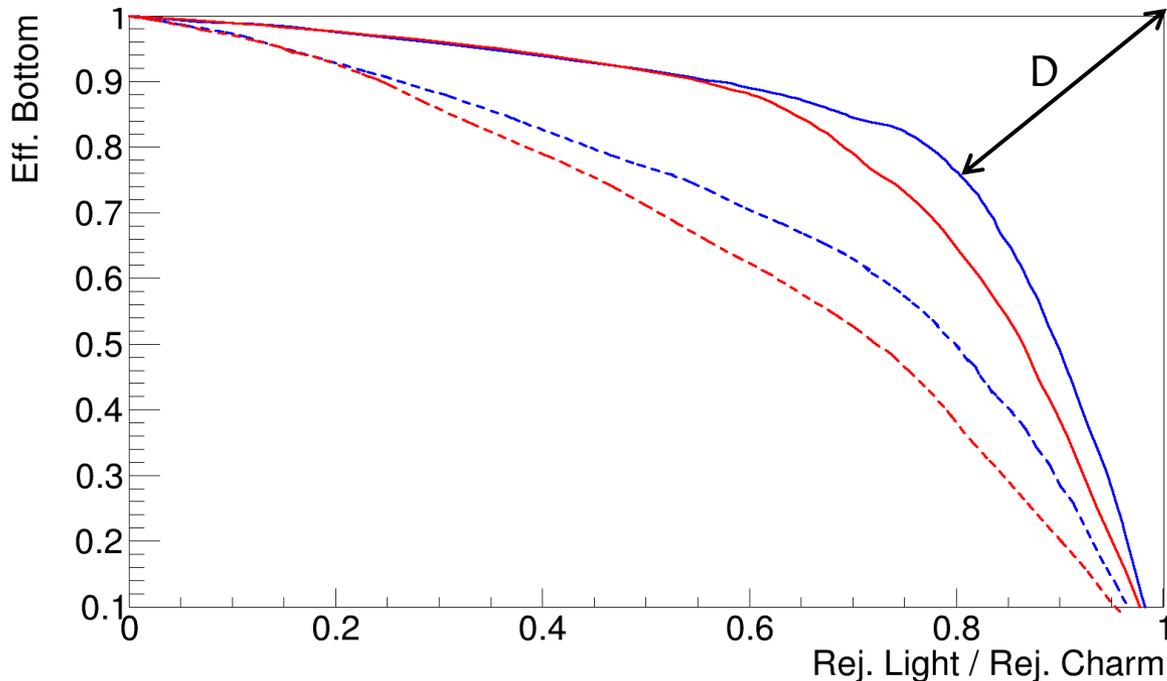


M_{corr}

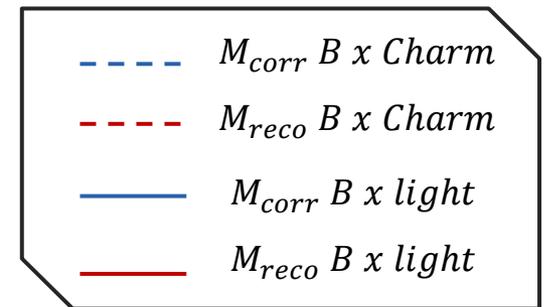


Estudos da correção

Observou-se também os testes de eficiência e rejeição através do **likelihood ratio (LLR)**.



$$LLR = -2 \ln \left(\frac{\text{likelihood sinal}}{\text{likelihood background}} \right)$$



$$D = \sqrt{(1 - \epsilon)^2 + (1 - r)^2}$$

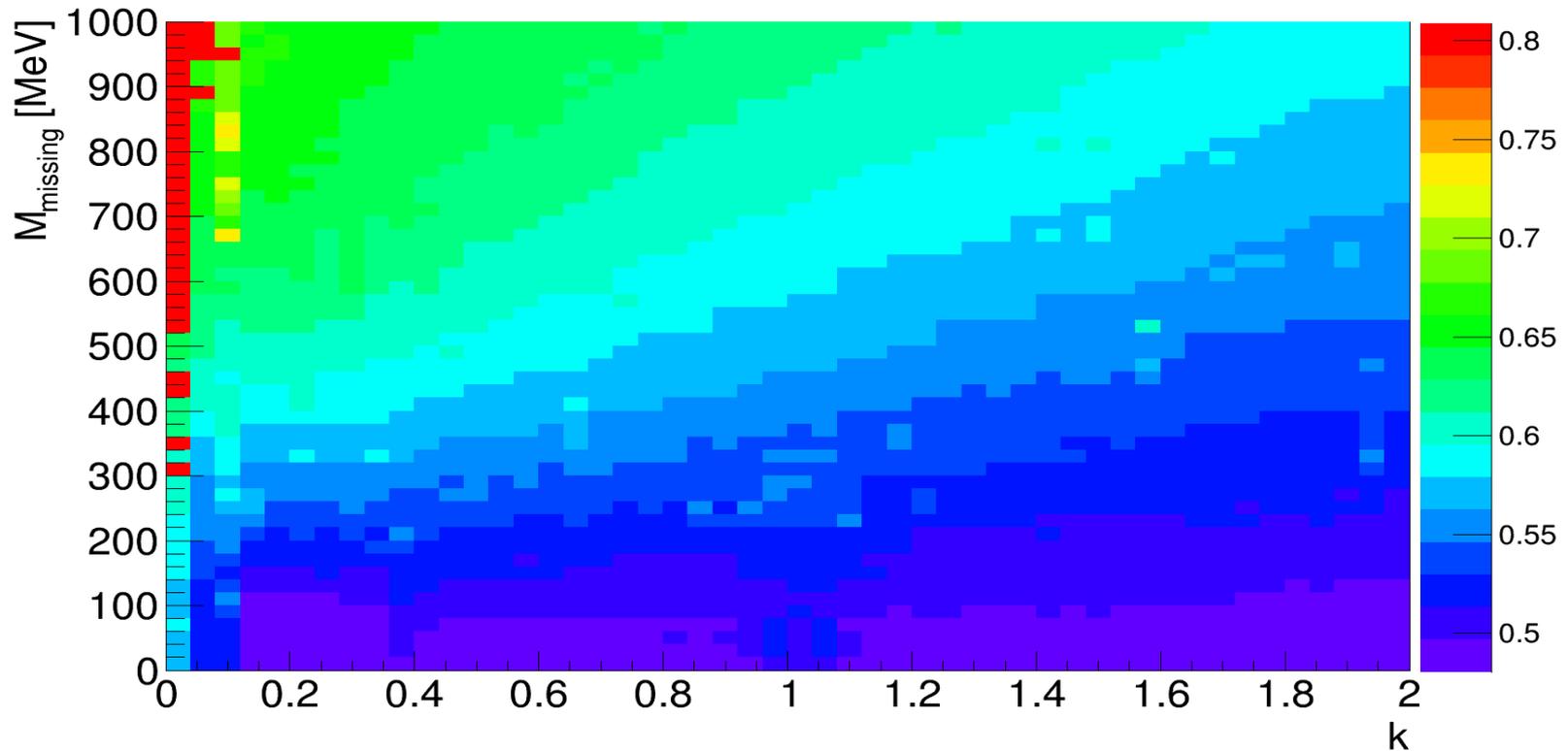
Estudos da correção

Queremos descobrir também se existe algum ponto onde $M_{miss} \neq 0$ e M_{corr} não é **mínimo** que possua maior discriminação do que o analisado. Definimos a constante k multiplicadora de P_{Lmiss} .

$$\overrightarrow{P_{miss}} = -P_{Tmiss}\hat{Z} + k * P_{Lmiss}\hat{Y}$$

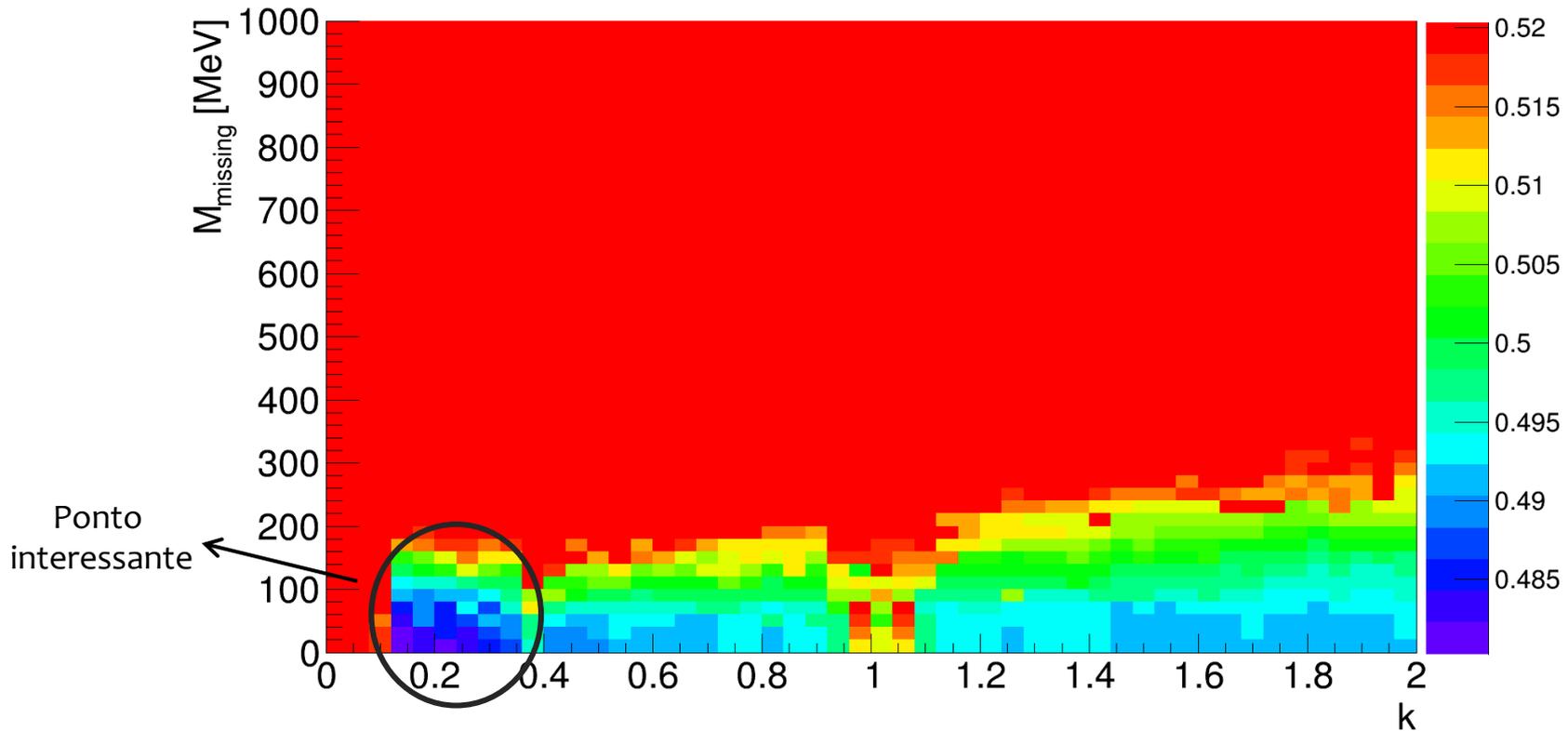
Estudos da correção

Fizemos também o histograma 2D de rejeição escolhendo $\epsilon \sim 60\%$. No eixo Z está D.



Estudos da correção

Zoom no eixo Z (note que quando $k=1$, a melhor discriminação é $M_{miss} = 0$):



Conclusões

- Após os testes das massas com M_{miss} variante, conclui-se que para valores baixos de massa faltante, o fator k não altera muito a discriminação.
- A suposição de que $M_{miss} = 0$ foi de fato a que melhor discriminou as amostras.
- Mesmo assim, para M_{miss} pequenos, a discriminação tem valores parecidos com quando $M_{miss} = 0$.
- O ponto encontrado em que $M_{miss} \sim 50 \text{ MeV}$ e $k \sim 0.2$ é interessante para futuras investigações.

Referências

- <http://lhcb-public.web.cern.ch/lhcb-public/>
- <http://profmattstrassler.com/articles-and-posts/>
- <http://www.quantumdiaries.org/2011/05/12/to-b-or-not-to-bbar-b-jet-identification/>
- Understanding the Universe: From quarks to the Cosmos. Don Lincoln, 2004.