

Estudo do canal $ZZ \rightarrow 4e$ utilizando os dados aberto do CMS

Thiago de Andrade Rangel Monteiro
Jorge Júlio Venuto de Siqueira
Diogo Gomes Santos Caffonso
José Gonçalves Chaves Junior

17/12/2024



- ☐ **Introdução**
 - ☐ **Modelo Padrão da Física de Partículas**
 - ☐ **Importância do Canal de decaimento ZZ em 4 elétrons**
- ☐ **LHC e o experimento CMS**
- ☐ **Análise dos Dados**
- ☐ **Resultados**
- ☐ **Conclusão**

Modelo Padrão das Partículas Elementares

	três gerações da matéria (férmions)			interações / partículas mensageiras (bósons)	
	I	II	III		
QUARKS	massa $\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$ carga $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ u up	massa $\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$ carga $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ c charm	massa $\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$ carga $\frac{2}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ t top	0 0 1 g glúon	massa $\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 0 H higgs
	massa $\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$ carga $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ d down	massa $\approx 96 \text{ MeV}/c^2$ carga $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ s strange	massa $\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ carga $-\frac{1}{3}$ spin $\frac{1}{2}$ b bottom	0 0 1 γ fóton	
	massa $\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ carga -1 spin $\frac{1}{2}$ e elétron	massa $\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$ carga -1 spin $\frac{1}{2}$ μ múon	massa $\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ carga -1 spin $\frac{1}{2}$ τ tau	massa $\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$ 0 0 1 Z bóson Z	
LÉPTONS	massa $< 1.0 \text{ eV}/c^2$ 0 spin $\frac{1}{2}$ ν_e neutrino do elétron	massa $< 0.17 \text{ MeV}/c^2$ 0 spin $\frac{1}{2}$ ν_μ neutrino do múon	massa $< 18.2 \text{ MeV}/c^2$ 0 spin $\frac{1}{2}$ ν_τ neutrino do tau	massa $\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 spin $\frac{1}{2}$ W bóson W	
				BÓSONS DE GAUGE BÓSONS VETORIAIS	BÓSONS ESCALARES

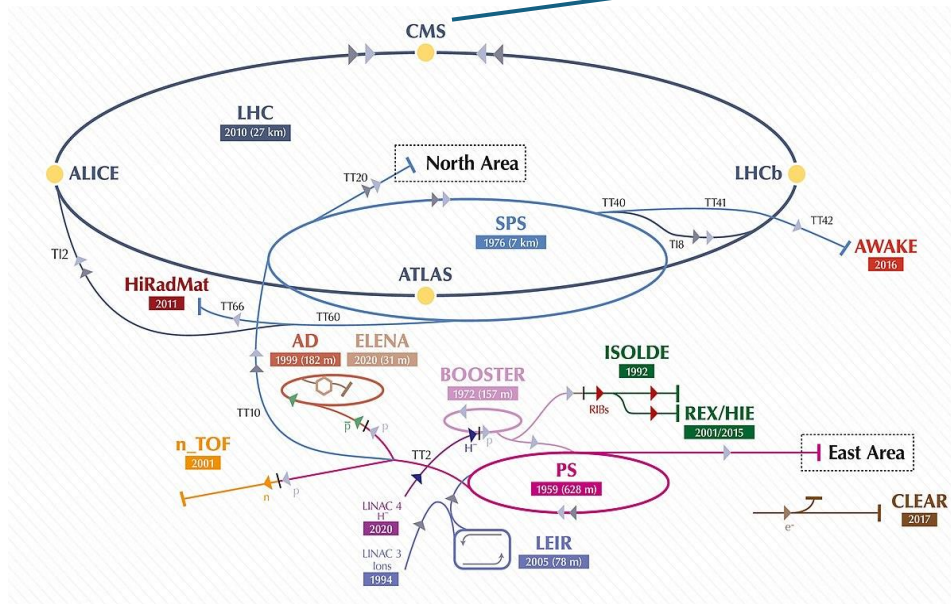
$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}W_{\mu\nu}W^{\mu\nu} - \frac{1}{4}B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} - \frac{1}{4}G_{\mu\nu}G^{\mu\nu} +$$

$$+ \bar{\Psi}_j \gamma^\mu (i\partial_\mu - g\tau_j \cdot W_\mu - g'Y_j B_\mu - g_s \mathbb{T}_j \cdot \mathbb{G}_\mu) \Psi_j +$$

$$+ |D_\mu \phi|^2 + \mu^2 |\phi|^2 - \lambda |\phi|^4 -$$

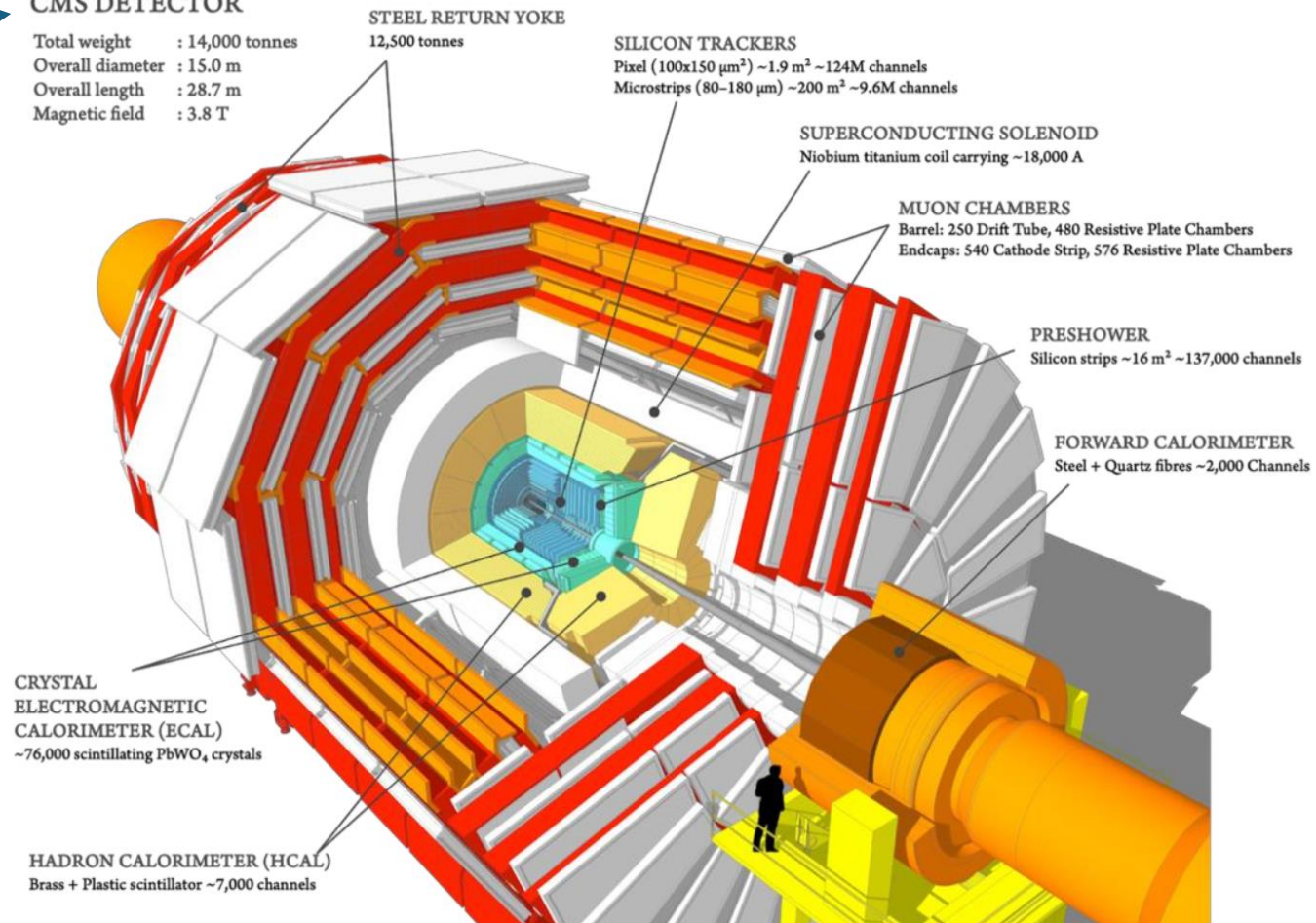
$$- (y_j \bar{\Psi}_{jL} \phi \Psi_{jR} + y'_j \bar{\Psi}_{jL} \phi_c \Psi_{jR} + \text{conjugado}) \quad (17)$$

- ❑ Descreve as partículas elementares e suas interações
- ❑ Possui duas grandes "famílias" de partículas, os bósons e os férmions
- ❑ Atualmente descreve as interações: eletromagnética, forte e fraca.
- ❑ Grande triunfo do Modelo Padrão foi a descoberta do bóson de Higgs em 2012.



CMS DETECTOR

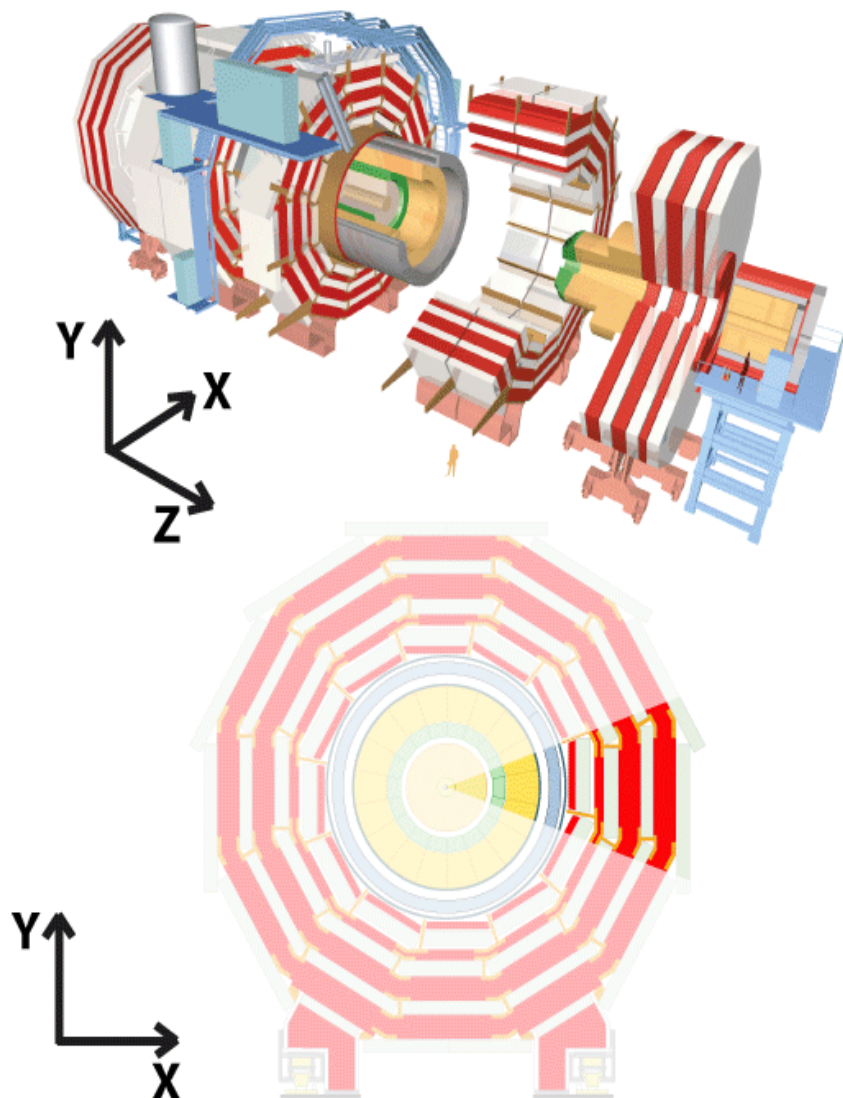
Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T



❑ Localizado na fronteira entre a Suíça e a França temos o maior acelerador de partículas já criado, contendo 4 grandes experimentos: ATLAS, LHCb, ALICE, CMS.

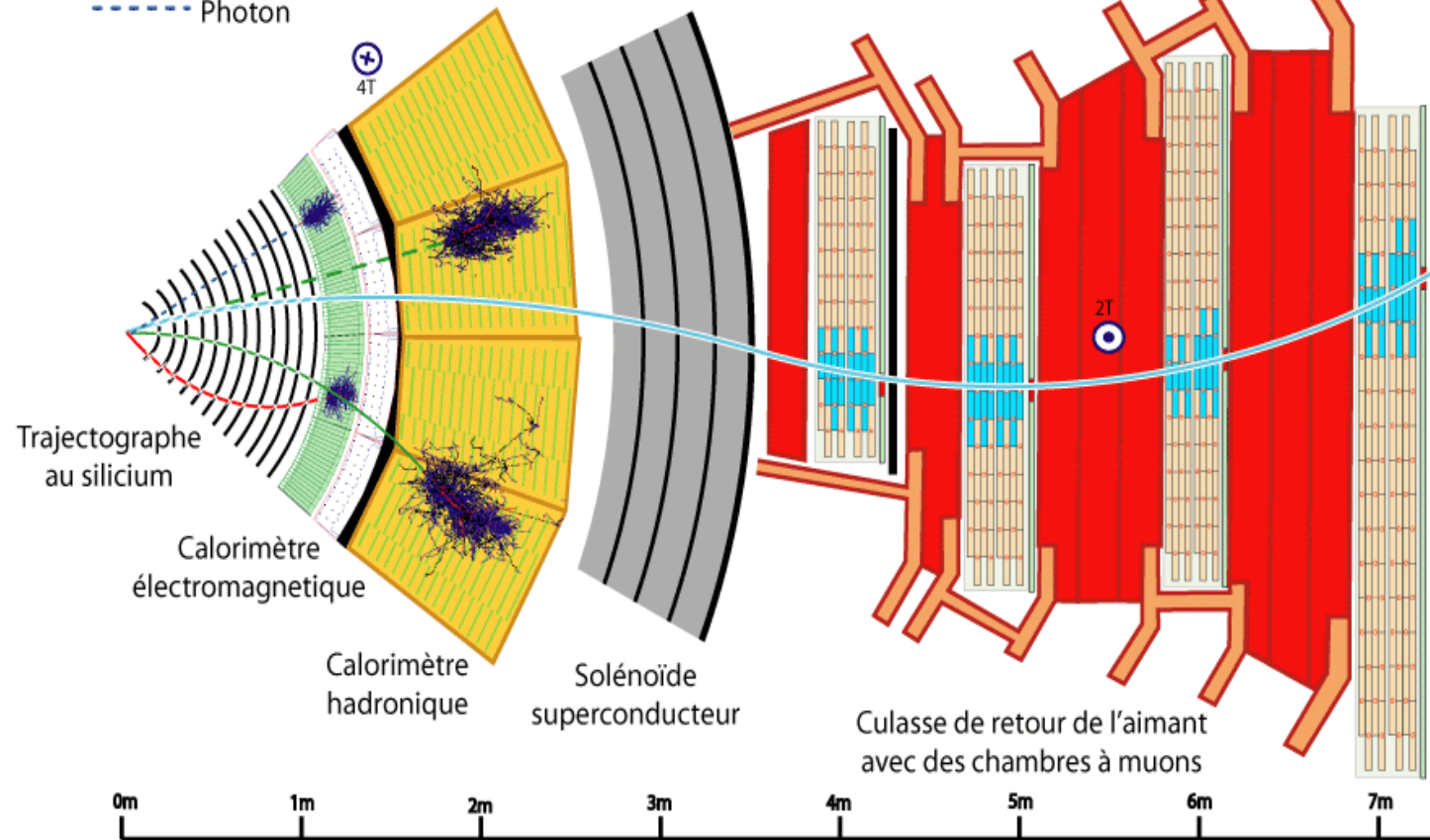
❑ O experimento CMS é um detector de propósito geral, projetado para estudar as colisões de prótons e íons pesados no LHC

❑ CMS é essencial para testar o Modelo Padrão e explorar novas fronteiras da física como matéria escura, plasma de quarks e glúons e assuntos além Modelo Padrão.

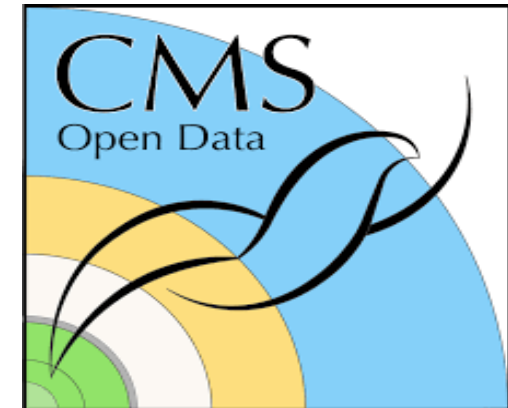


Légende:

- Muon
- Électron
- Hadron chargé (ex. Pion)
- - - Hadron neutre (ex. Neutron)
- - - Photon



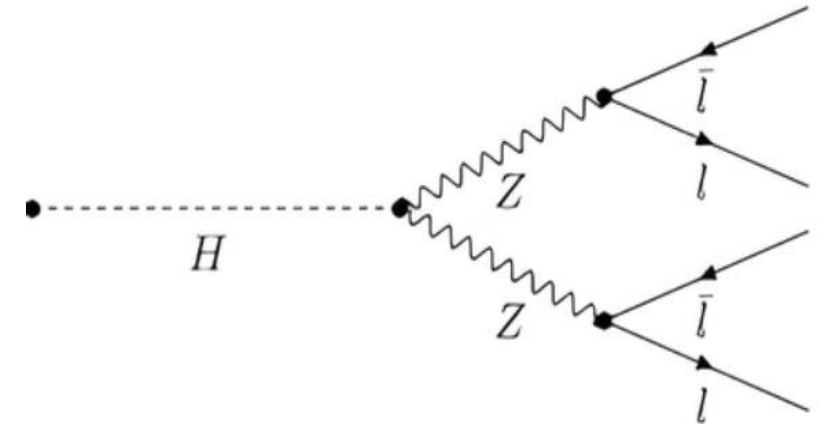
- ❑ O CMS Open Data oferece conjuntos de dados abertos do experimento CMS no LHC para a comunidade científica e o público.
- ❑ Esses dados incluem eventos de colisão de partículas reais e simulados, e estão disponíveis para pesquisa, ensino e aprendizado.



Filename	Size		
CMS_Run2016G_DoubleEG_NANOAOD_UL2016_MiniAODv2_NanoAODv9-v1_100000_file_index.json	49.3 GiB	List files	Download index
CMS_Run2016G_DoubleEG_NANOAOD_UL2016_MiniAODv2_NanoAODv9-v1_1010000_file_index.json	28.8 MiB	List files	Download index
CMS_Run2016G_DoubleEG_NANOAOD_UL2016_MiniAODv2_NanoAODv9-v1_250000_file_index.json	21.2 GiB	List files	Download index

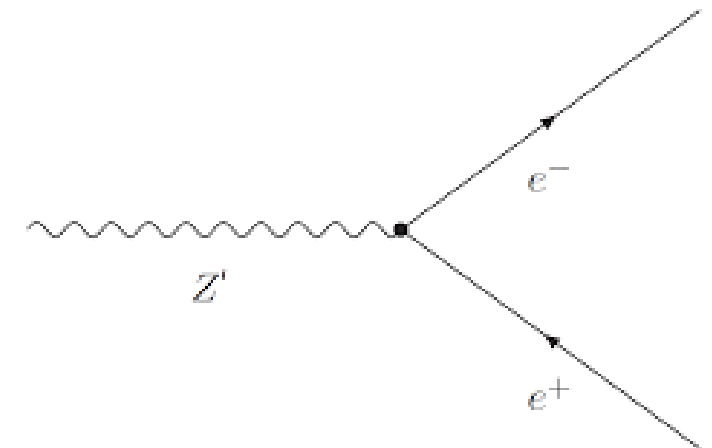
❑ Produção Ressonante (Vinda de uma Partícula Mãe, como o Higgs)

- Quando os bósons ZZ vêm do decaimento de uma única partícula mãe, como o **bóson de Higgs** ($H \rightarrow ZZ \rightarrow 4\ell$), eles carregam informações diretas sobre a partícula ressonante.
- Neste caso, a análise da **massa invariante dos 4 léptons** reconstruídos ajuda a identificar a massa do Higgs ou de possíveis partículas além do Modelo Padrão.

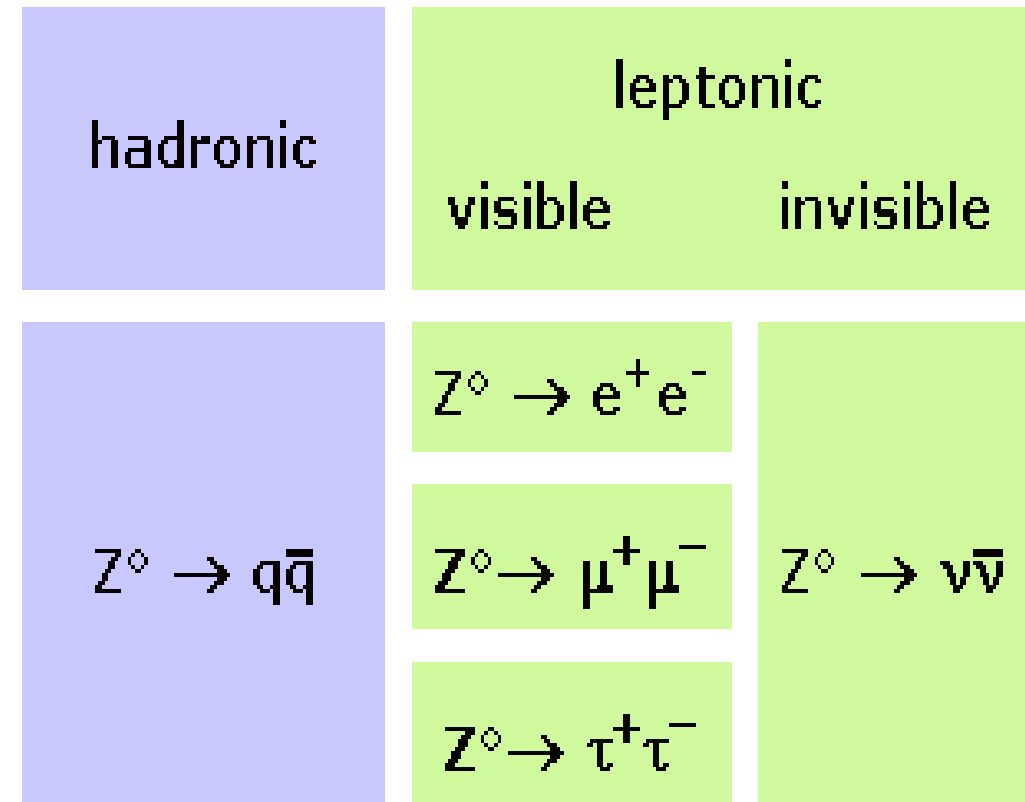


❑ Produção Não Ressonante (Diretamente na Colisão)

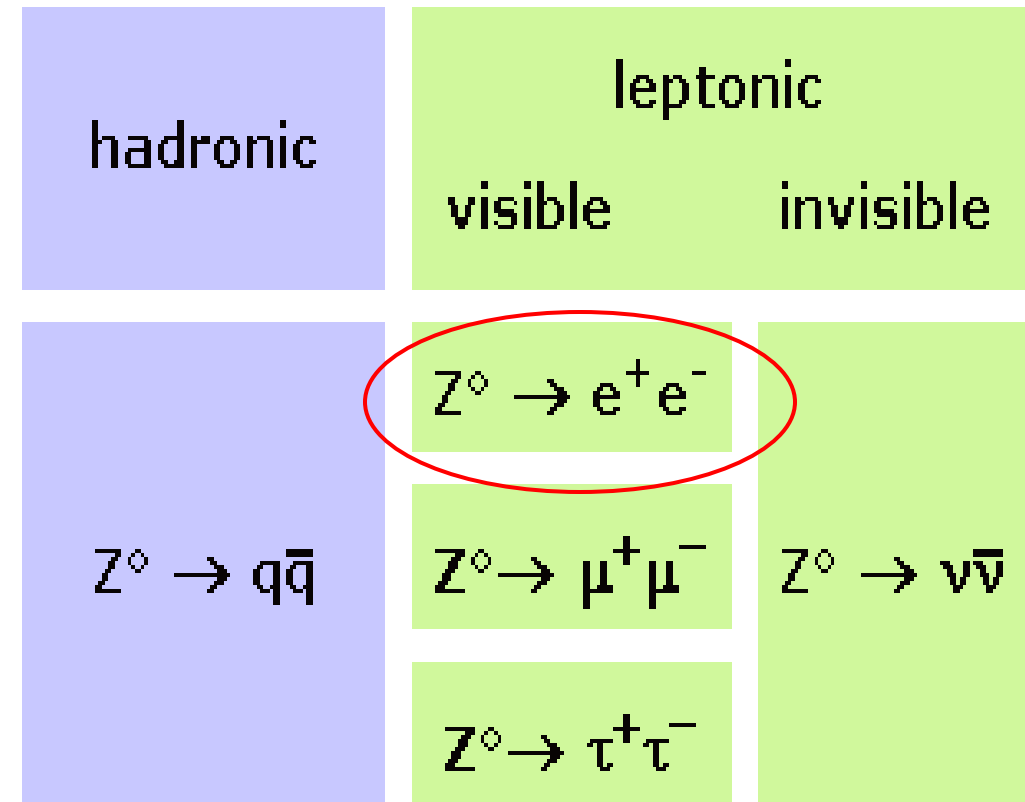
- Os dois bósons ZZ podem ser produzidos de forma independente na colisão de prótons ($pp \rightarrow ZZ \rightarrow 4\ell$).
- Esse processo é previsto pelo Modelo Padrão e permite estudar a dinâmica de produção de pares de bósons vetoriais, como suas seções de choque e acoplamentos.



- ❑ O bóson Z é uma partícula eletricamente neutra com spin igual a 1 e não possui carga de cor, o que significa que não interage nem pela força eletromagnética nem pela força forte.
- ❑ Devido ao seu decaimento rápido, não é possível detectá-lo diretamente com as tecnologias atuais. Sua presença é identificada indiretamente, através da análise dos produtos de seus decaimentos.
- ❑ Neste trabalho, será analisado o canal $Z \rightarrow e^+ e^-$

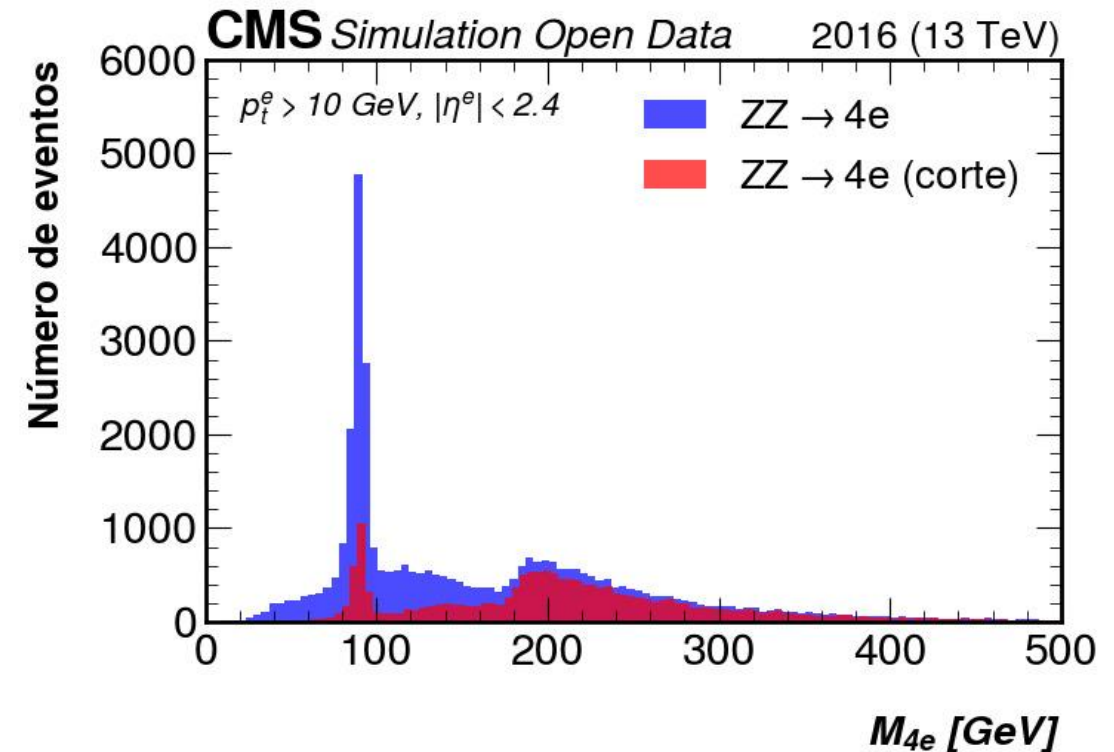


- ❑ O bóson Z é uma partícula eletricamente neutra com spin igual a 1 e não possui carga de cor, o que significa que não interage nem pela força eletromagnética nem pela força forte.
- ❑ Devido ao seu decaimento rápido, não é possível detectá-lo diretamente com as tecnologias atuais. Sua presença é identificada indiretamente, através da análise dos produtos de seus decaimentos.
- ❑ Neste trabalho, será analisado o canal $Z \rightarrow e^+ e^-$

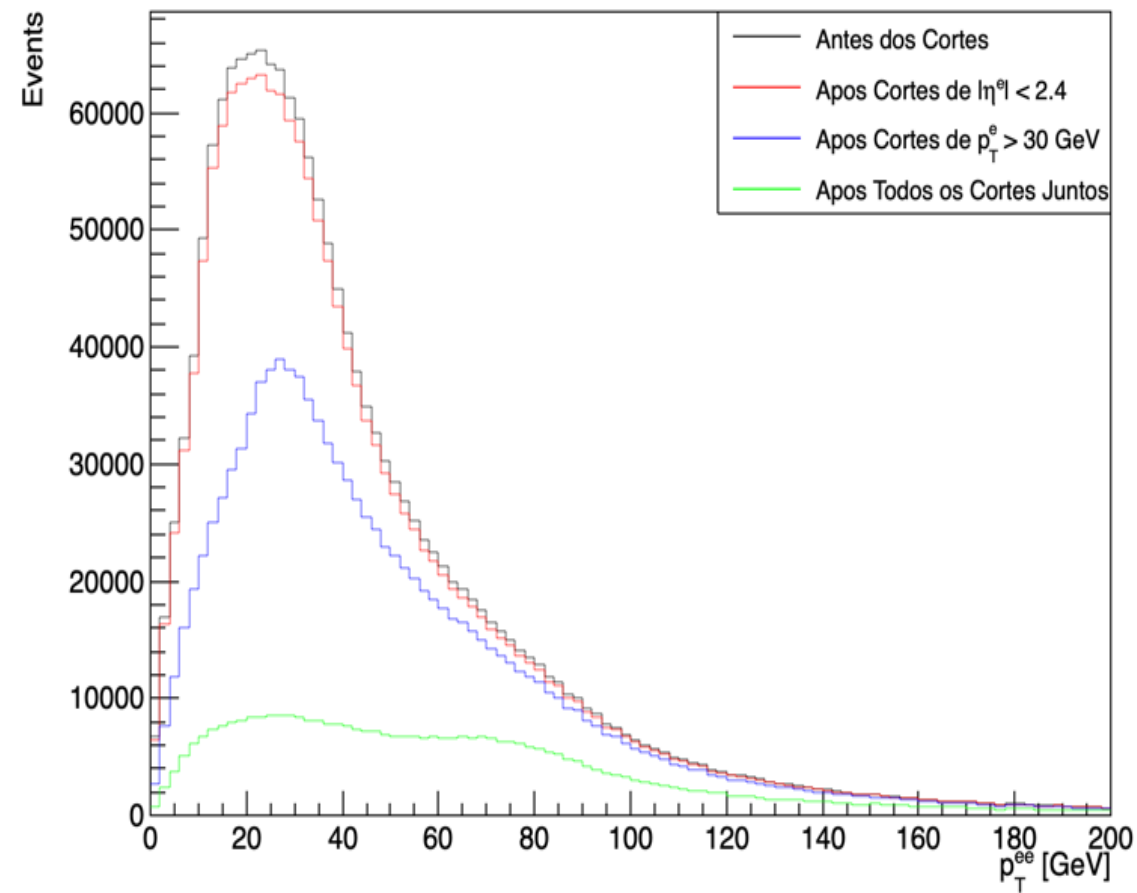
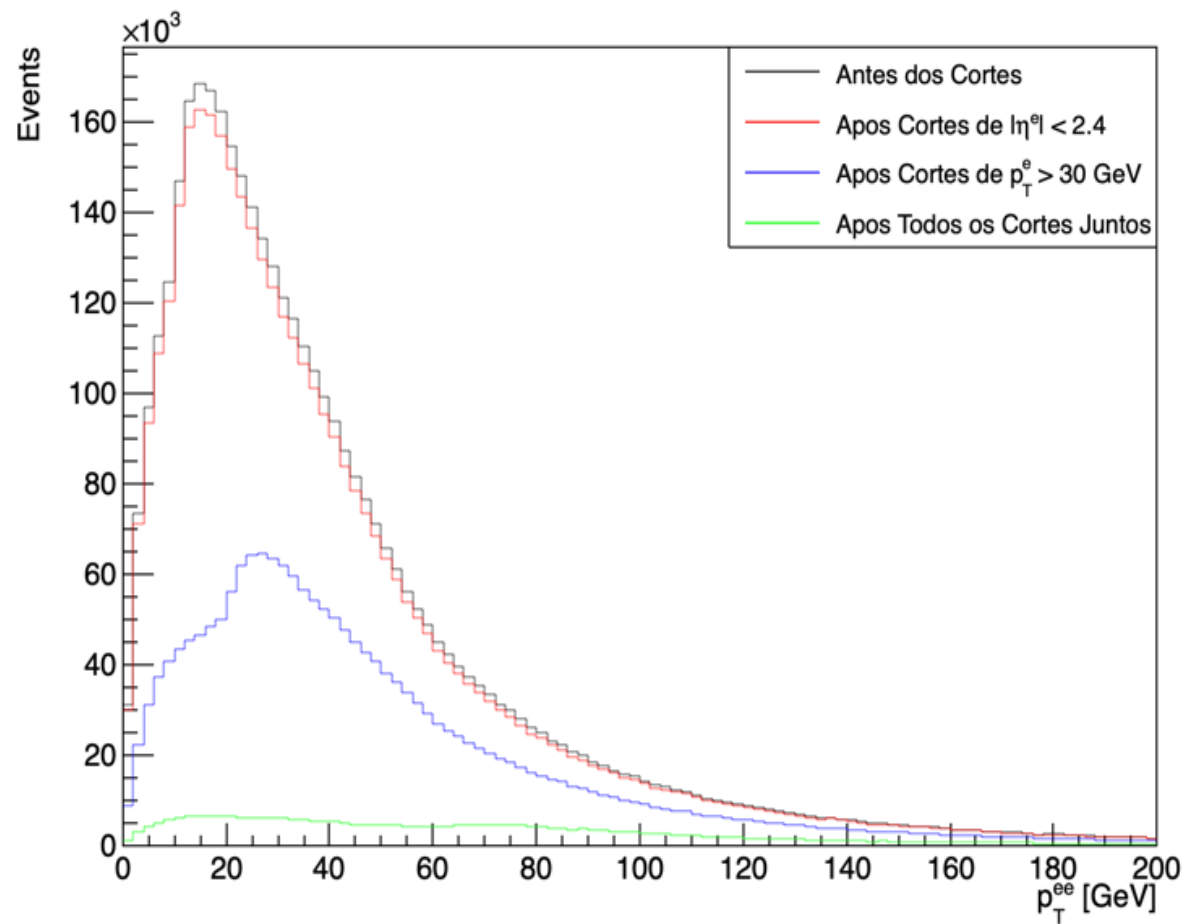


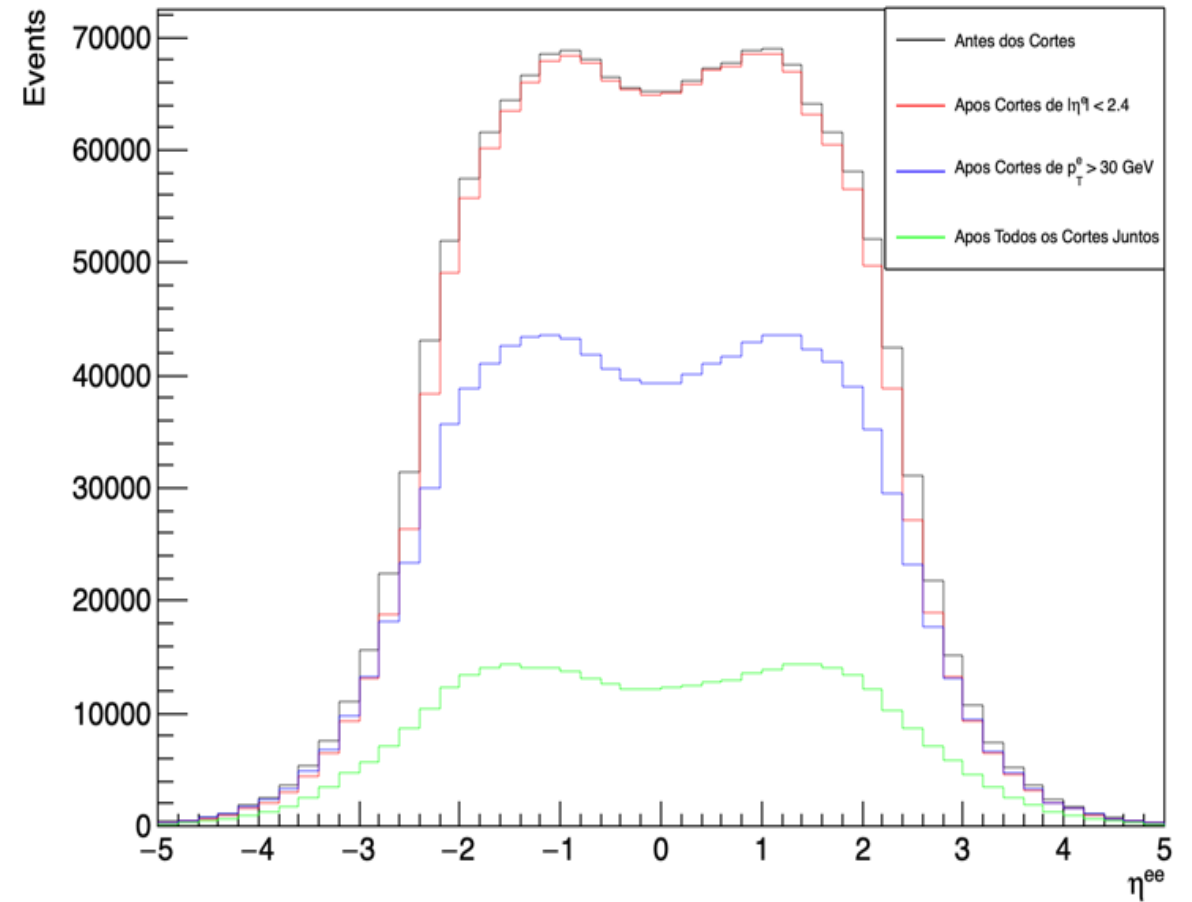
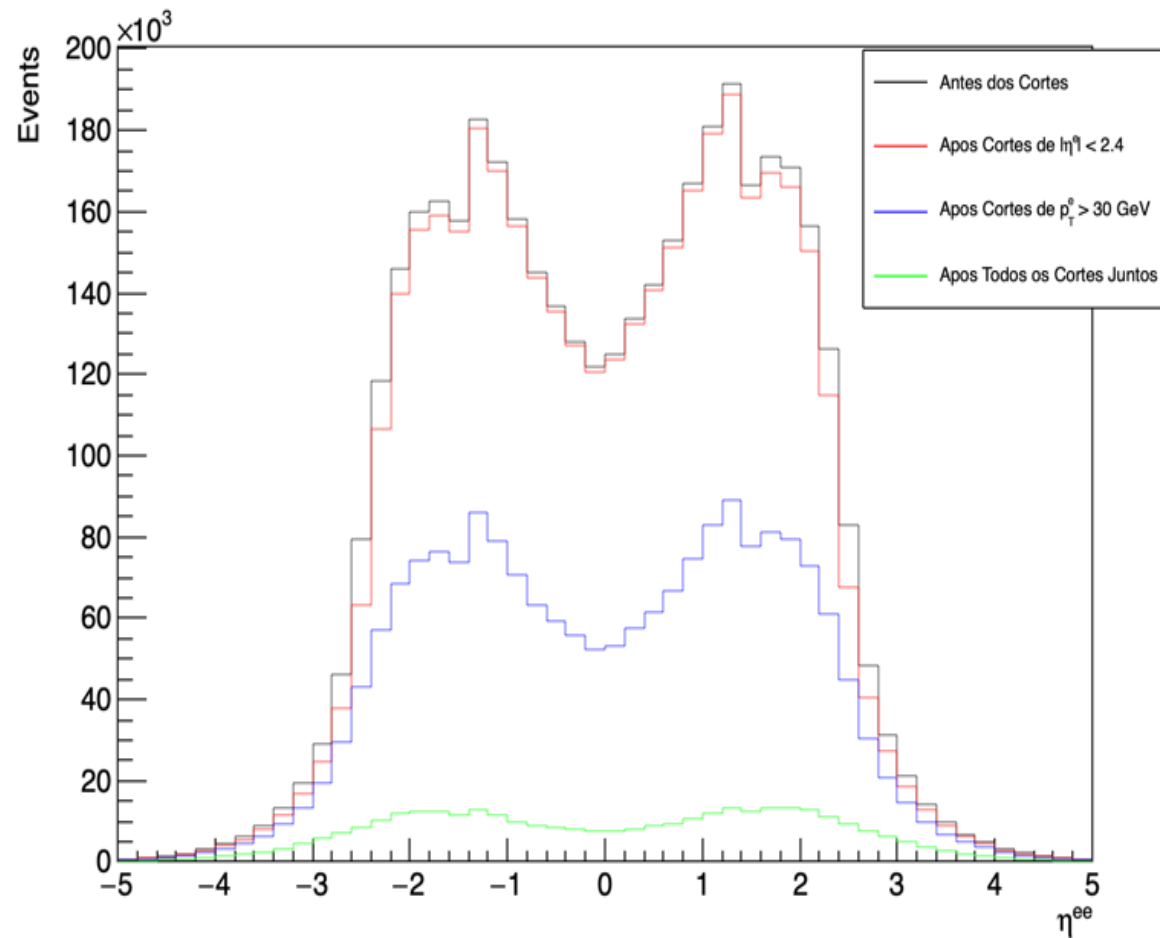
❑ **Seleção de Eventos:** Determinar a configuração final dos eventos de interesse, seja para medições específicas ou para a busca de novas físicas. Isso envolve a definição dos objetos físicos (como jatos, léptons, etc.), bem como as propriedades **cinemáticas** desses objetos.

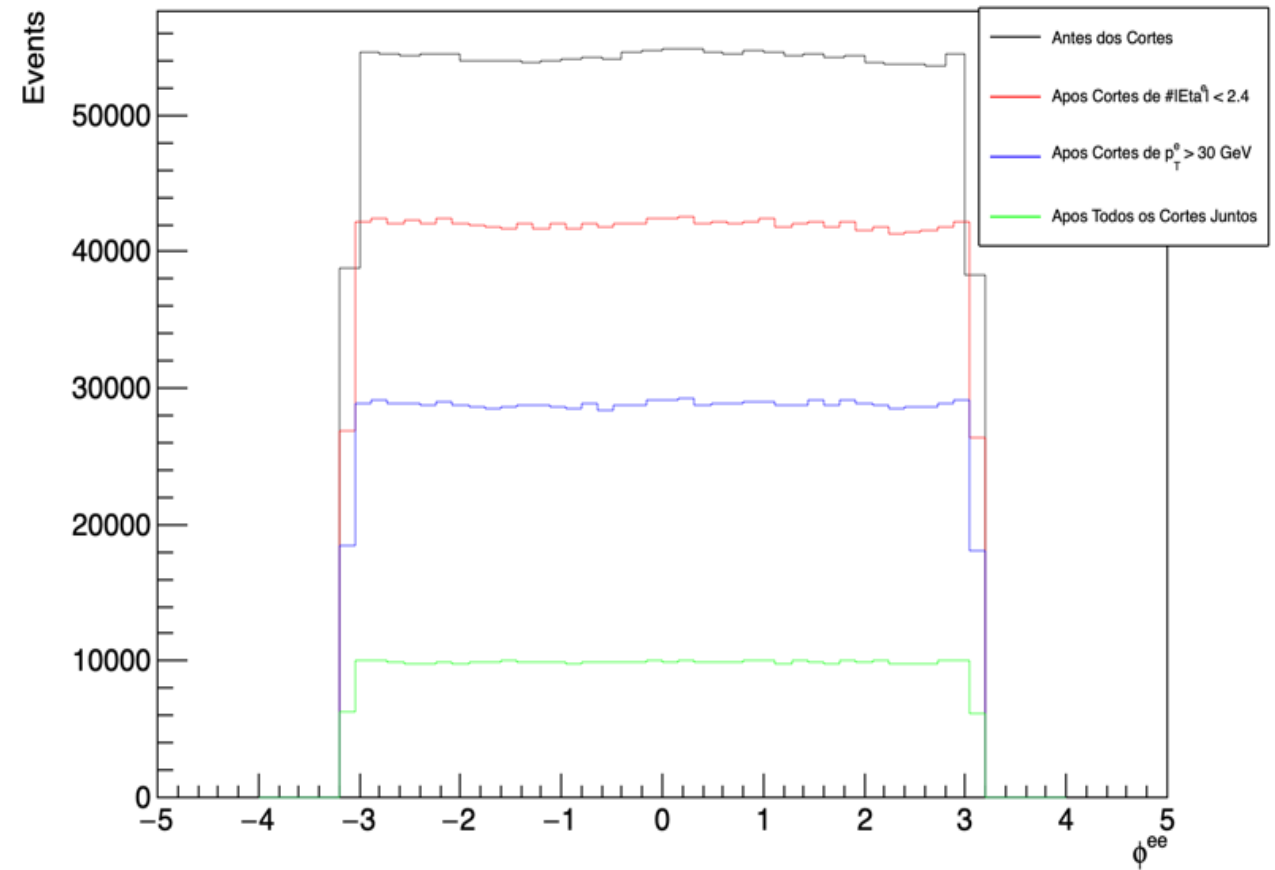
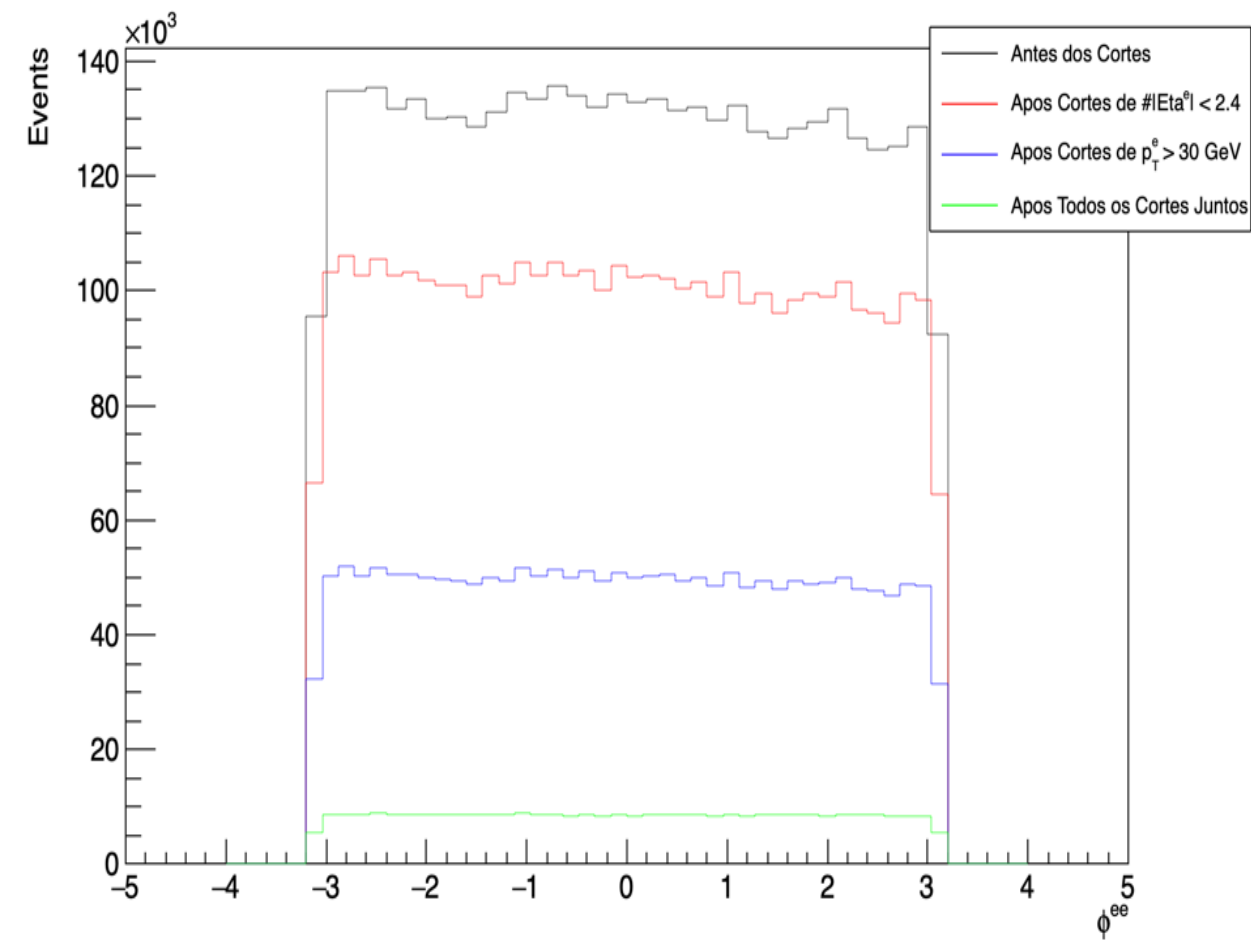
❑ **Aceitação e Eficiência:** A aceitação e as limitações do detector impõem restrições no p_T e em η dos objetos.

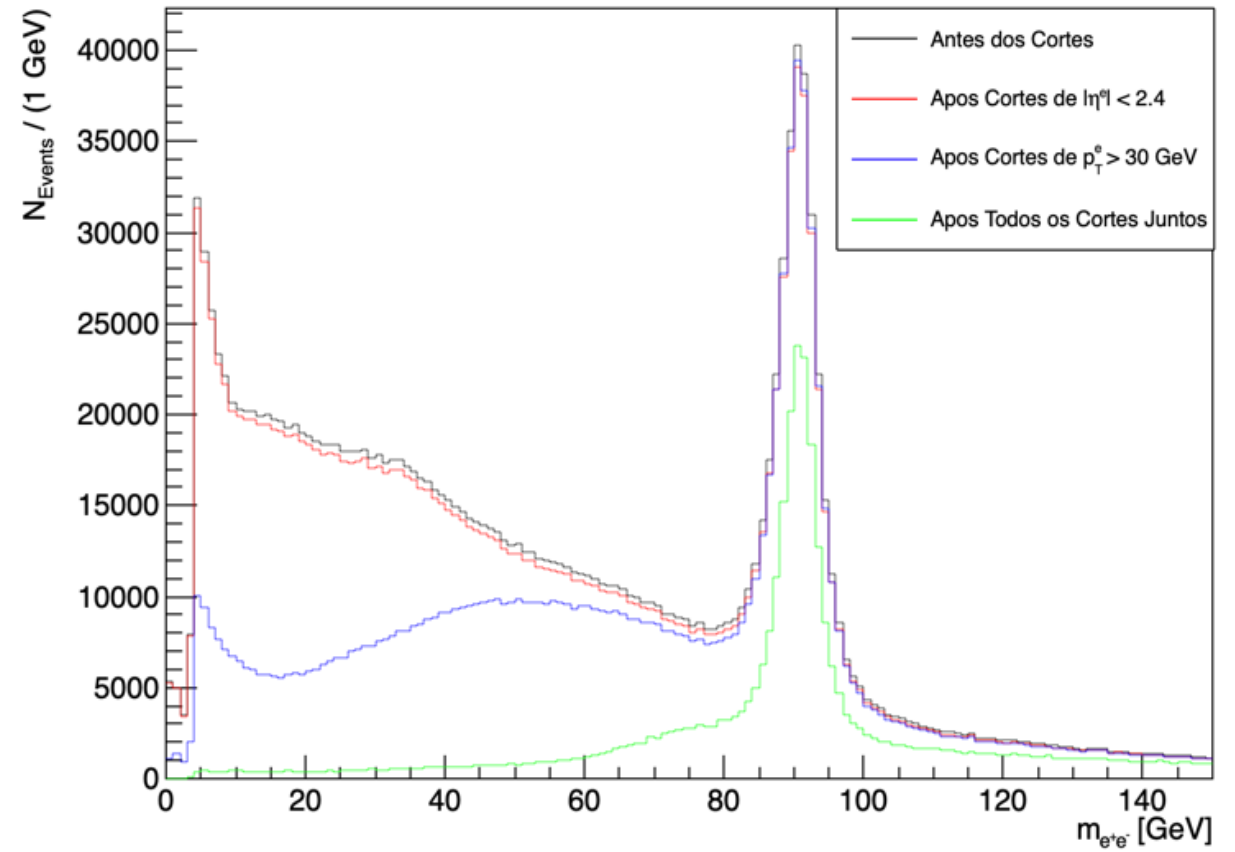
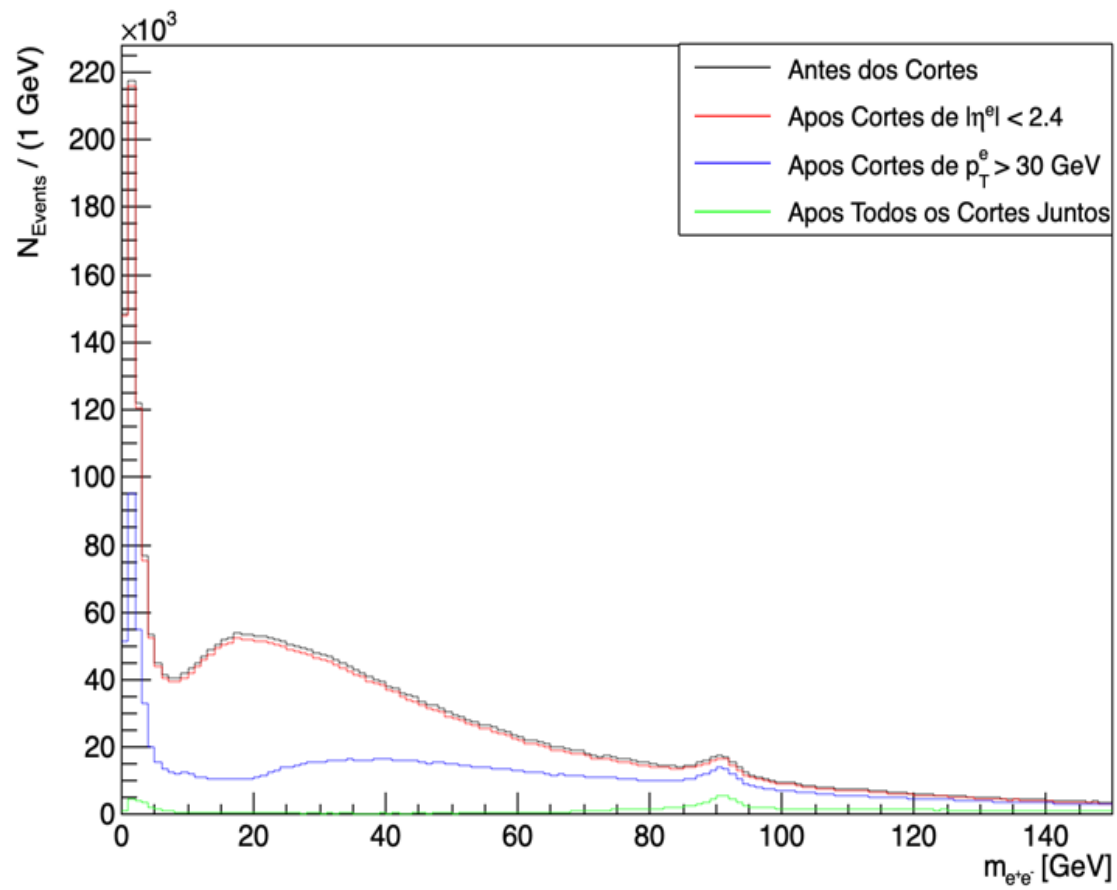


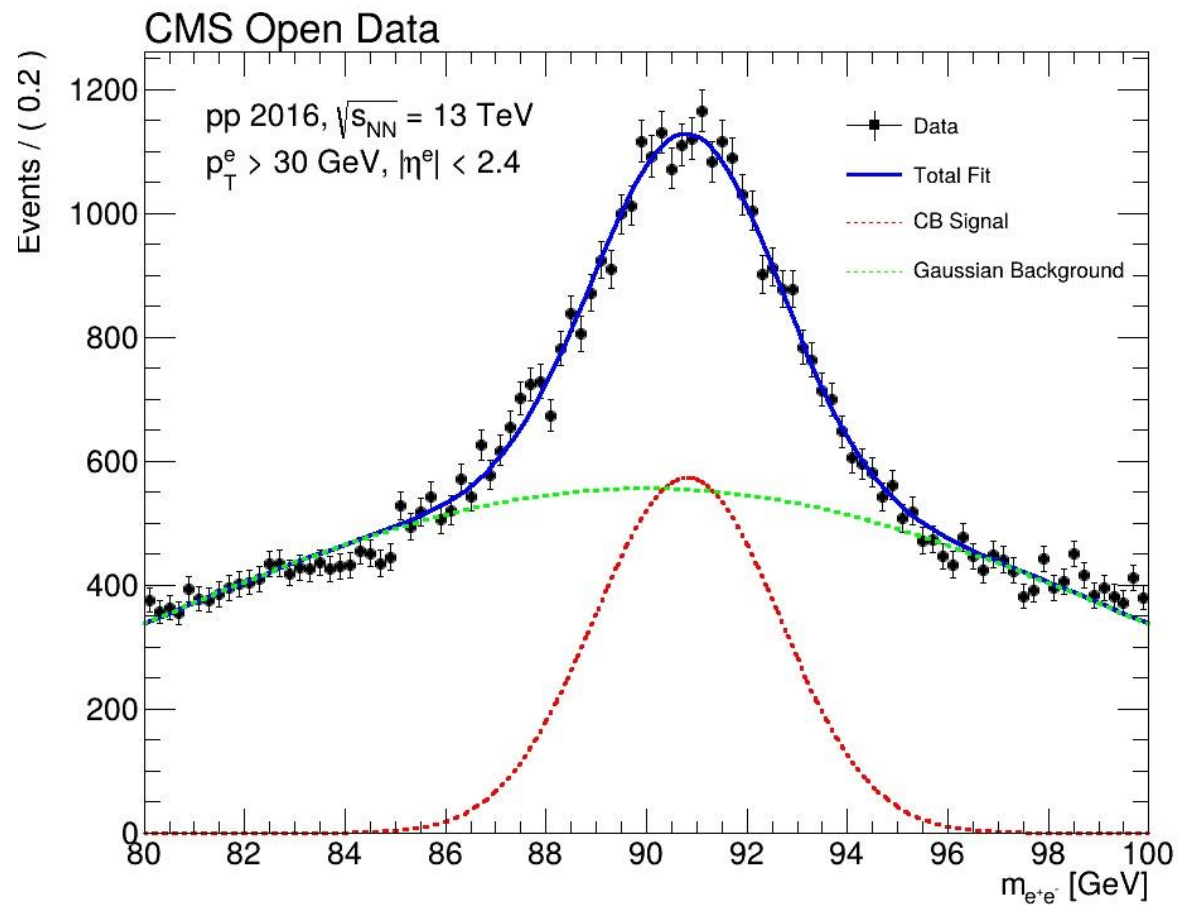
❑ **Seleção de Objeto:** Requisitos de qualidade são aplicados aos objetos reconstruídos (como jatos, léptons, etc.) para garantir que estejam adequadamente isolados e minimamente afetados por ruído ou *pile-up* (acúmulo de interações de baixa energia no detector).



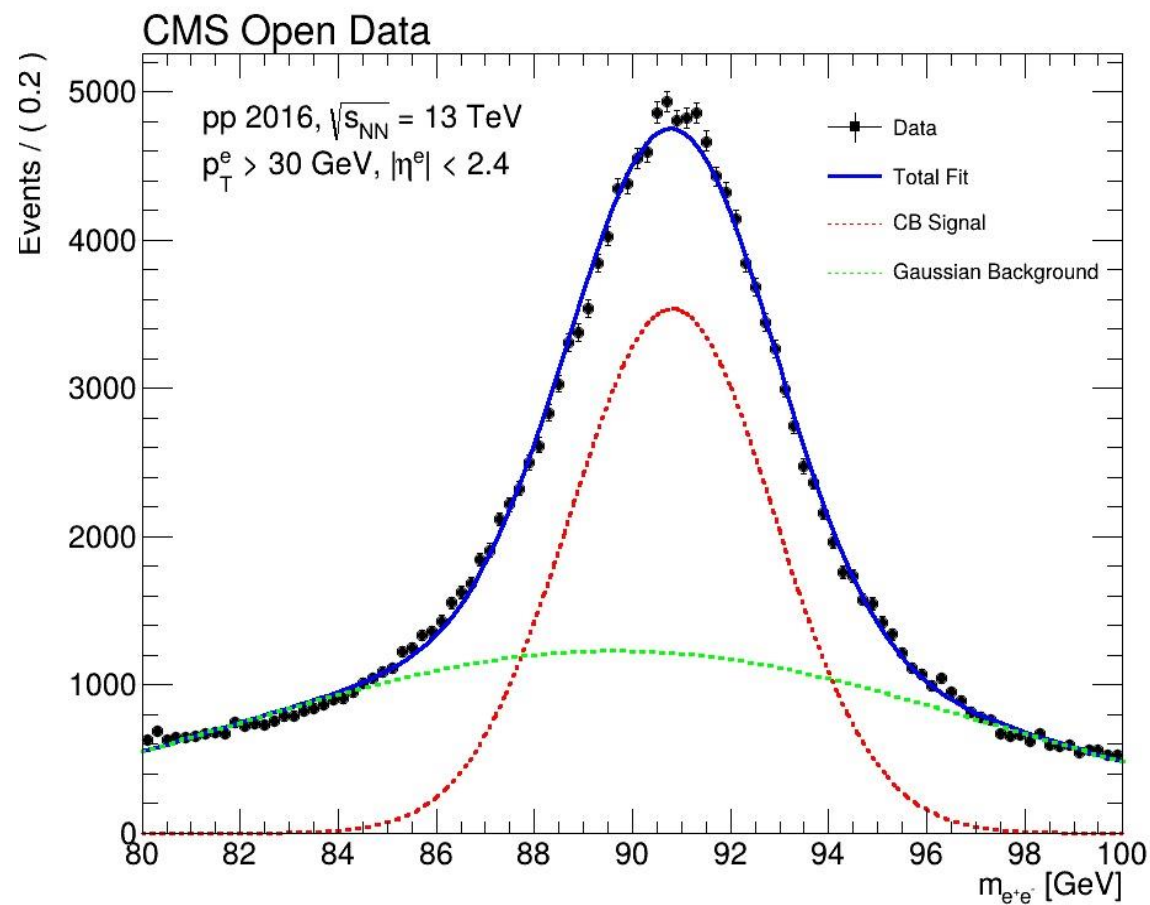




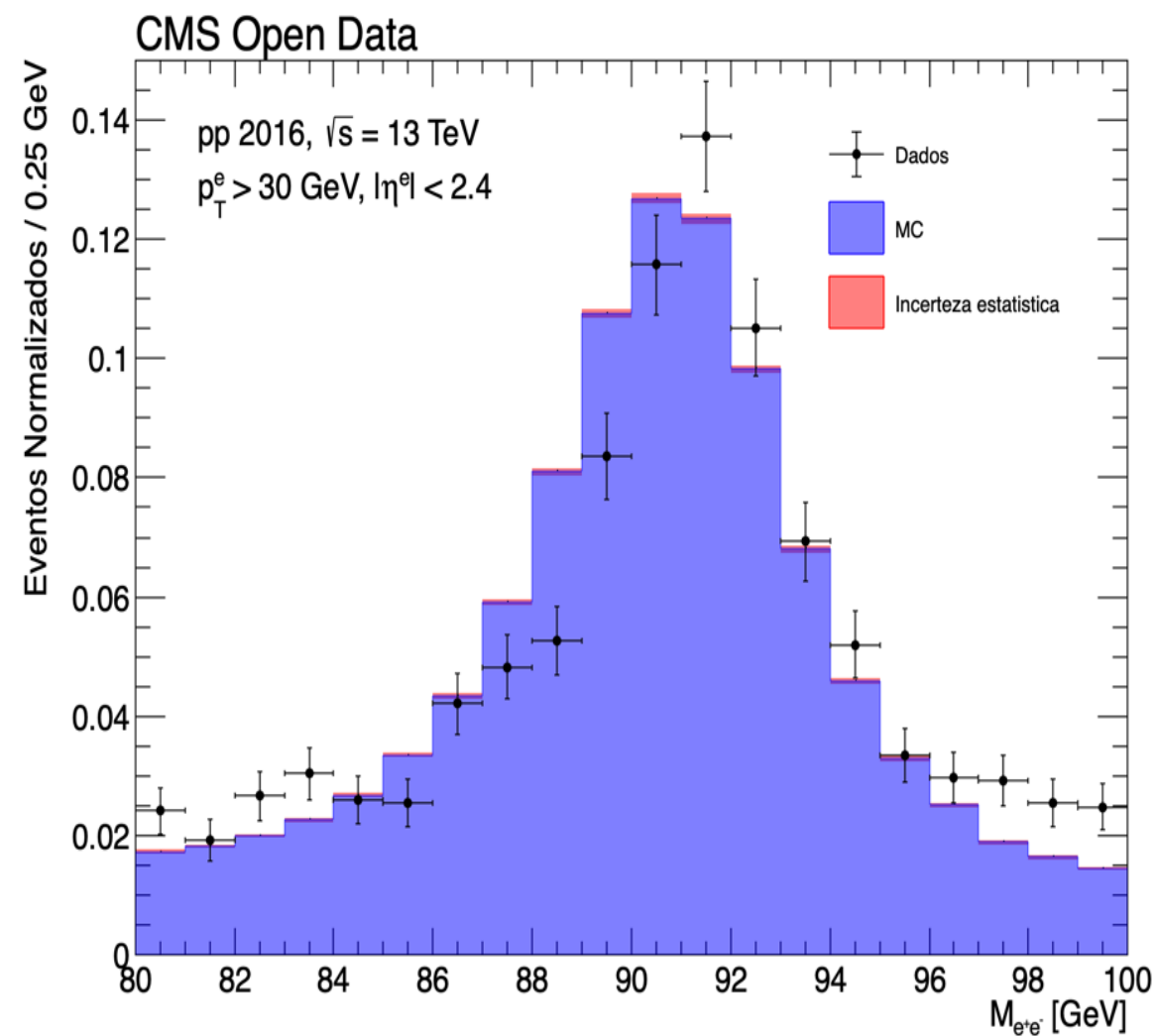
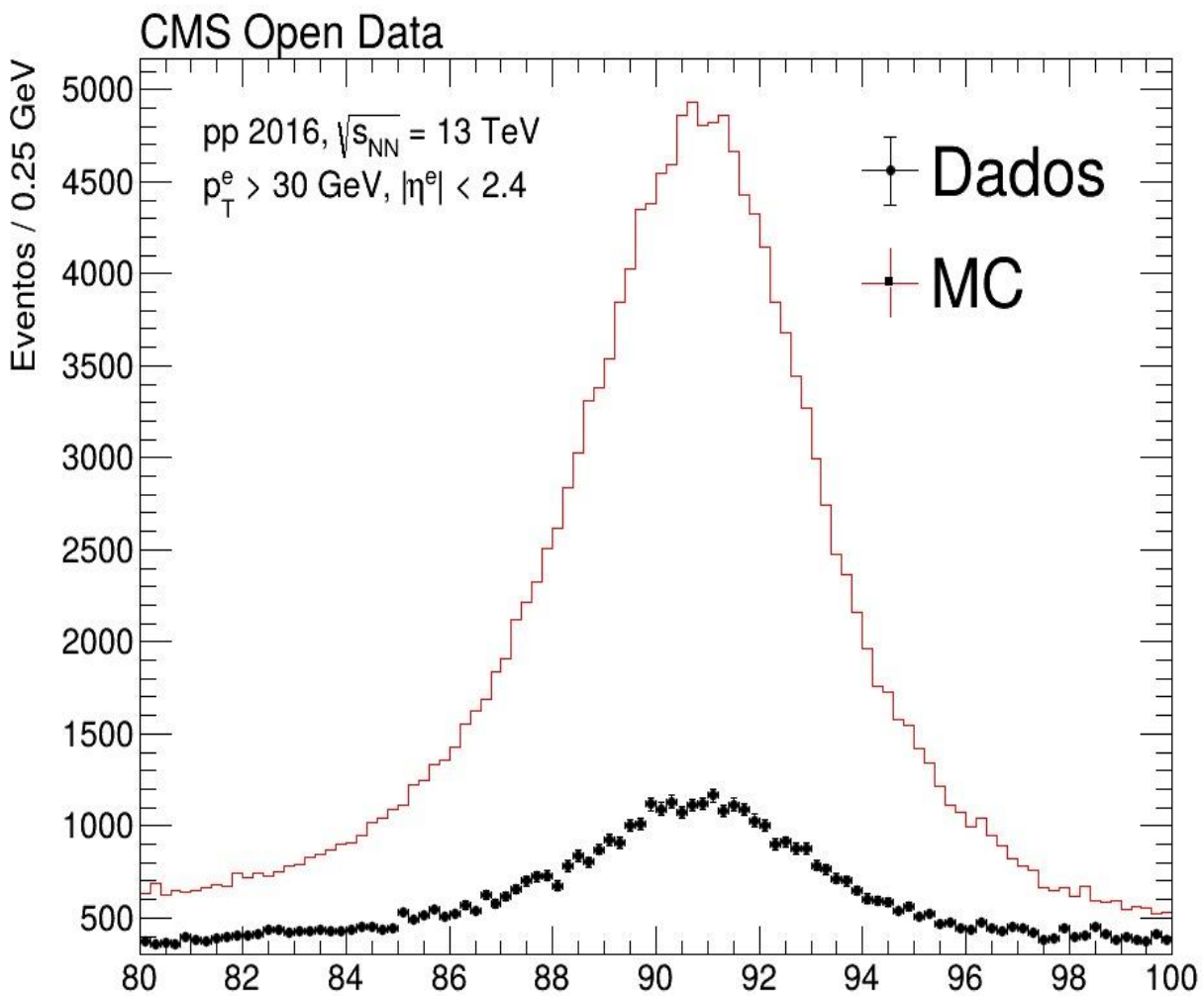




(a) Fit para os dados experimentais.



(b) Fit para os dados gerados por MC.



OBRIGADO