

AULA 7: CalcHep

Professores: Sandro Fonseca, Sheila Mara da Silva, Eliza Melo *Name:* Ana Maria Garcia Trzeciak

Os arquivos usados com a descrição completa do código estão no meu github: <https://github.com/AnaTrzeciak/Curso-FAE.git>

Exercícios referente à aula sobre CalcHep

Problema 1:

Baixe o modelo "*Minimal Zp Models*" do site HEPMDB (High Energy Physics Model Data Base).

O site para baixar o modelo é : <https://hepmdb.soton.ac.uk/>. Basta colocar o nome do modelo no *search* do site e baixar na pasta desejada.

O nome do arquivo *.zip* é "m38.20111125.124737" e dentro está a pasta com todos os arquivos necessários (vide figura 1).

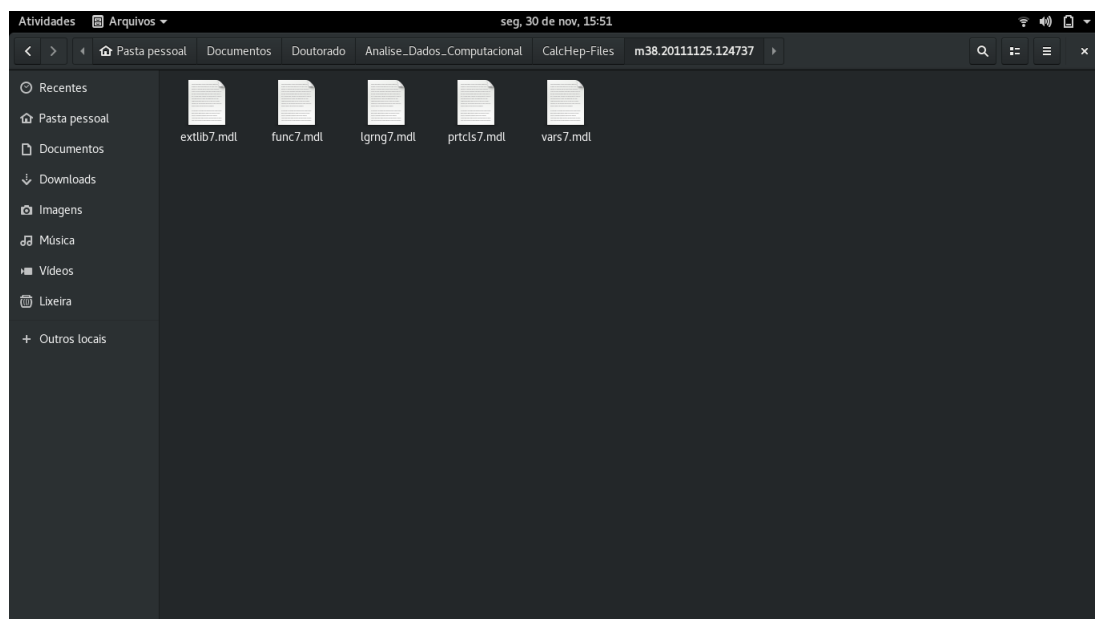


Figura 1: Pasta contendo os arquivos referente ao modelo *Minimal Zp*.

Problema 2:

Coloque os arquivos dentro da pasta "*models*".

Para isso basta usar o comando *mv* (move) no terminal, para mover arquivos de uma pasta para outra. Sendo assim temos:

```

1  anatrzeciak@anatrzeciak:~/Documentos/Doutorado/Analise_Dados_Computacional/CalcHep-
   Files/models$ mv ../m38.20111125.124737/extlib7.mdl .
2
3  anatrzeciak@anatrzeciak:~/Documentos/Doutorado/Analise_Dados_Computacional/CalcHep-
   Files/models$ mv ../m38.20111125.124737/func7.mdl .
4
5  anatrzeciak@anatrzeciak:~/Documentos/Doutorado/Analise_Dados_Computacional/CalcHep-
   Files/models$ mv ../m38.20111125.124737/lgrng7.mdl .
6
7  anatrzeciak@anatrzeciak:~/Documentos/Doutorado/Analise_Dados_Computacional/CalcHep-
   Files/models$ mv ../m38.20111125.124737/prtcls7.mdl .
8
9
10 anatrzeciak@anatrzeciak:~/Documentos/Doutorado/Analise_Dados_Computacional/CalcHep-
   Files/models$ mv ../m38.20111125.124737/vars7.mdl .

```

Sendo assim, temos todos os arquivos na pasta desejada (vide figura 2):

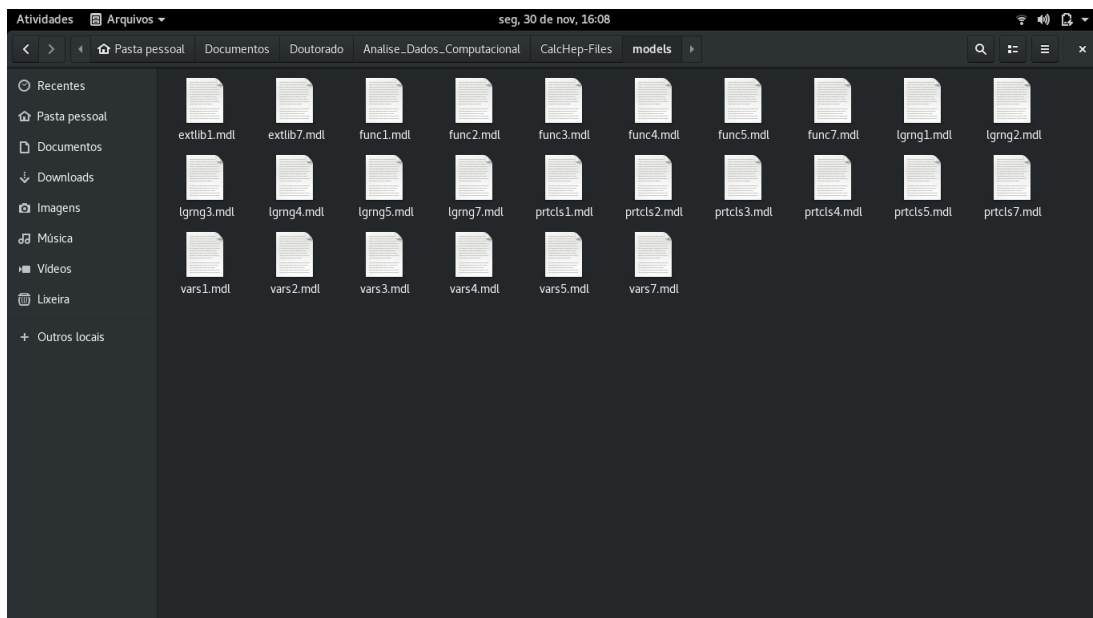


Figura 2: Os arquivos terminados com o número 7 são referentes ao modelo *Minimal Zp*.

Problema 3:

Calcule a seção de choque para os vários sub-processos do processo $pp \rightarrow Z' \rightarrow \mu^+ \mu^-$. Remova as contribuições do fóton, bósons Z e dos escalares $H1$ e $H2$, afim de estimar apenas a contribuição do Z' .

Após importar o modelo para o CalcHep, vemos que ele aparece junto com todos os outros modelos disponibilizados pelo programa. Seleccionamos o modelo baixado: *B-L (FULL FAST)*. Antes de seleccionar *Enter Process*, configuramos a opção *Force Unit.Gauge* para *ON*. Logo em seguida, iniciamos o processo.

Colocamos o processo desejado junto com as restrições pedidas no exercício. Assim como mostra a figura 3

Na opção *View Diagrams* podemos visualizar todos os diagramas resultante dos 12 subprocessos, tais subprocessos são listados na figura 4:

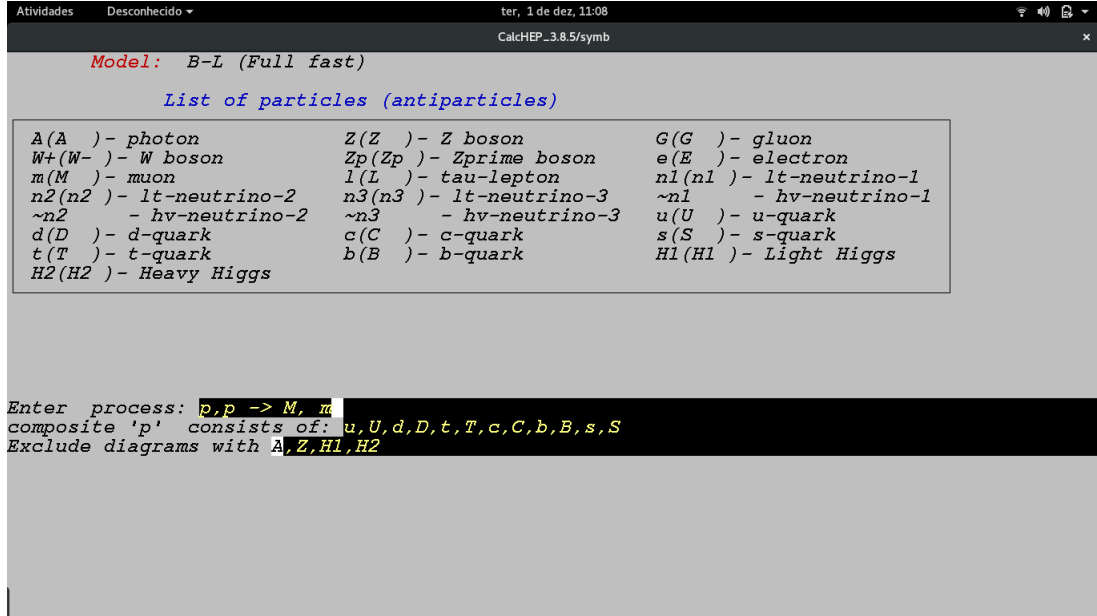


Figura 3: Configuração do processo $pp \rightarrow Z' \rightarrow \mu^+ \mu^-$ junto com as restrições.

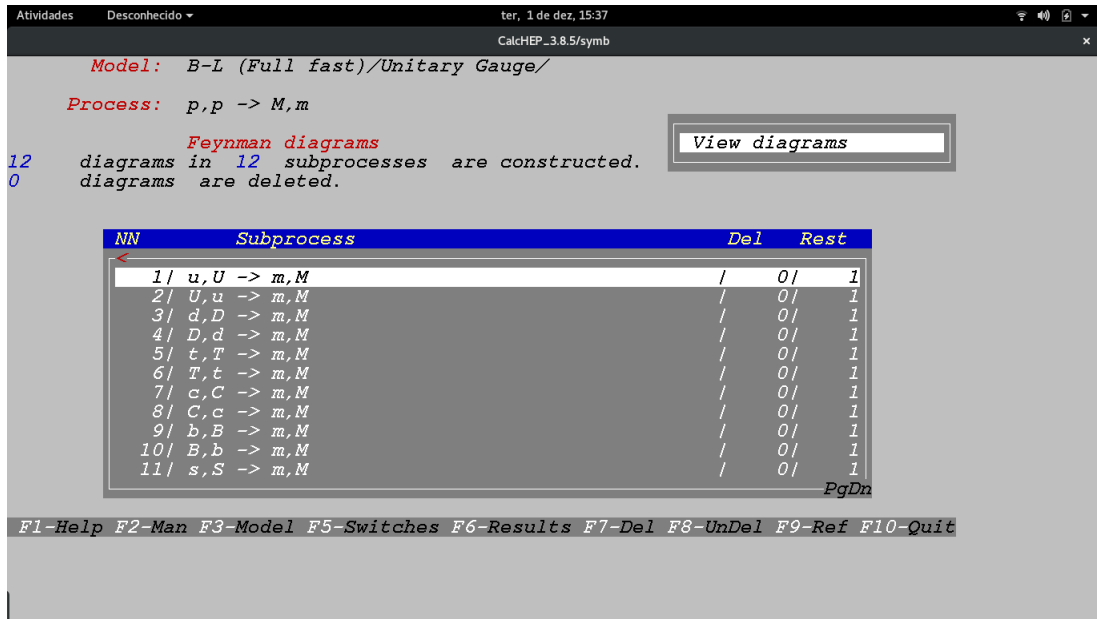


Figura 4: Subprocessos produzidos pela interação $pp \rightarrow Z' \rightarrow \mu^+ \mu^-$.

Desejamos o cálculo da seção de choque do processo, para isso prosseguimos da seguinte maneira:

Square Diagrams \rightarrow *Symbolic Calculations* \rightarrow *C-Compiler*

Feito isso, uma nova janela referente ao processo $u, U \rightarrow \mu^+ \mu^-$ vai abrir. O CalcHep calcula as seções de choque individualmente para cada subprocesso, sendo assim para calcular o valor da seção de choque para todos os subprocessos basta fazer o passo-a-passo abaixo individualmente para cada um.

Na opção *In State* configuramos a energia inicial de cada partícula para 6500 GeV, sendo assim a energia do centro de massa é de 13000 GeV. Depois selecionamos a opção *Monte Carlo Simulation* \rightarrow *Start Intregation* e o programa ira calcular a seção de choque para o primeiro subprocesso.

As seções de choque para todos os subprocessos são mostradas na tabela 1.

Problema 4:

Tabela 1: Seções de choque para todos os subprocessos referentes à colisão pp.

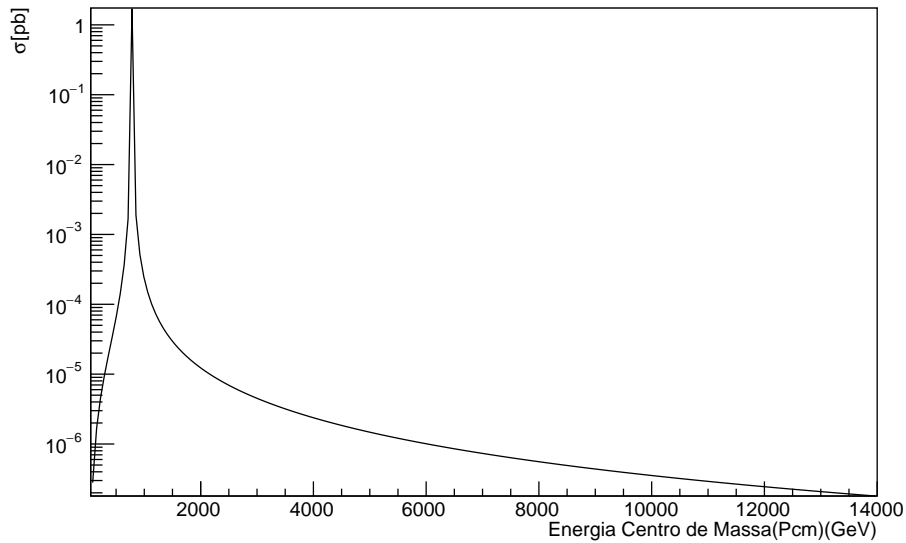
Subprocesso	Seção de Choque (Pb)
$u, U \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	4.2745×10^{-7}
$U, u \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	4.2745×10^{-7}
$d, D \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	2.1244×10^{-6}
$D, d \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	2.1244×10^{-6}
$t, T \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	4.2722×10^{-7}
$T, t \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	4.2722×10^{-7}
$c, C \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	4.2744×10^{-7}
$C, c \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	4.2744×10^{-7}
$b, B \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	2.1244×10^{-6}
$B, b \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	2.1244×10^{-6}
$s, S \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	2.1244×10^{-6}
$S, s \longrightarrow \mu^+ \mu^-$	2.1244×10^{-6}

Verifique a unitariedade. Usando a opção 1D Integration plot o gráfico da seção de choque versus a energia do centro de massa.

Para plotar o gráfico da seção de choque versus a energia do centro de massa vamos escolher o primeiro subprocesso. E prosseguimos da seguinte forma:

*1D Integration \longrightarrow sigma *v plots \longrightarrow Pcm (Energia do Centro de Massa)*

Configuramos "*Pcm min = 50*", "*Pcm max = 14000*" e *Number of Points = 200*. Apertando *enter* e o gráfico aparece na tela. Dando *enter* novamente aparece algumas opções onde selecionamos *Save plot in file \longrightarrow ROOT*. Um arquivo com a extensão .C é gerado e salvo na pasta *results*, e no terminal do ROOT abrimos este arquivo e plotamos o gráfico que é mostrado na figura 5.

Figura 5: Seção de Choque referente ao subprocesso $u, U \longrightarrow \mu^+ \mu^-$.

Vemos que o gráfico respeita a unitariedade, ou seja, longe da ressonância ele decai com a energia.

Problema 5:

Verifique como a largura de Z' varia com a massa.

Vamos simular um novo processo: $Zp \rightarrow 2X$. Onde X significa todas as partículas possíveis que o Z' pode decair. Utilizaremos as mesmas restrições impostas anteriormente. Em seguida fazemos:

Square Diagrams \rightarrow *Symbolic Calculations* \rightarrow *C-Compiler* \rightarrow *Total Width* \rightarrow *Show Partial Widths*

A figura 6 mostra como a largura de massa do Z' varia para cada subprocesso.

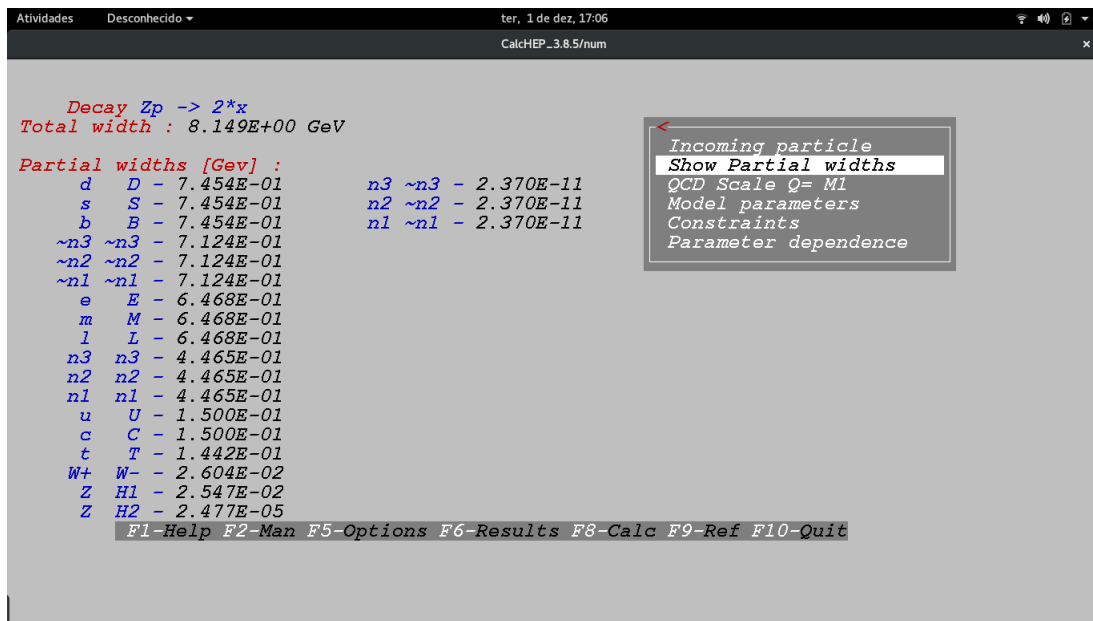


Figura 6: Largura de massa do Z' para cada subprocesso.

Problema 6:

Calcule a seção de choque para os processos usados acima usando diferentes valores de massa para o Z' em *batch mode*. Gere eventos.

As instruções para gerar eventos deste processo estão no arquivo chamado *batch_file_Zprime*. Na seção *Run Info* do arquivo e onde definimos que os processos devem ser gerados variando a massa da partícula Zprime.

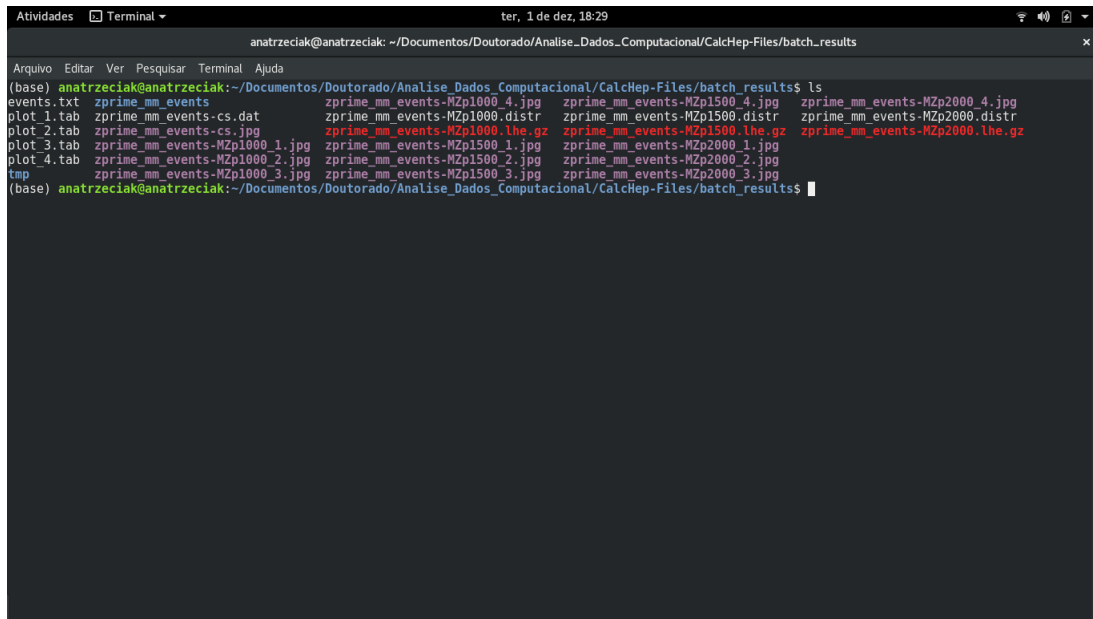
```

1 #####
2 # Run Info #
3 # Masses and Energies are in GeV #
4 # More than one run can be specified at #
5 # the same time. #
6 #####
7
8 Run parameter: MZp
9 Run begin: 1000
10 Run step size: 500
11 Run n steps: 3
  
```

No terminal fazemos:

```
1 ./calchep_batch batch_file_Zprime
```

O resultado estará na pasta *batch_results* (vide figura 6).



```

Atividades Terminal ter, 1 de dez, 18:29
anatrzeciak@anatrzeciak: ~/Documentos/Doutorado/Analise_Dados_Computacional/CalcHep-Files/batch_results
Arquivo Editar Ver Pesquisar Terminal Ajuda
(base) anatrzeciak@anatrzeciak:~/Documentos/Doutorado/Analise_Dados_Computacional/CalcHep-Files/batch_results$ ls
events.txt  zprime_mm_events  zprime_mm_events-MZp1000.4.jpg  zprime_mm_events-MZp1500.4.jpg  zprime_mm_events-MZp2000.4.jpg
plot 1.tab  zprime_mm_events-cs.dat  zprime_mm_events-MZp1000.distr  zprime_mm_events-MZp1500.distr  zprime_mm_events-MZp2000.distr
plot 2.tab  zprime_mm_events-cs.jpg  zprime_mm_events-MZp1000.lhe.gz  zprime_mm_events-MZp1500.lhe.gz  zprime_mm_events-MZp2000.lhe.gz
plot 3.tab  zprime_mm_events-MZp1000.1.jpg  zprime_mm_events-MZp1500.1.jpg  zprime_mm_events-MZp2000.1.jpg
plot 4.tab  zprime_mm_events-MZp1000.2.jpg  zprime_mm_events-MZp1500.2.jpg  zprime_mm_events-MZp2000.2.jpg
tmp         zprime_mm_events-MZp1000.3.jpg  zprime_mm_events-MZp1500.3.jpg  zprime_mm_events-MZp2000.3.jpg
(base) anatrzeciak@anatrzeciak:~/Documentos/Doutorado/Analise_Dados_Computacional/CalcHep-Files/batch_results$

```

Figura 7: Lista de arquivos gerados após o batch_mode.

Problema 7:

Utilizando a ntuple ROOT do arquivo LHE, plot a pseudorapidez, momento transverso, rapidez e massa invariante do múon em função da seção de choque.

O arquivo que converte o arquivo .LHE em ROOT é o read_output.C. Os gráficos são mostrados nas figuras 8, 9, 10 e 11 :

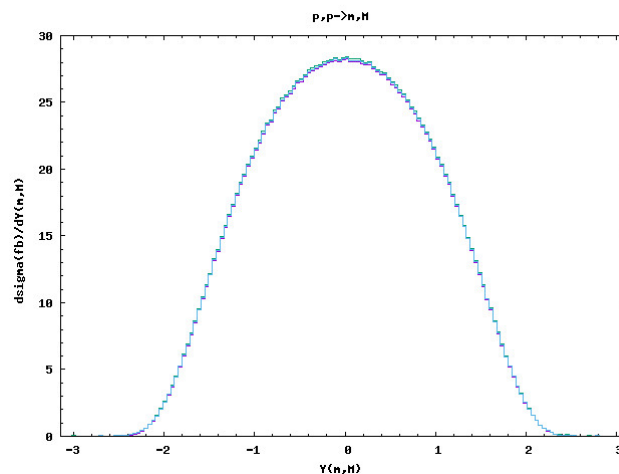


Figura 8: Seção de Choque em função da pseudorapidez.

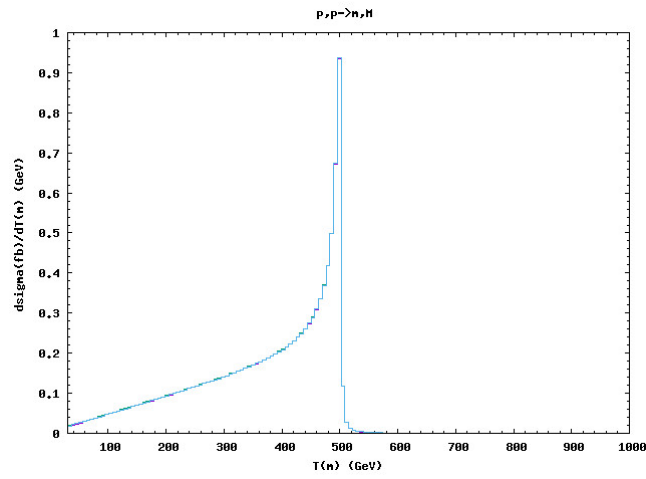


Figura 9: Seção de Choque em função do momento transverso.

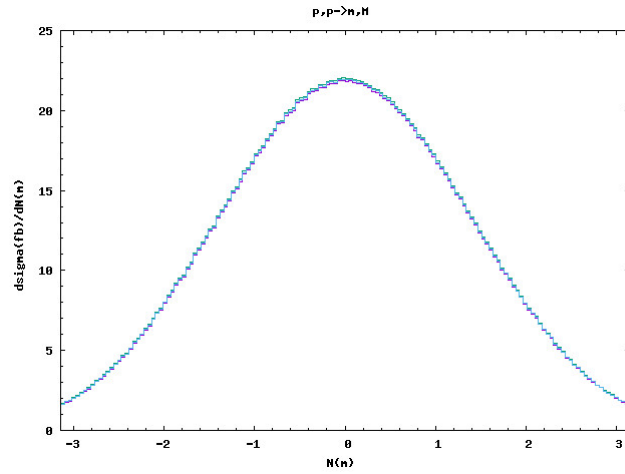


Figura 10: Seção de Choque em função da rapidez.

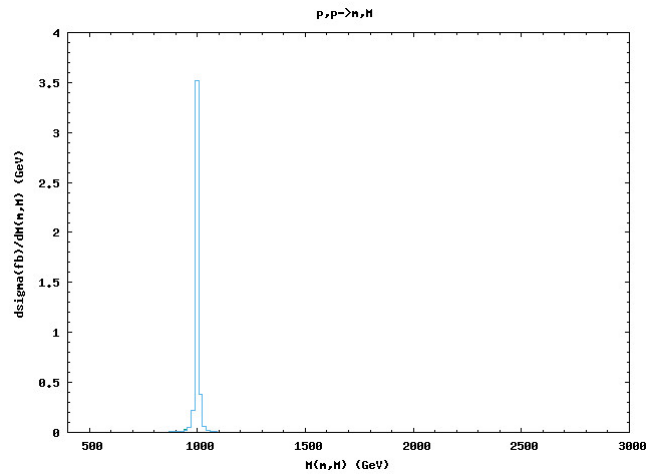


Figura 11: Seção de Choque em função da massa invariante.