

Referências Bibliográficas

- [1] LINK, J.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO FOCUS). -. www-focus.fnal.gov/nim/focus-nim/nim.ps. 1
- [2] WATSON, K.. -. Phys. Rev., 88:1163, 1952. 2.3
- [3] BLATT, J.; WEISSKOPF, V. F.. **Theoretical Nuclear Physics**. John Wiley & Sons Ltd., New York, 1952. 2.3.3
- [4] JACKSON, J.. -. Nuovo Cimento, 34:1644, 1964. 2.3.1
- [5] ZEMACH, C.. -. Phys. Rev., 133:B1201, 1964. 2.3.4, 2.4.4
- [6] ZEMACH, C.. -. Phys. Rev., 140:B97, 1965. 2.4.4
- [7] ZEMACH, C.. -. Phys. Rev., 140:B109, 1965. 2.4.4
- [8] WEINBERG, S.. -. Phys. Rev. Lett., 19:1264, 1967. 1.1
- [9] MORGAN, D.. -. Phys. Rev., 166:1731, 1968. 2.3
- [10] GLASHOW, S.; ILIOPOULUS, J. ; MAIANI, L.. -. Phys. Rev. D, 2:1285, 1970. 1.1
- [11] KOBAYASHI, M.; MASKAWA, T.. -. Prog. Theor. Phys., 49:652, 1973. 1.2.2
- [12] BYCKLING, E.; KAJANTIE, K.. **Particle Kinematics**. John Wiley & Sons Ltd., New York, 1973. 2.4.4, 6.3.1
- [13] PILKUHN, H.. **Relativistic Particle Physics**. Springer-Verlag, New York, 1979. 2.3.4
- [14] DEJONG, D. F.. -. PhD thesis, California Institute of Technology, 1990. 2.3.4
- [15] COFFMAN, D.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO MARK III). -. Phys. Rev. D., 45:2196, 1992. 1, 2.6.1, 7.1.1
- [16] MARTIN, B. R.; SHAW, G.. -. John Wiley and Sons Ltd., England, 1992. 1.2

- [17] ALBRECHT, H.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO ARGUS). -. Phys. Lett.B, 308:435, 1993. 2.3.3
- [18] TÖRNQVIST, N.. -. Z. Phys. C, 68:647, 1995. 2.3.3
- [19] MCGOWAN, J. F.. [[hep-ph/9501399](#)]. preprint, 1999. 2.3.4
- [20] AITALA, E.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO E791). -. Phys. Rev. Lett., 86:770, 2001. (document), 1, 1.3, 2.3, 3
- [21] AITALA, E.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO E791). -. Phys. Rev. Lett., 86:765, 2001. 1.3
- [22] AITALA, E.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO E791). -. Phys. Rev. Lett., 89:121801, 2002. (document), 1, 1.3, 2.3
- [23] MURAMATSU, H.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO CLEO). -. Phys. Rev. Lett., 89:251802, 2002. 1.3
- [24] ABLIKIN, M.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO BES). -. Phys. Lett. B, 598:149, 2004. 1, 1.3
- [25] MASSAFERI, A.. -. PhD thesis, Centro Brasileiro de Pesquisas Fisicas CBPF, 2004. 3.10
- [26] SEGONI, I.. -. PhD thesis, University of Colorado, 2004. 5.1
- [27] BUGG, D. V.. -. Eur. Phys. J A, 26:151, 2005. 1
- [28] BUGG, D. V.. -. Phys. Lett. B, 632:471, 2005. 1
- [29] AUBERT, B.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO BABAR). -. Phys. Rev. Lett., 95:121802, 2005. 1.3
- [30] ABLIKIN, M.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO BES). -. Phys. Lett. B, 633:681, 2006. 1, 1.3
- [31] YAO, W. M.; *ET AL.* (PARTICLE DATA GROUP). -. J. Phys. G, 33:1, 2006. (document), 2.3, 5.4.2, 7.1.2, 7.2.1
- [32] BONVICINI, G.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO CLEO). -. Apresentado na conferencia Europhysics, Manchester, England, 2007. 1.3
- [33] EPIFANOV, D.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO BELL). -. Phys. Lett.B, 654:65, 2007. 1.3, 7.1.3, 8

- [34] LINK, J.; *ET AL.* (COLABORAÇÃO FOCUS). -. Phys. Rev. D., 75:052003, 2007. 2.3.4, 2.6.2, 2, 8
- [35] STENSON, K.. -. Nota interna da Colaboração FOCUS, 2007. 5.4.2

A

O Ambiente do Programa de Ajuste

Apresentamos neste capítulo algumas interfaces do programa desenvolvido para efetuar a análise dos dados, tanto ao que se refere ao ajuste do espectro de massa $D^+ \rightarrow K_S \pi^- \pi^+ \pi^+$, ao ajuste do espaço de fase penta-dimensional para a análise de amplitudes em si, e á obtenção da forma das larguras dos vetores-axiais. Estas interfaces foram construídas em linguagem C++, usando as bibliotecas do ROOT ¹.

A figura A.1 corresponde à janela principal do programa, nela estão contidos três menús principais: *Data*, *Process* e *Other*.

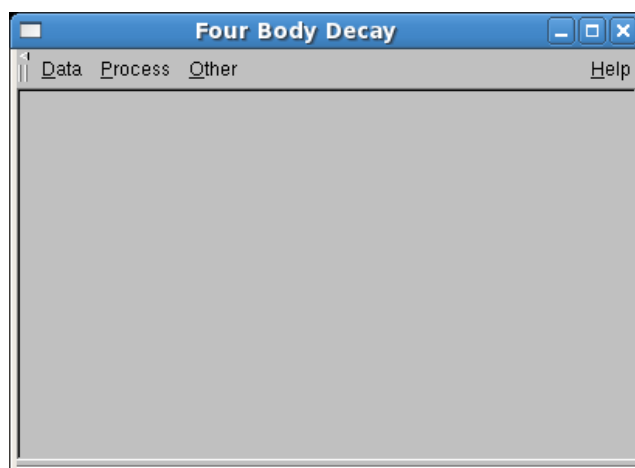


Figura A.1: Janela principal do programa.

No menú *Data* são realizados alguns processos de cortes nos dados e nas amostras obtidas por simulação.

¹<http://root.cern.ch>

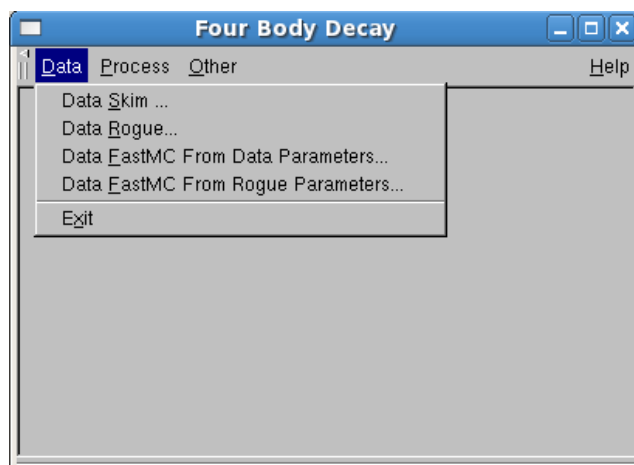


Figura A.2: Opções do menú *Data*.

No menú *process* é realizado o ajuste de dados e a geração de FastMC.

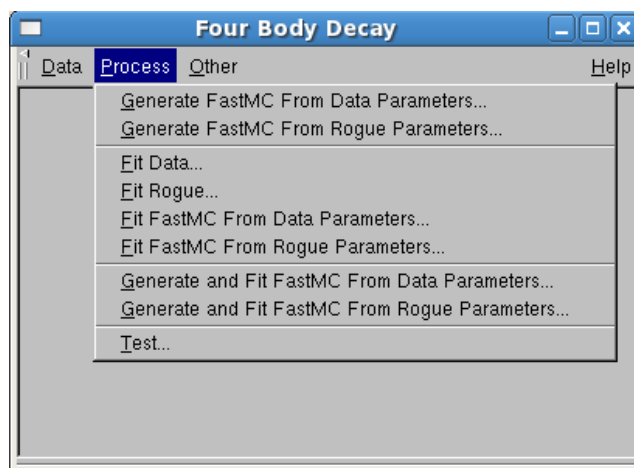


Figura A.3: Opções do menú *Process*.

No menú *Other* são realizados outros processos: inicialização dos dados das partículas, comparação dos histogramas de dados e de simulação, comparação dos histogramas da aceptância, criação da matriz de acceptância, cálculo de χ^2 e cálculo dos erros sistemáticos.

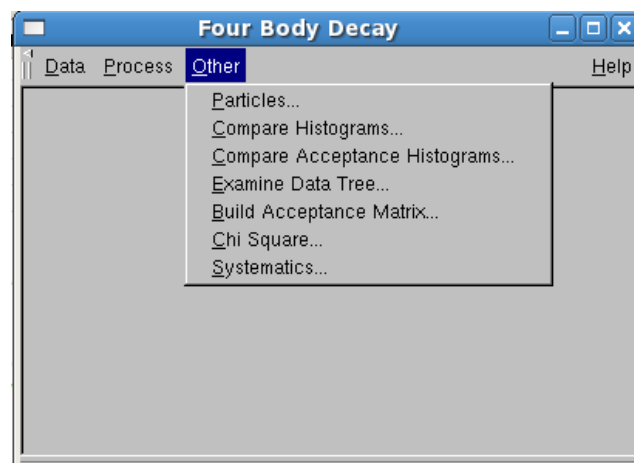


Figura A.4: Opções do menú *Other*.

Ao ser seleccionada a opção de menú *Data/Data Skim* é invocada a janela de filtragem de dados e de ajuste de dados do experimento, os quais se encontram armazenados em banco de dados do ROOT chamados *Trees*. Nesta janela, podemos apreciar dados configurados do arquivo que contém a *tree*, o nome e título da *tree*, as colunas da *tree* e dados de outras *tree* que vão ser criadas depois de algum processo de filtragem. Esta janela também conta com alguns botões para realização dos processos necessários para a análise.

Ao ser apertado o botão *PlotSourc* é mostrado o histograma da massa do D^+ antes de efetuar qualquer processo de corte A.6.

Ao ser apertado o botão *PlotCuts* é mostrado o histograma da massa do D^+ depois de efetuar os cortes inicializados na janela da figura A.7.

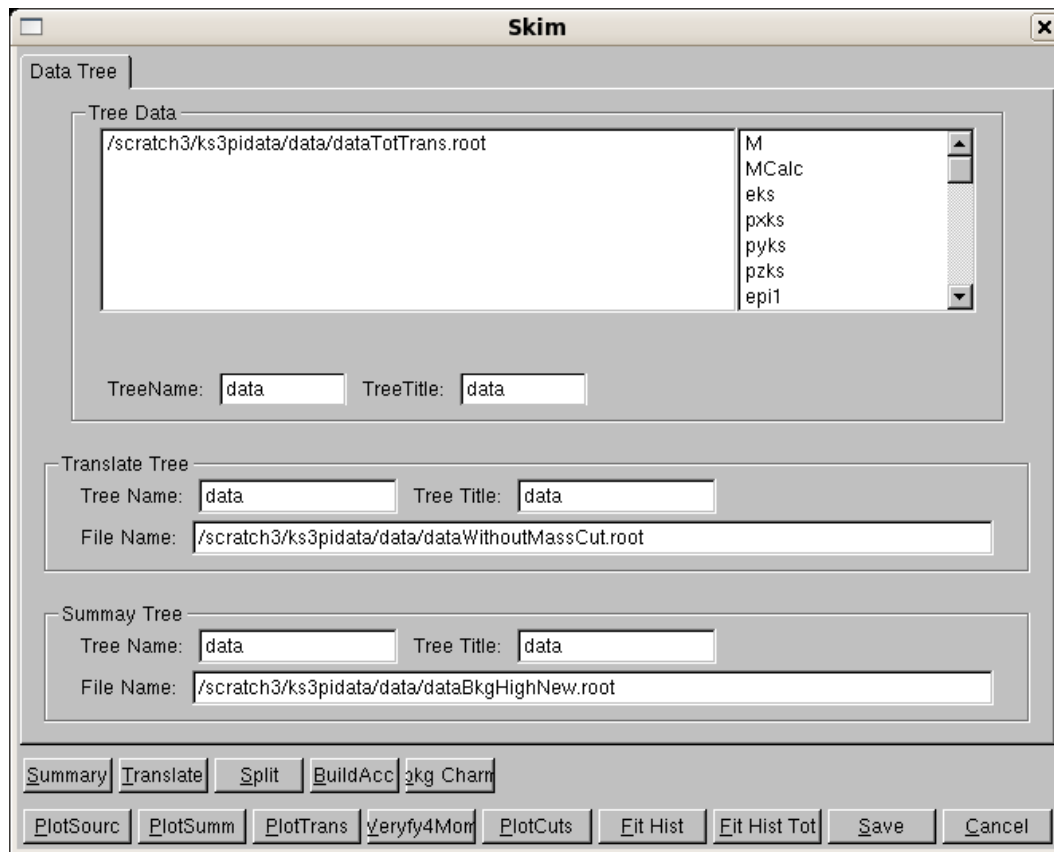


Figura A.5: Janela de filtragem de dados e de ajuste de dados.

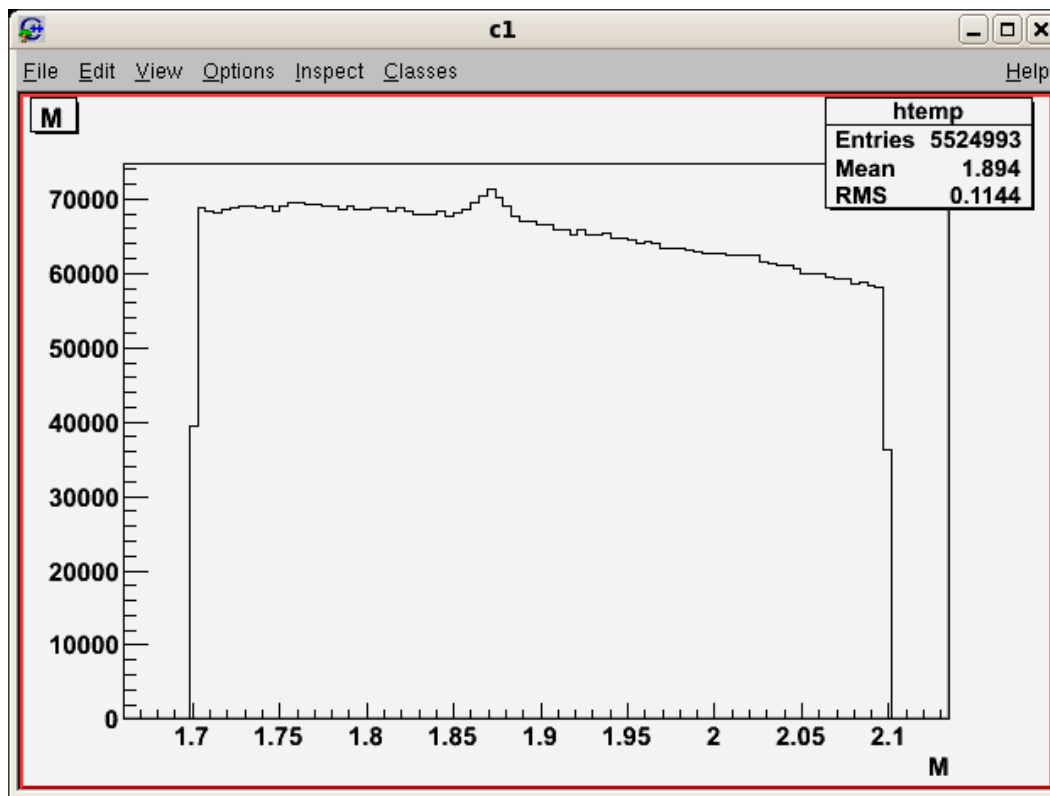


Figura A.6: Histograma da massa do D^+ .

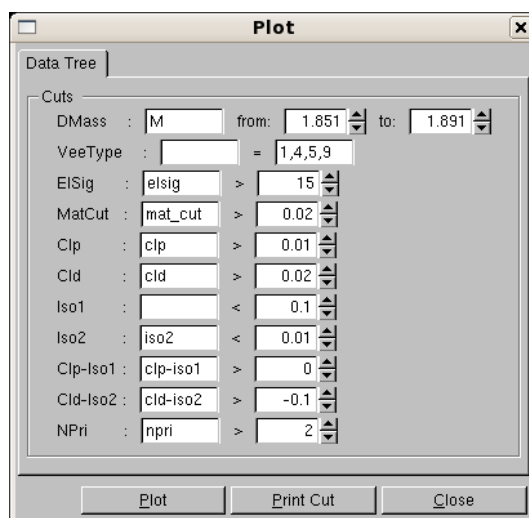


Figura A.7: Janela de entrada de cortes da opção *PlotCuts*.

Ao ser apertado o botão *plot* aparece o resultado do histograma depois de aplicados os cortes A.8.

Ao apertar o botão *FitHistTot* é realizado o ajuste do histograma da massa do D^+ a uma função cujos parâmetros são especificados na janela de entrada de parâmetros de ajuste A.9.

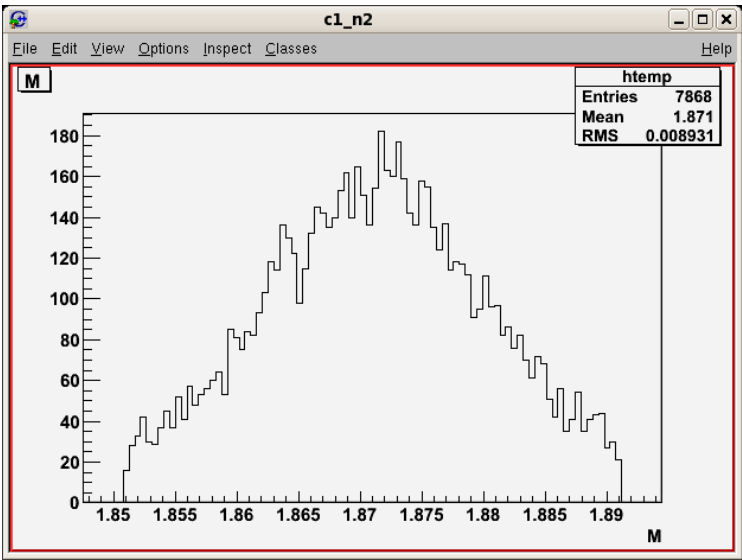


Figura A.8: histograma da massa do D^+ depois de aplicar os cortes.

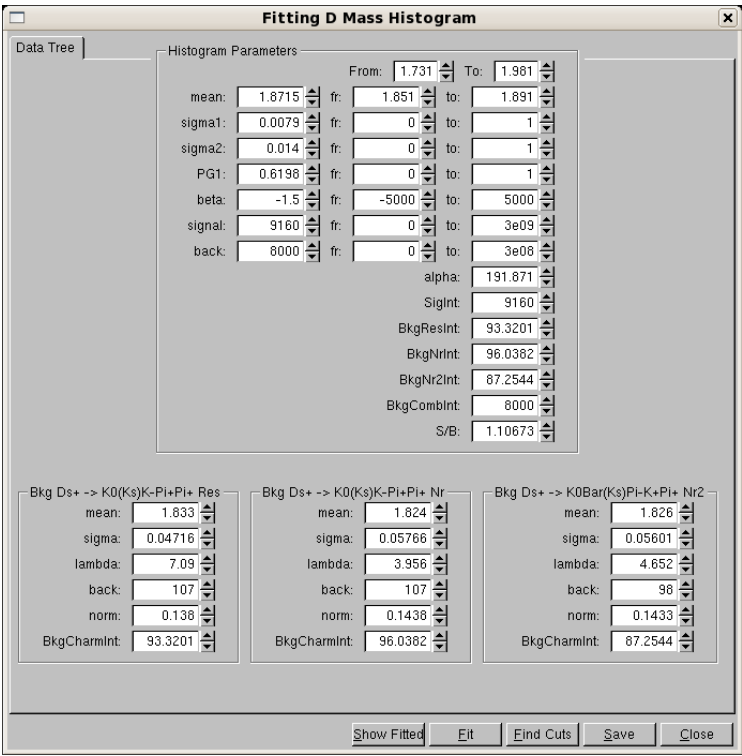


Figura A.9: janela de entrada de parâmetros de ajuste da massa do D^+ .

Após realizado o ajuste, o gráfico da função resultante e o histograma dos dados são apresentados na figura A.10.

Os resultados do ajuste são apresentados na janela de saída de parâmetros de ajuste da massa do D^+ A.11.

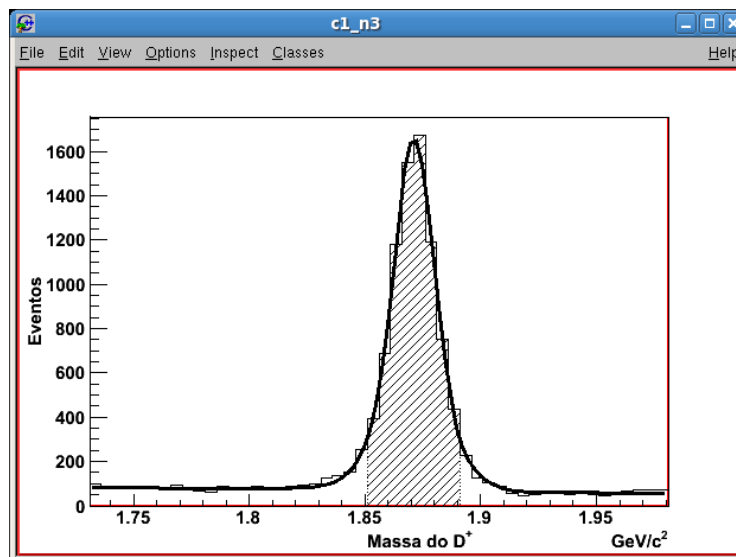


Figura A.10: Resultado do ajuste de dados.

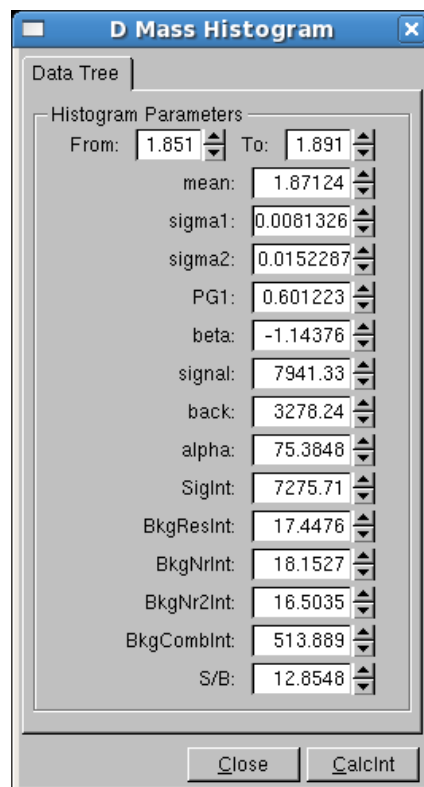


Figura A.11: Janela de saída de parametros de ajuste da massa do D^+ .

No menú principal *Process* temos as opções para ajuste de dados no espaço de fase pentadimensional. No caso de ajuste dos dados do experimento é utilizado o menú *Process/Fit Data*, que abre a janela de ajuste de dados A.12. Nesta janela, são configurados a *tree* com a matriz aceptância, dados dos canais de sinal a serem utilizados no ajuste, dados do background combinatorial

e charmoso assim como a *tree* dos dados a serem ajustados. Na parte inferior se encontram os botões com algumas funcionalidades do programa, sendo os principais o botão de ajuste *Fit* e o botão de ajuste e geração de FastMC a partir do resultado do ajuste.

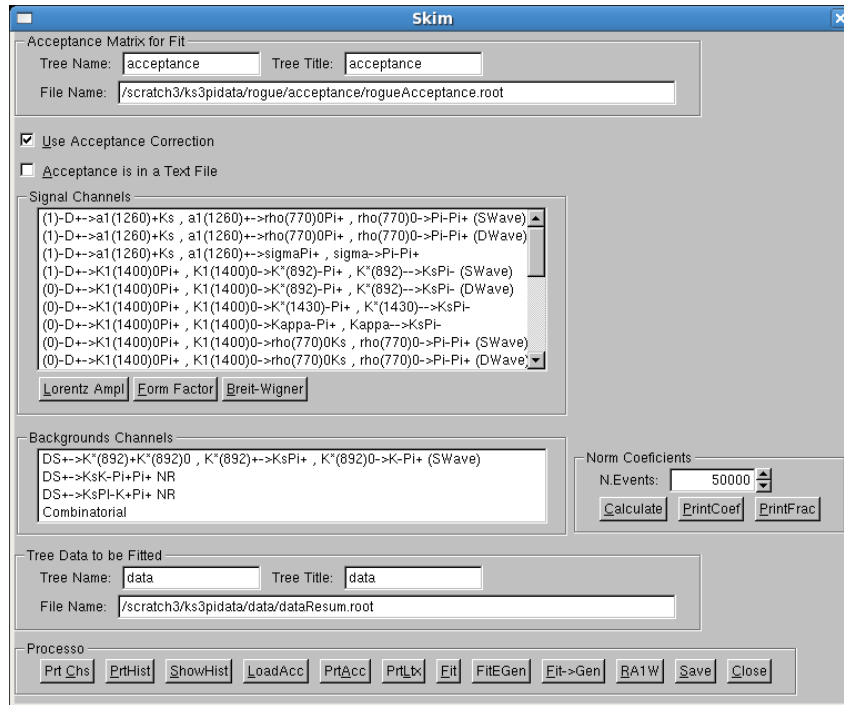


Figura A.12: Janela de ajuste de dados.

A opção *Process/Generate FastMC From Data Parameters* abre a janela de geração de FastMC A.13. Esta janela é bastante parecida com a janela de juste de dados. Nela se encontra o botão *Gen* para geração do FastMC.

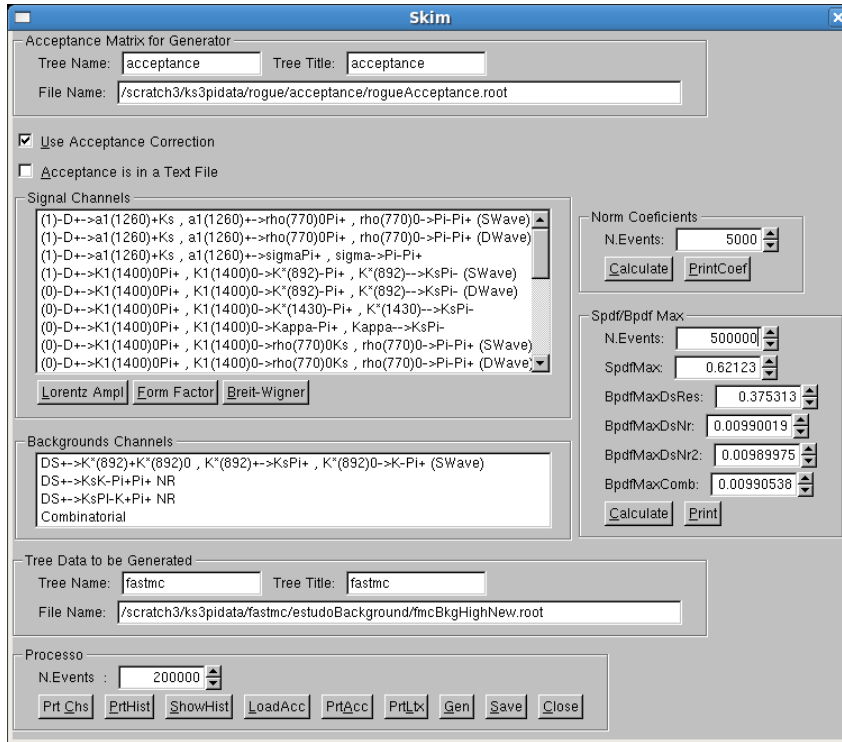


Figura A.13: Janela de Geração de FastMC.

Nas duas janelas existe o botão *Lorentz Amplitude* que apresenta uma janela com a fórmula em formato Latex da respectiva amplitude de Lorentz do canal que contém o foco.

Channel: $D^+ \rightarrow AP_1, A \rightarrow VP_2, V \rightarrow P_3 P_4$ (S-Wave)

Lorentz Amplitude M :

$$A = \sum_{\text{polarizações}} \{A_{D^+ \rightarrow Ad}\} \times BW_{A \rightarrow Vc} \times \{A_{A \rightarrow Vc}\} \times BW_{V \rightarrow ab} \times \{A_{V \rightarrow ab}\}$$

$$A = \sum_{\text{polarizações}} \{F_{D^+ \rightarrow Ad} M_{D^+ \rightarrow Ad}\} \times BW_{A \rightarrow Vc} \times \{F_{A \rightarrow Vc} M_{A \rightarrow Vc}\} \times BW_{V \rightarrow ab} \times \{F_{V \rightarrow ab} M_{V \rightarrow ab}\}$$

$$A = F_{D^+ \rightarrow Ad} F_{A \rightarrow Vc} F_{V \rightarrow ab} BW_{A \rightarrow Vc} BW_{V \rightarrow ab} M$$

$$M = \sum_{\text{polarizações}} \{M_{D^+ \rightarrow Ad}\} \{M_{A \rightarrow Vc}\} \{M_{V \rightarrow ab}\}$$

$$M = \sum_{\text{polarizações}} \{p_d^\mu \in \Lambda_d^A\} \{e_V^\mu \in \Lambda_V^A\} \{e_V^\mu \in \Lambda_V^A\} q_{V0}$$

$$M = p_d^\mu \sum_{\lambda_A} e_{\lambda_A}^A(\lambda_A) e_{\lambda_V}^A(\lambda_V) \sum_{\lambda_V} e_{\lambda_V}^V(\lambda_V) q_{V0}$$

$$M = p_d^\mu \left(g_{V\mu} - \frac{p_{A0} p_{A\mu}}{M_A^2} \right) \left(g_{V\mu} - \frac{p_V^\mu p_V^\mu}{M_V^2} \right) q_{V0}$$

$$M = p_d^\mu g_{V\mu} g_{V0} q_{V0} - p_d^\mu g_{V\mu} \frac{p_V^\mu p_V^\mu}{M_V^2} q_{V0} - p_d^\mu \frac{p_{A0} p_{A\mu}}{M_A^2} g_{V\mu} q_{V0} + p_d^\mu \frac{p_{A0} p_{A\mu}}{M_A^2} \frac{p_V^\mu p_V^\mu}{M_V^2} q_{V0}$$

$$M = p_d^\mu q_{V\mu} - \left(\frac{(p_d^\mu p_{V0})(p_V^\mu q_{V0})}{M_V^2} \right) - \left(\frac{(p_d^\mu p_{A0})(p_A^\mu q_V)}{M_A^2} \right) + \left(\frac{(p_d^\mu p_{A0})(p_{A0} p_V^\mu)(p_V^\mu q_{V0})}{M_A^2 M_V^2} \right)$$

Figura A.14: Fórmula da Amplitude de Lorentz.

Analogamente, botão *Form Factor* apresenta a janela com a fórmula do fator de forma.

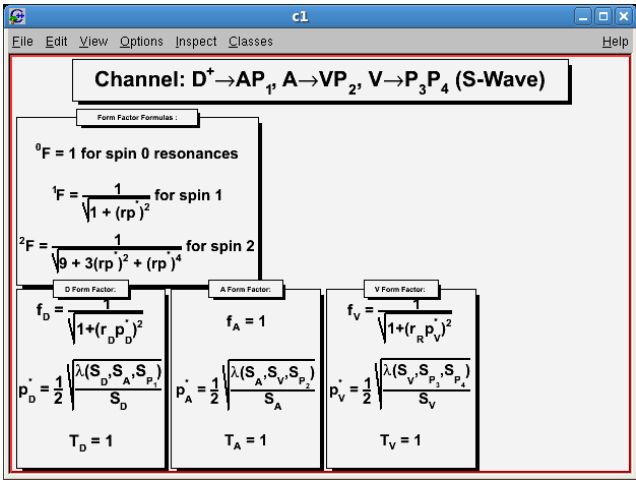


Figura A.15: Fórmula do Fator de Forma.

Os resultados do ajuste são guardados em um arquivo de formato texto e são mostrados ao finalizar o ajuste ou ao ser presionado o botão *Prt Chs*, como mostrado na figura A.16.

Fit Results

Decay Channel Name	A	Err A	delta	Err delta	frac	Err frac
D+ -> a1, rho (SW)	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4505	0.0234
D+ -> a1, rho (DW)	0.2280	0.0210	86.8859	5.1871	0.0234	0.0037
D+ -> a1, sigma	0.3168	0.0160	229.8602	3.9477	0.0452	0.0043
D+ -> K11400, K*892SW	0.8686	0.0280	31.6118	2.4262	0.3400	0.0102
D+ -> K11270, rho (SW)	0.3201	0.0203	9.8883	3.7694	0.0461	0.0054
D+ -> K*(892)pi pi	0.5714	0.0262	136.7309	2.6918	0.1471	0.0099
D+ -> K*(1430)pi pi	0.2102	0.0239	178.1776	6.1510	0.0199	0.0043
D+ -> Kappapi pi	0.5592	0.0311	318.5901	3.4948	0.1409	0.0114
D+ -> rho Kspi	0.5797	0.0299	141.3269	2.9375	0.1514	0.0124
D+ -> sigma Kspi	0.3256	0.0269	125.3929	6.0813	0.0477	0.0070

A1 Width Channels

Decay Channel Name	A	delta
a1 -> rho (SW)	1.0000	0.0000
a1 -> rho (DW)	0.2280	86.8859
a1 -> sigma	0.3168	229.8602

Figura A.16: Resultados do ajuste de dados.

Os parâmetros utilizados para definir a função que representa o histograma do méson D^+ assim como o *background* podem ser impressos ao pressionar o botão *Prthist* como é mostrado na figura A.17

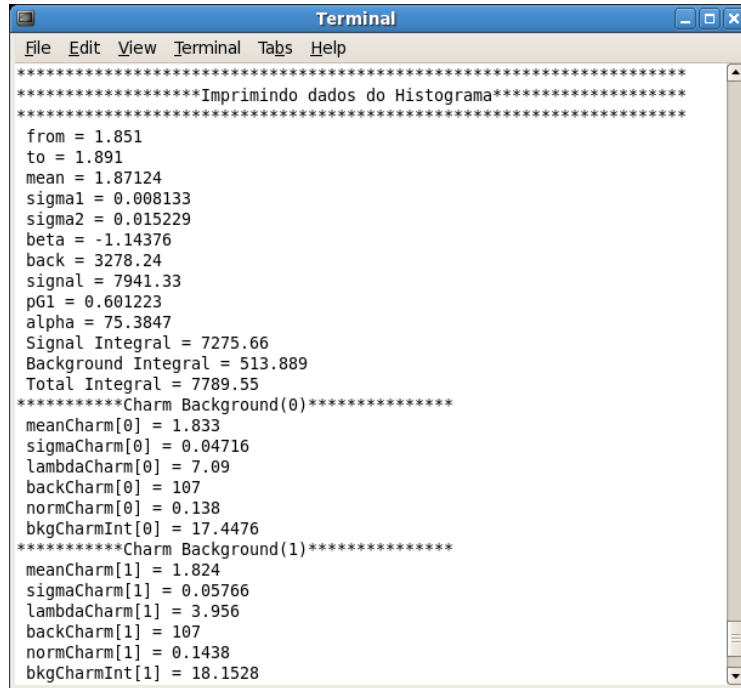


Figura A.17: Parâmetros do histograma da massa do méson D^+ .

O menú *Others/Particles* abre a janela de inicialização dos dados das ressonâncias que participam do decaimento A.18. Os dados principais são a massa e largura nominal. Para o caso dos vetores axiais é apresentada também a largura dependente da massa. Os parâmetros rD , rDT , rR , e eRT são aqueles utilizados nas funções de Blatt Weisskopf e de Törnqvist.

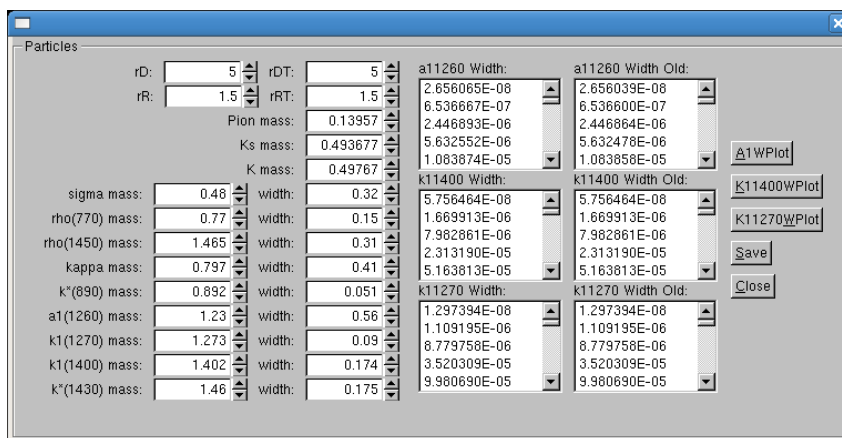


Figura A.18: Configuração de parâmetros das partículas.

A janela de dados das partículas tem uma opção para desenhar a forma da largura dos vetores axiais. Na figura A.19 apresentamos um exemplo para o vetor axial $a_1(1260)$.

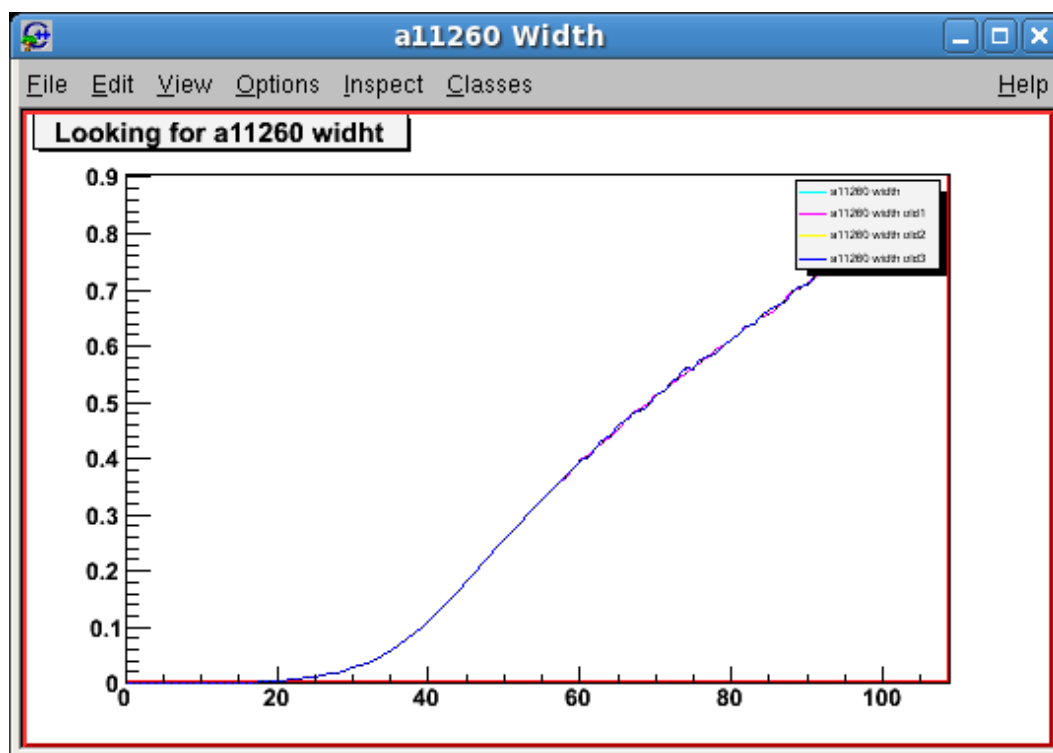


Figura A.19: Forma da largura do vector axial $a_1(1260)$.

A opção do menú *Other/Compare Histograms* abre a janela de comparação de histogramas. Podem ser comparados até 3 histogramas de uma ou duas dimensões. Por exemplo, o histograma da massa do D^+ é criado a partir dos quadrimomentos das partículas do estado final do decaimento: K_S , π^- , π^+ , π^+ . É construído o quadrimomento da partícula desejada e obtida a massa. Há flexibilidade na escolha das partículas envolvidas, sendo também possível mudar a massa nominal desta para estudos de *background* charmoso.

Figura A.20: Janela de comparação de histogramas.

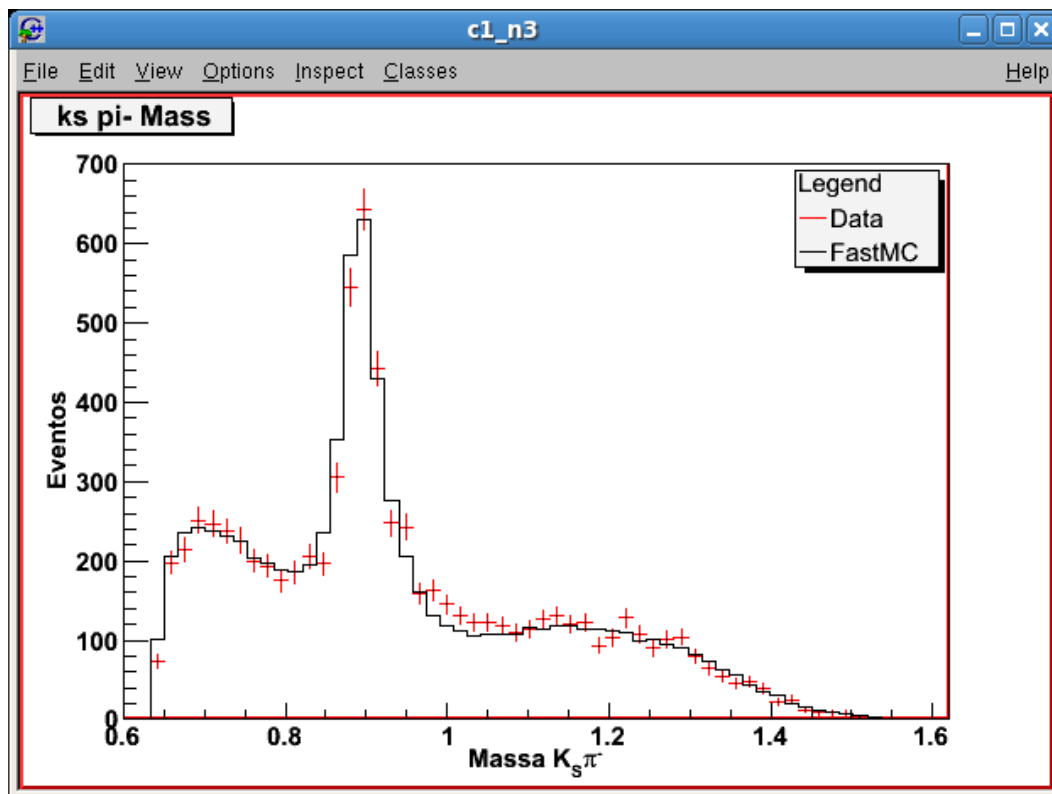


Figura A.21: Comparação de Histogramas da massa $K_S \pi^-$.

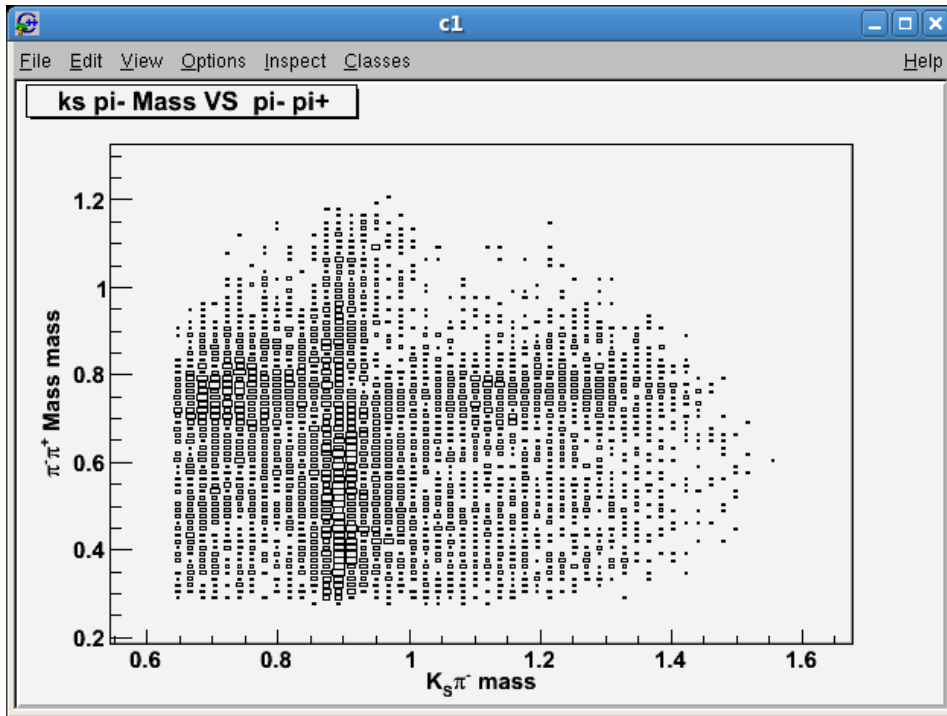


Figura A.22: Histograma 2D da massa $\pi^- \pi^+$ vs $K_S \pi^-$ (Dados).

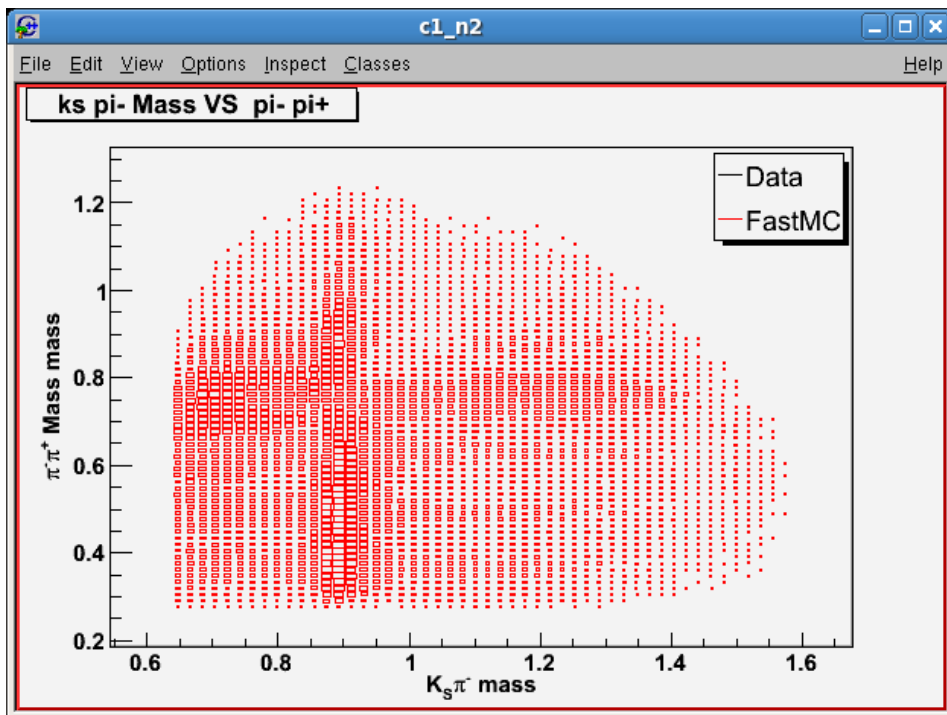


Figura A.23: Histograma 2D da massa $\pi^- \pi^+$ vs $K_S \pi^-$ (FastMC)..

A opção do menú *Other/Examine DataTree* abre a janela de manipulação de dados de Tree, onde é possível ver de maneira rápida os dados contidos dentro de alguma *tree* que se deseja estudar. Existem 3 possibilidades de entradas A.24. Como exemplo são apresentadas as figuras obtidas no estudo do *background* charmoso. O campo *Summary Tree* contém a *tree* com os dados do *background*.

Fitted Parameters

Data Source

Source Tree

Tree Name: h1 Tree Title: skim

File Name:

Translate Tree

Tree Name: data Tree Title: skim

File Name: /scratch3/ks3pdata/ds_bkg/res/dsResTransNew.root

Summary Tree

Tree Name: data Tree Title: data

File Name: /scratch3/ks3pdata/ds_bkg/res/dsResWithoutMassCut.root

From: 1.73 To: 1.98

☐ Source

☐ Translate

☒ Summary

Plot PlotProj Scan Fit Summary Trans NEvents Save Cancel

Figura A.24: Janela de manipulação de dados de Tree.

Os resultados obtidos ao apertar o botão de ajuste de dados *Fit* são apresentados nas figuras A.25 e A.26

```

Terminal
File Edit View Terminal Tabs Help
*****
BR(Canal) = BR do canal analisado com estado inicial Ds+ e estado final (KsK-pi+pi+) ou (Kspi-K+pi+)
*****
modo Resonante:
Ds+ --> K*(892)+ KBar*(892)0
      |           |
      |           |---->K-pi+
      |           |
      |---->K0pi+
      |
      |---->Ks
      |
      |---->pi-pi+

BR = BR(Ds+-->K*(892)+KBar*(892)0) x BR(K*(892)+-->K0pi+) x BR(K0->Ks) x BR(Ks->pi-pi+) x BR(KBar*(892)0->K-pi+)
BR(Ds+-->K*(892)+KBar*(892)0) = 0.07 (PDG)
BR(K*(892)+-->K0pi+) = 2/3 Coef Clabsh ...
BR(K0->Ks) = 1/2
BR(Ks->pi-pi+) = 0.692 (PDG)
BR(KBar*(892)0->K-pi+) = 2/3 Coef Clabsh ...
BR = 0.07*(2.0/3.0)*0.5*0.692*(2.0/3.0)
BR = 0.0107644
BR = 0.0107644
*****
Ef(RogueMC) = Eficiencia do Rogue MC na Janela de massa analisada (1.73-1.98)
Ef(RogueMC) = (# Ev Recuperados na Janela de Massa)/(# Ev Gerados por Rogue MC)
*****
Ef(RogueMC) = 999.063 / 1 000 000
Ef(RogueMC) = 0.000999063
*****
Nev(Ds+ no espectro Kspi-pi+pi+) = Nev Ds+(FOCUS) x BR(Canal) x Ef(RogueMC)
Nev(Ds+ no espectro Kspi-pi+pi+) = 9.083e+06 x 0.0107644 x 0.000999063
Nev(Ds+ no espectro Kspi-pi+pi+) = 98

```

Figura A.25: Estudo do *background* charmoso. São obtidos BR, eficiência e número de eventos.

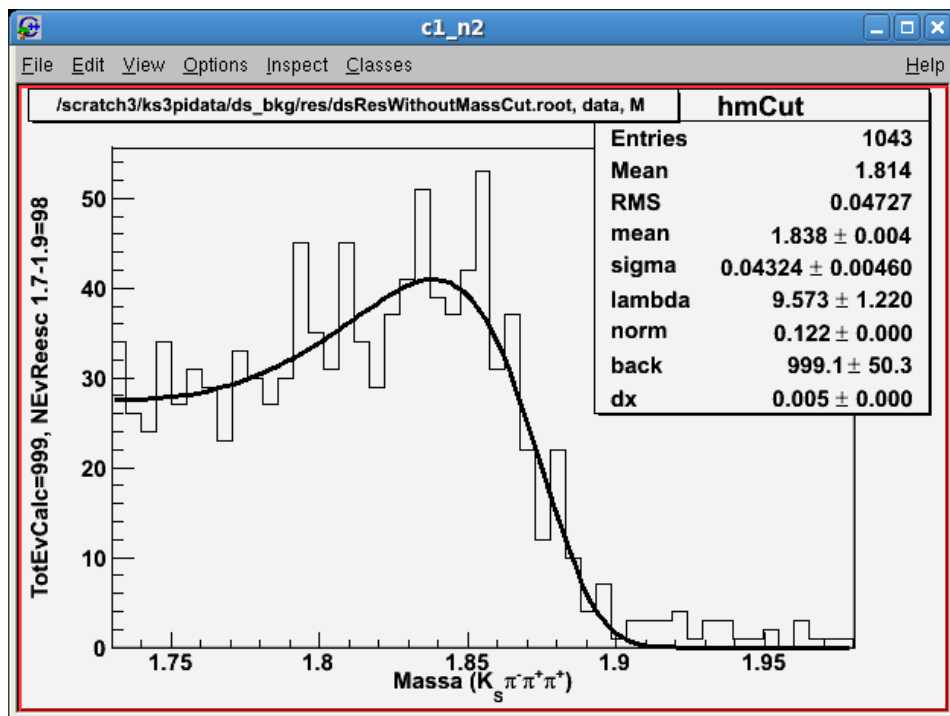


Figura A.26: Função de ajuste e histograma do *background* charmoso.

A opção do menú *Other/Build Acceptance Matrix* abre a janela de criação da matriz acceptance A.27. A matriz acceptance é gerada a partir de dados de simulação ROGUE e dados gerados por FastMC. Ambos dados se encontram armazenados em *trees*. A matriz acceptance resultante é também armazenada em uma *tree*. Esta é uma matriz pentadimensional e portanto não pode ser observada na sua totalidade, mas é possível observar suas projeções em quaisquer das massas invariantes especificadas na parte inferior da janela. O resultado da projeção $\pi^+\pi^+$ é apresentado na figura A.28.

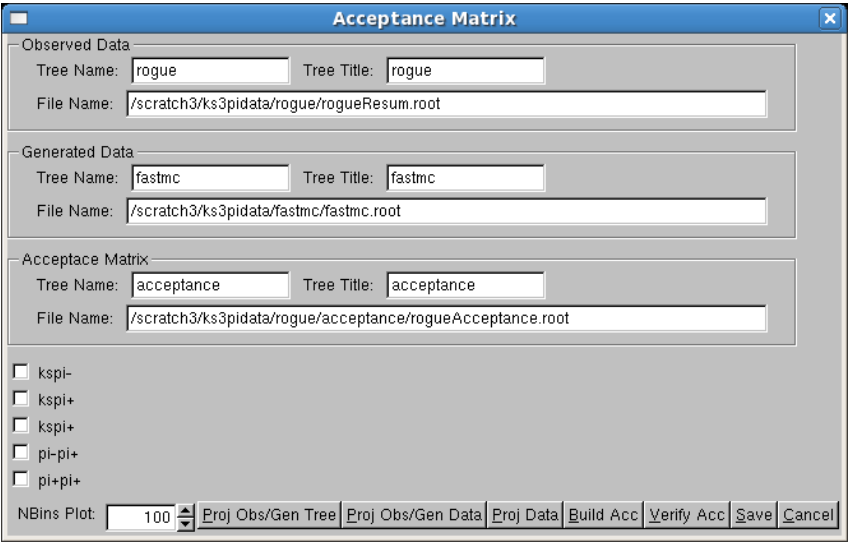


Figura A.27: Janela de criação da matriz acceptance.

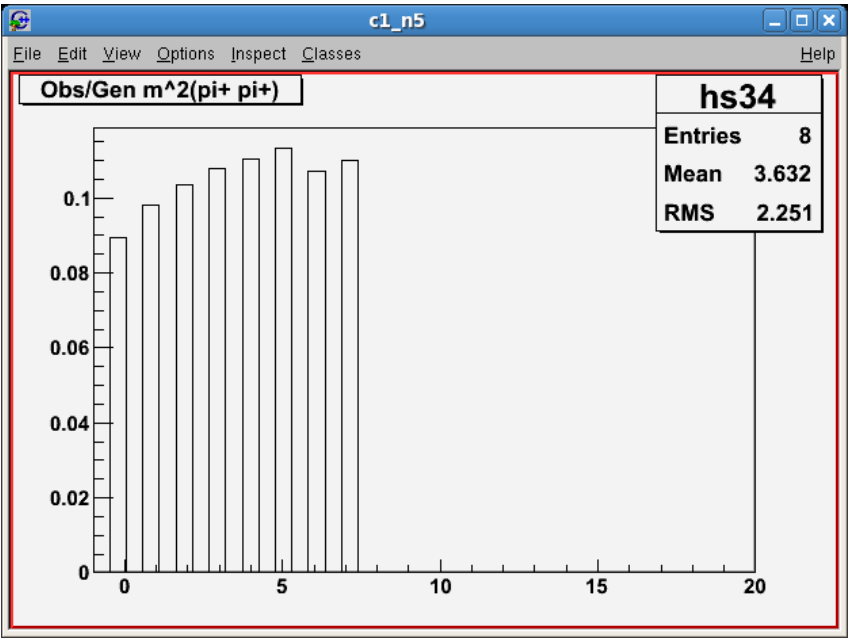


Figura A.28: Projeção $\pi^+\pi^+$ da matriz acceptance.

Na janela de cálculo de χ^2 são efetuados os cálculos de χ^2 para um determinado modelo. Os dados do modelo são comparados com os dados do experimento. Ambos se encontram armazenados em *trees*.

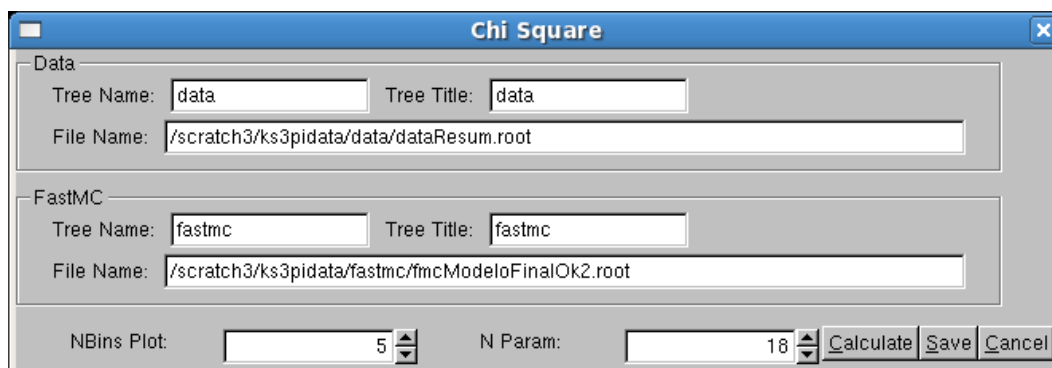


Figura A.29: Janela de cálculo de χ^2 .

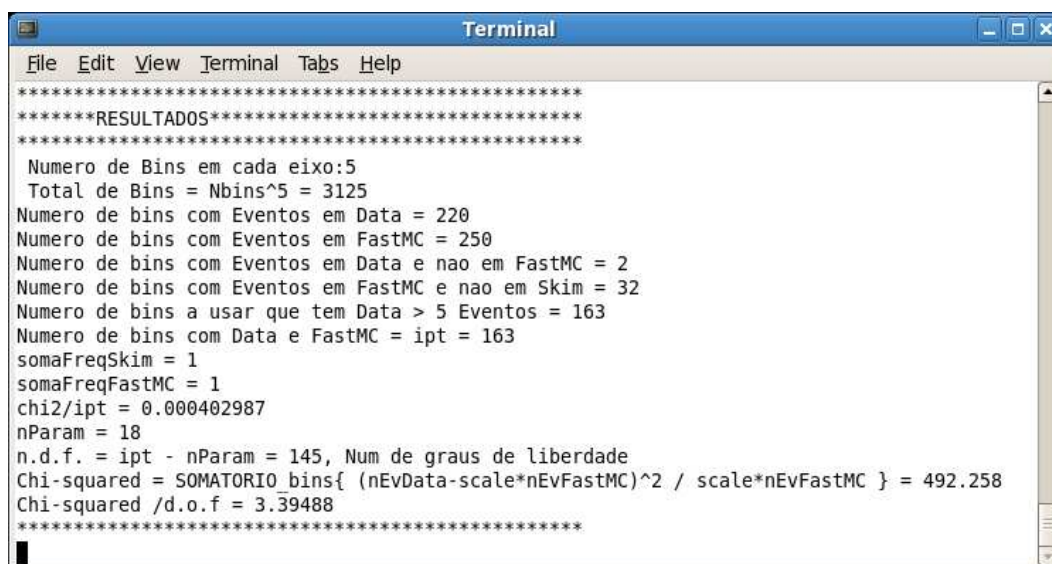


Figura A.30: Resultados do cálculo χ^2 para o modelo final.