Capitolo 8

Studio dell'errore sistematico

I contributi all'errore sistematico provengono da diverse sorgenti più o meno ben studiabili. Prenderemo in esame gli effetti dovuti al *charm* diretto, al fondo scorrelato e alla risoluzione. Cercheremo di capire l'effetto dei vari tagli di analisi sulle frazioni di B_d^0 e B_s^0.

8.1 Contributo della funzione di risoluzione

La funzione di risoluzione è stata determinata sfruttando il Montecarlo che come abbiamo visto descrive bene il nostro campione di dati. Dobbiamo capire quanto il nostro risultato è sensibile alla variazione della risoluzione. Nella funzione di risoluzione è stata cambiata la sigma data dall'equazione 7.5 aggiungendovi due fattori di scala in modo da avere:

$$\sigma_{ij}^2 = sc_d^2 \bar{F}^2 \sigma_{di}^2 + sc_F^2 (\lambda)^2 \sigma_{Fj}^2 \tag{8.1}$$

Rifacciamo il fit sul Montecarlo variando uno ad uno i due fattori di scala e poi entrambi. In tabella 8.1 sono riassunti i risultati; il numero a cui è uguale il fattore di scala, quando diverso da 1, è il valore a cui converge il fit. In figura 8.1 è mostrata la distribuzione $Q(\lambda)$ per il Montecarlo con sovraimposte le curve ottenute dal fit tramite le quali si visualizza quanto poco vari il risultato del fit al variare della risoluzione.

Esattamente la stessa procedura viene applicata ai dati. I risultati sono riportati nella tabella 8.1 Osserviamo che la variazione di Δmd o equivalentemente di x_d appare all'interno dell'errore statistico del fit ottenuto senza variare la risoluzione. Gli errori molto grandi, ottenuti dal fit per i vari fattori di scale, mostrano come il fit è poco sensibile ai dettagli delle funzioni di risoluzione. I risultati di questi fit sono mostrati in figura 8.2.

8.2 Contributo del *charm* diretto e del fondo scorrelato

Rimane da studiare l'effetto su x_d dell'introduzione di una certa quantità di *charm* diretto e di fondo scorrelato. Con l'aggiunta di queste due componenti la frazione degli eventi con lo

Fattore di scala	Δm_d (ps^{-1})	χ^2	Gradi di libertà
$sc_F = 1.0$ $sc_d = 2.2 \pm 1.9$	0.596 ± 0.090	6.7	11
$sc_d = 1.0$ $sc_F = 1.1 \pm 0.6$	0.577 ± 0.095	7.1	11
$sc_d = 2.2 \pm 1.9$ $sc_F = 0.97 \pm 0.67$	0.594 ± 0.099	6.7	10

Tabella 8.1: Riassunto dei valori ottenuti dal fit della distribuzione $Q(\lambda)$ ottenuta dal Montecarlo variando la risoluzione.

Fattore di scala	Δm_d (ps^{-1})	x_d	χ^2	Gradi di libertà	C.L.
$sc_d = 0.87 \pm 2.63$ $sc_F = 1.0$	0.44 ± 0.10	0.64 ± 0.16	8.37	10	59.2%
$sc_d = 1.0$ $sc_F = 0.39 \pm 3.95$	0.39 ± 0.13	0.57 ± 0.19	8.12	10	61.7%
$sc_d = 0.99 \pm 2.89$ $sc_F = 0.39 \pm 2.74$	0.40 ± 0.14	0.58 ± 0.21	8.12	9	52.2%

Tabella 8.2: Riassunto dei valori ottenuti dal fit della distribuzione $Q(\lambda)$ per i dati variando la risoluzione.

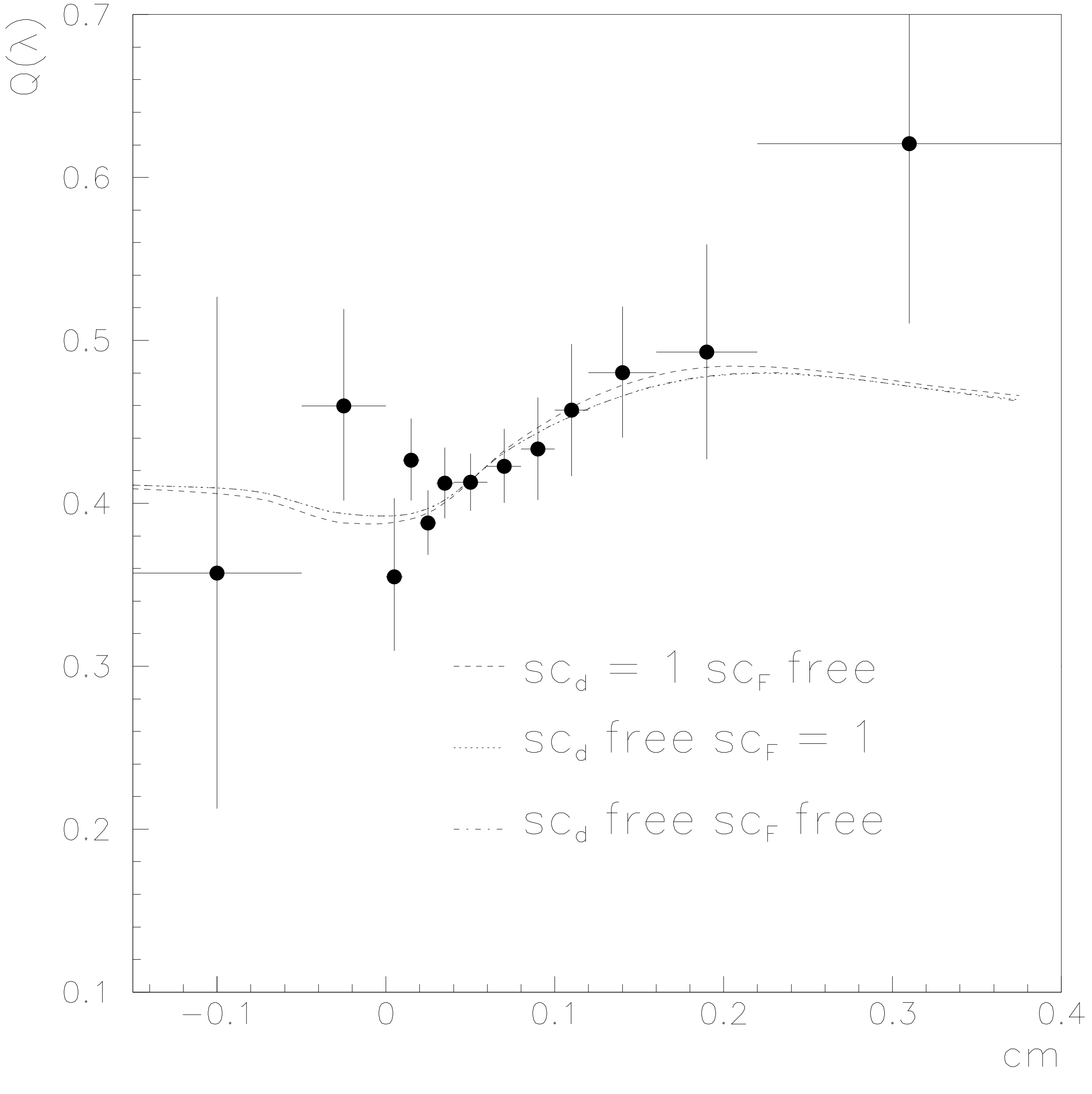

Figura 8.1: Distribuzione di $Q(\lambda)$ per il Montecarlo con sovraimposto il risultato dei fit fatti variando la risoluzione.

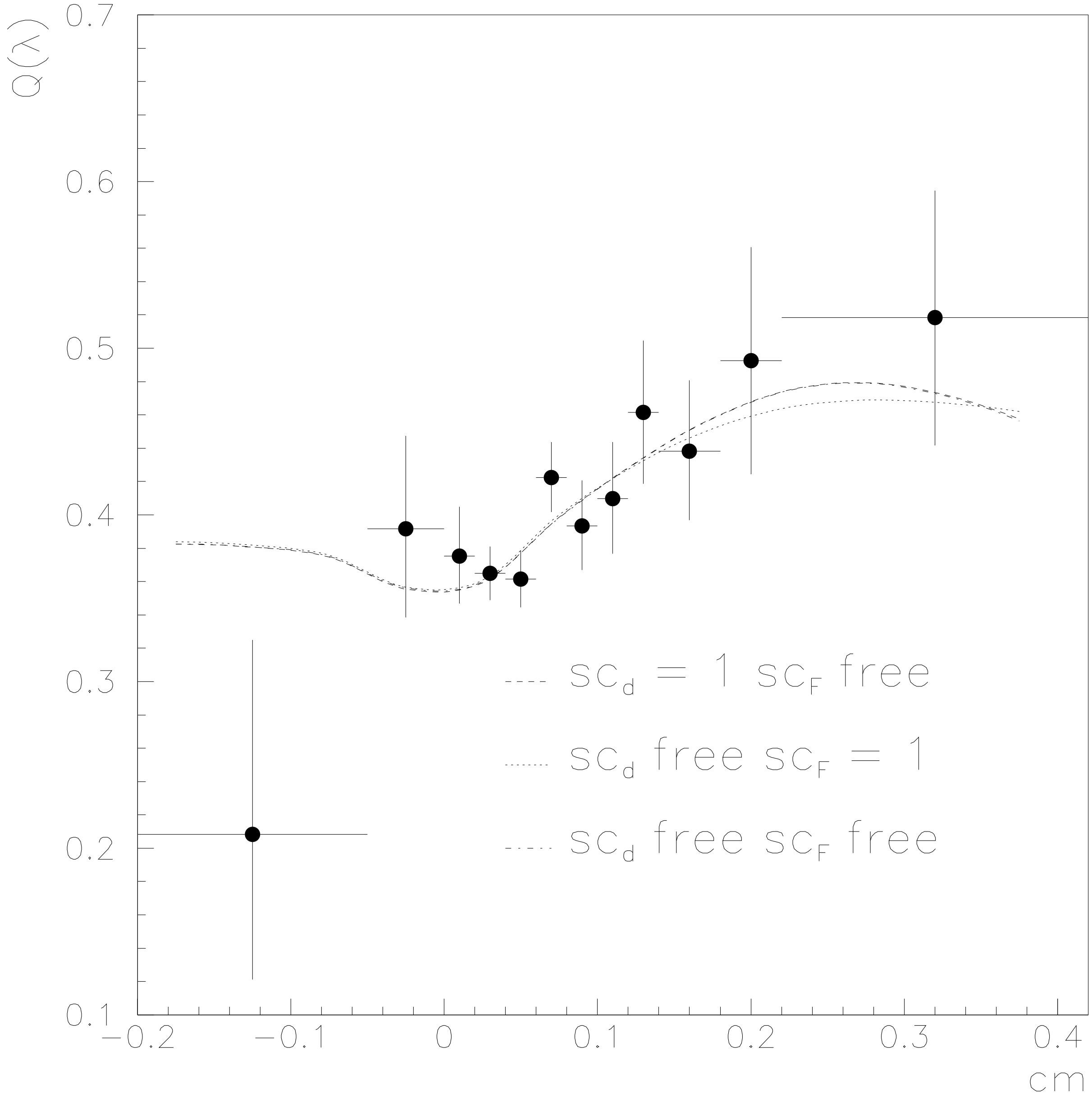

Figura 8.2: Distribuzione di $Q(\lambda)$ per i dati. Le curve sovraimposte sono ottenute variando la risoluzione su λ nel fit.

Frazione di fondo	Frazione di *charm*	$\Delta md(ps^{-1})$	x_d	χ^2	ndof	C.L
Fisso a 0	0.7±0.5%	0.445 ± 0.096	0.65±0.14	8.37	10	59.3%
12±3.4%	Fisso a 0	0.343 ± 0.096	0.57±0.14	8.94	11	62.7%
12±3.4%	0.7±0.5%	0.397 ± 0.096	0.58±0.14	8.72	10	55.9%
2.3±16% (fit)	0.7±0.5%	0.438 ± 0.123	0.64±0.18	8.36	9	49.8%

Tabella 8.3: Riassunto dei valori ottenuti dal fit variando le frazioni di fondo

stesso segno riportata in 7.9 diventa

$$\bar{Q}(t) = \frac{(1 - f_c)((1 - f_{bck})Q(t) + f_{bck}/2)}{1 - f_c + f_c E_c(t)/E_b(t)} \tag{8.2}$$

in cui E_b e E_c sono le distribuzioni in $c\tau$ per il B e il *charm* senza effetti di mescolamento, f_c è la frazione di *charm* mentre f_{bck} quella di fondo. La vita media del *charm* diretto viene lasciata come parametro libero nel fit . Si usa come valore di partenza 205 μm. Le frazioni f_c e f_{bck} sono poste uguali a $0.7 \pm 0.5\%$ e $12 \pm 3.4\%$ rispettivamente, (vedi capitolo 6) e lasciate variare entro l' errore aggiungendo altri due termini gaussiani al χ^2. Dal momento che la frazione di falsi μ influenza il valore diχ il fit è abbastanza sensibile a questo parametro. Per questo motivo abbiamo rifatto il fit senza il vincolo su f_{bck} per vedere quale valore fosse preferito dai dati. Riassumiamo in tabella 8.2 i risultati dei vari fit. I dati sembrano preferire una frazione di fondo più bassa di quella stimata nel capitolo 6. Questa è comunque solo una considerazione qualitativa dal momento che l'errore sulla frazione di fondo è molto alto.

8.3 Studio della variazione della frazione di decadimenti sequenziali

I risultati dei nostri fit dipendono in modo molto esplicito dal valore di f_s e g_s. Queste frazioni sono state stimate solo utilizzando il Monte Carlo e quindi dipendono anche dal Monte Carlo usato che nel nostro caso è la versione 8.01 di CLEO. Come controllo abbiamo rimisurato, con una statistica molto più bassa, queste frazioni usando la versione più recente di CLEO, 9.00. I due risultati sono in accordo. In tabella 8.4 sono riportate le frazioni di sequenziali di entrambi i lati quello con il vertice ricostruito e non, prima e dopo il taglio in P_t^{rel} per la versione 8.01 di CLEO mentre la tabella 8.5 raccoglie quelle ottenute con la versione 9.00.
Allo scopo di capire l'errore sistematico dovuto alla variazione della frazione di decadimenti sequenziali abbiamo variato questa frazione di ±20% e rifatto i vari fit. Quando la frazione di sequenziali viene diminuita del 20% dobbiamo ricalcolare la frazione di *charm* diretto che ci aspettiamo facendo un nuovo fit alla distribuzione in P_t^{rel} con la frazione di sequenziali fissa al 22%. In questo caso la frazione di *charm* è $f_c = 6.0 \pm 1.0\%$ che dopo il taglio in P_t^{rel} diventa $f_c = 4.0 \pm 0.6\%$. Il contenuto di *charm* diretto non viene rivalutato quando la frazione di sequenziali è aumentata del 20% in quanto in questo caso ci ci aspetta una

	Prima del taglio in P_t^{rel}	Dopo il taglio in P_T^{rel}
f_s	$27.8 \pm 0.6\%$	$15.1 \pm 0.6\%$
g_s	$19.8 \pm 0.6\%$	$19.4 \pm 0.6\%$

Tabella 8.4: Frazioni dei decadimenti sequenziali ottenute con la versione 8.01 di CLEO

	Prima del taglio in P_t^{rel}	Dopo il taglio in P_t^{rel}
f_s	$28 \pm 3\%$	$16 \pm 3\%$
g_s	$20 \pm 3\%$	$17 \pm 3\%$

Tabella 8.5: Frazioni dei decadimenti sequenziali ottenute con la versione 9.00 di CLEO

frazione più piccola di *charm* che è permessa da $f_c = 0.7 \pm 0.5\%$. I risultati dei fit sono riassunti in tabella 8.6 e 8.7.

Frazione di fondo	Frazione di *charm*	$\Delta md(ps^{-1})$	x_d	χ^2	ndof	C.L.
Fissato a 0	Fissato a 0	0.52 ± 0.09	0.76 ± 0.14	9.18	11	60.5%
Fissato a 0	$4 \pm 0.6\%$	0.60 ± 0.12	0.88 ± 0.18	10.53	10	39.5%
$12 \pm 3.4\%$	Fissato a 0	0.48 ± 0.09	0.70 ± 0.14	8.20	11	69.6%
$12 \pm 3.4\%$	$4 \pm 0.6\%$	0.54 ± 0.12	0.79 ± 0.18	8.92	10	54.1%
$27 \pm 14\%$ (fit)	$4 \pm 0.6\%$	0.45 ± 0.15	0.66 ± 0.22	8.03	9	53.2%

Tabella 8.6: Risultati dei fit con la frazione di sequenziali diminuiti del 20%.

8.4 Studio della variazione delle frazioni F_d F_s

Una delle incertezze di cui soffre questo lavoro è la misura delle frazioni di B_d^0 e B_s^0. Fino ad ora sono stati usati i valori misurati da ALEPH a livello di produzione. Come riportato in [36] F_s viene estratto indirettamente sfruttando le seguenti misure:

- i prodotti dei *branching ratio* $F_s Br(B_s^0 \to D_s^- l^+ X) Br(D_s^- \to \Phi\pi^-) = (4.1 \pm 1.1) \times 10^{-4}$ ricavati dall'analisi delle correlazioni D_s^+ leptone [72];
- i prodotti dei *branching ratio* $F_s Br(B_s^0 \to D_s^- X) Br(D_s^- \to \Phi\pi^-) = (4.8 \pm 1.0) \times 10^{-3}$ ottenuti da studi di produzione inclusiva di D_s^+ [73]
- il *branching ratio* $Br(D_s^+ \to \Phi\pi^+) = 0.033 \pm 0.007$ [74]

Frazione di fondo	Frazione di *charm*	$\Delta md(ps^{-1})$	x_d	χ^2	ndof	C.L.
Fissato a 0	Fissato a 0	0.33 ± 0.10	0.48 ± 0.15	10.14	11	51.8%
Fissato a 0	$0.7 \pm 0.5\%$	0.34 ± 0.10	0.49 ± 0.15	9.75	10	46.3%
$12 \pm 3.4\%$	Fissato a 0	0.28 ± 0.11	0.40 ± 0.16	12.36	11	33.7%
$12 \pm 3.4\%$	$0.7 \pm 0.5\%$	0.28 ± 0.11	0.41 ± 0.16	11.70	10	30.5%
$\approx 0.0 \pm 0.1\%$ (fit)	$0.7 \pm 0.5\%$	0.34 ± 0.10	0.49 ± 0.15	9.75	9	37.1%

Tabella 8.7: Risultati dei fit con la frazione di sequenziali aumentati del 20%.

Viene assunto poi che il *branching ratio* semileptonico inclusivo per gli adroni b è 0.11 ± 0.005 e che la frazione sia dei decadimenti semileptonici che inclusivi del B_s^0 che danno un D_s^- è 0.85 ± 0.15. Unendo tutte queste misure ed assunzioni si ottiene $F_s = 0.15 \pm 0.04$.

Sfruttando un metodo simile a quello descritto per le correlazioni Λ- leptone, viene trovata una frazione di barioni di 0.11 ± 0.04 [73]. Da ciò si ricava $F_d = 0.37 \pm 0.03$, lasciando la frazione di B_u uguale a quella di B_d^0 entro un 5%.

Queste frazioni utilizzate nei nostri fit potrebbero subire modificazioni per i tagli dovuti all'analisi. Allo scopo di studiare l'errore sistematico dovuto alla non conoscenza delle frazioni di B sono state determinate, facendo uso del Monte Carlo, le efficienze relative della nostra analisi per le diverse specie di B. Utilizzando queste efficienze ci siamo calcolati come viene modificata la frazione misurata a LEP di ogni singola specie per i tagli della nostra analisi. Questo esercizio è stato fatto due volte per la versione 8.01 e 9.00 di CLEO. In questo modo non dipendiamo più dalle frazioni di B definite all'interno del generatore ISAJET. I risultati sono riportati nella tabella 8.8.

Tipo di B	CLEO versione 8.01	CLEO versione 9.00	LEP
B_u	34.8%	38.1%	$37.3 \pm 3.0\%$
B_d	38.8%	42.5%	$37.3 \pm 3.0\%$
B_s	24.3%	12.1%	$15.0 \pm 4.0\%$
Barioni	2%	7.2%	$10.4 \pm 4.0\%$

Tabella 8.8: Frazione delle specie di B aspettate dopo i tagli dell'analisi

Si osserva che le frazioni di B_d e B_s sono in accordo, entro gli errori sperimentali, con quelle misurate a LEP per la versione 9.00 di CLEO mentre c'è una visibile discrepanza nel caso del B_s e dei barioni per la versione 8.01. La prima discrepanza è dovuta al fatto che per errore in questa versione il *branching ratio* semileptonico per il B_s è circa il 16%. Questo errore è stato corretto nella versione 9.00. La bassa frazione di barioni è invece imputabile al fatto che erroneamente sono stati fatti decadere con una vita media troppo corta impedendone la ricostruzione, problema che è stato risolto nella nuova versione. Ci si aspetta comunque che l'efficienza di ricostruzione dei barioni-B sia più bassa di quella delle altre specie in quanto nella catena di decadimento la maggior parte dell'impulso è portato via dai barioni o dal protone rendendo lo spettro delle altre tracce più soffice e quindi meno facilmente ricostruibili. Inoltre la vita media della Λ_B è più corta di quella dei mesoni.

Abbiamo ripetuto il fit della frazione degli eventi con i due muoni con lo stesso segno usando le frazioni ottenute scalando quelle di LEP con le efficience determinate con la versione 9.00 di CLEO. Il risultato è riportato in tabella 8.9.

Δmd	x_d	χ^2	ndof	C.L.
0.40 ± 0.09	0.58 ± 0.14	8.27	11	68.9%

Tabella 8.9: Risulati ottenuti variando la frazione delle specie di B usando la versione 9.00 di CLEO

Lo stesso esercizio è stato fatto usando le efficienze determinate con la versione 8.01 di CLEO. In questo caso il fit è stato ripetuto anche con la correzione per i barioni mancanti. I risultati, riportati in tabella 8.10, mostrano che l'alta efficienza per il B_s non ha un enorme impatto sul fit. Comunque questi valori con sono stati utilizzati nella determinazione dell'errore sistematico dal momento che dipendono da un errore nel Monte Carlo.

Versione di CLEO	Correzione	$\Delta md(ps^{-1})$	x_d	χ^2	ndof	C.L.
8.01	NO	0.33 ± 0.09	0.48 ± 0.13	10.0	11	53.0%
8.01	YES	0.36 ± 0.09	0.53 ± 0.14	9.43	11	58.2%

Tabella 8.10: Risultati ottenuti variando le specie di B usando la versione 8.01 di CLEO. La prima linea (NO) è determinata senza la correzione per i barioni.

8.5 Riassunto degli errori sistematici

Riassumiamo in questa sezione i vari errori sistematici e l'errore globale. Il risultati vengono riportati per x_d

Allo scopo di determinare l'errore sistematico bisogna definire il valore centrale. Una scelta ragionevole è il risultato ottenuto nella ultima linea della tabella 8.2 in cui il fondo viene lasciato come parametro libero del fit. L'errore sistematico viene definito come la massima deviazione dal valore centrale ottenuta lasciando variare alcuni dei parametri. Nel caso della frazione dei sequenziali questo metodo porterebbe a prendere dei fit che non hanno molto senso fisico e quindi si è assunta come incertezza sistematica la variazione che subisce x_d ottenuto dal fit in cui sia la frazione del fondo che quella del *charm* sono vincolate quando viene variata di $\pm 20\%$ la frazione di sequenziali.

Descrizione	Errore sistematico (-)	Errore sistematico (+)
Fattore di scala sulla risoluzione	-0.07	+0.00
Frazione di decadimenti sequenziali	-0.17	+0.21
Fondi	-0.07	+0.01
Frazione delle varie specie di B	-0.06	+0.00
Totale	-0.21	+0.21

Tabella 8.11: Riassunto dei vari errori sistematici su x_d

Tutti gli errori sistematici (+ e -) sono, infine sommati in quadratura. I risultati della procedura descritta sono riportati in tabella 8.11. Diamo quindi il risultato finale:

$$x_d = 0.64 \pm 0.18(stat.) \pm 0.21(sist.)$$