



Run-II monojet / mono-V analysis, part 7

Bruno Lopes

SPRACE



Search for new particles in events with energetic jets and large missing transverse momentum in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 13 \text{ TeV}$, part 7

Bruno Lopes

SPRACE

Recap...

Nas últimas apresentações, estudamos o último artigo publicado da análise, que inclui:

- Descrição dos modelos analisados
- Critérios de seleção das regiões de controle e de sinal
- Curvas de exclusão para cada modelo

E também começamos a ver o analysis note. Já vimos:

- Definições dos objetos físicos
- Correções (reweighting) devido a vários efeitos
- Seleção de eventos

HOJE: estratégia de extração de sinal

Assinatura: $p_T^{\text{miss}} + \text{jatos}$

- Principais backgrounds: $Z(\nu\nu) + \text{jatos}$ e $W(\ell\nu) + \text{jatos}$
 - Contribuição estimada a partir das cinco regiões de controle

- Outros backgrounds têm contribuição menor
 - QCD multijet: apesar de suprimido, tem seção de choque grande. Método para este background descrito posteriormente.

Escolha do WP de identificação do mono-V

- Há três esquemas para a identificação do mono-V:
 - Uso do τ_{21} (?), mesmo método de 2016.
 - Algoritmo DeepAK8 descorrelacionado em massa (GAN)
 - DeepAK8 nominal

- Para cada método, foi estimada a razão de ramificação de decaimentos invisíveis do Higgs

- Uma análise conjunta não tem tanta vantagem em relação ao “tight nominal WP”, portanto apenas ele foi usado.

Limites no H(inv) para cada WP

Tagger type	Working point	Expected H(inv) limit		
		2017	2018	combined
τ_{21}	< 0.6	65%	59%	46%
Mass-decorrelated	loose	94%	92%	69%
	tight	60%	64%	45%
	combined	55%	57%	41%
	loose	93%	83%	65%
Nominal	tight	50%	48%	36%
	combined	46%	44%	33%

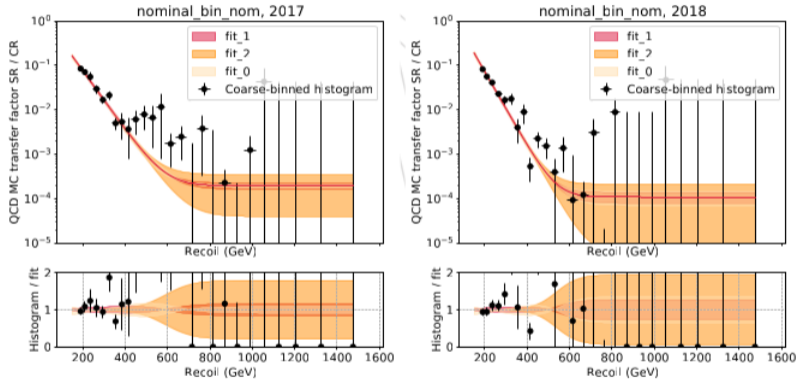
Estimação de background: QCD multijet

- Erros de medição e neutrinos de decaimentos mesônicos geram p_T^{miss}
- A seção de choque é grande o suficiente para compensar a baixa chance do evento ter alto p_T^{miss}
- Esses efeitos são difíceis de modelar em simulação, portanto a análise é feita com os dados
- Definida uma nova região de controle

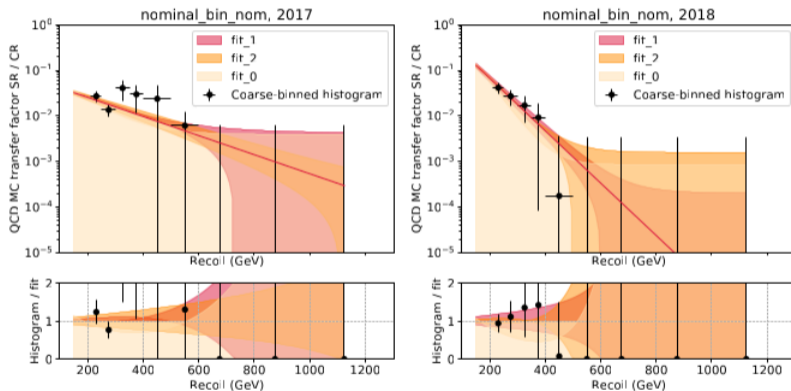
Estimação de background: QCD multijet

- Região de controle: $\min \Delta\phi(\text{jet}, p_{\text{T}}^{\text{miss}}) \leq 0.5$
 - Má medição na energia dos jatos resulta no alinhamento entre jato e $p_{\text{T}}^{\text{miss}}$
- Estimada a contribuição de QCD subtraindo o MC dos outros backgrounds
- Fator de transferência definido por simulação
- Fit: $f(x) = a \exp(-bx) + c$
 - Adequado para a região de baixo $p_{\text{T}}^{\text{miss}}$, em que a contribuição é relevante

QCD background fit: monojet



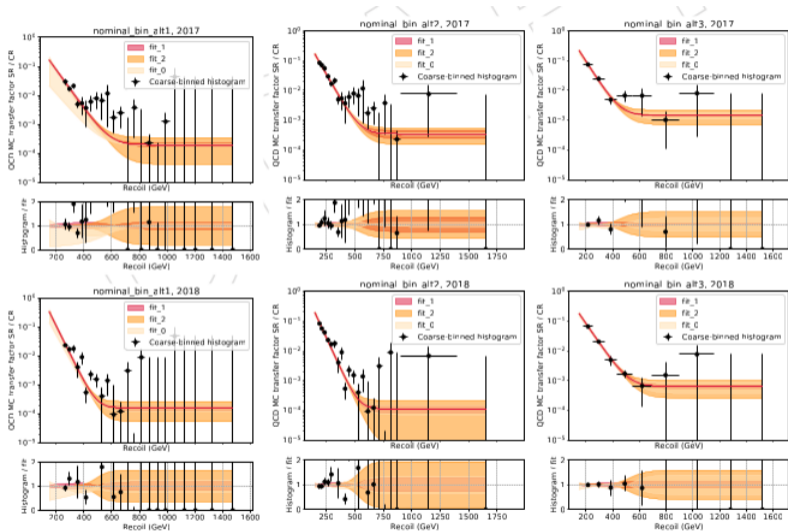
QCD background fit: mono-V



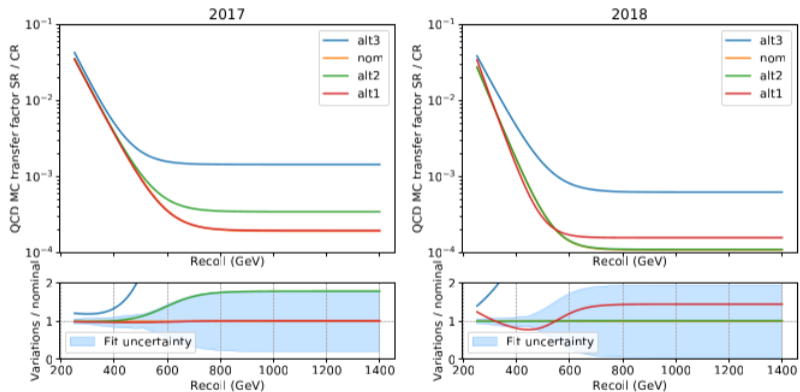
- Binagem: testadas três binagens alternativas e o maior desvio é usado como incerteza
 - Começando de 250 GeV
 - Mais grosso na cauda
 - Mais grosso em todo lugar

- Potencial erro de modelagem na região de controle de QCD
 - Variado o valor do corte para 0.2, 0.3 e 0.4
 - Observado o desvio no fator de transferência do fit
 - Desvio de 10% a 20%: incerteza de 25% associada.

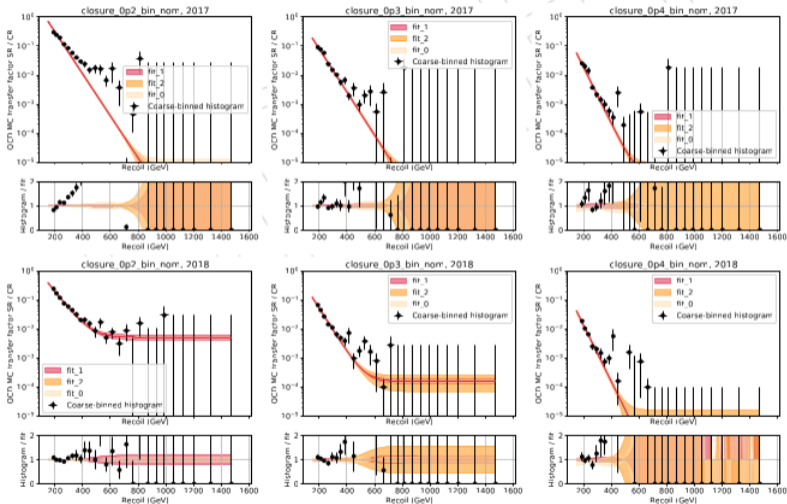
QCD background fit: binagem



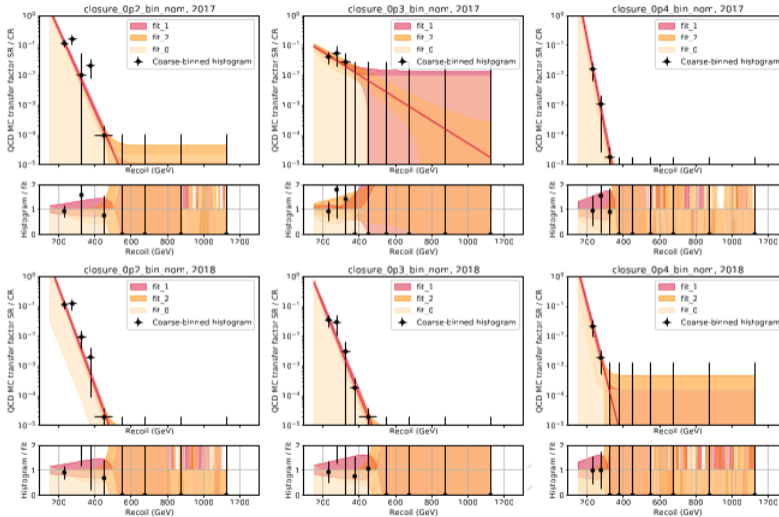
QCD background fit: binagem



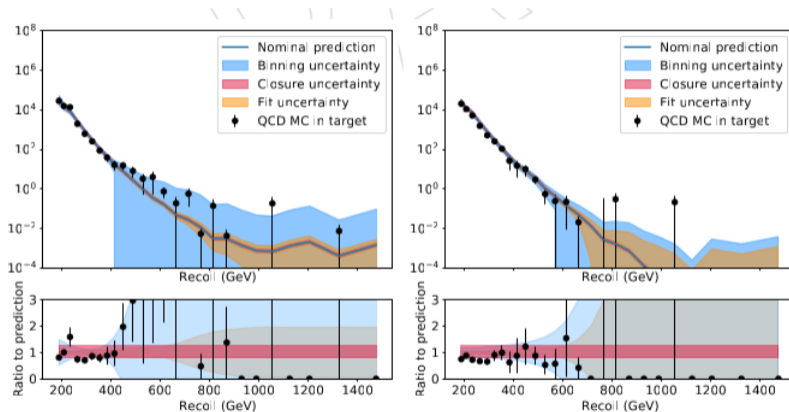
QCD background fit: variando o corte, monojet



QCD background fit: variando o corte, mono-V



QCD background fit: resultado



Estimação do background EW e fit: visão geral

- Contribuição de $Z(\nu\nu)$ **em cada bin** na região de sinal é tratada como um **unconstrained nuisance parameter**: esses parâmetros podem ser mudados sem custo na verossimilhança.
- Em cada região de controle, o principal background é vinculado a $Z(\nu\nu)$, com a razão determinada por simulação.
- Essas razões são **constrained nuisance parameters**, representando incertezas. Há um custo na verossimilhança por mudá-las.
- A intensidade do sinal também é um **unconstrained nuisance parameter**

Estimação do background EW e fit: visão geral

- Não há previsões no formato da distribuição do recuo hadrônico, apenas são tomadas razões entre regiões do espaço de fase
- Se a quantidade cancela ao tomar a razão, pode ser absorvida nos parâmetros
- Se não cancelar, pode mover os parâmetros vinculados. Isso pode apenas gerar correções pequenas
- Como a intensidade do sinal não é vinculada, pode ser mais “barato” movê-la do que mover outros parâmetros para alcançar o mesmo objetivo.

$$\begin{aligned}\mathcal{L}_c(\boldsymbol{\mu}^{Z \rightarrow \nu\nu}, \boldsymbol{\mu}, \boldsymbol{\theta}) &= \prod_i \text{Poisson} \left(d_i^\gamma \mid B_i^\gamma(\boldsymbol{\theta}) + \frac{\mu_i^{Z \rightarrow \nu\nu}}{R_i^\gamma(\boldsymbol{\theta})} \right) \\ &\times \prod_i \text{Poisson} \left(d_i^Z \mid B_i^Z(\boldsymbol{\theta}) + \frac{\mu_i^{Z \rightarrow \nu\nu}}{R_i^Z(\boldsymbol{\theta})} \right) \\ &\times \prod_i \text{Poisson} \left(d_i^W \mid B_i^W(\boldsymbol{\theta}) + \frac{f_i(\boldsymbol{\theta})\mu_i^{Z \rightarrow \nu\nu}}{R_i^W(\boldsymbol{\theta})} \right) \\ &\times \prod_i \text{Poisson} \left(d_i \mid B_i(\boldsymbol{\theta}) + (1 + f_i(\boldsymbol{\theta}))\mu_i^{Z \rightarrow \nu\nu} + \mu S_i(\boldsymbol{\theta}) \right)\end{aligned}\tag{1}$$

Função de verossimilhança

d_i : contagem de eventos em cada bin;

B_i : eventos de background

θ : erros sistemáticos, modelados como gaussianas

$\mu_i^{Z \rightarrow \nu\nu}$: contribuição do processo $Z(\nu\nu)$

f_i : fator de transferência entre $Z(\nu\nu)$ e $W + \text{jatos}$ na região de sinal

S_i : predição para o sinal

μ : intensidade do sinal

Incertezas sistemáticas: fatores de transferência

Incertezas sistemáticas são modeladas como **nuisance parameters** e incluem efeitos teóricos e experimentais.

- Teórico: correções de alta ordem em QCD e EW, além da incerteza no modelo da PDF
- Três incertezas são associadas a QCD (correlacionadas entre processos e bins):
 - Variações ao redor da escolha da escala de renormalização
 - Dependência no p_T das correções (shape uncertainty)
 - Diferença nos k-factors de W e γ + jatos para Z + jatos
- Correções nos processos EW @ nNLO: incertezas correlacionadas, e efeitos de mais alta ordem descorrelacionados entre processos.
- Incerteza na PDF estimada usando réplicas do PDF4LHC15 NNLO e mantida como parâmetro descorrelacionado (efeito pequeno)
- Incerteza adicional para processos mistos QCD-EW

Incertezas sistemáticas: fatores de transferência

Incertezas experimentais incluem:

- Eficiência de reconstrução e seleção de léptons e fótons (até 13%)
- Eficiência dos triggers de elétron, fóton e p_T^{miss} (até 2%)
- Veto no b-jet: até 6%
- Veto em leptons: até 3%
- Prefiring: afeta elétrons e muons de maneira oposta (apenas um parâmetro correlacionado)
- V-tagging: até 9%
- Modelo para p_T^{miss} : até 4%, dominado pela JES
- Determinação do p_T do fóton (diferença entre cortes para recuo e p_T do leading photon, propaga para p_T^{miss})

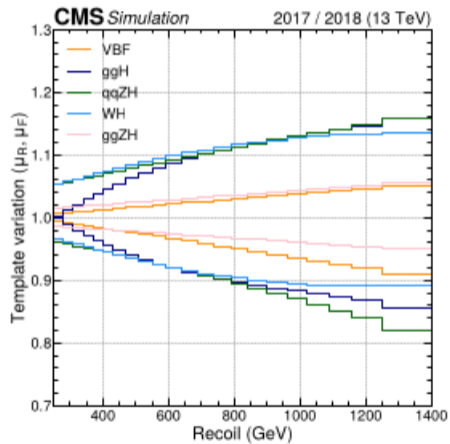
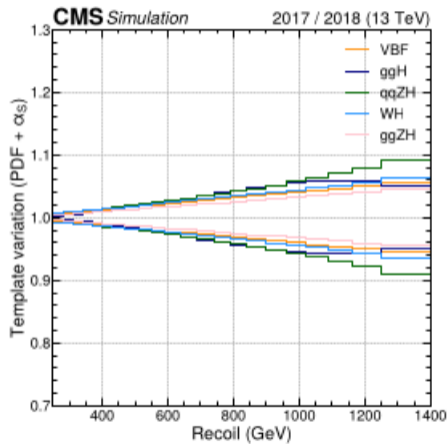
Incertezas sistemáticas: simulação

Source	Process	Uncertainty	Up-to-date?
Luminosity	All	2.5 %/ 2.3%	✓
Electron trigger	All in 1e CR	1%	✓
E_T^{miss} trigger	All in SR and 1μ CR	2%	✓
Jet/ E_T^{miss} energy calibration	All	5% (shape)	✓
Muon-reco efficiency per muon	All in muon CRs	1%	✓
Muon-ID efficiency per muon	All in muon CRs	1%	✓
Muon-iso efficiency per muon	All in muon CRs	1%	✓
Electron-reco efficiency per ele.	All in electron CRs	1%	✓
Electron-ID efficiency per ele.	All in electron CRs	3%	✓
b-jet veto	Top in SR and all CRs	6%	✓
	All remaining in SR and all CRs	2%	✓
Top p_T reweight	Top	10%	✓
Top norm	Top	10%	✓
Diboson mixed EWK-QCD corr.	Diboson	up to 10% (shape)	✓
Diboson normalization	Diboson	10%	✓
$Z(\ell\ell) + \text{jets}$ norm	$Z(\ell\ell) + \text{jets}$ (SR)	20%	✓
QCD	QCD in SR	from 20% up to > 100% (shape)	✓
Fake muons	QCD in $W_{\mu\nu}$	50%	✓
Jet-to-electron fakes	QCD in $W_{e\nu}$	75%	✓
Photon-to-electron fakes	$\gamma + \text{jets}$ in $W_{e\nu}$	20%	✓

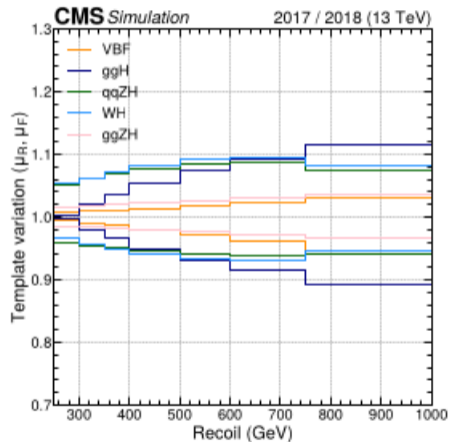
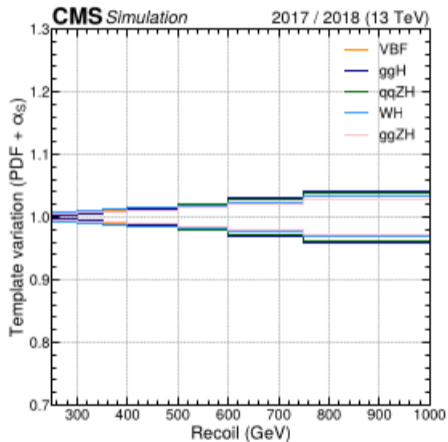
Fontes adicionais de incerteza teórica são associadas aos eventos de sinal (MC)

- Incertezas de escala (QCD) e nas PDFs
- $H(\text{inv})$: incerteza derivada via reweighting evento a evento, e polinômios ajustados aos limites inferior e superior.
- $DM+Z/W$: incertezas tomadas dos processos $Z/W H$
- $DM+\text{jet}$, ADD, LQ: incertezas no processo ggH

Incertezas sistemáticas: sinal, monojet



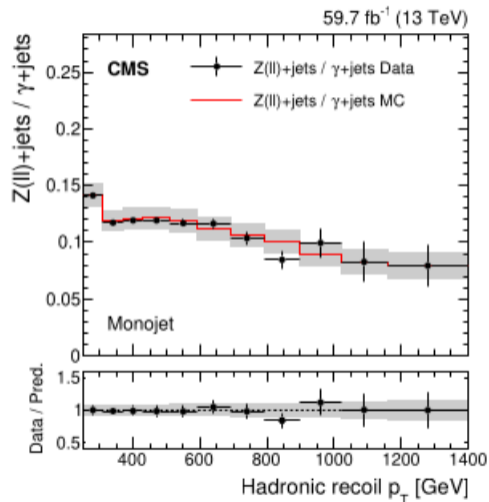
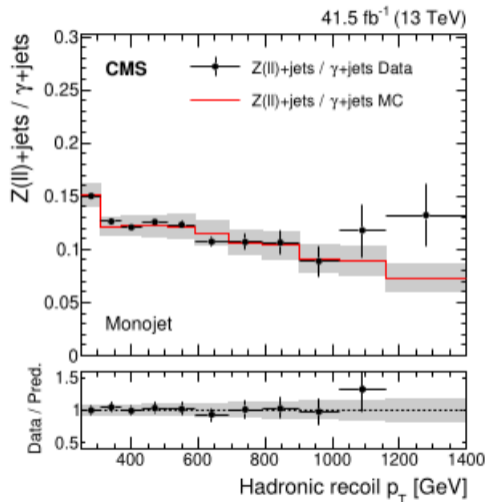
Incertezas sistemáticas: sinal, mono-V



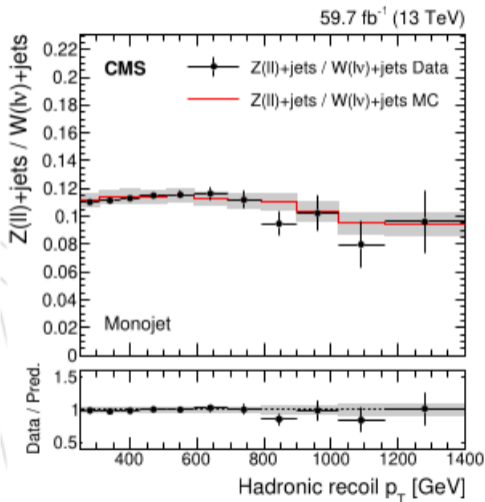
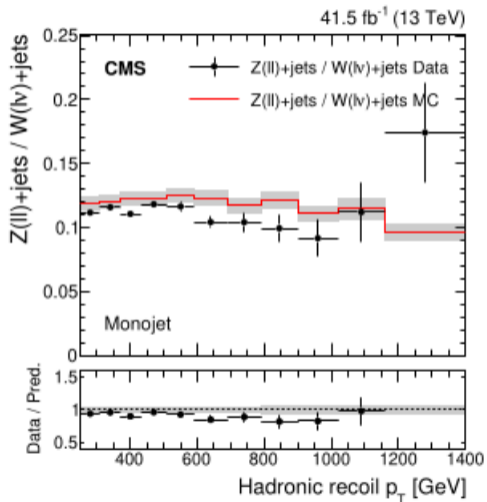
Validação das amostras de controle

Por consistência, após todas as correções, razões entre alguns processos de regiões de controle são comparados entre os dados e o MC.

Validação das amostras de controle



Validação das amostras de controle



Validação das amostras de controle

