

# O Experimento CMS

## Parte 2/2

Thiago Tomei

29/03/2007

# Sumário

- Parte 1: O Experimento CMS
  - Large Hadron Collider – LHC
  - Compact Muon Solenoid – CMS
  - Estrutura de Hardware do CMS: Detector de Trajetórias, ECAL, HCAL, Sistema de Múons.
- Parte 2: Software do Experimento CMS
  - Arquitetura geral
  - Framework e Serviços
  - Simulação
  - Reconstrução

# Objetivos do CMSSW

- Processamento e seleção de eventos na High-Level Trigger (HLT) Farm - seleção dentre os  $10^9$  eventos observados por segundo → processo de *trigger*.
- Organização e envio de resultados processados para os físicos experimentais encarregados da análise. Passam pelo trigger e são armazenados em fita magnética cerca de 100 eventos por segundo. Esses dados devem estar catalogados e acessíveis a toda a colaboração.
- O fornecimento de um conjunto de ferramentas para análise de dados padronizado, abrangente e extensível, para garantir a reprodutibilidade das análises feitas.

# Diretrizes do CMSSW

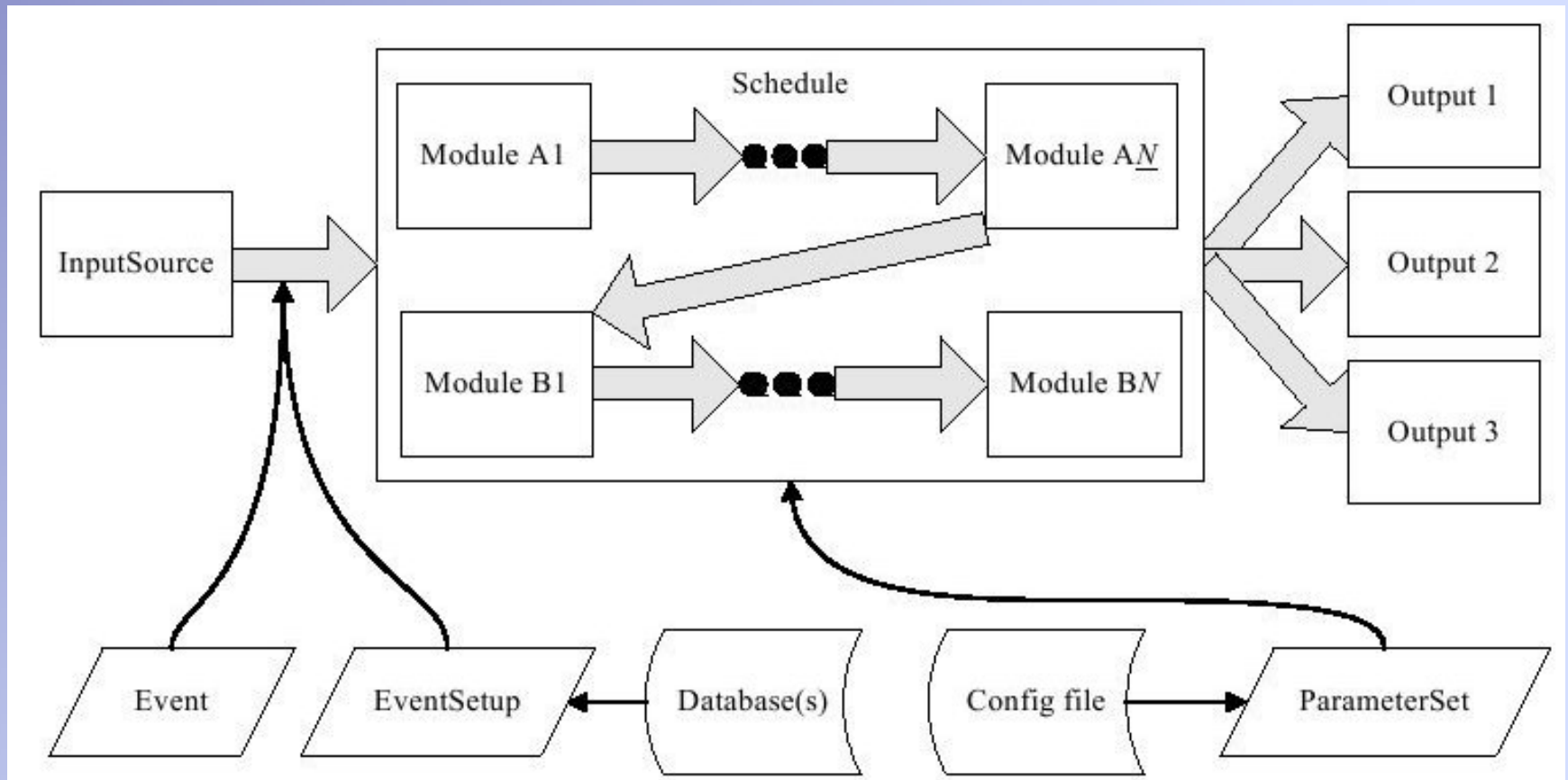
- Capaz de rodar em múltiplos ambientes computacionais e de migrar entre eles.
- Flexível: capaz de permitir modificações devido a i) avanços tecnológicos ii) novos requerimentos de software que surjam durante o tempo de vida do experimento.
- Desenvolvimento de código por grupos de Física dispersos tanto em termos geográficos como organizacionais.
- Fácil de usar: os usuários finais serão físicos da colaboração que não são especialistas em Ciência da Computação nem podem dispensar grandes quantidades de tempo no aprendizado de técnicas de computação.

# Estrutura do CMSSW

- Framework e Serviços
- Simulação
- Filtro de Eventos e Reconstrução
- Calibração e Alinhamento
- Monitoramento de Qualidade de Dados
- Validação e ferramentas para Desenvolvimento de Software.

# Framework e Serviços

- Computação da informação é feita através de módulos. Módulos são grupos de procedimentos padronizados e encapsulados, que agem sobre os dados de um evento seguindo uma agenda definida. Módulos não se comunicam entre
- Conceito chave: o Evento contém todas os dados tomados durante um dado evento de física, bem como todos os dados derivados desses.
- Informação de proveniência garante a reprodutibilidade das análises através de um registro da ação de cada módulo, mantido dentro do próprio evento.



## Framework de Software do CMS

# Simulação

- OSCAR – baseado no toolkit de simulação do GEANT4 e na framework orientada a objetos do CMS. Simulação de sinais de Física, fundos e amostras de validação

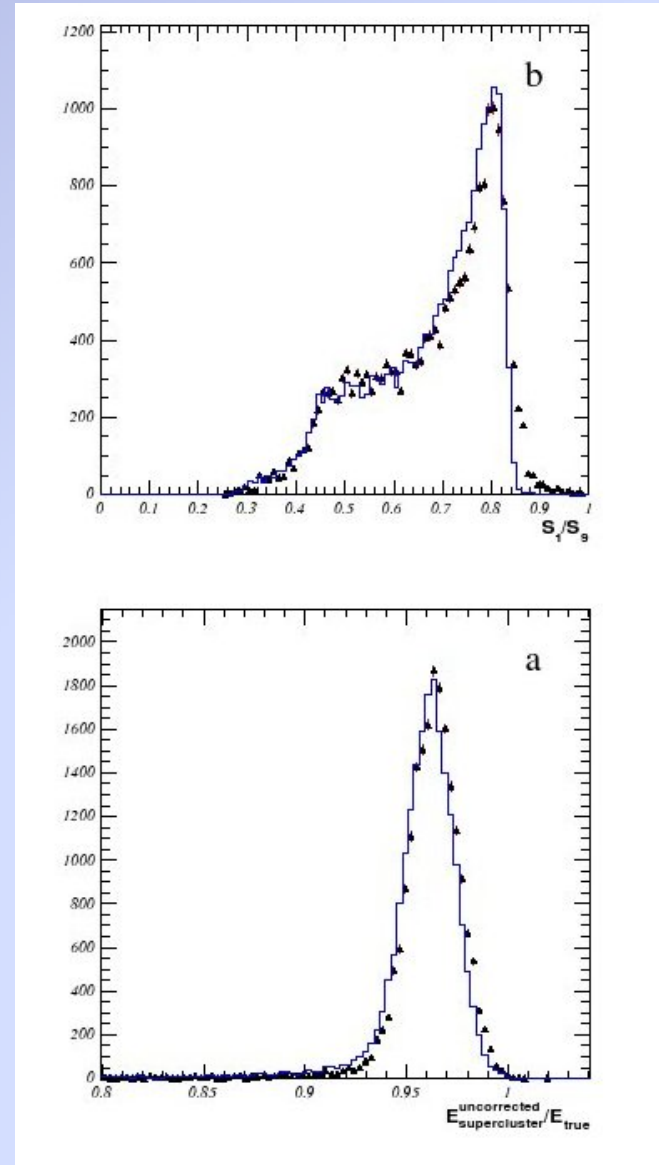
Fluxo de trabalho detalhado da simulação:

1. Configuração e execução de um gerador de eventos de Monte Carlo -> produção de arquivos de dados no formato HepMC.
2. Configuração para a simulação com GEANT4 (configuração do detector, cortes para Física, etc.);
3. Simulação com GEANT4 simulation, com eventos gerados como entrada, para produzir hits persistentes nos detectores.
4. Etapa de digitalização (contando com pile-up) para converter os hits em dados digitais (digis) que correspondem à saída da eletrônica do CMS.



- O GEANT4 fornece um conjunto de processos de Física que descrevem interações eletromagnéticas e hadrônicas de maneira detalhada. Fornece também ferramentas para modelar a geometria do detector e interfaces para recuperar informação a partir dos traços dessas partículas através dos detectores e do campo magnético.
- Colisões de pile-up são simuladas separadamente das colisões de sinal. As duas saídas são fundidas em um segundo passo, através de uma contribuição de pile-up dependente de luminosidade.
- A etapa de digitalização é uma simulação da leitura da eletrônica utilizada para aquisição de dados pelo detector. Os processos no detector, incluindo ruído e cross-talk são simulados de modo a produzir uma saída tão próxima quanto possível a dados reais.

- Resultados simulados a partir do GEANT4 devem ser validados através de comparações com dados reais e com resultados de outros toolkits (como GEANT3).
- FAMOS – Fast Monte-Carlo Simulation – novo toolkit projetado para menores tempos de simulação. Simulação é 3 ordens de magnitude mais rápida, com nível de concordância no nível de 1%.



Energia reconstruída do supercluster e  $S_1/S_9$ , simulações rápida e completa.

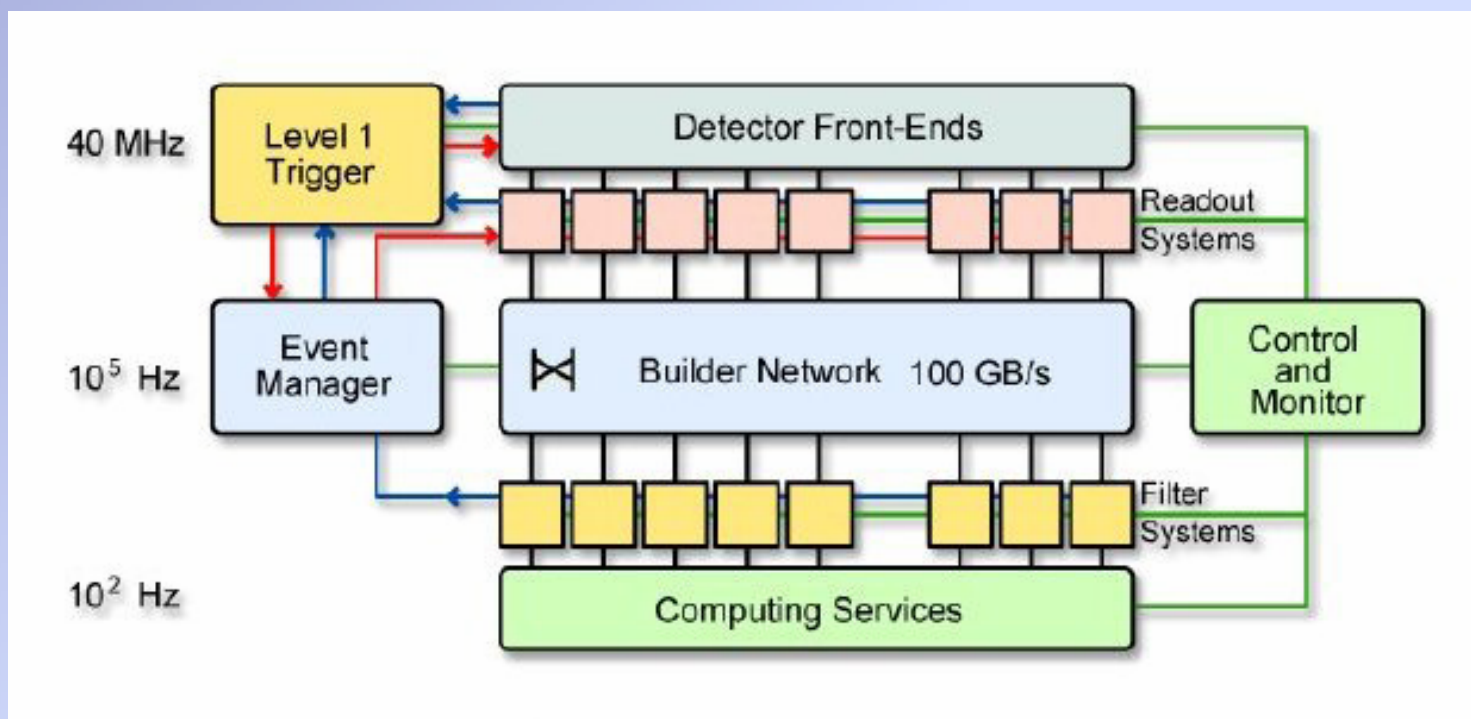
# Filtro de Eventos / Reconstrução

- Reconstrução é a operação de contruir quantidades físicas reais a partir dos dados brutos do experimento.
- O mesmo código é projetado para ser executado em um ambiente de reconstrução offline e no High-Level Trigger (HLT). Mesmos algoritmos, diferentes parâmetros.
- HLT: ênfase em descartar eventos tão rápido quanto possível, reconstrução regional.
- Reconstrução offline: ênfase na “melhor” descrição do evento, reconstrução global.

# Reconstrução – HLT

- O HLT deve reduzir a taxa de saída de eventos fornecida pelo Level-1 Trigger por um fator de 1000, para uma saída total de 100KHz para o armazenamento em fita. Isso corresponde a uma seção de choque de  $10 \text{ nb} \sim W \rightarrow e \nu_e$  isoladamente.
- Seleção de eventos de Física deve acontecer online. Eventos desinteressantes devem ser descartados ( $2.2 \mu\text{s}$ ), e um sinal emitido para o Level-1 Trigger para liberar os dados dos detectores dos buffers. Apenas regiões “ativadas” dos subdetectores têm seus dados reconstruídos.

- Proveniência é essencial: garantia de que a seqüência de operações que levou à aceitação ou rejeição de um Evento é única e reproduzível, registrada juntamente com os dados do Evento.



# Reconstrução – Geral

- O processo de reconstrução pode ser dividido em 3 etapas: local, global e final para reconstrução de objetos de alto nível.
- A Reconstrução Local usa dados reais do sistema de aquisição de dados ou dados simulados (digis), e fornece Rechits (medidas de posição ou clusters calorimétricos).
- A Reconstrução Global usa Rechits como entradas e fornece os resultados do subdetector. Por exemplo, Rechits do Sistema de Múons são reconstruídos e formam Muon Candidates.

- A Reconstrução Final combina objetos reconstruídos dos detectores individuais para produzir objetos de mais alto nível, que podem ser utilizados tanto pelo HLT como para análises de Física.
- Existem 3 níveis hierárquicos de dados no CMS:
  - FEVT (Full EVent): todos os conjuntos de dados de todos os módulos produtores, mais os dados brutos. Requer 1-2 MB/evento.
  - RECO (RECOnstructed Data): contém objetos selecionados produzidos por módulos de reconstrução. Requer cerca de 500 kB/evento.
  - AOD (Analysis Object Data): um subconjunto dos anteriores, contendo apenas objetos de alto nível; suficiente para a maioria das análises e substancialmente menor que os RECO (50 kB/evento).

Obrigado!