

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA POLITÉCNICA
DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA E DE COMPUTAÇÃO

**SISTEMA DE MONITORAÇÃO DE ALIMENTAÇÃO E
TEMPERATURAS PARA UM CALORÍMETRO DE ALTAS
ENERGIAS**

Autor:

Fernando Guimarães Ferreira

Orientador:

Carmen Lúcia Lodi Maidantchik

Orientador:

José Manoel de Seixas

Examinador:

Antônio Cláudio Gómez de Sousa

Examinador:

Flávio Luis de Mello

Examinador:

Alberto Santoro

DEL
Julho de 2009

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Luiza e João, por todo o apoio que me dão. Obrigado por terem me incentivado a buscar meus objetivos e pelos conselhos e ensinamentos nesta caminhada. Agradeço também à minha irmã, Ana Luíza, pelo carinho e confiança.

Aos meus avós, minha dinda e meus primos, Guilherme e Antônio, que, mesmo distantes, nunca deixaram de participar de todos os momentos.

À Carmen Maidantchik, pelas oportunidades e pela orientação dedicada que tornou esse projeto possível.

Ao professor José Seixas por todo apoio dado ao longo desse projeto.

A todos que trabalharam junto comigo no Grupo de Software do Laboratório de Processamento de Sinais. Gostaria de destacar a colaboração e a amizade do Felipe Grael, do Kaio Karam e da Amanda Alves.

À colaboração de todos no TileCal, Giorgi Arabdize, Brian Martin, James Keavelen, Heuijin Lim, Keith Crum e Carlos Solans, e em especial, ao Bob Stanek.

Aos amigos Bernardo Sotto-Maior, Bruno Carneiro e Thiago Ciodaro pela convivência (e por todas histórias decorrentes dela) durante nossa permanência em Genebra.

Aos amigos da faculdade Marcelo Tepedino, Rafael Pantoja, Thiago Henrique, Letícia Ramos, Alexandre Campinho, Eduardo Leandro e todos que de alguma forma contribuíram para tornar esse período tão agradável.

RESUMO

Nesse projeto, foi desenvolvido um sistema *web* para o monitoramento de fontes de alimentação e do sistema de refrigeração de equipamentos para detecção de energia aplicados à física de altas energias. Através deste monitoramento pode-se evitar problemas como superaquecimento e sobrecarga. Esse sistema faz parte da colaboração da UFRJ no experimento ATLAS, um dos quatro detectores que analisam os subprodutos da colisão de partículas ocorridas no *Large Hadron Collider* (LHC), localizado no CERN. O ATLAS é composto por diversos subsistemas, entre eles o Calorímetro Hadrônico de Telha (TileCal), para o qual o DCS Web System foi concebido.

Este sistema disponibiliza funcionalidades para o monitoramento dos dados das fontes de alta e baixas tensões para os períodos de um dia e um mês. Correntes, voltagens e temperaturas armazenadas no banco de dados do Sistema de Controle do Detector (DCS, do inglês *Detector Control System*) são recuperadas. Então, médias e desvios padrão são calculados a partir dos dados recuperados. As estatísticas obtidas são comparadas aos valores previamente estipulados. Uma representação gráfica das quatro partições do TileCal apresenta os módulos analisados e o estado de funcionamento por meio de cores. O usuário pode selecionar um módulo para obter informações detalhadas e assim averiguar a estabilidade das voltagens e das correntes elétricas ao longo do tempo.

O DCS Web System também auxilia o monitoramento em tempo real dos parâmetros do DCS. Assim é possível verificar quais equipamentos estão prontos para funcionar ou não. Os estados são atualizados a cada 10 minutos. Já os dados do sistema de refrigeração e do sistema de alimentação de altas tensões podem ser recuperados através de uma interface de busca do DCS Web System. O resultado da busca realizada mostra a variação dos parâmetros selecionados ao longo do tempo, no formato de tabelas ou por meio de gráficos temporais.

O sistema encontra-se instalado no servidor *web* do CERN e é utilizado pela colaboração TileCal, desde a sua primeira versão em 06/2007. Encontra-se em fase de identificação de novos requisitos e do desenvolvimento de novas funcionalidades.

ABSTRACT

The web-based system described in this project monitors parameters from the power supplies and the cooling system related to detecting high-energy particles equipments. The goal of monitoring is to avoid problems such as the overheating and overcharge of the devices.

This project is part of the collaboration between the UFRJ and the ATLAS experiment, a particle detector the Large Hadron Collider at CERN. ATLAS is composed of several subsystems. The Hadronic Tile Calorimeter (TileCal) is one of them.

The DCS Web System retrieves automatically electrical currents, voltages and temperatures and processes the data extracting the statistics for predefined periods of time. The mean and standard deviation outcomes are compared to preset thresholds. A graphical representation of the TileCal barrels indicates the status of the supply system of each detector drawer. Colors are designated for each kind of status. The user can choose a module in order to get more detailed information about the voltage and current stability over the time.

The DCS Web System also provides information about the power supplies latest status updated every 10 minutes. This way, it is possible to verify whether the power supplies are turned on. Furthermore, data from the High Voltage and the cooling system can be retrieved through the available search interfaces. The search outcome can be formatted as a table or as a chart. It displays the behavior of the selected parameter over the time.

The system is currently installed at the CERN's web server and it is being used by the TileCal collaboration since its first implementation, at June, 2007. At this moment, new requirements are being identified and new functionalities are being developed.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivo	3
1.3	Histórico	4
1.4	Organização do Documento	5
2	O CERN e a Física de Altas Energias	7
2.1	CERN e o LHC	7
2.2	Experimento ATLAS	8
2.3	Calorímetro Hadrônico de Telhas	10
3	Sistema de Controle do Detector ATLAS	13
3.1	Arquitetura do Sistema	14
3.2	Sistema de Controle do Sub-detector TileCal	16
3.3	Aquisição de Dados	20
4	Especificação do Projeto	22
4.1	Análise do Problema	22
4.2	Análise dos Requisitos	23
4.3	Sistema Proposto	24
5	Tecnologias Utilizadas	30
5.1	Modelo de execução AJAX	30
5.2	API Simples para XML	34
5.3	Plataforma para Análise de dados ROOT	35

5.4	Ferramenta cURL	36
5.5	O Sistema Glance	36
6	Sistema DCS Web System	39
6.1	Arquitetura do Sistema	39
6.2	Monitoramento do Estado das Fontes de Alimentação	41
6.3	Análise das Fontes de Baixas Tensões	42
6.4	Sistema de Análise para as Altas Tensões	46
6.5	Análise Avançada para Dados do HV e do Sistema de Refrigeração	49
7	Conclusão	51
	Bibliografia	54
A	Publicações	59

Lista de Figuras

1.1	Países que participam da colaboração ATLAS. Extraída de [8].	2
2.1	Vista superior do CERN e LHC. Extraído de [9].	8
2.2	Esquema do detector ATLAS. Adaptado de [9].	9
2.3	Arquitetura do Calorímetro Hadrônico de Telhas (TileCal)	11
2.4	Gaveta de um módulo do TileCal.	12
2.5	Comunicação PMT-Placa de Interface. Extraído de [12].	12
3.1	Arquitetura do Sistema de Controle do Detector do ATLAS	15
3.2	Destaque para as placas controladoras do Sistema HV	17
3.3	ELMB instalada em uma LVPS. Visão superior da fonte de alimentação. . .	19
4.1	Visualização gráfica dos módulos do TileCal.	25
5.1	Comparação do modelo tradicional de execução com o modelo AJAX. Adaptado de [30].	33
5.2	Modelo clássico de execução de aplicativos <i>Web</i> (Síncrona). Adaptado de [30].	33
5.3	Modelo AJAX de execução de aplicativos <i>Web</i> (Assíncrona). Adaptado de [30].	34
5.4	Interface de busca do Glance para o conjunto de dados das LVPS's	37
5.5	Gráfico com os valores de temperaturas para um canal de uma fonte de alimentação de baixas tensões.	38
6.1	Fluxo de dados do DCS Web System	40
6.2	Monitoração em tempo real.	42

6.3	Análise diária das fontes de baixas tensões.	43
6.4	Apresentação de todos os canais de todos os módulos para uma partição .	44
6.5	Informações detalhadas e os gráficos relacionados para o dia 10 de Maio de 2009, LBA15	45
6.6	Principal interface para a análise mensal. Nela o usuário escolhe o módulo e o mês de interesse.	45
6.7	Tabela apresentando os valores das médias e os desvios padrões para o módulo EBA01 em Junho de 2008	46
6.8	Interface de busca de dados das LVPS.	47
6.9	Análise diária das fontes de altas tensões.	48
6.10	Análise dos canais HV problemáticos.	48
6.11	Interface de busca de dados de HV.	49
6.12	Interface de busca de dados do sistema de refrigeração.	50

Lista de Tabelas

3.1	Especificação dos componentes alimentados pelas LVPS.	18
3.2	Parâmetros de normalização para os parâmetros do sistema HV do TileCal DCS. Extraído de [6]	20
3.3	Parâmetros de Normalização para os Dados de LVPS. Extraído de [6] . . .	20

Capítulo 1

Introdução

Um Sistema de Informação (SI) é um conjunto consistente de componentes que atuam coordenadamente para produzir, distribuir e processar uma grande quantidade de informação [1]. Seu objetivo é melhorar a comunicação entre sistemas e organizações através da troca de informações de forma transparente. Quando baseado em tecnologia *web*, disponibiliza uma grande variedade de conteúdo e funcionalidades para usuários que podem estar geograficamente dispersos [2].

Este projeto refere-se ao desenvolvimento de um SI para a monitoração remota do funcionamento de fontes de alimentação de equipamentos aplicados à experimentos em física de altas energias. A eletrônica destes experimentos é composta por sensores sensíveis à variação da tensão de entrada. Ainda, problemas como superaquecimento e sobrecarga podem danificar componentes que não podem ser substituídos durante a fase de funcionamento dos detectores. Desta maneira, a operação estável dessas fontes garante a segurança e a consistência dos dados físicos adquiridos.

1.1 Motivação

O CERN (*Centre Européen pour la Recherche Nucléaire*) [3] é o maior centro de pesquisa científica do mundo. Encontra-se na fronteira entre a Suíça e França, próximo à cidade de Genebra. Nele foi construído o LHC (*Large Hadron Collider*), o maior acelerador

de partículas do mundo. Ao longo do túnel do LHC estão quatro detectores de partículas altamente especializados, dentre eles o detector ATLAS (*A Toroidal LHC ApparatuS*). Trinta e sete países fazem parte da colaboração ATLAS através de 169 universidades e institutos, totalizando mais de 2.500 pesquisadores, incluindo 700 estudantes. Os países participantes desta colaboração estão ilustrados na Figura 1.1.



Figura 1.1: Países que participam da colaboração ATLAS. Extraída de [8].

O ATLAS é composto por diversos subsistemas com características específicas de acordo com suas funcionalidades. O Calorímetro de Telhas (TileCal) [4] tem a função de medir a energia das partículas geradas após uma colisão. É composto por três barris, cada um dividido igualmente em 64 módulos. Um módulo possui a instrumentação eletrônica necessária para a aquisição de dados. A alimentação desses componentes é realizada por baixas tensões. Cada módulo possui até quarenta e cinco sensores fotônicos alimentados pelo sistema de altas tensões. O sistema de refrigeração garante as temperaturas adequadas para a operação. Os dados referentes às fontes de alimentação são conhecidos como dados não-físicos, pois os mesmos não carregam informações sobre as pesquisas realizadas, como a detecção de partículas.

O Sistema de Controle do Detector (DCS, do inglês *Detector Control System*) garante a operação correta e segura do ATLAS. Todas as ações inicializadas pelo operador e todos erros, avisos e alarmes relativos ao hardware do detector são gerenciados pelo DCS. Para tal, o sistema monitora de maneira contínua todos os parâmetros operacionais [5].

O DCS central amostra voltagens, correntes e temperaturas numa frequência de 100 *mHz*, utilizando programas desenvolvidos dentro da plataforma *PVSS-II*. Somente para o TileCal são 65.000 amostrados. O PVSS é um sistema de controle orientado à eventos e aos dispositivos. Deve ser utilizado em computadores com o sistema operacional *Windows*. Após adquiridos, os dados são armazenados em arquivos *ASC-II* nos computadores onde o projeto PVSS é executado. Posteriormente, os dados desses arquivos são armazenados no banco de dados oficial da colaboração, com tecnologia *ORACLE* [6].

Para avaliar o funcionamento desses equipamentos, antes do desenvolvimento deste projeto, o pesquisador precisava acessar os painéis dos programas em PVSS ou recuperar os dados armazenados diretamente do banco de dados. Ambos os métodos limitam o acesso aos dados, seja pela necessidade de autenticação, pela disponibilidade dos recursos ou pela necessidade do conhecimento de linguagens de computação, como por exemplo, SQL (*Sequence Query Language*). Nesta abordagem o usuário necessitava visualizar todos parâmetros amostrados para cada módulo para poder ter uma visão detalhada, o que era impraticável.

A falta de um procedimento padrão de monitoramento levava a conclusões incertas. Pelos motivos apresentados, esta abordagem mostrou-se ineficiente.

1.2 Objetivo

Este projeto final de curso objetivou desenvolver um sistema *web* para auxiliar a monitoração do funcionamento das fontes de alimentação e do sistema de refrigeração do TileCal. Para tal, foram identificadas quais tensões, correntes e temperaturas são relevantes. Os dados selecionados são recuperados, da base de dados central, para os períodos de um dia e um mês, de maneira automática. Estes são normalizados e suas

médias, bem como seus desvios padrões, são calculados.

Através da comparação da estatística obtida com patamares pré-estabelecidos pela colaboração, são identificadas fontes problemáticas. Estas fontes devem ser destacadas na interface do sistema com o auxílio da representação gráfica do TileCal. O usuário pode obter maiores detalhes através de tabelas do comportamento de canais e gráficos disponibilizados no sistema. Criou-se assim um procedimento padrão de monitoramento e análise.

Adicionalmente, é oferecida a possibilidade do usuário recuperar dados para qualquer período de tempo, armazenando-os nos formatos de arquivo CSV, XML ou ROOT para que possam ser realizadas análises mais detalhadas.

1.3 Histórico

No final de 2005, ingressei no Laboratório de Processamento de Sinais (LPS) como aluno de iniciação científica. Em meu primeiro projeto, desenvolvi formulários HTML validados por programas em Javascript.

Em 2006, iniciei minha colaboração com o projeto CERN no desenvolvimento e manutenção de sistemas *web* de apoio à fase de certificação dos equipamentos do TileCal. Esse trabalho foi apresentado no Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos (ENFPC), em setembro de 2006, em Águas de Lindóia, São Paulo, e deu origem ao artigo publicado nos anais da *Computing High Energy Physics*, realizado em 2007, em Victory, Canadá.

Posteriormente, desenvolvi um protótipo de um sistema para o monitoramento de parâmetros adquiridos nas fontes de alimentação de baixas tensões. No ano seguinte, fui para o CERN. Durante minha permanência de um ano, o DCS Web System foi proposto e suas primeiras funcionalidades implementadas. Neste período, foi possível o contato direto com a colaboração TileCal, especialmente com os responsáveis pela validação das fontes e pela gerência do detector. O progresso do sistema foi apresentado em reuniões semanais para todos os envolvidos na certificação dos equipamentos do detector. Este

trabalho também foi apresentado nos seminários semestrais que abordam os desenvolvimentos ocorridos no detector.

Desde 2008, é realizada a manutenção do sistema, o levantamento de novos requisitos, bem como, a implementação de novas funcionalidades.

Como resultado deste trabalho, foi realizada uma apresentação de painel no ENFPC, em outubro de 2007, novamente em Águas de Lindóia, e publicado um artigo nos anais da *Computing High Energy Physics*, realizado em 2009 em Praga, República Tcheca. Neste último, apresentei o DCS Web System e os sistemas para monitoramento e calibração de canais, também desenvolvido pelo grupo de *software* do LPS. Para participar do evento, contei com o patrocínio do projeto ACEOLE, programa europeu que visa o treinamento em pesquisas de diversas modalidades como, por exemplo, microeletrônica, redes e aquisição de dados [7].

Durante toda minha participação como aluno de iniciação científica, contei com a bolsa de auxílio oferecida pelo CNPQ. Participei ainda, de três edições da Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica.

No Apêndice A, encontram-se os respectivos resumos das publicações citadas nessa seção.

1.4 Organização do Documento

No Capítulo 2, é apresentada uma descrição do ambiente CERN e do detector ATLAS com ênfase para o funcionamento do Calorímetro Hadrônico de Telhas para qual o sistema em questão foi concebido.

No Capítulo 3, é apresentado um estudo sobre a operação do Sistema de Controle do Detector ATLAS. Neste estudo são mostradas a arquitetura do sistema e sua organização em relação aos sub-detectores. Os subsistemas referentes ao Calorímetro Hadrônico são descritos e, por fim, o processo de amostragem dos sinais de voltagens, correntes e demais parâmetros é exposto.

No Capítulo 4, são apresentados a análise dos fatores que motivaram a elaboração

do projeto e suas especificações, através da escolha dos parâmetros de interesse. Por fim, é apresentada a proposta do sistema.

No Capítulo 5, as tecnologias escolhidas para o desenvolvimento deste projeto são detalhadas.

A solução proposta e implementada é descrita no Capítulo 6. Para tal, todas as funcionalidades do *DCS Web System* são descritas.

Por fim, o Capítulo 7 traz as conclusões e os trabalhos futuros do projeto.

Capítulo 2

O CERN e a Física de Altas Energias

A Ciência procura compreender as leis que regem a Natureza. Uma das questões mais antigas desta busca refere-se à constituição da matéria. A Física de Partículas é a parte da física que estuda os constituintes da matéria e as interações entre eles.

2.1 CERN e o LHC

O CERN (*Centre Européen pour la Recherche Nucléaire*) é o maior laboratório de Física de Partículas do mundo. Localiza-se na fronteira da França com a Suíça, próximo à cidade de Genebra. É composto por 20 países membros e conta com a colaboração de países como o Brasil, totalizando 6000 pesquisadores. Lá, foi construído o acelerador de partículas circular LHC (*Large Hadron Collider*).

Aceleradores de partículas (ou colisionadores atômico) são dispositivos que impulsionam feixes de partículas a velocidades próximas à da luz, fazendo as partículas atingirem grandes energias cinéticas e colidirem umas com as outras. Para tal, partículas eletricamente carregadas são submetidas a pulsos eletromagnéticos no interior de um túnel e são aceleradas através da variação do campo magnético que as envolve.

O LHC localiza-se dentro de um túnel circular com 27 Km de comprimento, 100 m abaixo da superfície e será capaz de colidir prótons à 14 TeV. Com sua operação pretende-se entender a interação eletro-frac, a partir da observação de um ou mais *bósons de*

Higgs. Esta partícula explicaria a origem de massa das outras partículas elementares, em particular a diferença de massa entre o próton e os pesados bósons W e Z [8].

A Figura 2.1 apresenta a vista superior da área onde se encontra instalado o LHC. Em destaque, o percurso circular com raio de 4,3 Km descrito pelo acelerador.



Figura 2.1: Vista superior do CERN e LHC. Extraído de [9].

Seu formato permite que vários experimentos sejam realizados nos diversos pontos de colisão ao longo de sua circunferência, que possibilitam uma visão detalhada das colisões ocorridas, indo desde características energéticas às imagens com alta resolução da trajetória das partículas resultantes. De posse das informações proporcionadas pelos detectores, podemos caracterizar cada sub-partícula criada após a colisão. O LHC possui quatro detectores de partículas altamente especializados: ALICE, ATLAS, CMS e LHCb.

Esse projeto foi desenvolvido dentro da colaboração entre a UFRJ e o experimento ATLAS.

2.2 Experimento ATLAS

O ATLAS (*A Toroidal LHC ApparatuS*) possui 44 m de comprimento, 25 de altura e pesa aproximadamente 7000 T. É um detector cilíndrico, posicionado ao longo do LHC. Sua estrutura é disposta ao redor do ponto de colisão. Assim, o sistema de coordenadas utilizado no experimento acompanha a direção dos feixes de partículas gerados após a colisão. O detector é composto por diversos subsistemas com características específicas

de acordo com suas funcionalidades [9] [10], como pode ser visto na Figura 2.2.

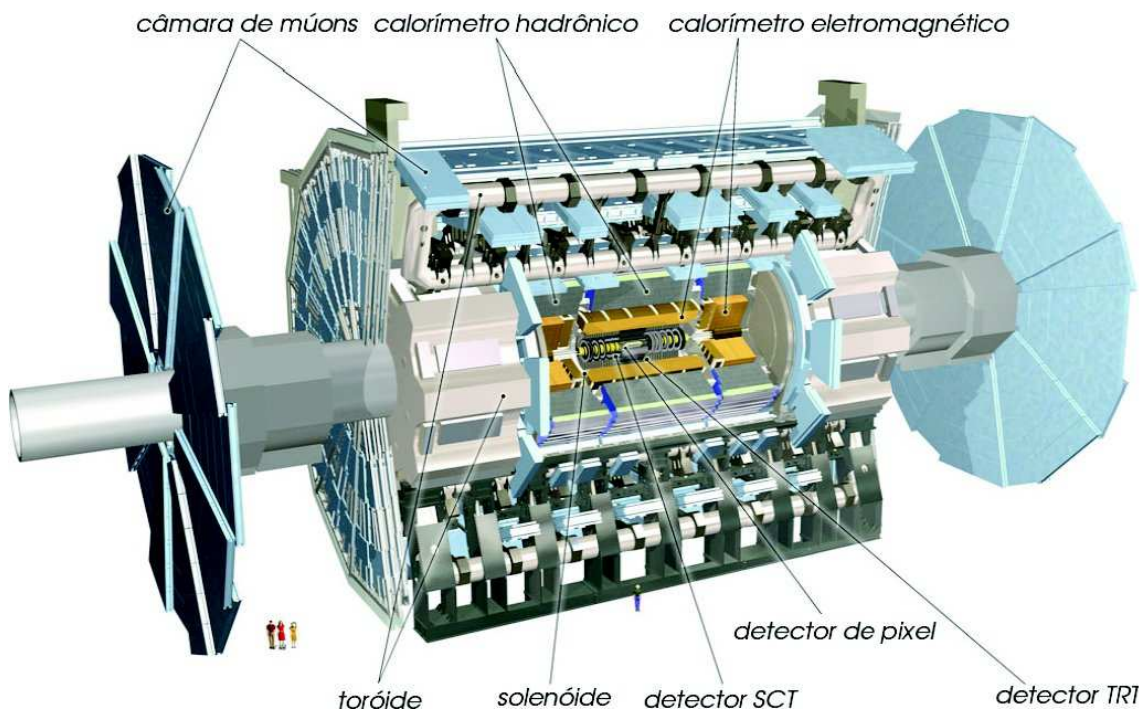


Figura 2.2: Esquema do detector ATLAS. Adaptado de [9].

Localizado no centro do detector, o Detector Interno (*Inner detector*) registra as trajetórias das partículas resultantes da colisão, bem como o momento e o sinal da carga, se for o caso. É formado pelo Detector SCT, pelo Detector TRT e pelo Detector de Pixel.

Numa camada mais externa há o Câmera de Múons. Este mede a trajetória de uma determinada partícula denominada Múon. Esta partícula não é detectada por nenhum outro sub-detector. E por fim, o Sistema Magnético desvia partículas carregadas para medir o momento

Por sua vez, os calorímetros do ATLAS têm a função de medir a energia das partículas geradas após a colisão [11]. Um calorímetro é um bloco de matéria que interage com as partículas, fazendo-as decair em outras menos energéticas e mais estáveis. Ao decair, essas partículas liberam energia, medida pelo calorímetro [11]. Calorímetros são amplamente utilizados em pesquisas com física de partículas, pois apresentam as seguintes vantagens:

- Calorímetros são sensíveis tanto às partículas neutras como as carregadas.

- Quanto maior a energia da partícula, mais preciso é o resultado. Essa característica não acontece em outros detectores.
- Para conter o desenvolvimento de cascatas dos objetos a serem medidos, a profundidade dos calorímetros aumenta logaritmicamente com a energia, permitindo o desenvolvimento de detectores compactos.
- Torna desnecessário o uso de campos magnéticos.
- Podem ser segmentados, permitindo uma boa visualização do evento e uma medição de energia mais acurada.
- Resposta rápida, fator importante num ambiente de alta taxa de eventos.

O sistema de calorimetria do ATLAS é dividido em dois calorímetros: o calorímetro eletromagnético e o calorímetro hadrônico. Este projeto foi desenvolvido no âmbito do calorímetro hadrônico.

2.3 Calorímetro Hadrônico de Telhas

O calorímetro hadrônico de telhas (TileCal) é composto por três barris, um central com um comprimento de 5.6 m e dois barris estendido com 2.9 m de comprimento [4]. Cada barril é dividido igualmente em 64 cunhas, chamadas módulos, como visto na Figura 2.3(a).

Os módulos do TileCal (Figura 2.3(b)) são dispositivos compostos de ferro como mediadores passivos e telhas cintilantes como material ativo. A estrutura absorvedora é coberta de placas de aço de várias dimensões, conectadas a uma estrutura maciça de suporte. A disposição das telhas perpendiculares à direção do feixe é a principal inovação deste detector.

A passagem de partículas ionizadas pelo TileCal produz luz no espectro ultravioleta (UV). Sua intensidade é proporcional à energia depositada pela partícula. A luz

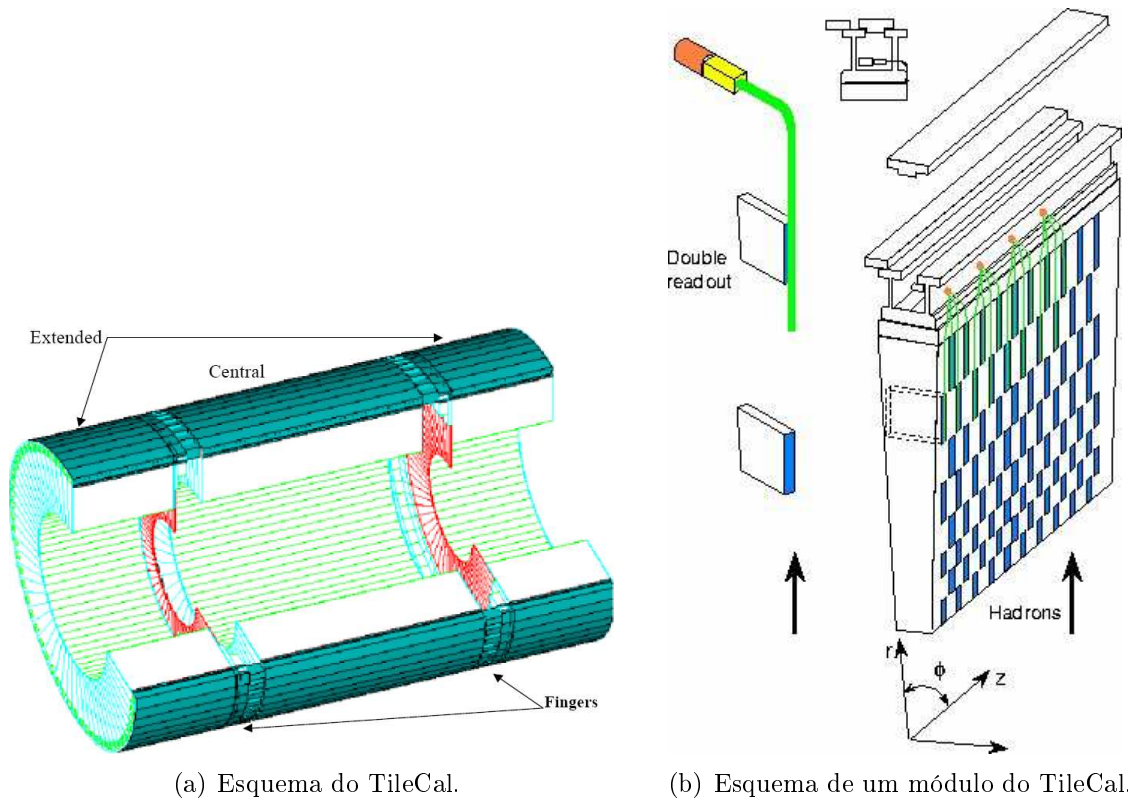


Figura 2.3: Arquitetura do Calorímetro Hadrônico de Telhas (TileCal)

produzida se propaga através das telhas para suas bordas onde é absorvida por fibras óticas e deslocada, por reflexão interna total, até sensores fotônicos, também conhecidos como fotomultiplicadoras (do inglês *PhotoMultipliers*, PMT). Estes produzem um sinal de corrente proporcional à intensidade de luz recebida. Uma PMT pode ser idealizada como um pulso de corrente [12].

Existem 45 PMTs nos módulos da parte central do detector e 32 PMTs nos barris estendidos. Elas estão localizadas nas chamadas gavetas ou *super-drawers*, representada na Figura 2.4.

As PMTs são reunidas em 3 e seus sinais são agrupados pelas *TileDMUs* (Unidade de Gerenciamento de Dados do TileCal). Duas *TileDMUs* são conectadas a uma placa-mãe digitalizadora (*Digitizer Mother-Board*, DMB) que concatena seus dados. Todos os blocos de dados das DMB de uma *super-drawer* são lidos pela placa de interface que acrescenta um cabeçalho e envia para a eletrônica de *back-end* do TileCal. A integração destes componentes é esquematizada na Figura 2.5.

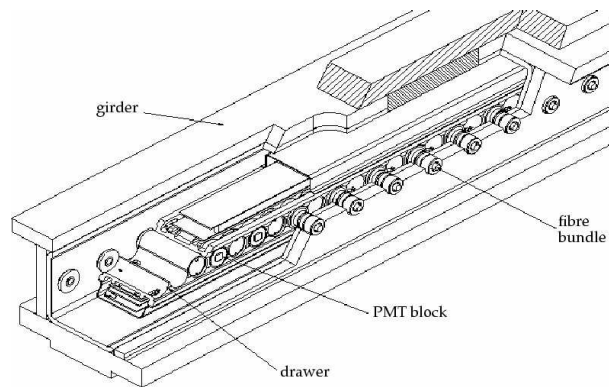


Figura 2.4: Gaveta de um módulo do TileCal.

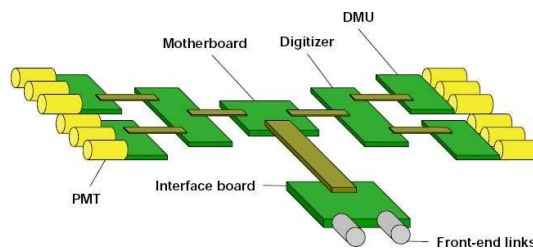


Figura 2.5: Comunicação PMT-Placa de Interface. Extraído de [12].

A alimentação das PMTs é realizada por tensões da ordem de 800 V. Já a eletrônica associada é alimentada por canais de tensões de baixas amplitudes. O Sistema de Controle do Detector ATLAS é responsável pelo controle e monitoramento das fontes de alimentação utilizadas pelo TileCal. Este sistema será detalhado no Capítulo 3.

Capítulo 3

Sistema de Controle do Detector

ATLAS

O Sistema de Controle do Detector (do inglês *Detector Control System*, DCS) foi projetado para garantir a segurança e a operação correta de todo o experimento. O DCS do ATLAS foi desenvolvido com uma infra-estrutura comum [13] ao sistema de aquisição e filtragem de dados do experimento.

A necessidade de um sistema de controle centralizado ficou evidente com a complexidade dos experimentos do LEP (Grande Colisionador de Elétrons-Pósitrons) [14], antecessor do LHC, no final dos anos 80. Os experimentos do LHC trazem novos desafios ao DCS devido à quantidade de equipamentos em um ambiente hostil, com campo magnético intenso, chegando até 1,5 T, e presença de radiação que pode variar desde 1 Gy, nas regiões protegidas pelos calorímetros, até 100 kGy/ano, perto do ponto de interação [10]. A inacessibilidade da caverna do ATLAS durante a aquisição de dados exige que haja a operação e o monitoramento remoto desses equipamentos [5].

Os componentes dos detectores e a infra-estrutura compartilhada do detector são supervisionadas pelo DCS. Este sistema permite o monitoramento dos equipamentos através da leitura, do processamento e do armazenamento de parâmetros relativos à operação do detector, além de lidar com mensagens de erros que eventualmente ocorram, realizar a comunicação com os sistemas externos e oferecer um mecanismo de sincronização com

o sistema de aquisição de dados físicos [15].

3.1 Arquitetura do Sistema

Devido ao tamanho e complexidade do ATLAS, foi enfatizado o uso de *hardware* e *software* padronizados a fim de garantir o desenvolvimento eficiente e a manutenção a longo prazo. Desta maneira, soluções comerciais foram usadas sempre que possível para a implementação do DCS [15].

O PVSS (*ProzeßVisualisierungs and SteuerungsSystem*) [16], da companhia austríaca ETM, é uma plataforma para o desenvolvimento de sistemas industriais de controle e aquisição de dados (do inglês *Supervisory Controls And Data Acquisition*, SCADA) orientado à eventos e aos dispositivos. Esta plataforma foi escolhida através de uma minuciosa pesquisa de mercado.

Quatro características fazem do PVSS uma boa opção para a implementação do ATLAS DCS [5]:

- Um computador central executa o “projeto” que contém um número de processos chamados “gerenciadores”. Diferentes tipos de gerenciadores podem ser usados dependendo do tipo de Projeto que está sendo usado, evitando assim sobreposição de tarefas.
- Cada Projeto de PVSS usa um banco de dados central para todos os valores adquiridos, armazenando-os nos chamados “*Datapoints*” ou endereçamentos. Todos os gerenciadores têm total acesso ao banco de dados para o qual o PVSS oferece um sincronismo transparente. O processamento de dados é realizado utilizando rotinas *multi-threads* de acordo com a mudança de valores.
- Uma Interface de Programação para Aplicativos (API) permite estender a funcionalidade de aplicações de controle usando componentes adicionais.

O DCS é organizado em equipamentos de *Front-End* (FE) e um sistema de *Back-End* (BE). O FE consiste em equipamentos eletrônicos e seus serviços associados como

fontes de alimentação e circuitos de refrigeração. Para esses equipamentos, uma unidade de leitura e processamento de proposta geral, capaz de operar em radiação de 140 Gy e em campos magnéticos de até 2 T, chamada ELMB (*Embedded Local Monitor Board*) [17] foi desenvolvida. Esta placa pode ser utilizada diretamente integrada aos sensores de leitura (*read-out*), ou embarcada nos equipamentos eletrônicos [15]. O sistema BE é formado por computadores conectados como um sistema distribuído pelo qual o PVSS gerencia a comunicação entre os processos que são executados.

O BE é organizado em três camadas: as Estações de Controle Locais para o controle dos processos dos subsistemas, as Estações de Controle dos Sub-detectores para o controle em alto-nível de um sub-detector permitindo a operação autônoma, e as Estações de Controle Global com servidores de aplicativos na Sala de Controle do ATLAS para a supervisão da operação como um todo [18]. As três camadas estão representadas, respectivamente, da parte inferior à parte superior na Figura 3.1.

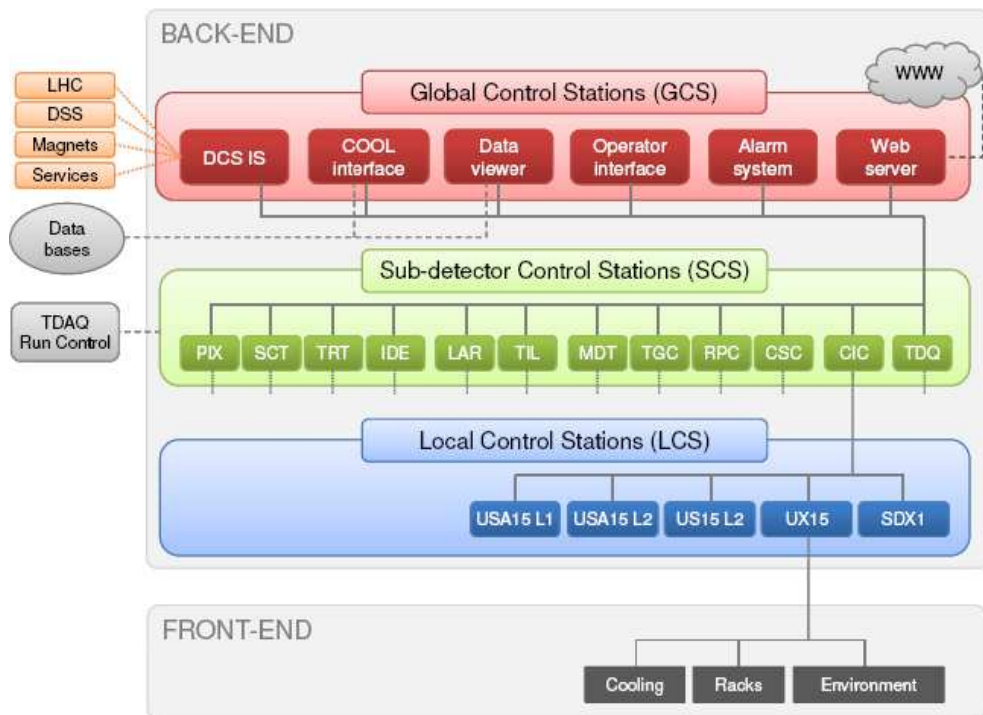


Figura 3.1: Arquitetura do Sistema de Controle do Detector do ATLAS

Todos os sub-detectores do ATLAS possuem seu próprio DCS local. A arquitetura desses subsistemas depende da estrutura do sistema DCS global. A camada de Controle

Global oferece soluções comuns a todos seus subsistemas: o gerenciamento de alarmes; a notificação de erros; e o armazenamento e visualização dos dados através dos bancos de dados centrais *COOL DB* [19] (para dados relevantes para análise *offline*) e *DCS ORACLE Archive* [6] (para dados de configuração como tensões de saída desejadas e limites críticos e para dados relevantes para a compreensão do comportamento dos dispositivos do DCS). Essas funcionalidades comuns faz do DCS um sistema coerente e homogêneo. As soluções globais são aplicadas de acordo da arquitetura elétrica e das particularidades estruturais de cada sub-detector.

A comunicação entre o DCS global e as estações locais é realizada de maneira bilateral. Informações relativas ao estado dos diferentes subsistemas são transmitidas ao DCS global e são usadas para apresentar ao usuário o estado do experimento como um todo. Por outro lado, o sistema global executa tarefas comuns à todos sub-detectores, como o monitoramento da umidade e temperatura ambiente da caverna do experimento.

3.2 Sistema de Controle do Sub-detector TileCal

O DCS para o TileCal é subdividido de maneira a atender os requisitos de seus diferentes subsistemas, conforme descrito a seguir.

3.2.1 Sistema de Altas Tensões

O sistema de Altas Tensões (HV, do inglês *High Voltage System*) [20] é usado para alimentar as PMTs com uma tensão que pode variar de 400 V até 1000 V e uma corrente de 20 mA por canal. Para o HV, cada um dos 256 módulos são equivalentes. Esse sistema envolve um certo número de fontes e distribuidores [15]. Cada fonte consiste de dois *racks* com dezesseis *crates* com dois canais de alta tensão e uma unidade de comunicação [15].

Para um conjunto de PMTs existe um sistema regulador, chamado *HVopto board*, que oferece um ajuste fino na tensão de entrada de cada fotossensor com uma faixa de 350 V abaixo da tensão de entrada. Duas placas *HVopto* são controladas outra placa chamada *HVmicro*, baseada no microcontrolador INTEL 8051 [15] [21]. No total, cada

HVmicro controla 64 canais de 5 diferentes tipos com uma taxa de aquisição de 0,1 Hz [22]. A Figura 3.2 destaca as placas controladoras do Sistema HV do TileCal instaladas na parte superior de uma gaveta.

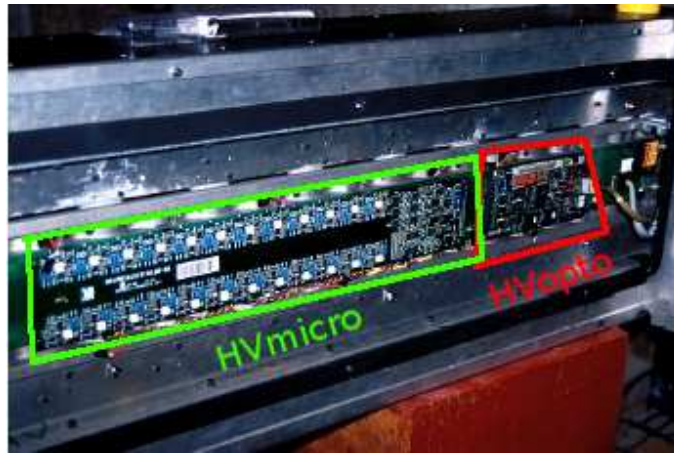


Figura 3.2: Destaque para as placas controladoras do Sistema HV

A comunicação com as *HVmicro* é realizada via barramento CANbus [23], conectado aos computadores locais através da placa *Kvaser PCIcan* [24] com 4 portas, que distribuem a conexão com os módulos em 4 desdobramentos de 16 módulos cada. Essa comunicação é realizada através de um *gateway* TCP/IP.

Além de controlar o comportamento das fontes HV, o DCS adquire e armazena as tensões aplicadas sobre as PMTs. No total, o DCS monitora 20.000 parâmetros. Esses dados serão utilizados para análise *offline* pelo grupo de reconstrução dos dados provenientes de eventos físicos. Os ganhos das PMTs podem variar com o tempo e uma nova calibração pode ser necessária. Desta maneira, é preciso armazenar todos os valores durante a operação do detector [22].

3.2.2 Fontes de Baixas Tensões

O sistema de Fontes de Alimentação de Baixas Tensões (LVPS, do inglês *Low Voltage Power Supply*) é composto por 3 dispositivos: uma fonte alimentação não-regulada de baixa tensão, uma placa auxiliar que alimenta e controla 4 LVPS e uma fonte de 200 V em corrente contínua.

As LVPS alimentam dois importantes componentes dos módulos: a eletrônica de distribuição do HV e a eletrônica de *front-end*. As duas partes são distintas do ponto de vista do sistema, pois os componentes eletrônicos analógicos, como, por exemplo, a placa-mãe, são muito sensíveis, requerendo um nível de ruído pico-a-pico menor do que 2 mV [15]. Ainda, os digitalizadores são alimentados independentemente para evitar curtos circuitos. A Tabela 3.1 resume a especificações de cada componente alimentado pelas LVPS, a partir das informações obtidas em [22].

	Tensão Nominal	Tolerância	Corrente
Placa-mãe (MB)	+5,0 V	±1%	5,5 A
	-5,0 V	±1%	6,0 A
	+15,0 V	±1%	11,5 A
Digitalizador (DIG)	+3,3 V	±1%	6,0 A
	+5,0 V	±1%	200 mA
Sistema HV	+5,0 V	±1%	40 mA
	-15,0 V	±1%	200 mA
	+15,0 V	±1%	300 mA

Tabela 3.1: Especificação dos componentes alimentados pelas LVPS.

As LVPS são instaladas nos *fingers* dos módulos (a localização dos *fingers* pode ser visto na Figura 2.3(a)). Esta posição implica em requisitos especiais para confecção das fontes de tensão, pois trata-se de um ambiente de radiação (20 Gy/ano e $4 \times 10^{11} \text{ MeV.n/cm}^2$) e campo magnético (até 30 Gauss) de grande intensidade [25].

A placa auxiliar alimenta com 200 V em corrente contínua as fontes de maneira remota, já que se encontram longe do detector. Isso deve-se ao espaço limitado dentro de um módulo. Os canais de tensão são ajustadas aos valores corretos localmente, no módulo. Cada fonte auxiliar alimenta oito módulos simultaneamente. Dentro do *finger*, a LVPS converte os 200 V em oito canais de tensão que conectam-se aos dispositivos eletrônicos de *front-end* como apresentado na Tabela 3.1. Cada um desses canais é monitorado utilizando uma placa ELMB instalada na parte superior da fonte, em uma placa-mãe. A Figura 3.1 apresenta uma placa ELMB instalada em uma LVPS

As variáveis monitoradas são a tensão fornecida pela fonte auxiliar (tensão de entrada, V_{in}), a tensão de saída do canal (V_{out}), temperaturas e as correntes de entrada e

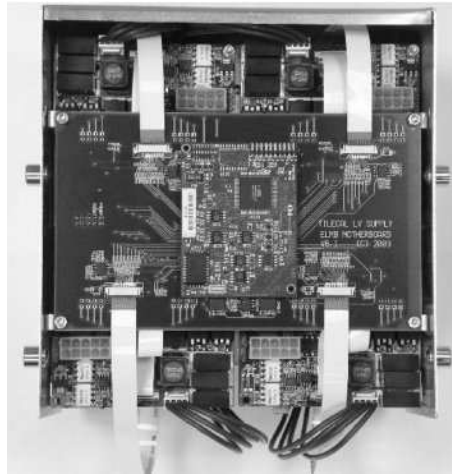


Figura 3.3: ELMB instalada em uma LVPS. Visão superior da fonte de alimentação.

saída (I_{in} e I_{out}). Existe ainda uma tensão amostrada quando o módulo está operando. Idealmente esta tensão é igual à tensão de saída da LVPS; porém, devido à resistência interna de conectores, cabos e demais dispositivos, há uma pequena diferença. Essa tensão é chamada *sense line* (V_{sense}) [26]. No total, o DCS controla e monitora mais do que 25.000 parâmetros para esse sistema [22].

3.2.3 Sistema de Refrigeração

Tanto o sistemas HV como o LV são refrigerados pelo sistema de refrigeração central do ATLAS. Esse sistema de refrigeração garante uma temperatura estável e uniforme dos dispositivos de alimentação e aquisição de dados. Deseja-se que a temperatura dos equipamentos estejam entre 18°e 23°C e que o sistema refrigerador dissipe o calor com uma tolerância de 0,5 °C para um longo período de operação. A resposta de alguns elementos ativos do calorímetro como as PMT muda significadamente com alterações da temperatura.

O sistema de refrigeração opera com água sob-pressão atmosférica. O sistema é controlado e monitorado localmente por um controlador lógico programável (CP). O sistema conta com refrigeradores que purificam, esfriam e submetem a água em uma pressão inicial. Os refrigeradores alimentam 24 setores chamados *cooling loops*, 6 para cada setor do TileCal [22]. O DCS monitora a temperatura e pressão de cada um destes

cooling loops e do refrigerador como um todo.

3.3 Aquisição de Dados

O controlador do projeto PVSS adquire tensões, correntes, temperaturas e pressões internas, amostrando-as a cada 10 segundos. Antes de serem armazenados, esses dados passam por um processo de “normalização” (*smoothing*). Esse processo armazena o valor amostrado quando a diferença entre ele e a última ocorrência guardada na base de dados for maior do que um limite pré-estabelecido, ou quando o intervalo de tempo decorrido entre dois registros exceder um período de tempo também pré-configurado. Nas Tabelas 3.2 e 3.3, verifica-se os limites e intervalos utilizados para esta normalização. Esse procedimento diminui a quantidade de dados armazenados.

Parâmetros de Normalização para os Dados de HV		
Canal Amostrado	Limite	Intervalo de tempo
Tensão de entrada	1 V	1 h
Tensão de saída	500 mV	1 h
Valor Configurado	Somente na mudança	
Temperaturas	1 °C	1 h

Tabela 3.2: Parâmetros de normalização para os parâmetros do sistema HV do TileCal DCS. Extraído de [6]

Parâmetros de Normalização para os Dados de LVPS		
Canal Amostrado	Limite	Intervalo de tempo
Tensão de entrada	1 V	1 h
Tensão de saída	50 mV	1 h
Corrente de entrada	50 mA	6 h
Corrente de saída	100 mA	6 h
Temperaturas	1 °C	1 h

Tabela 3.3: Parâmetros de Normalização para os Dados de LVPS. Extraído de [6]

Após normalizados, os dados são armazenados no banco de dados de tecnologia ORACLE. Para esse armazenamento, é utilizado o esquema *ATONR_PVSSPROD*, conhecido como banco de dados *on-line*, que é acessado apenas no momento da aquisição de dados ou na Estação de Controle do Detector. Esse esquema é protegido pelo firewall do

experimento e pode ser acessado por programas relacionados com a aquisição de dados. Para o acesso *offline*, a base de dados é replicada, com alguns segundos de atraso, no esquema *ATL_PVSSPROD* [6].

O Capítulo 4 apresenta a proposta de sistema elaborada através da análise dos requisitos obtidos pelo estudo das características do DCS e da interação com os colaboradores do TileCal.

Capítulo 4

Especificação do Projeto

Esse projeto apresenta o *DCS Web System*, para monitoração de tensões, correntes e temperaturas provenientes das fontes de alimentação do TileCal. Ao longo deste capítulo, serão mostradas as etapas para a elaboração deste projeto: a análise do problema, a especificação dos requisitos e a solução concebida.

4.1 Análise do Problema

Os painéis do PVSS fornecem o estado atualizado das fontes de alimentação e a possibilidade de visualizar os dados adquiridos no formato de linha do tempo. Porém, apenas um usuário pode utilizar os recursos por vez, já que são executados em computadores sob o sistema operacional Windows. Devido às restrições do *firewall* local, funcionalidades como o “*Desktop Remoto*”, não podem ser utilizadas em computadores fora da rede do CERN.

Recuperando os dados armazenados diretamente do banco de dados, o usuário pode realizar sua própria análise. No entanto, para acessar o banco de dados, o usuário necessita conectar-se à rede do laboratório, para a qual é requerida autenticação. Ainda, para recuperar os dados é necessário o conhecimento da linguagem computacional SQL [27]. Finalmente, deve-se conhecer o esquema do banco de dados. As diversas modificações nesta modelagem durante a fase de certificação e validação do detector, conhecida como

comissionamento, e a falta de documentação adequada dificultam esse procedimento.

Para o processamento das informações pode-se utilizar a plataforma *ROOT* especializada em análises de dados físicos [28]. Para escrever rotinas nesta plataforma, o pesquisador pode utilizar as linguagens de programação C++ e Python. De qualquer forma, esta abordagem implica em noções avançadas de computação.

Assim, o usuário necessita visualizar todos os, aproximadamente, 250 parâmetros adquiridos para cada módulo, de modo a ter uma visão detalhada, o que seria impraticável devido ao volume de dados armazenados. Uma seleção de parâmetros sem critérios padrões aumenta a possibilidade de problemas passarem despercebidos. A falta de um procedimento padrão de monitoramento pode levar a conclusões incertas. As restrições de acesso aos dados dificultam a realização da validação destes dados fora do CERN, nos institutos que participam da colaboração. Assim, essa metodologia mostra-se ineficiente para o monitoramento e análise *offline*.

4.2 Análise dos Requisitos

O sistema foi desenvolvido para oferecer funcionalidades que estabeleçam um procedimento para o monitoramento das variáveis amostradas pelo DCS de maneira padronizada. Para tal, é necessário atender aos requisitos, identificados a partir do estudo do ambiente e da interação com os pesquisadores através de troca de mensagens e reuniões, listados a seguir.

- Mostrar o estado atual das fontes de tal forma que os colaboradores possam entender, de maneira rápida, o estado geral do sistema de alimentação.
- Possibilitar a compreensão do comportamento das fontes através da média e o desvio padrão dos parâmetros monitorados para períodos de um dia e um mês.
- Destacar os casos problemáticos, aos quais a atenção do usuário deve ser direcionada.
- Mostrar, em formato gráfico, os parâmetros monitorados conforme demanda.

- Disponibilizar as informações obtidas pelo sistema em formato compatível com os gerenciadores de planilhas eletrônicas.
- Prover funcionalidades que facilitem a execução de análises personalizadas e a visualização dos dados em formato compatível ao programa de análise ROOT.
- Ser acessível a todos os membros da colaboração TileCal, independente de sua localização geográfica.
- Ser independente do sistema operacional utilizado pelo colaborador.

O sistema deve ainda atender requisitos não-funcionais como usabilidade e integridade dos dados.

4.3 Sistema Proposto

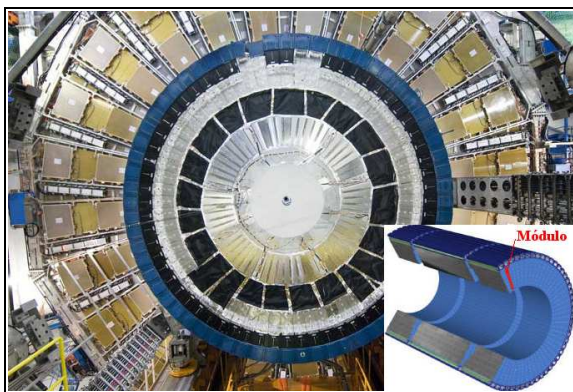
O ambiente *web* é o ideal para uma colaboração global como o ATLAS. Sistemas baseados em tecnologia *Web* têm como uma de suas vantagens o fato de serem acessíveis para qualquer colaborador, mesmo que este esteja fora do CERN [2]. O único requisito é um navegador de internet, aplicativo presente em qualquer sistema operacional.

O *DCS Web System* encontra-se subdividido em quatro componentes, com funcionalidades e objetivos específicos. O primeiro componente refere-se ao estado atual do sistema de alimentação como um todo. Outro componente destina-se aos dados das LVPS. O mesmo ocorre para os dados das HV e para o sistema de refrigeração.

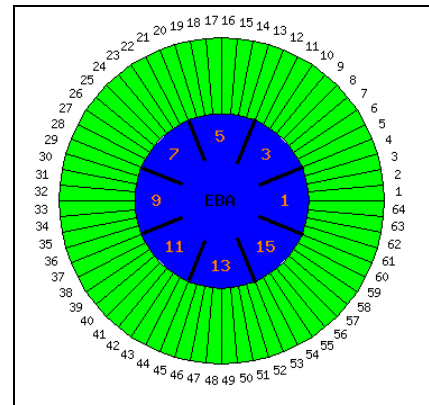
Monitoramento do Estado Atual

Os valores amostrados das tensões fornecidas pelas fontes de alimentação para os sistemas de aquisição são recuperados a cada dez minutos. Essa recuperação é realizada de forma transparente ao usuário, através de *cronjobs*. Um *cronjob* é o agendamento para execução automática de programas.

Neste componente, são apresentados os estados dos sistemas de LVPS e HV, se estão ativos ou não, através dos valores recuperados. Caso a tensão de saída de uma fonte não for nula, a fonte é considerada ligada. Para facilitar a visualização destas informações é utilizada uma representação gráfica baseada na arquitetura do TileCal, mostrada na Figura 4.1(a). Essa representação apresenta um círculo dividido em 64 fatias iguais para cada um dos barris que compõe o TileCal. Ainda são representados os 8 setores do detector, identificados por números ímpares. Cada setor engloba 8 módulos. Na Figura 4.1(b), é mostrada a representação do lado A do barril estendido (EBA).



(a) Vista frontal do barril estendido (lado A) do TileCal e do *End-Cap*. No detalhe, esquema do TileCal, com destaque para um módulo.



(b) Representação gráfica do barril estendido (lado A) do TileCal adotada por esse projeto.

Figura 4.1: Visualização gráfica dos módulos do TileCal.

Cada um dos módulos da representação gráfica é dividido em quatro, um para cada subsistema abordado nesse componente. São monitorados os canais de tensões que alimentam as placas-mãe de um módulo, identificados pela sigla *LVPS MB*, e os componentes eletrônicos do sistema HV (*LVPS HV*). Assim como as fontes 200 V que alimentam as LVPS (*LVPS 200 V*) e as tensões de entrada (*HV*) das PMT's que também são monitoradas. Se o subsistema estiver ligado, a cor verde é atribuído a ele, caso contrário, é usada a cor vermelha. Ainda é apresentada a hora da última atualização.

Monitoramento das LVPS

O monitoramento das LVPS pode ser realizado de três maneiras diferentes, de acordo com o período de tempo que pode ser diário, mensal ou livre.

Monitoramento Diário

Para os períodos de um dia, são monitorados os parâmetros mais sensíveis aos problemas no funcionamento da alimentação. Esses parâmetros foram selecionados a partir da experiência dos pesquisadores responsáveis pelo projeto das fontes de alimentação. Das LVPS, são monitoradas a *tensão de saída*, a *tensão de entrada*, a *corrente de saída*, a *temperatura interna* e a tensão “*sense line*”. Uma diferença maior do que 0,5 V entre a tensão de saída e a tensão “*sense line*” de uma LVPS indica problemas no cabeamento ou em conectores de um módulo, pois significa um aumento no valor da impedância interna. A tensão de saída de uma fonte menor em 5 % de seu valor nominal sugere a substituição da fonte. O aumento da temperatura interna pode indicar um mau funcionamento nos componentes eletrônicos ou no sistema de refrigeração, através de um vazamento ou má circulação da água na tubulação.

Esses dados são recuperados de maneira transparente para o usuário, através da execução de *cronjobs*. Os dados recuperados passam por um processo de normalização, que se refere à ação de atribuir pesos às medidas conforme o período de tempo ao qual estas são válidas. Através dos valores normalizados são calculados a média e o desvio padrão. A estatística obtida é comparada a patamares pré-estabelecidos. De acordo com essa comparação, são definidos os estados das fontes. As conclusões desta análise são apresentadas em uma representação gráfica, semelhante a usada no componente de monitoramento do estado atual do TileCal. Uma fonte pode ser considerada “*problemática*”, sendo atribuída a cor vermelha, ou “*normal*”, cor verde. Um terceiro estado, indica que a fonte necessita de uma maior atenção, apesar de não apresentar problemas graves. A esse estado atribui-se a cor amarela.

Através do sistema, o usuário pode verificar os valores das médias e dos desvios

padrões para uma dada fonte. É possível recuperar os dados de um canal de alimentação para o período de um dia no formato de um gráfico temporal, para assim, dar uma idéia do comportamento de determinado parâmetro. Devido à quantidade de canais, esses gráficos são gerados sob demanda, evitando-se o processamento de dados que não serão analisados.

Monitoramento Mensal

Para o monitoramento mensal, não é realizado qualquer tipo de “resumo” da situação. Cabe ao usuário escolher o módulo de interesse. Isso deve-se à dificuldade de determinar patamares alvos para um período de longa duração. Os parâmetros monitorados são os mesmos do monitoramento diário. Os dados recuperados ao final de cada mês também passam pelo processo normalização e extração de médias e desvios padrões.

Gráficos que mostram relações entre os parâmetros monitorados são gerados automaticamente. Esses gráficos devem mostrar o comportamento da tensão de saída, de entrada, a corrente de saída e a temperatura dos componentes ao longo do mês. Desta maneira, pode-se perceber como cada parâmetro influi nos outros durante a operação de determinada fonte.

Monitoramento Personalizado

Esse componente possibilita ao usuário recuperar dados das LVPS para qualquer período de tempo. Os parâmetros disponíveis são a tensão de saída, a corrente de saída, a tensão “sense-line” e a temperatura dos componentes para cada um dos canais de uma LVPS. É possível ainda escolher a partição e o módulo de interesse.

O resultado da busca pode ser recuperado em formatos compatíveis com os gerenciadores comerciais de planilhas eletrônicas e com o principal programa de análise utilizado pela colaboração, o *ROOT*.

Monitoramento do Sistema HV

O comportamento dos canais do sistema HV durante a fase de operação ainda não foi investigado detalhadamente, por isso não foi desenvolvido nenhum sistema de monitoramento padrão. Porém, sabe-se que a estabilidade das tensões fornecidas pelo sistema HV permite a operação correta das PMTs e que as medidas para a tensão de saída são mais sensíveis aos fatores externos. Desta maneira, o cálculo do desvio padrão desempenha um papel fundamental nesta verificação. Além disso, cada voltagem dos quase 10000 canais do sistema HV é pré-configurada. O valor pré-configurado é mantido no banco de dados de configuração do DCS. Desta maneira, um canal funcionando corretamente é designado como aquele que provê uma voltagem próxima ao valor pré-configurado e com a dispersão dos valores próxima à zero.

Para os pesquisadores interessados nos valores amostrados para essa tensão é possível recuperar as tensões de saída e os valores com os quais elas deveriam operar para cada um dos 45 canais de cada módulo do barril (32 para os módulos estendidos). O resultado da busca pode ser recuperado em formatos compatíveis com os gerenciadores comerciais de planilhas eletrônicas e com o principal programa de análise utilizado pela colaboração, o *ROOT*.

Monitoramento do Sistema de Refrigeração

Não há necessidade de um acompanhamento *offline* dos parâmetros do sistema de refrigeração do TileCal. Esses parâmetros são monitorados pelos operadores antes mesmo que sejam armazenados na base de dados da colaboração. Desta maneira, nenhum modelo padrão de monitoramento foi elaborado. Contudo, problemas ocorridos nos sistemas LVPS e HV podem ser refletidos nos valores de temperaturas registrados por este sistema. Desta maneira, é dada a possibilidade de recuperar seus dados.

O usuário pode recuperar a medida das 18 pressões de tubulação amostrados, a temperatura de entrada e de saída da água nos sistemas refrigerados e o estado dos refrigeradores, identificado por um número. O resultado da busca pode ser recuperado

em formatos compatíveis com os gerenciadores comerciais de planilhas eletrônicas.

Após esta especificação, foram estudadas as tecnologias que melhor se aplicam ao ambiente e que fornecem as funcionalidades desejadas para a implementação do sistema. Essas tecnologias são apresentadas no Capítulo 5.

Capítulo 5

Tecnologias Utilizadas

As interfaces do sistema foram implementadas utilizando a versão 4.3.9 da linguagem de programação PHP [29]. Esta é uma linguagem interpretada, livre e muito utilizada para gerar conteúdo dinâmico na World Wide Web. O modelo de execução AJAX, para a comunicação entre o servidor e o usuário, o API simples para processamento de arquivos XML (SAX), a plataforma *ROOT* e o sistema Glance, utilizados pelo sistema desenvolvido, serão detalhados a seguir.

5.1 Modelo de execução AJAX

O modelo de execução AJAX foi utilizado para garantir uma maior interatividade nos sistemas desenvolvidos. Este modelo une várias tecnologias para estabelecer uma comunicação bilateral entre o usuário e o servidor de maneira assíncrona, ou seja, processando mais de uma ação por vez [30]. O AJAX incorpora:

eXtensible Markup Language (XML) É uma linguagem de marcação de texto simples, muito parecida com o HTML [31]. Enquanto o HTML dá ênfase à apresentação de dados, o XML permite descrever os dados, concentrando-se na estrutura destes. É utilizada na troca de dados, já que permite sua formatação em um padrão que pode ser entendido por qualquer sistema. Facilita ainda a publicação de dados, com o auxílio de linguagens, como o XSLT [32], que apresentam a informação contida

no arquivo XML de maneira amigável ao usuário final.

Cascading Style Sheets (CSS) As folhas de estilo permitem definir o modo de exibição de documentos HTML ou XML [33]. Seu principal benefício é prover a separação entre o formato e o conteúdo de um documento. Com a utilização desta linguagem, é possível mudar o estilo de marcações HTML em todos os documentos que fazem referência às mesmas, poupando o trabalho de modificar diversos documentos.

Document Object Model (DOM) É um padrão de análise de arquivos XML definido pela World Wide Web Consortium (W3C) [34]. O método consiste em dividir o documento em uma árvore de elementos, onde cada elemento pode conter uma série de atributos, outros elementos, ou texto. A API do DOM permite o acesso e manipulação dos elementos e seus valores. Ao ler um arquivo XML, o analisador monta sua estrutura na memória, que pode ser acessada e manipulada pela API. Com isso, obtém-se uma grande flexibilidade e dinamismo.

XMLHttpRequest Permite a recuperação assíncrona dos dados com o servidor, sem a necessidade de recarregar páginas por completo. O objeto XMLHttpRequest é parte da especificação DOM.

Javascript Nesta linguagem de programação a carga de processamento é realizada no cliente [35]. O navegador é o encarregado de interpretar as instruções Javascript e executá-las. Com Javascript defini-se a interatividade com o usuário. Sua sintaxe aproxima-se da linguagem C ANSI. O AJAX utiliza-se de Javascript para manipular o modelo DOM, que acessa, cria ou remove nós de um arquivo XML ou HTML, e para definir o modo de exibição através de CSS.

O modelo clássico, ilustrado na Figura 5.1(a), de aplicação web trabalha assim: A maioria das ações do usuário na interface dispara uma solicitação HTTP para o servidor web. O servidor processa algo recuperando dados, realizando cálculos, comunicando-se com sistemas interligados e, então, retorna uma página HTML para o cliente.

Essa abordagem é muito coerente no que se refere à técnica, porém não é eficiente do ponto de vista do usuário. Enquanto o servidor está executando alguma tarefa, o cliente espera. Desta maneira, quanto maior o número de etapas em uma tarefa, maior a espera do cliente. Esse tempo de espera é indesejado quando pretende-se usar a *web* como base para aplicativos.

Uma aplicação baseada em AJAX elimina esse tipo de interação “pede-espera” através da introdução de uma camada intermediária entre o usuário e o servidor. Ao invés de carregar a página no início da sessão, o navegador carrega a camada AJAX localizada em um *frame* escondido. Esse mecanismo é responsável pela renderização da interface e pela comunicação entre o servidor e as ações do cliente servindo a como uma camada de abstração [30].

O esquema do mecanismo AJAX é apresentado na Figura 5.1(b). As ações no cliente são pré-processadas pela camada AJAX e apenas tarefas que necessitem processamento no servidor são transmitidas. O servidor, após esse processamento, retorna as informações em formato XML.

Desta maneira, devido à essa execução assíncrona, o usuário não necessita aguardar a resposta do servidor. Toda a ação que normalmente geraria um pedido HTTP se transforma numa chamada Javascript para a camada AJAX. Qualquer resposta que não dependa do servidor, como, por exemplo, validação de dados, pode ser realizada pela camada de maneira autônoma. Se a camada precisar de alguma informação, esta faz o pedido sem necessitar da participação do usuário para isso. As Figuras 5.2 e 5.3 explicam respectivamente como ocorre a interação síncrona e a assíncrona entre o cliente e o servidor.

Na primeira, qualquer ação do cliente corresponde a um pedido ao servidor, implicando em operações sequenciais, com transferência de dados obrigatória entre elas. Já no modelo AJAX de execução, pode-se verificar que ações do usuário são processadas por uma camada intermediária que pode, ou não, realizar pedidos ao servidor. Essa medida reduz a carga de processamento sobre este, o tempo de resposta do sistema e aumenta a

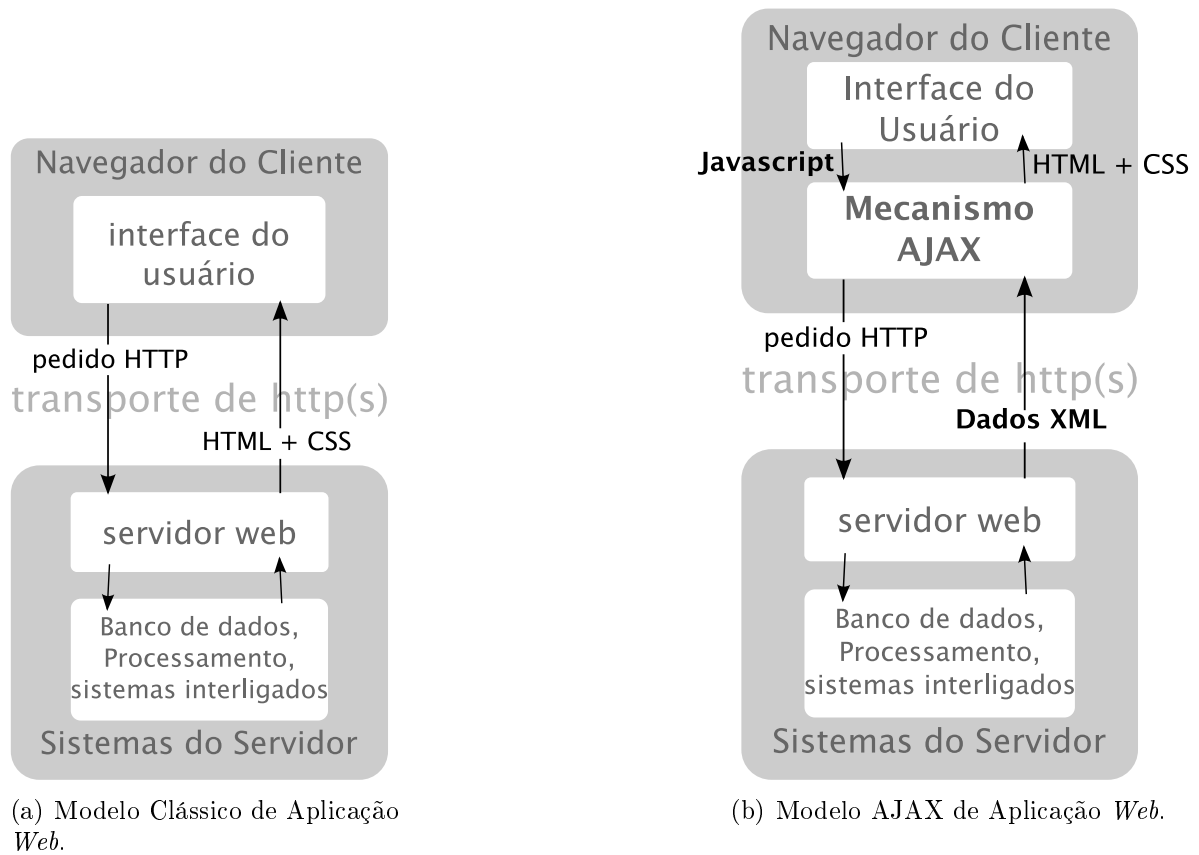


Figura 5.1: Comparação do modelo tradicional de execução com o modelo AJAX. Adaptado de [30].

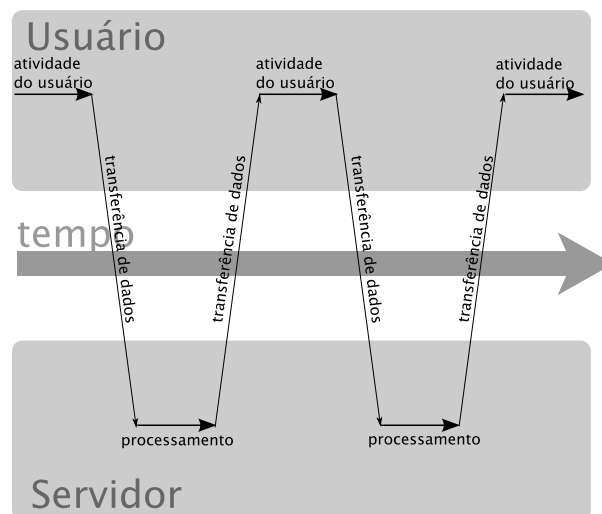


Figura 5.2: Modelo clássico de execução de aplicativos Web (Síncrona). Adaptado de [30].

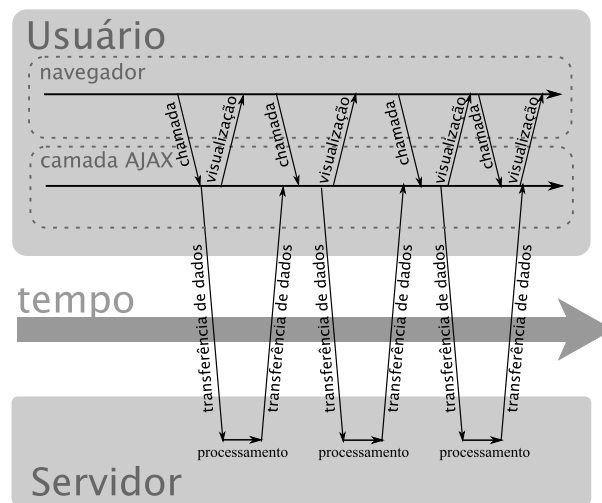


Figura 5.3: Modelo AJAX de execução de aplicativos *Web* (Assíncrona). Adaptado de [30].

interação com o usuário.

Grandes corporações fazem muitos investimentos no desenvolvimento de aplicativos baseados no modelo AJAX. Aqui pode-se citar exemplos como o *Gmail* e *Google Maps* do Grupo *Google* [36], o *site* de relacionamentos *Facebook* [37], a ferramenta de busca *A9.com* do grupo *Amazon* [38], entre outros.

5.2 API Simples para XML

Um analisador baseado em SAX (*Simple API for XML*) [39] implementa uma API orientada a eventos. O analisador lê o arquivo sequencialmente, e gera eventos cada vez que encontra uma abertura ou encerramento de um elemento ou um bloco de texto. Esses eventos são traduzidos em chamadas para os manipuladores de eventos, responsáveis por processar as informações obtidas.

Apesar de não ser um padrão recomendado pela W3C, ele é muito utilizado [40]. Como o analisador provê o acesso serial do arquivo e não monta sua estrutura de elementos na memória, esse tipo de análise é adequada para XMLs extensos. Essa característica foi muito importante para este projeto, pois alguns dos arquivos manipulados chegam a ordem da centena de *megabytes*. Exemplos da utilização do analisador SAX podem ser

encontrados em [41].

A principal desvantagem do SAX é a maior dificuldade na validação do mesmo. Em certos casos só é realizada se o documento estiver integralmente na memória. Outro ponto é a complexidade dos manipuladores de eventos e a interpretação dos dados, superior aos realizados com o modelo DOM.

5.3 Plataforma para Análise de dados ROOT

O sistema desenvolvido usa funcionalidades da plataforma ROOT para a normalização dos dados, para extrair a média e o desvio padrão e gerar gráficos temporais.

ROOT [28] é uma plataforma desenvolvida sob o paradigma da orientação a objetos para análise de dados para Física de Altas Energias. ROOT foi escrito em C++, contendo um banco de dados orientado a objetos (OO) hierárquico, interpretador C++, análise estatísticas avançadas (histogramas multidimensionais, regressão, minimização) e ferramentas para visualização [42].

O usuário interage com o ROOT através da interface gráfica, de linha de comando ou de programas compilados. Todos os programas podem ser desenvolvidos em C++ ou Python. O modelo de banco de dados OO permite o acesso paralelo (tanto para escrita como leitura) a múltiplos processos.

O ROOT foi desenvolvido por pesquisadores do CERN para substituir plataformas anteriores escritas em FORTRAN que não acompanhavam mais o aumento do volume de dados gerado pelo LHC [42]. A partir do ROOT, foi disponibilizada uma série de funcionalidades para áreas como a aquisição e análise de dados, reconstrução de eventos e simulação.

Os dados são armazenados no formato de Árvores (classe *TTree*). Uma Árvore é composta por Galhos (classe *TBranch*). Por sua vez, cada Galho é composto por Folhas (classe *TLeaf*) onde cada Folha pode corresponder a uma simples variável, estrutura, vetor ou objeto. Devido a esse esquema de acesso aos dados, buscas podem ser executadas de maneira eficiente. O arquivo resultante, conhecido como *Ntuple* apresenta compactação

otimizada. As informações geradas pelo sistema desenvolvido neste projeto podem ser armazenadas neste formato.

5.4 Ferramenta *cURL*

A ferramenta *cURL* permite a transferência de dados através de protocolos http via linha de comando. Busca automatizar também sequências de comandos, como por exemplo, simular a interação de um usuário com determinado *web system* através de um navegador [43].

5.5 O Sistema *Glance*

O *Glance* é um sistema que realiza a recuperação de dados e a inserção/atualização em repositórios distintos e geograficamente espalhados [44]. O sistema automaticamente reconhece a estrutura interna do banco de dados. O sistema conecta a várias tecnologias de armazenamento, como *ORACLE* (usado pelos servidores de banco de dados do CERN), *MySQL* e *Microsoft SQL Server*.

O sistema *Glance* foi desenvolvido junto à Coordenação Técnica do ATLAS para gerenciar todos os equipamentos instalados na caverna do experimento. No entanto, seu uso foi estendido devido a capacidade de conectar-se à bases de dados heterogêneas. Hoje é possível monitorar diversos parâmetros, como o nível do solo da caverna, os níveis de radiação, os alertas de segurança, entre outros, através das diferentes interfaces do sistema.

O *Glance* automaticamente reconhece a estrutura interna do banco de dados. Isso permite a criação interfaces de busca (SI, do inglês *Search Interfaces*) e interfaces de inserção (II) sem a necessidade de conhecimento da modelagem de dados [44]. Devido à essa habilidade e à necessidade de fazer o sistema desenvolvido neste projeto independente de uma modelagem de dados específica, o *Glance* foi escolhido como a principal interface com o banco de dados do DCS.

Ao criar uma SI, o *Glance* apresenta uma lista de alguns banco de dados pré-

definidos. Outros repositórios podem ser acessados através do fornecimento de informações necessárias para localização e autenticação. O sistema então conecta no servidor e apresenta sua estrutura interna, para, desta maneira o usuário selecionar o conjunto de dados de interesse [44]. Neste projeto foram criadas interfaces de busca para os dados armazenados no esquema *ATL_PVSSPROD*, ou seja, dados das LVPS, do sistema HV e do sistema CS. A Figura 5.4 mostra a SI criada para a recuperação dos dados das LVPS. O usuário tem a opção de selecionar atributos como o número do módulo e o nome do elemento.

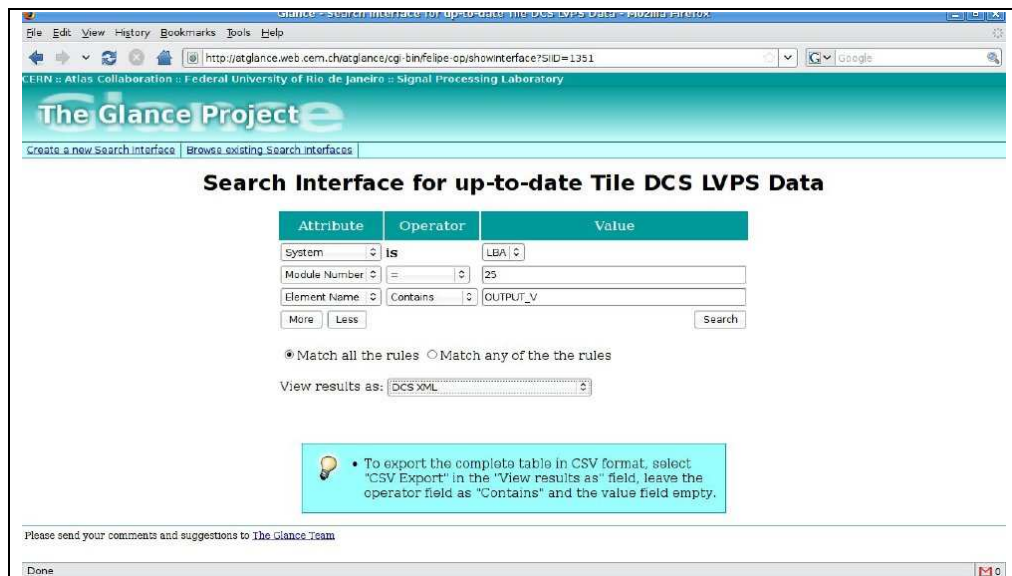


Figura 5.4: Interface de busca do Glance para o conjunto de dados das LVPS's

O *Glance* ainda apresenta a possibilidade de associar funcionalidades a partir da integração de complementos. Esses complementos são programas externos que realizam operações sobre os dados recuperados. Tarefas como calcular médias e o desvio padrão, utilizando macros da plataforma ROOT, gerar gráficos e retornar em formatos como XML, CSV ou *Ntuples* foram integradas ao *Glance* ao longo do desenvolvimento deste projeto. Um exemplo de gráfico é mostrado na Figura 5.5. No eixo vertical, estão os valores da temperatura interna de uma LVPS e no eixo horizontal o período do tempo. A legenda do gráfico mostra, com exatidão de minutos, esse intervalo.

O Capítulo 6 mostra o sistema implementado, através da descrição de sua arquitetura e de suas funcionalidades.

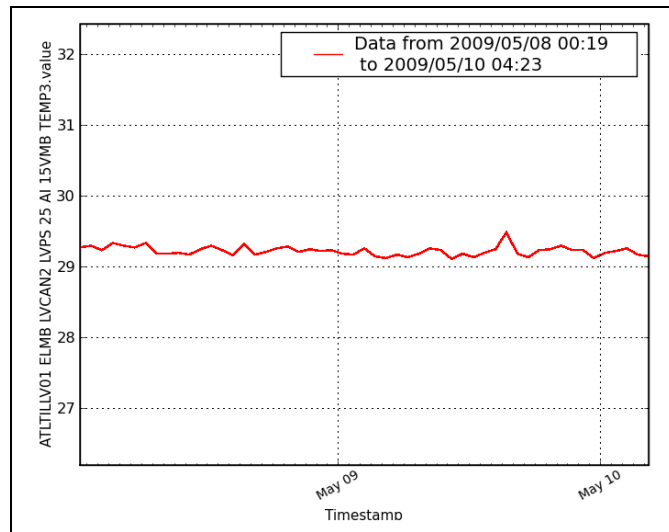


Figura 5.5: Gráfico com os valores de temperaturas para um canal de uma fonte de alimentação de baixas tensões.

Capítulo 6

Sistema DCS Web System

O *DCS Web System* foi concebido para auxiliar o monitoramento e as análises das tensões, correntes e temperaturas referentes às fontes de alimentação de altas e baixas tensões e ao sistema de refrigeração do Calorímetro Hadrônico de Telhas (TileCal).

O sistema desenvolvido está hospedado no servidor *web* do CERN e pode ser acessado pelo seguinte endereço:

<http://cern.ch/tcws/DCS>

O servidor web, tecnologia Apache, opera sob o sistema operacional *Linux* - distribuição *Scientific Linux CERN 4* (SLC4).

Ao longo deste capítulo, será detalhado a implementação do sistema, desenvolvido a partir das especificações apresentadas no Capítulo 4 e das tecnologias estudadas.

6.1 Arquitetura do Sistema

O fluxo de dados do sistema DCS Web System é esquematizado na Figura 6.1, que mostra a interação dos diferentes módulos de funcionamento e a maneira como as tecnologias estudadas foram utilizadas. O uso de cURL e de cronjobs, tornou possível a utilização do sistema Glance para a recuperação de tensões, correntes e temperaturas de maneira automática. Como resultado, o Glance retorna um arquivo XML contendo

todas as medições para um determinado período de tempo, que para o caso do DCS Web System pode ser uma hora, um dia ou mês.

Esse arquivo XML é então processado pelas extensões desenvolvidas para o Glance. Estas extensões utilizam um algoritmo baseado no API SAX. A escolha deste API deve-se ao tamanho do arquivo XML retornado, que em certos casos, pode chegar a ordem de centenas de *megabytes*, inviabilizando o uso de um algoritmo baseado na tecnologia DOM, pois esta requer intenso uso de memória.

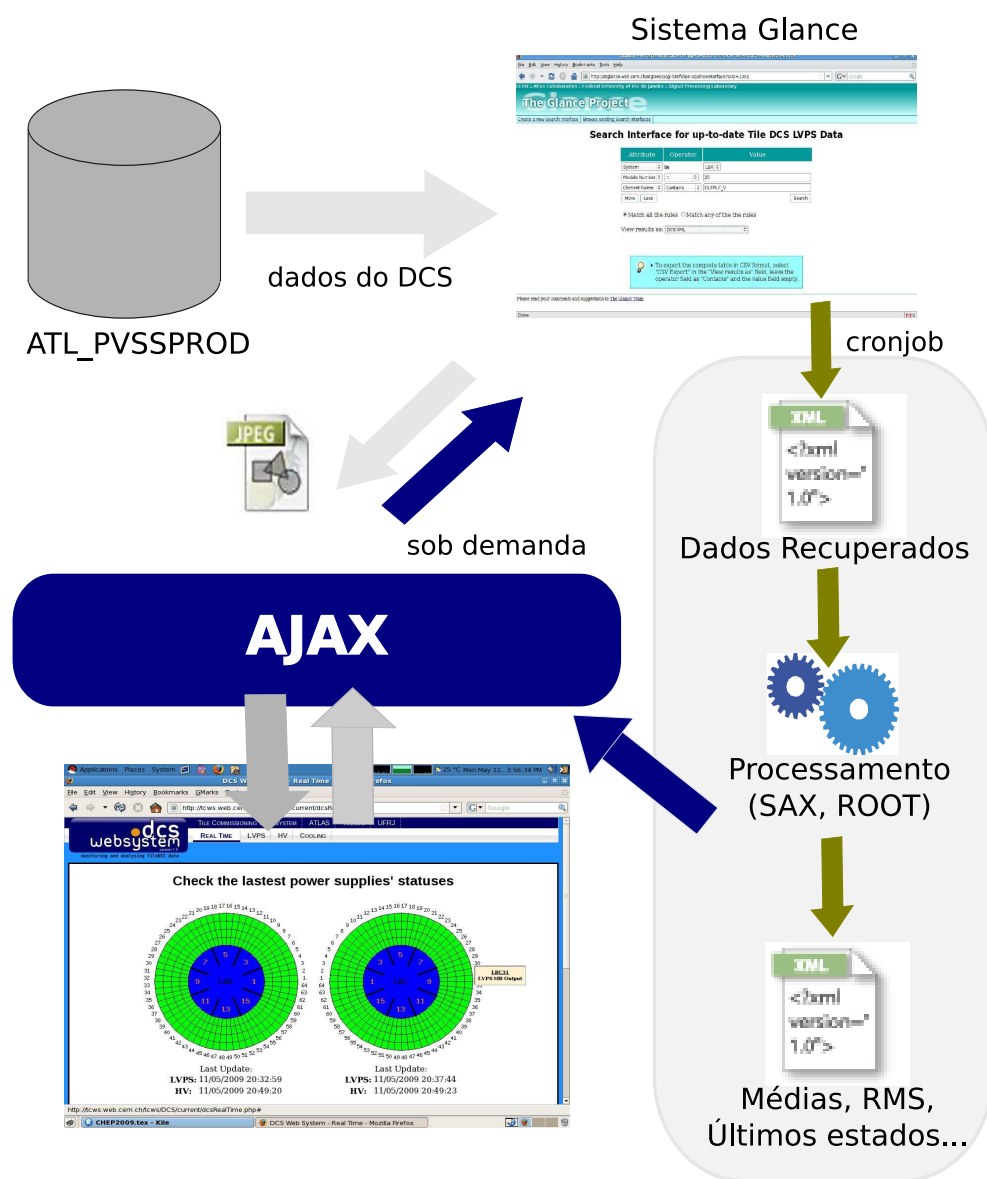


Figura 6.1: Fluxo de dados do DCS Web System

Existem diferentes extensões, com diferentes propósitos. Através destas extensões,

é possível, por exemplo, calcular médias, desvios padrões e selecionar os últimos estados. Como resultado dessas execuções, é gerado um novo arquivo XML, que é armazenado localmente. Este arquivo é recuperado pelo sistema e interpretado pela camada AJAX, que atribuirá o formato de tabelas e destacará, para o usuário, os casos onde há algum problema. O usuário pode ainda recuperar dados sobre demanda, no formato de gráficos, tabelas e arquivos CSV. Para tal, seu pedido é processado pela camada AJAX e transmitida ao servidor. O resultado da busca será recuperado pela camada AJAX e então apresentada na interface do sistema.

6.2 Monitoramento do Estado das Fontes de Alimentação

O estado das fontes de alimentação determina se é possível ou não a aquisição de dados por um módulo. A aquisição de dados somente acontece quando as fontes de baixa e alta tensões funcionam corretamente. Como foi explicado anteriormente, esses sistemas funcionam em cadeia. Por exemplo, qualquer problema no sistema HV pode ser consequência do mau-comportamento de uma LVPS. Por essa razão, é necessário monitorar os dados do TileCal DCS em tempo real.

O DCS Web System disponibiliza uma representação gráfica de cada partição com seus módulos. Na representação cada módulo é dividido em 4 seções como mostrado na Figura 6.2. A tensão de entrada das fontes de baixas tensões, os canais que alimentam a placa-mãe do *super-drawer*, os que alimentam o sistema de HV e o as tensões de saída do sistema HV são representados do anel externo para o interno. Cada setor utiliza um código de cores onde verde significa que as fontes de alimentação estão ligadas e vermelho que estão desligadas.

Na Figura 6.2, verifica-se que no dia 11 de maio de 2009 às 21 horas todas as fontes de alimentação estão funcionando para os barris A e C. As tensões de entrada e saída das fontes de alimentação são recuperadas a cada dez minutos do banco de dados. Um

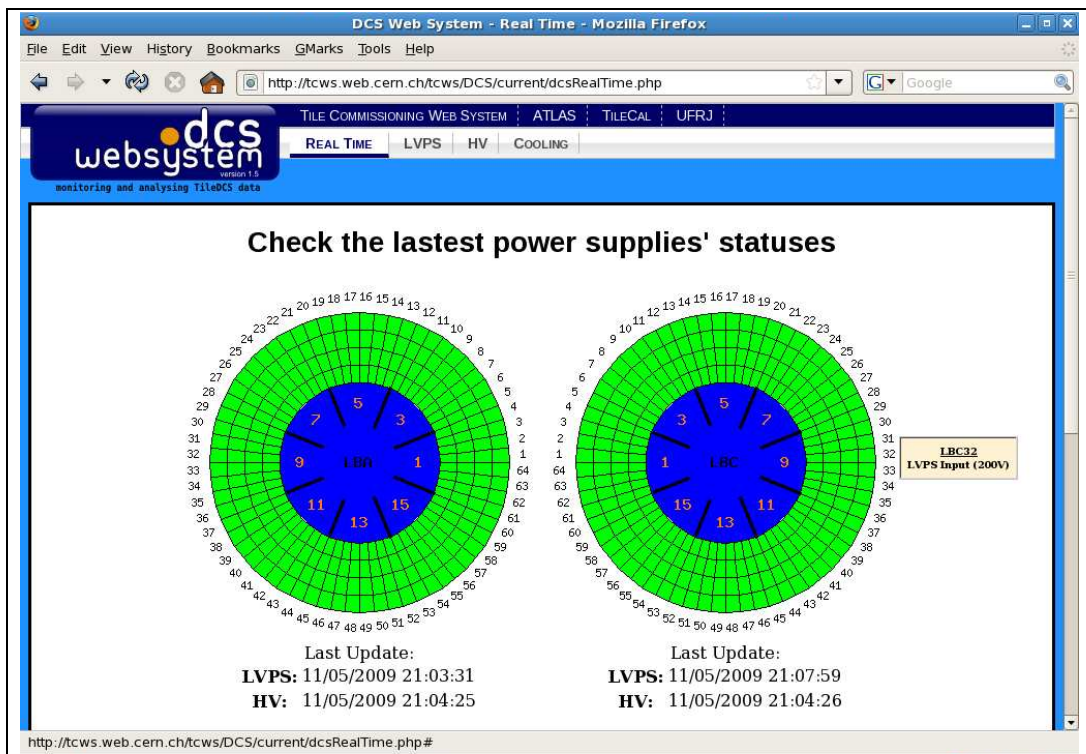


Figura 6.2: Monitoração em tempo real.

arquivo XML com os últimos valores armazenados é gerado. Posteriormente, a semântica do arquivo é analisada por programas que comparam o valor recuperado com o valor de 5% da tensão nominal. Abaixo desse valor limite, as fontes de alimentação são consideradas desligadas. Abaixo da representação gráfica do barril, encontra-se o horário da última atualização das informações.

6.3 Monitoramento e Análise das Fontes de Alimentação de Baixas Tensões

Os dados do LVPS são monitorados de acordo com dois períodos de tempo possíveis: monitoramento diário e mensal. A Figura 6.3 apresenta a interface para o monitoramento diário. Essa interface apresenta um resumo do estado da operação das LVPS. A média e o desvio padrão são comparados a limites pré-definidos. No caso geral, a diferença entre a tensão nominal e as médias obtidas não podem exceder 5% da própria tensão nominal.

Cores são atribuídas de acordo com o desempenho da fonte de alimentação em questão. O módulo é colorido verde se as médias das correntes, tensões e temperaturas estiverem dentro dos limites. No caso de uma sobrecarga de corrente os módulos são coloridos laranja. Quando a queda de tensão entre a tensão de saída e a tensão *sense-line* exceder 0,5 V o canal é destacado com a cor amarela. A cor vermelha é utilizada quando mais de um problema ocorrer na mesma fonte.

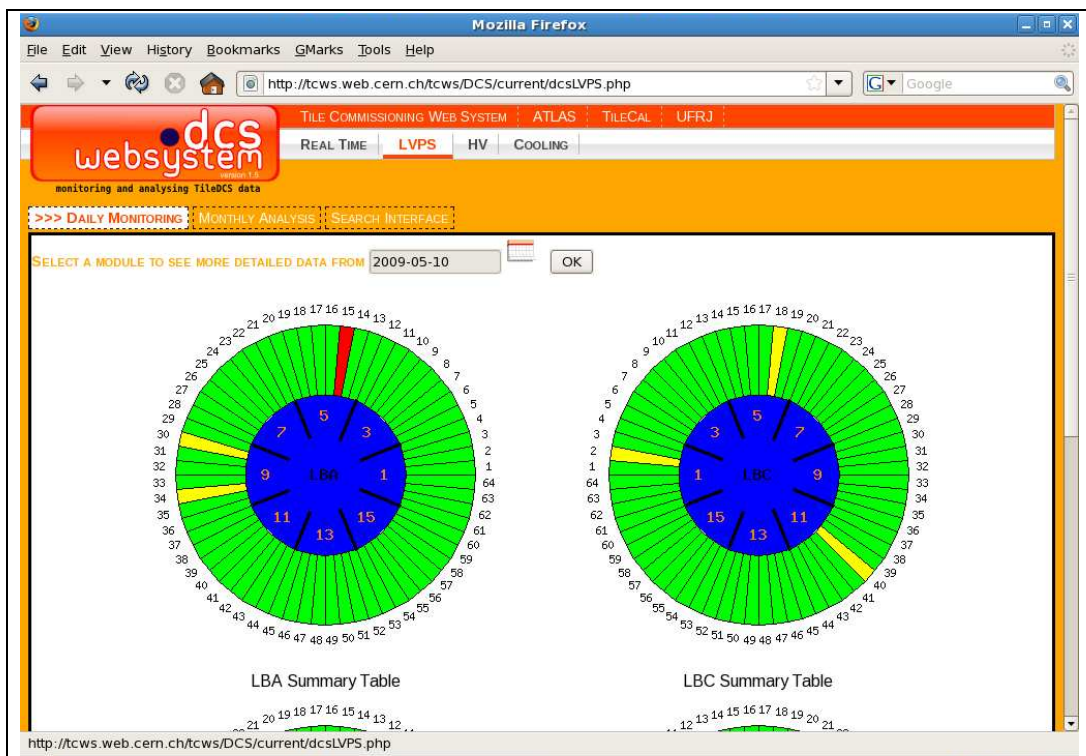


Figura 6.3: Análise diária das fontes de baixas tensões.

Abaixo da representação dos barras é possível acessar as estatísticas de todos os canais para todos os módulos de uma partição através de uma única tabela, como mostra a Figura 6.4. Alguns usuários preferem essa alternativa de visualização dos dados graças à possibilidade de gerar arquivos CSV (Valores separados por Vírgulas) [45], um formato muito difundido que é compatível com todos os gerenciadores de planilhas eletrônicas comerciais.

Selecionando um módulo, uma página com informações detalhadas é apresentada. São mostradas as médias e os desvios padrões das tensões de entrada (V_{in}) e saída (V_{out}), o V_{sense} e o V_{drop} , a corrente de saída (I_{auto}) e a temperatura interna da LVPS, como

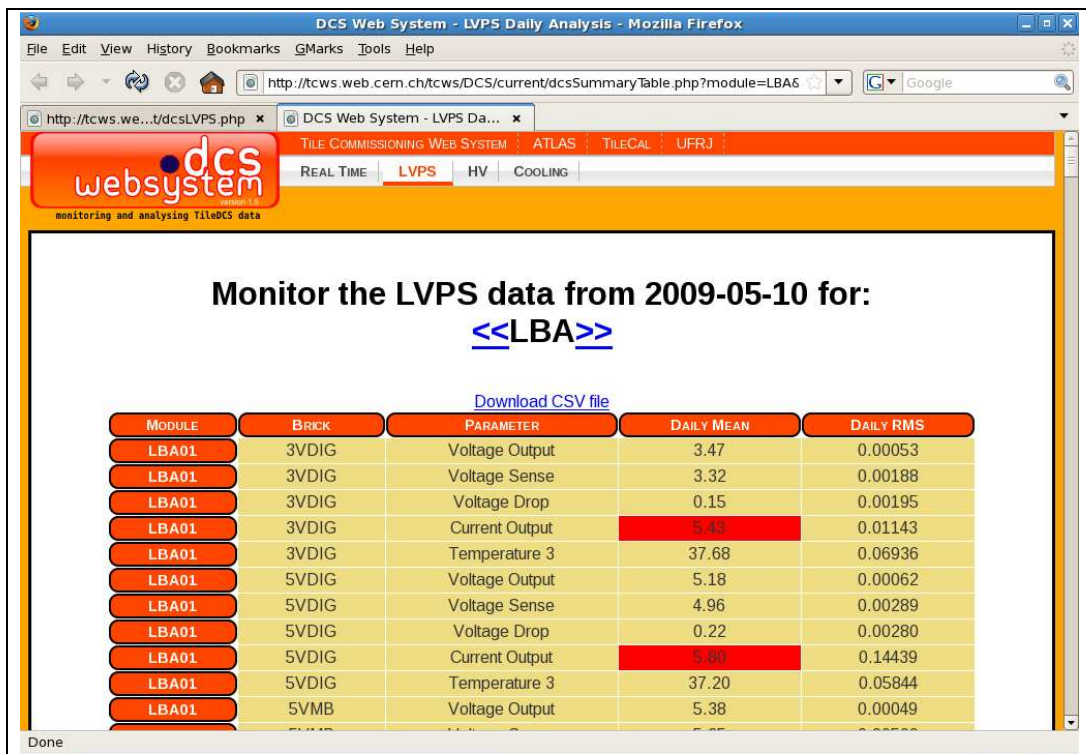


Figura 6.4: Apresentação de todos os canais de todos os módulos para uma partição apresentado na Figura 6.5. É também possível acompanhar o comportamento de cada uma dessas medidas através da geração de gráficos temporais para o período de 24 horas. Para isso, basta pressionar o botão *RUN* para o canal de interesse. Como é utilizada a metodologia AJAX para executar essa operação, diversos gráficos podem ser gerados ao mesmo tempo.

Na Figura 6.5 verificamos os dados para o módulo LBA15 no dia 10 de Maio de 2009. Os canais problemáticos estão destacados conforme as condições apresentadas previamente, contudo, apenas a cor vermelha é utilizada. Esse exemplo, em particular, apresenta sobrecarga de corrente para o canal “3VDIG”, responsável pela alimentação de 3 V das placas digitalizadoras. A queda de tensão é alta nos canais que alimentam a placa-mãe do módulo. Essa diferença pode indicar que exista grande impedância dentro do módulo, ou seja, um cabo quebrado, um conector defeituoso ou mesmo algum dispositivo com mau-funcionamento.

Para análise mensal o usuário pode selecionar um mês e um módulo, conforme mostrado na Figura 6.6.

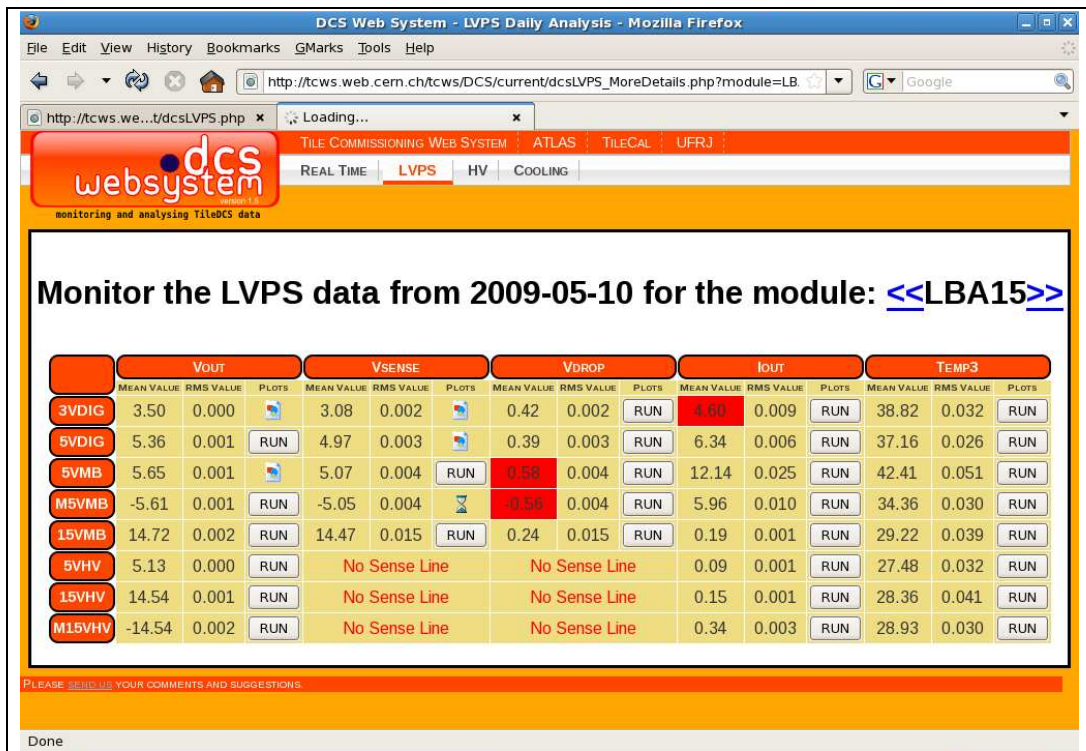


Figura 6.5: Informações detalhadas e os gráficos relacionados para o dia 10 de Maio de 2009, LBA15

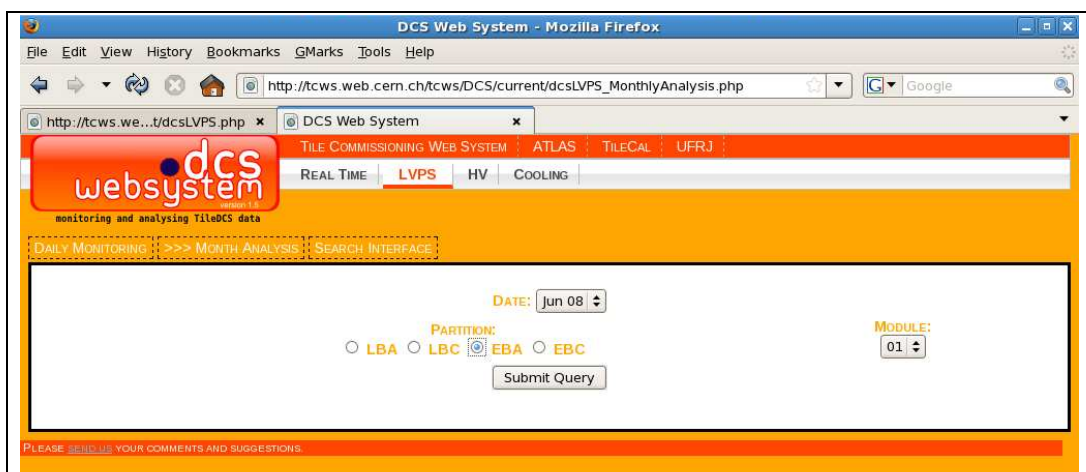


Figura 6.6: Principal interface para a análise mensal. Nela o usuário escolhe o módulo e o mês de interesse.

Como na interface de monitoramento diário, médias e desvios padrões são mostrados. Um gráfico correlacionando os parâmetros apresentados é gerado. A Figura 6.7, apresenta essa interface em detalhes.

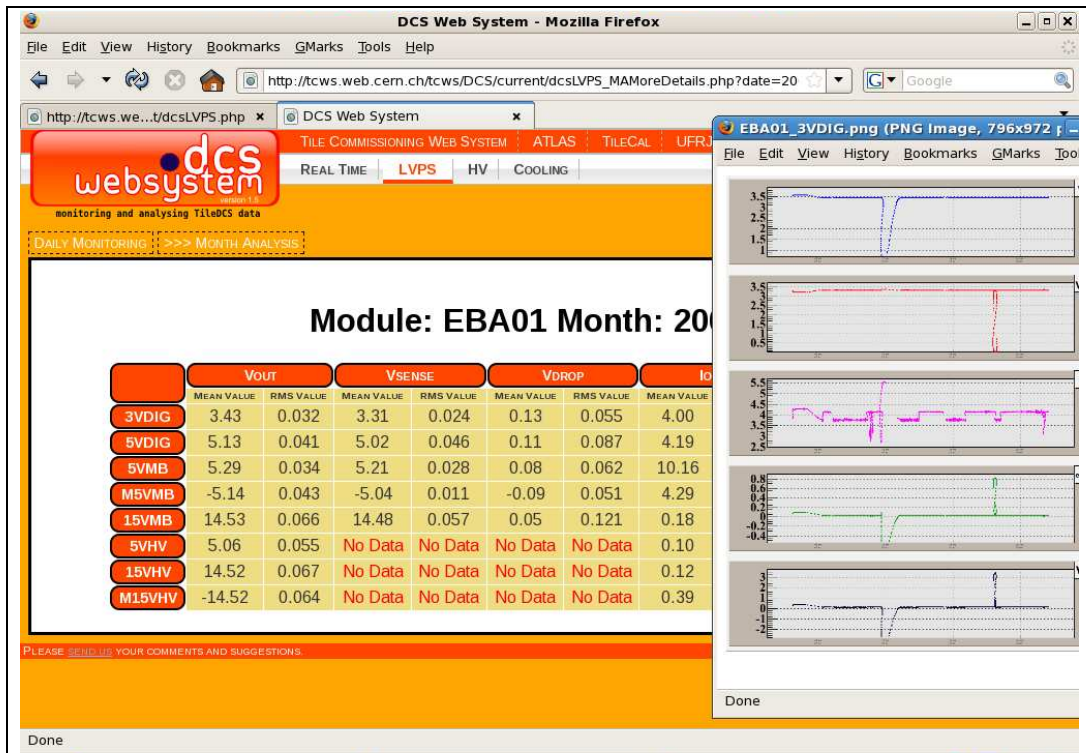


Figura 6.7: Tabela apresentando os valores das médias e os desvios padrões para o módulo EBA01 em Junho de 2008

As funcionalidades anteriores oferecem um procedimento padrão para o monitoramento dos dados do LVPS. No entanto, a possibilidade de realizar análises avançadas é desejada. Para isso, é disponibilizada uma interface de busca do Glance embarcada e aplica seu próprio estilo. Como foi descrito no Capítulo 5, essa interface apresenta todos os parâmetros que um usuário pode escolher para recuperar em diversos formatos.

6.4 Protótipo para Monitoramento e Análise de Altas Tensões

Assim como as LVPS, a estabilidade do sistema HV pode ser verificada pela análise das estatísticas para um determinado período. No entanto, o comportamento dos canais

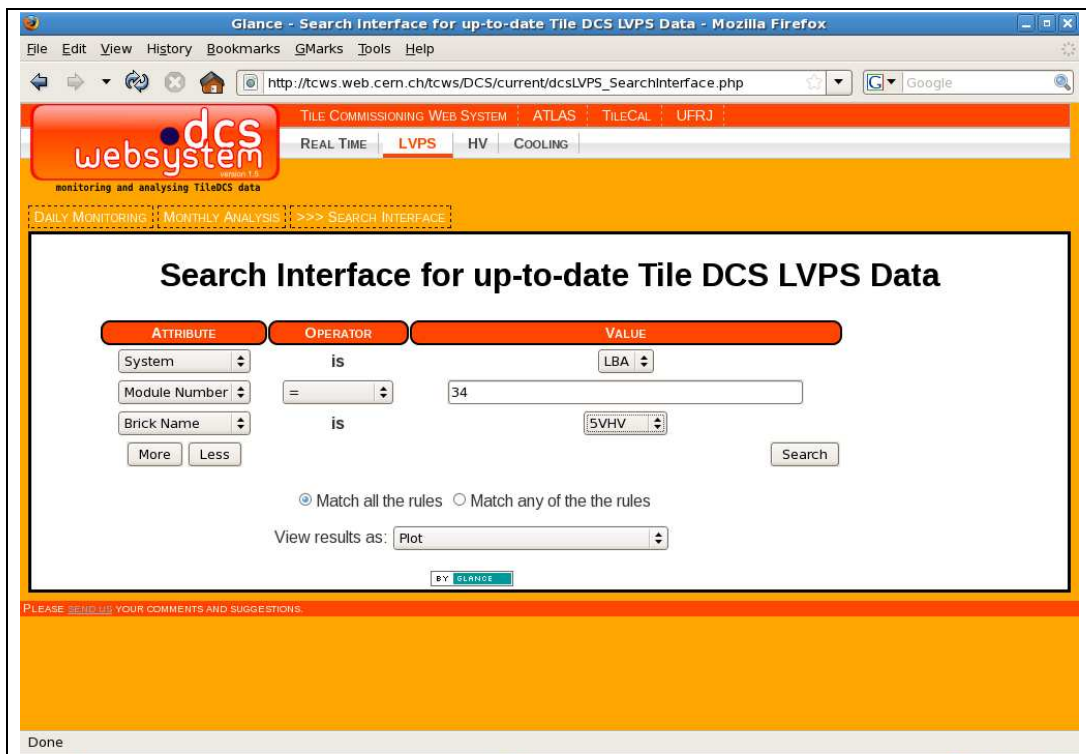


Figura 6.8: Interface de busca de dados das LVPS.

do sistema HV durante a fase de operação ainda não foi investigada. Porém, como já explicado, sabe-se que a estabilidade das tensões fornecidas pelo sistema HV garante a operação correta das PMTs e que as medidas para a tensão de saída são mais sensíveis aos fatores externos.

A Figura 6.9 mostra o protótipo para o sistema HV.

Nela, todo dia são gerados arquivos de XML com as médias e o desvio padrão dos valores para o período de duas semanas. Existem duas possibilidades para identificar problemas. O primeiro assemelha-se aos sistemas anteriores, onde é mostrado a representação gráfica dos barris e se dentro do módulo existir um canal instável, esse módulo é assinalado como um caso de alerta e o módulo referente é colorido de vermelho.

A segunda maneira, Figura 6.10, mostra todos em uma representação tabular. É possível visualizar gráficos temporais de um canal problemático selecionando nele.

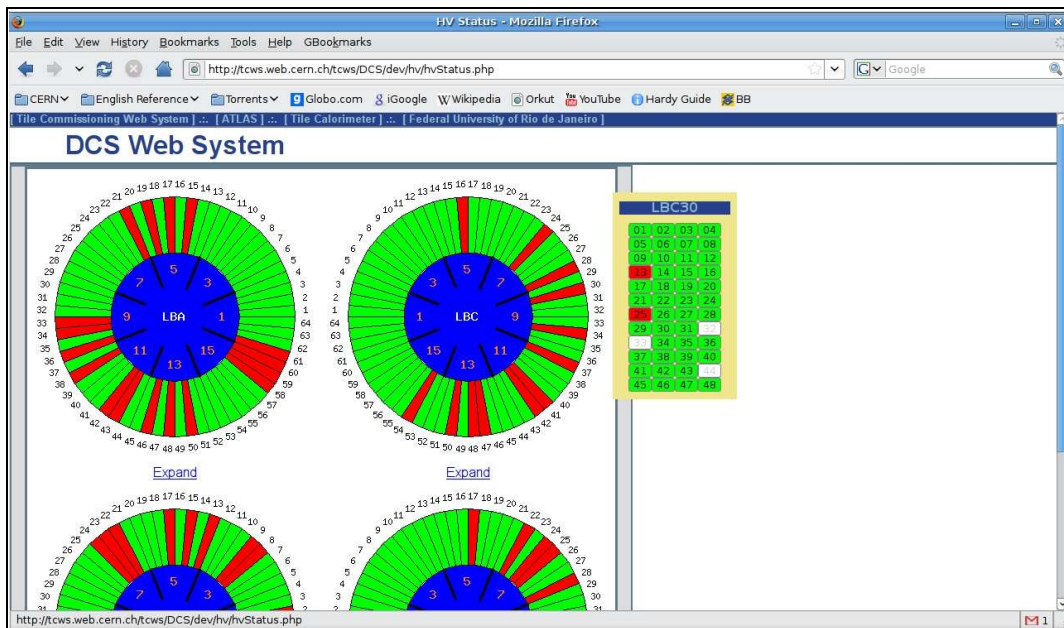


Figura 6.9: Análise diária das fontes de altas tensões.

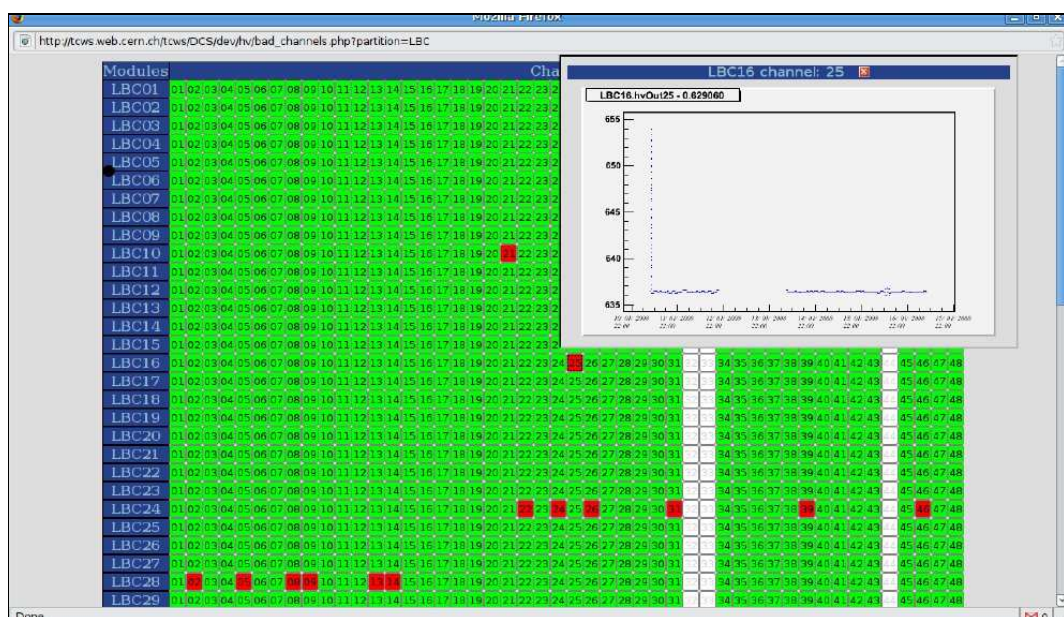


Figura 6.10: Análise dos canais HV problemáticos.

6.5 Análise Avançada para Dados do HV e do Sistema de Refrigeração

Existem interfaces de buscas também disponíveis para os dados de HV e do Sistema de Refrigeração. A Figura 6.11 apresenta a interface para os dados do HV. Os atributos que o usuário pode escolher para essa interface envolvem a partição, o número do módulo, o nome do elemento/canal, que poder ser *output voltage* ou *input voltage*, o período de tempo e a faixa de valores desejada.

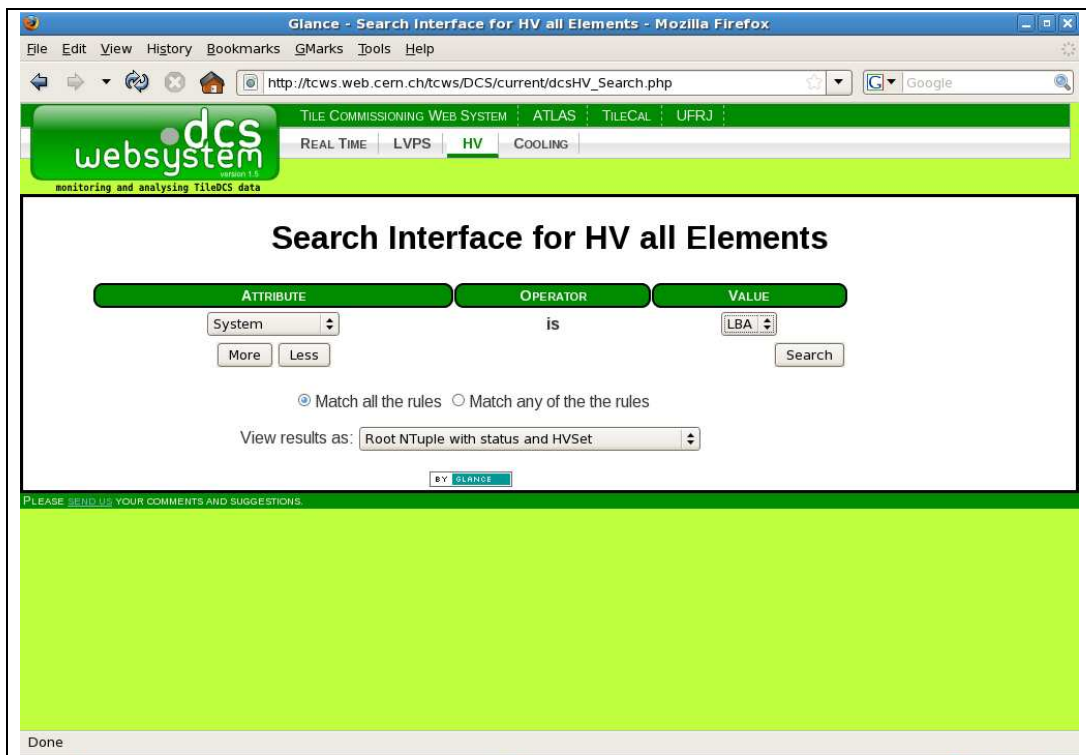


Figura 6.11: Interface de busca de dados de HV.

A Figura 6.12 apresenta a interface de recuperação para os dados do sistema de refrigeração. Os atributos para essa interface são os *Cooling Parameters* (parâmetros do refrigerador) e o período de tempo.

Os parâmetros possíveis são o estado do refrigerador (*Plant State*), a pressão nos diferentes setores da tubulação (*Loop Pressures*) e o tempo de circulação da água (*PPV cycle time*).

Glance - Search Interface for Tile DCS Cooling Data - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks GMarks Tools Help

http://tcws.web.cern.ch/tcws/DCS/current/dcsCooling.php

dcswsystem monitoring and analysing TileDCS data

TILE COMMISSIONING WEB SYSTEM ATLAS TILECAL UFRJ

REAL TIME LVPS HV COOLING

Search Interface for Tile DCS Cooling Data

ATTRIBUTE	OPERATOR	VALUE
Cooling Parameter	>=	Plant State
Time Stamp		Date: 2009/05/01 Cal Time: HH : MI : SS

More Less Search

Match all the rules Match any of the rules

View results as: Plot

BY: SLANCE

PLEASE ... YOUR COMMENTS AND SUGGESTIONS

Waiting for atglance.web.cern.ch...

Figura 6.12: Interface de busca de dados do sistema de refrigeração.

Capítulo 7

Conclusão

O CERN é o maior laboratório de Física de Partículas do mundo, onde foi construído o acelerador de partículas LHC. Detectores de partículas altamente especializados estão instalados ao longo da circunferência do colisionador, entre eles o ATLAS. Este detector ATLAS é composto por diversos subsistemas com características específicas de acordo com suas funcionalidades.

O TileCal tem a função de medir a energia das partículas geradas após uma colisão. A aquisição de dados físicos é realizada a partir de aproximadamente 10.000 fotossensores associados à componentes eletrônicos e alimentados por fontes de altas tensões. A calibração destes sensores é muito sensível a tensão aplicada a eles. Por sua vez, os componentes eletrônicos associados são alimentados por canais de baixas tensões. As fontes de alimentação de baixas e altas tensões são refrigeradas pelo sistema de refrigeração central.

O Sistema de Controle do Detector foi projetado para garantir a segurança e a operação correta de todo o experimento. São recuperadas correntes, tensões, temperaturas e pressões relacionados às fontes de alimentação e ao sistema de refrigeração para os equipamentos dos 256 módulos do detector, o que resulta em aproximadamente 45.000 parâmetros amostrados a cada 10 segundos. Esses dados precisam ser monitorados para evitar problemas como sobrecarga e superaquecimento, evitando danos a operação dos componentes eletrônicos, e para garantir a qualidade dos dados adquiridos.

Neste projeto foi implementado um sistema que estabeleceu um procedimento pa-

drão para o monitoramento do funcionamento das fontes de baixas tensões e o acesso aos dados das fontes de alta tensão e do sistema de refrigeração. Foi ainda apresentado um protótipo para o monitoramento padrão das fontes de alta tensão.

O DCS Web System recupera os dados de maneira automática, extraíndo médias e desvios padrões. Essas estatísticas obtidas são comparadas aos valores estipulados. O resultado desta comparação é apresentado em uma representação gráfica por meio de cores. Desta maneira, os problemas são destacados e os usuários podem ter uma idéia rápida do estado das fontes. Esse monitoramento é realizado para os períodos de dez minutos, de um dia e de um mês. O sistema ainda permite uma análise mais detalhada a partir da visualização das informações de cada um dos canais de cada fonte. Para tal, são mostradas as médias ou os parâmetros monitorados, em formato gráfico, conforme demanda.

São disponibilizadas interfaces de busca que permitem a recuperação dos dados para qualquer período de tempo. Estas interfaces apresentam funcionalidades que facilitam a execução de análises personalizadas. O resultado da busca é compatível ao ROOT ou aos principais programas de gerenciamento de planilhas eletrônicas, com formatos como XML e CSV.

O desenvolvimento desse projeto contou com o apoio constante da colaboração TileCal. O sistema encontra-se instalado no servidor local do CERN e é utilizado pelos colaboradores do sub-detector, com destaque para os responsáveis pela validação das fontes de alimentação, pela equipe de análise da qualidade dos dados físicos e pela gerência do detector. A partir do sistema apresentado, foi possível identificar, durante a fase de certificação do detector, casos de instabilidade, ou até mesmo queima, de canais de tensão, posteriormente corrigidos através da substituição das fontes referentes a estes canais.

Como próximos passos do projeto, estão o desenvolvimento de um procedimento padrão de análise para os dados das fontes de altas tensões a partir da implementação do protótipo realizado, a utilização de histogramas com validadores de dados, a integração com os sistemas utilizados para avaliação da qualidade dos dados físicos. Existe ainda

a possibilidade da diversificação dos formatos de apresentação das interfaces para, por exemplo, aparelhos celulares.

O sistema desenvolvido pode ser estendido aos demais sub-detectores do experimento ATLAS, pois estes possuem requisitos similares aos apresentados pelo TileCal no que diz respeito à quantidade e à natureza de dados utilizados. Em comum também, a necessidade de monitoramento dos equipamentos controlados pelo Sistema de Controle do Detector. Soluções semelhantes podem ser utilizadas em outros experimentos, como nos detectores LHCb e CMS, onde existe participação brasileira, pois estas em nada dependem das configurações do ATLAS.

Referências Bibliográficas

- [1] RATZAN, L., *Understanding Information Systems: What They Do and why We Need Them*. ALA Editions, 2004.
- [2] PRESSMAN, R. S., *Software engineering: a practitioner's approach*, McGraw-Hill series in computer science. 5 ed. McGraw-Hill, 2001.
- [3] “The European Laboratory for Particle Physics”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.cern.ch>.
- [4] ATLAS/Tile Calorimeter Collaboration, *Tile Calorimeter Calorimeter Technical Design Report*, Report, CERN, 1996. CERN/LHCC 96–42.
- [5] BOTERENBROOD, H., BURCKHART, H. J., COOK, J., *et al.*, *Design and Implementation of the ATLAS Detector Control System*, Report, CERN, Genebra, Maio 2003.
- [6] “Banco de Dados DCS”,
Acessado em junho de 2009.
https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/Atlas/TileDB#DCS_Databases.
- [7] “ACEOLE: A Marie Curie ITN Project”,
Acessado em junho de 2009.
<https://espace.cern.ch/Marie-Curie-ACEOLE/default.aspx>.
- [8] GRIFFITHS, D., *Introduction to Elementary Particles*. John Wiley & Sons, 1987.
- [9] “The ATLAS Experiment at CERN”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.atlas.ch>.

- [10] ATLAS Collaboration, *ATLAS: Technical Proposal for a General-Purpose pp Experiment at the Large Hadron Collider at CERN*, Report, CERN, 1994. CERN/LHCC 94-43.
- [11] WIGMANS, R., “Advances in Hadron Calorimetry”, *Annual Review of Nuclear and Particle Science*, , 1991.
- [12] SOLANS SANCHEZ, C., *ATLAS TDAQ Software for Tilecal Commissioning*. M.Sc. dissertation, Universidade de Valência, 2005.
- [13] ATLAS Collaboration, *HLT, DAQ, DCS Technical Proposal*, Report, CERN, 2000. CERN/LHCC 2000-17.
- [14] MYERS, S., PICASSO, E., “The design, construction and commissioning of the CERN large Electron-Positron collider”, *Contemporary Physics*, v. 31, n. 6, pp. 387 – 403, Novembro 1990.
- [15] BARRIUSO POY, A., BOTERENBROOD, H., BURCKHART, H. J., *et al.*, “The detector control system of the ATLAS experiment”, *J. Instrum.*, v. 3, 2008.
- [16] “PVSS - Plataforma para o desenvolvimento de sistemas industriais de controle e aquisição de dados da empresa ETM.”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.etm.at/>.
- [17] B. HALLGREN, H. BOTERENBROOD, H. B., KVEDALEN, H., “Embedded Local Monitor Board (ELMB) in the LHC front-end I/O control system”, *7th Workshop on Electronics for LHC Experiments, Estocolmo, Suécia*, , Setembro 2001.
- [18] BURCKHART, H. J., COOK, J., FILIMINOV, V., *et al.*, “The Common Infrastructure Control of the ATLAS experiment”, *Topical Workshop on Electronics for Particle Physics, Naxos, Greece*, pp. 428–431, Setembro 2008.
- [19] VALASSI, A., BASSET, R., CHYTRACEK, R., *et al.*, “LCG Persistency Framework”, *Computing High Energy Physics*, Praga, Rep. Tcheca, Março 2009.
- [20] R CHADELAS, M., CROUAU, G., MONTAROU, F., *et al.*, *High Voltage Source For the TILECAL Hadron Calorimeter of the ATLAS Detector*, Report TileCal 79, CERN, Genebra, Junho 1996.

- [21] “Microcontrolador Intel 8052”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.8052.com/>.
- [22] PINA, J., GOMES, A., NUNO MARQUES, C., *et al.*, “The TILECAL Detector Control System”, *11th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems, Knoxville, EUA*, p. 3, Outubro 2007.
- [23] “CAN in Automation ”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.can-cia.org/>.
- [24] “A serial bus used in distributed real-time control systems”,
Acessado em junho de 2009. www.kvaser.com/can/.
- [25] PINA, J., “The TILECAL/ATLAS Detector Control System”, *Nuclear Science Symposium Conference Record, IEEE*, v. 2, pp. 1201– 1204, Outubro 2004. on Behalf of TileCal Community.
- [26] VELLIDIS, C., ARABIDZE, G., GIOKARIS, N., *et al.*, *A monitoring method for the Low Voltage Power Supply modules of the ATLAS Tile Calorimeter*, Report ATL-TILECAL-PUB-2007-009. ATL-COM-TILECAL-2007-014, CERN, Genebra, Julho 2007.
- [27] GROFF, J. R., WEINBERG, P. N., *SQL, the complete reference*. 2 ed. McGraw-Hill Professional, 2002.
- [28] “ROOT - A Data Analysis Framework ”,
Acessado em junho de 2009. <http://root.cern.ch/drupal/>.
- [29] “Hypertext Preprocessor”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.php.net>.
- [30] GARRETT, J. J., “Ajax: A New Approach to Web Applications”, Adaptive Path: <http://adaptivepath.com/ideas/essays/archives/000385.php>, Fevereiro 2005.
- [31] “*Extensible Markup Language (XML)*, World Wide Web Consortium (W3C)”,
Acessado em junho de 2009. www.w3.org/XML/.

- [32] “Transformações XSL”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.w3.org/TR/xslt>.
- [33] “*Cascading Style Sheets*, World Wide Web Consortium (W3C)”,
Acessado em junho de 2009. www.w3.org/Style/CSS/.
- [34] “*Document Object Model (DOM)*, World Wide Web Consortium (W3C)”,
Acessado em junho de 2009. www.w3.org/DOM/.
- [35] FLANAGAN, D., *JavaScript: the definitive guide*. 5 ed. O’Reilly, 2006.
- [36] “Corporação Google”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.google.com/intl/en/corporate/>.
- [37] “Site de relacionamento Facebook”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.facebook.com/facebook>.
- [38] “Amazon.com”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.amazon.com>.
- [39] “SAX - Aplicação para interface de programação para XML.”,
Acessado em junho de 2009. www.saxproject.org.
- [40] “Relação entre o método SAX e o método DOM, World Wide Web Consortium (W3C)”,
Acessado em junho de 2009. <http://www.w3.org/DOM/faq.html#SAXandDOM>.
- [41] GULBRANSEN, D., BARTLETT, K., BINGHAM, E. G., *et al.*, *Using XML*. Que Publishing, 2002.
- [42] BRUN, R., RADEMAKERS, F., “ROOT-an object oriented data analysis framework”. In: *World Scientific Publishing*, 2005.
- [43] “Ferramenta cURL”,
Acessado em junho de 2009. <http://curl.haxx.se/x>.
- [44] MAIDANTCHIK, C., GRAEL, F. F., KARAM, K., *et al.*, “Glance Project: a database retrieval mechanism for the ATLAS detector”, *Journal of Physics: Conference*

Series 042020, Computing High Energy Physics, Victoria, Canadá, v. 119, pp. 8, Setembro 2007.

[45] “Formato de arquivo CSV”,

Acessado em junho de 2009.

<http://www.creativyst.com/Doc/Articles/CSV/CSV01.htm>.

Apêndice A

Publicações

O autor participa desde 2006, junto ao grupo de software do Laboratório de Processamento de Sinais, do desenvolvimento de sistemas *web* que auxiliaram a fase de comissionamento do Calorímetro Hadrônico de Telhas e que continuarão sendo utilizados durante a fase de sua operação. Neste apêndice, estão listados os artigos e trabalhos publicados, com a participação do autor, referentes a esse desenvolvimento.

1. *DCS Web System*, MAIDANTCHIK, C., FERREIRA, F. G., GRAEL, F. F., Computing High Energy Physics, Praga, Rep. Tcheca, 2009

The web system described here provides functionalities to monitor the Detector Control System (DCS) acquired data. The DCS is responsible for overseeing the coherent and safe operation of the ATLAS experiment hardware. In the context of the Hadronic Tile Calorimeter Detector, it controls the power supplies of the readout electronics acquiring voltages, currents, temperatures and coolant pressure measurements. The physics data taking requires the stable operation of the power sources. The DCS Web System retrieves data automatically and processes it extracting the statistics for given periods of time. The mean and standard deviation outcomes are stored as XML files and are compared to preset thresholds. Further, a graphical representation of the TileCal barrels indicates the state of the supply system of each detector drawer. Colors are designated for each kind of state. This way problems are easier to find and the collaboration members can focus on them. The user can

pick a module to see detailed information. It is possible to check the statistics and generate charts of the parameters over the time. The DCS Web System also gives information about the power supplies latest status. The barrel colors green whenever the system is on. Otherwise it is colored red. Furthermore, it is possible to perform customized analyses. It provides search interfaces where the user can set the module, parameters, and the time period of interest. Moreover the system produces the output of the retrieved data as charts, XML files, CSV and ROOT files according to the user's choice.

2. *The Tile Calorimeter Web Systems for Data Quality Analyses*, MAIDANTCHIK, C., GALVÃO, K. K. GRAEL, F. F., FERREIRA, F. G., GOMES, A. S., Computing High Energy Physics, Praga, Rep. Tcheca, 2009

The ATLAS detector consists of four major components: inner tracker, calorimeter, muon spectrometer and magnet system. In the Tile Calorimeter (TileCal), there are 4 partitions, each partition has 64 modules and each module has up to 48 channels. During the ATLAS commissioning phase, a group of physicists need to analyze the Tile Calorimeter data quality, generate reports and update the official database, when necessary. The Tile Commissioning Web Systems (TCWS) retrieves information from different directories and databases, executes programs that generate results, stores comments and verifies the calorimeter status. TCWS integrates different applications, each one presenting a unique data view. The Web Interface for Shifters (WIS) supports monitoring tasks by managing test parameters and all the calorimeter status. The TileComm Analysis stores plots, automatic analyses results and comments concerning the tests. With the necessity of increasing granularity, a new application was created: the Monitoring and Calibration Web System (MCWS). This application supports data quality analyses at channels level by presenting the automatic analyses results, the problematic known channels and the channels masked by the shifters. Through the web system, it's possible to generate plots and reports, related to the channels, identify new bad channels and update the Bad Channels List at the ATLAS official database (COOL DB). The Data Quality Monitoring Vi-

ewer (DQM Viewer) displays the data quality automatic results through an oriented visualization

3. *Sistema Glance para recuperação e operação de dados de repositórios heterogêneos para o ATLAS*, MAIDANTCHIK, C., FERREIRA, F. G., GRAEL, F. F., GALVÃO K. K., ÉVORA, L. Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Águas de Lindóia, São Paulo, 2008.

O detector ATLAS é construído por uma colaboração internacional heterogênea. Durante as etapas de construção, teste e integração dos componentes, dados sobre a construção e desempenho dos equipamentos foram gerados. No entanto, a recuperação desses dados envolve conhecer detalhes técnicos das tecnologias utilizadas para o armazenamento, a organização dos repositórios para que um método de recuperação seja programado.

Frente às dificuldades de recuperação de informações, foi desenvolvido na UFRJ, em colaboração com o ATLAS, o *Glance*, um sistema universal capaz de reconhecer a estrutura dos repositórios, auxiliar o usuário na criação de uma interface de recuperação e realizar buscas sobre os dados. As interfaces criadas são descritas em uma linguagem intermediária independente da tecnologia do repositório. Dessa forma um único sistema gerencia diversas interfaces independentes.

Ao longo da fase de comissionamento surgiu o requisito de processar os dados recuperados para serem melhor interpretados pelos colaboradores. Para suportar essa nova necessidade, foi proposto e implementado um mecanismo capaz de realizar operações tais como calcular médias ou aplicar fórmulas envolvendo atributos de uma pesquisa.

Com essa funcionalidade, o sistema reconhece o tipo dos dados que serão operados, que podem ser numéricos ou textuais, e apresenta operações adequadas. Ao executar a busca, o *Glance* passa para um módulo intermediário os resultados, descritos em um formato intermediário, e a operação definida pelo usuário. Pela existência do módulo intermediário, a operação é independente do tipo de banco de dados. Os

resultados são apresentados como uma nova coluna ou como um sumário contendo, por exemplo, a média de uma coluna. Além disso, os dados podem ser retornados na forma de uma tabela hipertextual, como gráficos ou até em outros formatos como CSV ou XML.

Esse esquema está sendo aplicado ao *Detector Control System* (DCS) do calorímetro de telhas. O DCS monitora e registra em um banco de dados tensões, correntes e temperaturas em determinados pontos da eletrônica do sub-detector. Através da nova funcionalidade, o *Glance* calcula a diferença de voltagem entre dois pontos e também a média e o RMS das medições sobre um determinado período de tempo. Outra aplicação semelhante é junto ao grupo que mede o posicionamento dos equipamentos no ambiente experimental e monitora desvios entre a posição teórica e a observada em determinados pontos do detector.

Este trabalho apresenta a funcionalidade de operações sobre dados do *Glance* e demonstra sua utilização. Também são discutidas em mais detalhes as aplicações existentes desse mecanismo.

4. *A monitoring method for the Low Voltage Power Supply modules of the ATLAS Tile Calorimeter* VELLIDIS, C., ARABIDZE, G., GIOKARIS, N., FERREIRA, F. G., ROY, D., VICHOU, I., MAIDANTCHIK, C., Publicação Técnica, Genebra, 2007.

We present a method for testing the operational stability of Low Voltage Power Supply modules of the ATLAS Tile Calorimeter, based on a self-consistent determination of the stability criteria. The recorded voltage, current, and temperature values of each module are retrieved from the Oracle database for a long and smooth running period and their mean and RMS values over that period are determined, as well as their average recording rates, by taking into account the “smoothing” procedure which is applied during data recording to reduce data storage. The average behavior of the ensemble of all modules is determined from those time-integrated quantities and the modules are then tested one-by-one by comparing with the ensemble averages. The proposed method is tested for all Long Barrel modules operated during April of 2007.

5. *Sistema de Análise e Monitoração dos dados não-físicos do Calorímetro Hadrônico do detector Atlas*, MAIDANTCHIK, C., FERREIRA, F. G., GRAEL, F. F., Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Águas de Lindóia, São Paulo, 2007.

O calorímetro hadrônico do detector ATLAS encontra-se em fase de comissionamento. Durante este período são testados os equipamentos e sistemas que o compõem a fim de garantir o seu futuro funcionamento. O Laboratório de Processamento de Sinais (LPS-UFRJ) é um dos laboratórios participantes desta colaboração internacional.

O DCS (*Detector Control System*), responsável pela monitoração das fontes de alta e baixa tensões que alimentam os componentes eletrônicos integrantes do sub-detector e pelo sistema de refrigeração que garante o funcionamento dessas fontes, é um desses sistemas. Para tal, adquire dados como tensões, correntes e temperaturas utilizando um programa desenvolvido dentro do framework do software proprietário PVSS, que é uma plataforma destinada especialmente para sistemas de controle. Após a aquisição tais informações são armazenadas numa base de dados relacional de tecnologia Oracle. Estes dados não são usados para análises físicas, mas são importantes para garantir a consistência delas.

Para realizar o monitoramento e análise desses dados foi proposto e implementado um sistema capaz de disponibilizar as informações via internet que possam garantir que as fontes estejam funcionando corretamente, e a este foi dado o nome de *DCS Web System*. Primeiramente os dados são recuperados da base de dados utilizando-se o sistema *Glance*, também desenvolvido pelo chamado grupo do Rio. Após a recuperação dos dados, o sistema *Glance* formata-os em arquivos XML, garantindo assim flexibilidade, e através desses gera médias e os desvio padrão das amostragens, dados suficientes para estudar a estabilidade dos equipamentos, para um dia ou um mês. Ainda são disponibilizados gráficos temporais que mostram o progresso de determinada fonte. Ainda são previstos no projeto distribuições estatísticas dos dados em estudo.

Atualmente, o *DCS Web System* oferece o suporte à análise e ao monitoramento das fontes de baixa tensão e ao sistema de refrigeração, sendo o suporte às fontes de alta tensão uma atualização prevista e pelo sistema de refrigeração que garante o funcionamento dessas fontes, é um desses sistemas. Para tal, adquire dados como tensões, correntes e temperaturas utilizando um programa desenvolvido dentro do framework do software proprietário PVSS, que é uma plataforma destinada especialmente para sistemas de controle. Após a aquisição tais informações são armazenadas numa base de dados relacional de tecnologia *Oracle*. Estes dados não são usados para análises físicas, mas são importantes para garantir a consistência delas.

6. *Web System to Support Analysis of the Tile Calorimeter Commissioning* MAIDANTCHIK, C., FARIA, A., GRAEL F. F., FERREIRA F. G., GALVÃO K. K., DOTTI A., SOLANS, C., e PRICE, L., Computing High Energy Physics, Victory, Canadá, 2007.

This article describes the set of computer systems that support the data analysis and quality control during the Tile Calorimeter commissioning phase. The Tile Commissioning Web System (TCWS) encapsulates the steps to retrieve information, execute programs, access the outcomes, register statements and verify the equipment status. TCWS integrates different applications, each one presenting a particular view of the commissioning process. The TileComm Analysis stores plots and analysis results, provides equipment-oriented visualization, collects information regarding the equipment performance, and outlines its status in each test. The Timeline application provides the equipment status history in a chronological way. The Web Interface for Shifters supports monitoring tasks by managing test parameters, graphical views of the detector's performance, and information status of all equipment that was used in each test.

7. *Sistema WEB para Testes de Equipamentos em Física de Altas Energias* MAIDANTCHIK C., SEIXAS, J. M., ALVES, A. M., FARIAS, A, GRAEL F. F., FERREIRA, F. G. , GALVÃO, K. K., Encontro Nacional de Física de Partículas e

Campos, Águas de Lindóia, São Paulo, 2006

O detector ATLAS, acoplado ao acelerador de partículas LHC do CERN, encontra-se atualmente em fase de comissionamento. Os testes realizados geram uma enorme quantidade de dados, que são posteriormente analisados pelos colaboradores em diferentes países. A cada execução dos programas de análise, uma série de procedimentos e configurações deve ser realizada pelos pesquisadores. Os gráficos e histogramas resultantes se referem aos níveis de energia durante uma colisão de partículas, e dados para o controle de qualidade dos equipamentos também são gerados a partir das análises. Este projeto apresenta o sistema *Tile Commissioning Web System* que apóia a manipulação e análise dos dados provenientes dos testes realizados no Calorímetro de Telhas (TileCal), um dos sub-detectors do ATLAS, e apresenta ferramentas para a recuperação dos resultados obtidos. O sistema é composto por três softwares com interface Web que possuem funções específicas: o *Web Interface for Offline Shifters*, o *Tilecomm Analysis* e o *AtlasMonitor*. O *Web Interface for Offline Shifters* (WIS) automatiza o processo de análise, apresentando ao usuário uma tabela com todos os testes realizados e os tipos de análises que podem ser realizadas para cada um. Após a seleção do usuário, o WIS recupera o arquivo correspondente no sistema de armazenamento CASTOR (*Cern Advanced STORage*) e executa remotamente o programa de análise requerido, seguindo todos os procedimentos e configurações exigidos. Ao final do processo de análise, os resultados são disponibilizados na interface do sistema, apresentando gráficos de níveis de energia e dados de controle de qualidade. Os gráficos e os dados são automaticamente armazenados nas respectivas bases de dados dos sistemas *Tilecomm Analysis* e *Atlas Monitor*. O primeiro software recupera os gráficos, através da associação com o tipo e o identificador do teste e com a seção do sub-detector que foi testada. O *AtlasMonitor* insere automaticamente os dados resultantes nas folhas de controle de qualidade. Posteriormente, o colaborador pode inserir informações adicionais ou até mesmo criar uma nova folha de controle de qualidade. O sistema *Tile Commissioning Web System* está instalado no servidor do CERN e é utilizado

pelos colaboradores do TileCal e seu desenvolvimento conta com a participação dos responsáveis tanto pelos testes dos equipamentos quanto pelo funcionamento do calorímetro.

8. *Sistema de Análise e Monitoração dos Dados Não-Físicos do Calorímetro Hadrônico do Detector Atlas-LHC*, FERREIRA, F., Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, 2008

9. *Sistemas Web de Monitoramento do Processo de Comissionamento do Detector ATLAS*, FERREIRA, F., Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, 2007

10. *Web Interface for Offline Shifters - Sistema de Apoio a Testes de Equipamentos para Análises Físicas*, FERREIRA, F., Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, 2006