



**SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

GOP - 09  
16 a 21 Outubro de 2005  
Curitiba - Paraná

**GRUPO IX  
GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP**

**SISTEMAS DE SUPERVISÃO E CONTROLE DE GRANDES SISTEMAS ELÉTRICOS BASEADOS EM ARQUITETURA GRID**

**Pedro Daniel Zarur\***

**Aloysio de Castro Pinto Pedroza**

**Ayru Leal Oliveira Filho**

**COPPE – UFRJ**

**COPPE – UFRJ**

**CEPEL**

**RESUMO**

Com o avanço da digitalização na operação de sistemas elétricos, verifica-se que, hoje, a questão não é mais apenas supervisionar e controlar sistemas elétricos. O grande desafio é difundir a informação obtida de forma segura, eficiente e consistente. A computação grid foi concebida com a finalidade de proporcionar a universalização do acesso a recursos computacionais. Desenvolvida inicialmente a fim de atender à computação científica, a tecnologia vem despontando como um novo paradigma da indústria da informática. O objetivo deste trabalho é avaliar a utilização da computação grid no desenvolvimento de sistemas de supervisão e controle em tempo real.

**PALAVRAS-CHAVE**

Supervisão, Controle, Automação, Grid, Redes.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O estado atual da computação digital é análogo em muitos aspectos à eletricidade por volta de 1910 [1]. Naquela época já existia um grande mercado para equipamentos elétricos, porém a necessidade de cada usuário manter seu próprio gerador restringia muito sua utilização. O desenvolvimento revolucionário não foi de fato a descoberta da eletricidade, mas a infra-estrutura associada à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Juntas essas tecnologias formaram um serviço robusto, padronizado e de baixo custo, tornando universal o acesso à eletricidade. Por analogia podemos imaginar a computação Grid como a tecnologia que possibilitará o acesso universal a recursos computacionais, onde quer que eles estejam localizados. De fato o termo Grid foi escolhido por analogia às redes elétricas.

O objetivo deste trabalho é analisar o impacto que essa nova tecnologia trará quando aplicada ao desenvolvimento de aplicativos de supervisão e controle em tempo real de sistemas elétricos. Serão analisadas soluções para o estabelecimento de ligações dinâmicas entre componentes de um sistema de supervisão e controle em tempo real e também construções interessantes que permitem o compartilhamento de recursos computacionais, tais como a implementação de servidores de armazenamento de dados históricos da operação e provedores de processamento remoto de aplicações de alto desempenho. Também serão avaliadas as ferramentas e mecanismos disponíveis para integração com o sistema legado.

## 2.0 - COMPUTAÇÃO GRID

As soluções utilizadas nesse trabalho foram idealizadas a partir da arquitetura definida pela OGSA (*Open Grids Services Architecture*) [1,2,5,9,16], pela infra-estrutura de serviços implementada pela OGSi (*Open Grid Services Infrastructure*) [1,3,7,13,14,15,16,21] e no pacote de desenvolvimento de aplicações grid, Globus Toolkit versão 3.2.1[5,17,18,20,22].

A arquitetura definida pela OGSA propõe duas construções básicas, a primeira consiste de *clusters* de computadores onde centenas, até milhares de máquinas interligadas e funcionando como um único supercomputador de processamento paralelo [1,2]. A segunda construção básica consiste em organizações virtuais [1,2], que agregam recursos computacionais distribuídos em redes de longa distância, onde cada participante pode ser visto como um provedor e/ou consumidor de serviços. As organizações virtuais são de natureza dinâmica e desacoplada, ou seja, durante seu funcionamento é possível a entrada e saída de componentes, e o usuário de um serviço não sabe de antemão quem irá servi-lo. A infra-estrutura de uma organização virtual disponibiliza mecanismos de pesquisa e monitoração [8] de provedores dos serviços, permitindo a seleção de qual utilizar em tempo de execução. Nesse trabalho será dada ênfase às organizações virtuais, pois este modelo é o que melhor se encaixa na proposta de se criar grids para supervisão e controle de sistemas elétricos em tempo real.

## 3.0 - GRIDS DE SUPERVISÃO E CONTROLE

Baseados na computação grid, os componentes de um sistema de supervisão e controle são agrupados em organizações virtuais que podem ser intra ou interinstitucionais. Nesta arquitetura, cada componente teria acesso direto e seguro aos serviços disponibilizados por outro componente, sem a necessidade de intermediação imposta pela organização hierárquica observada atualmente. Além disso, a arquitetura é versátil a ponto de permitir reconfigurações dinâmicas da rede de supervisão e controle. A arquitetura permite a integração novos tipos de participantes na comunidade de supervisão e controle, provedores de aplicações e armazenamento, por exemplo, possibilitam a construção de históricos da operação e aplicações compartilhadas por todos os componentes. Estes novos recursos ficam disponíveis a todos os membros diluindo custos de investimento.

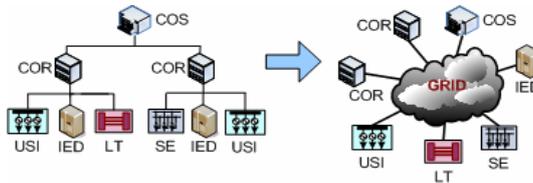


FIGURA 1: Estrutura atual X Grid de supervisão e controle

### 3.1 Ligações de supervisão e controle dinâmicas

O estabelecimento de ligações dinâmicas é certamente a característica da computação grid de maior impacto em sistemas de supervisão em tempo real. Sob o ponto de vista dos grids de supervisão e controle uma ligação consiste em uma instância de serviços, através da qual são enviadas medições do sistema elétrico, que implementa mecanismos de notificação de eventos e também permite o envio comandos operativos. Por default o protocolo SOAP (Simple Objects Access Protocol) [11,16] é utilizado para o acesso aos serviços de um componente do grid [3], devido a sua grande versatilidade, esse protocolo é a escolha ideal para execução de tarefas complexas em detrimento da performance, devido ao tamanho de suas mensagens que são codificadas em XML. Certamente para o funcionamento das ligações de supervisão e controle este não é o protocolo mais indicado, então podemos dividir o tempo de vida de uma ligação em duas partes. A primeira na qual são executados os procedimentos para seu estabelecimento que é baseado em SOAP, e a segunda após o estabelecimento da ligação onde a comunicação entre os serviços é feita através de um protocolo de comunicação mais eficiente.

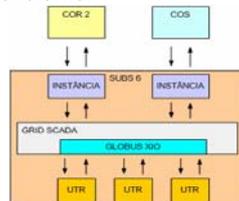


FIGURA 2: Ligação de supervisão e controle

### 3.2 Compartilhamento de recursos

Podemos classificar o compartilhamento de recursos computacionais implementado pela OGSi em dois tipos. No primeiro tipo, que está fora do escopo desse trabalho, clusters com centenas, até milhares computadores trabalham em paralelo e cooperativamente a fim de executar uma aplicação do tipo “bag of tasks” [1,2,3]. No caso de grids de supervisão e controle o compartilhamento de recursos é implementado através de provedores de serviços, remotos, que agreguem poder computacional para executar tarefas que estão além da capacidade de processamento do sistema local. Foram analisadas as implementações de um provedor de armazenamento de dados históricos da operação. Essa característica da computação grid criará um grande impacto na forma de se investir em infra-estrutura computacional. A figura 3 mostra a arquitetura de um provedor de armazenamento de histórico da operação desenvolvido neste trabalho.

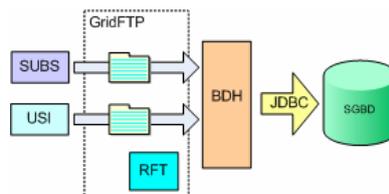


FIGURA 3: Histórico da operação

### 3.3 Sistema Legado

Uma preocupação pertinente a todo processo de evolução tecnológica é a integração com o legado. Na área de supervisão e controle de sistemas e elétricos sistema o legado pode ser traduzido em UTR's e CLP's do século passado com vinte até trinta anos de idade utilizando protocolos de comunicação ultrapassados. Também podem fazer parte do sistema legado centros de controle com sistemas SCADA incompatíveis com a computação grid ou que não haja interesse em investir no porte. O melhor caminho para a integração com este legado é através da implementação dos protocolos de comunicação de dados baseados em computação grid. O Globus XIO [5], é uma API presente no Globus Toolkit que permite o desenvolvimento de componentes que implementem protocolos para transmissão e recepção de dados. A API é construída sobre primitivas básicas do tipo *open/close/read/write* e fornece bibliotecas para o desenvolvimento de *drivers* de transporte e conversão de dados modulares e que são organizados em pilha conforme é mostrado na figura 4.

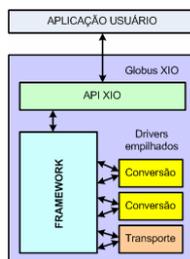


FIGURA 4: Arquitetura Globus XIO

## 4.0 - PROTÓTIPO DE GRID DE SUPERVISÃO E CONTROLE

Nesse capítulo é apresentado o protótipo de grid de supervisão e controle desenvolvido no LASC, Laboratório Avançado de Supervisão e Controle, localizado no CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, que gentilmente permitiu o uso de suas instalações para o desenvolvimento desse trabalho.

O objetivo do protótipo é avaliar o comportamento dos mecanismos da computação grid, quando utilizados em aplicações de supervisão e controle em tempo real. Para isso implantado no LASC um ambiente para desenvolvimento de aplicações, onde foram desenvolvidas aplicações que simulam os componentes de um grid de supervisão e controle.

Os componentes foram classificados conforme sua função no grid, e para cada tipo de componente foram desenvolvidas uma ou mais aplicações em Java, que implementam um serviço integrado ao contêiner de serviços do Globus ou uma aplicação Java, cliente, que acessa esses serviços. Foram classificados seis grupos de componentes:

- Serviço de aquisição e controle.
- Centros de controle.
- Servidor de histórico da operação.
- Serviço de registro e pesquisa.
- Serviço de autenticação e autorização.

A seguir serão detalhadas as aplicações desenvolvidas para cada grupo. Os componentes “Serviço de registro e pesquisa” e “Serviço de autenticação e autorização”, foram implementados através da configuração dos componentes CAS (*Community Authorization Service*) [5] e MDS (*Monitoring and Discovery Service*) [5] do Globus Toolkit, portanto não foi necessário o desenvolvimento de programas.

#### 4.1 Centro de controle

Provê uma interface homem-máquina para a monitoração de sistemas elétricos. São centros de decisão e, portanto grandes consumidores de informação e serviços. Para simulação destes componentes foi desenvolvido um aplicativo em Java que implementa um cliente dos serviços providos pelos demais componentes do grid de supervisão e controle. Suas funcionalidades são ativadas através da interface gráfica mostrada na figura 5.



FIGURA 5: Interface do centro de controle para ligação de supervisão e controle

A interface é dividida em duas partes, a primeira sob o título “Componentes do Grid” é utilizada para pesquisar por recursos no grid de supervisão e controle. A segunda parte com o título “Interface Ensaio” é reservada para execução dos ensaios sobre os componentes selecionados.

O painel esquerdo da interface é destinado a mostrar os componentes disponíveis no grid de supervisão e controle. Ao se clicar no botão *Atualizar* o programa faz uma pesquisa no servidor MDS cujo endereço já vem pré-configurado na interface. A partir dessas informações obtidas, a lista de componentes da interface é preenchida com os nomes dos componentes ativos no grid de supervisão e controle. Ao se selecionar um componente da lista e clicar no botão *Ativar* é criada no painel esquerdo uma interface que permite a interação com o componente selecionado e que é utilizada na realização de ensaios. As interfaces para ensaios estão organizadas em um controle do tipo fichário, o que permite a conexão simultânea do centro de controle com vários componentes de diversos tipos. O botão *Desativar* apaga do painel de ensaios a interface relativa ao componente selecionado na lista. E o botão *sair* finaliza o programa.

#### 4.2 Serviço de aquisição e controle

Componente responsável pelo sensoriamento do sistema elétrico. Através de dispositivos de medição, disponibiliza para a comunidade informações em tempo real sobre a operação do sistema. E permitem também a manipulação do sistema através telecomandos. Sua implementação é feita através de uma aplicação Java integrada ao contêiner de serviços do Globus Toolkit, que implementa um servidor de ligações de supervisão que interage com o centro de controle através da interface mostrada na figura 5. Através das ligações são enviadas periodicamente varreduras das medidas monitoradas, que na simulação são geradas aleatoriamente.

##### 4.2.1 Dados do serviço

Os dados do serviço estão organizados em 4 estruturas que contêm informações sobre a identificação do componente, as características da planta elétrica simulada e sobre o seu estado operativo.

##### Identificador

Essa estrutura identifica o componente e é utilizada nas pesquisas por recursos disponíveis no grid de supervisão e controle. Todos os componentes do grid possuem essa estrutura, que é publicada no serviço de pesquisa e indexação durante a ativação, onde fica disponível para pesquisa pelos demais componentes. A cardinalidade da estrutura é 1 e seus atributos estão descritos na tabela 1.

TABELA 1: Atributos da estrutura Identificador

Nome	Tipo	Descrição
nome	String	Nome componente.
tipo	String	Tipo do componente (sac,sap,bdh)

##### Controle

A estrutura é utilizada na simulação de controles operativos, que são acionados através da operação *executaControle*. Ao ser ativada, a operação troca o valor do atributo *estado* simulando um controle operativo de abertura ou fechamento de, por exemplo, um disjuntor. A cardinalidade é definida pelo atributo *numControles* declarado na estrutura *DadosPlanta* e seus atributos estão descritos na tabela 2.

TABELA 2: Atributos da estrutura Controle

Nome	Tipo	Descrição
controle	String	Nome do ponto de controle.
estado	Booleano	Estado atual do ponto de controle.

#### Medição

Estrutura responsável por manter a lista dos pontos de medição da planta elétrica e os valores medidos na última varredura. A ligação de supervisão prepara o buffer a ser enviado a partir dos valores do atributo *medida* e transmite aos clientes a cada varredura. A cardinalidade da estrutura é definida pelo atributo *numMedidores* definido na estrutura *DadosPlanta* e seus atributos estão descritos na tabela 3.

TABELA 3: Atributos da estrutura Medição

Nome	Tipo	Descrição
medidor	String	Nome do ponto de medição.
medida	Real	Últimos valores medidos.

#### DadosPlanta

Os atributos da estrutura guardam as características da planta elétrica simulada e informações para estabelecimento de ligações de supervisão e controle. Durante ativação do serviço os dados são inicializados a partir de um arquivo texto. A cardinalidade é 1 e seus atributos estão descritos na tabela 4.

TABELA 4: Atributos da estrutura DadosPlanta

Nome	Tipo	Descrição
tipo	String	Tipo da planta (usina ou subestação).
area	String	Área elétrica.
numMedidores	Inteiro	Número de medidores.
numControles	Inteiro	Número de pontos de controle.
enderecoLigacaoSupervisao	String	Endereço IP para estabelecimento de ligação de supervisão.
portaLigacaoSupervisao	Inteiro	Porta de serviços para estabelecimento de ligação de supervisão.
numLigacoes	Inteiro	Numero de ligações estabelecidas com centros de controle.

#### 4.2.2 Operações do serviço

O componente disponibiliza a somente uma operação tendo em vista que o envio de medições é feito através de um protocolo à parte e que para o seu estabelecimento é suficiente o acesso aos dados do serviço. A operação disponibilizada permite o envio de controles operativos através de chamadas à função *public boolean executaControle (String nomeControle, boolean novoEstado)*. A operação recebe como parâmetros o nome do ponto de controle a ser acionado e o novo estado desejado. No caso de sucesso na execução da operação, a função retorna o estado do controle que deve ser igual ao solicitado via parâmetro. No caso de ocorrer algum erro durante a execução do comando, como por exemplo o nome do controle selecionado não existir, é disparada uma exceção do tipo *RemoteException* que deve ser tratada pela aplicação responsável pela execução da operação.

#### 4.2.3 Servidor de Ligações

O serviço traz embutida a implementação de um servidor ligações de supervisão baseado em *socket* que executa um protocolo de envio periódico de medidas que é ativado durante a inicialização do serviço. O servidor é acessado através do endereço IP e porta, disponíveis nos dados do serviço pelos atributos *enderecoLigacaoSupervisao* e *portaLigacaoSupervisao* que fazem parte da estrutura *DadosPlanta*. Uma aplicação cliente utiliza o endereço e porta para criar uma ligação de supervisão através da qual é enviado periodicamente um buffer contendo uma varredura das medidas da planta elétrica simulada. O servidor de ligações de supervisão é implementado através das classes Java *ServidorLigacoes* e *ServidorLigacoesThread* internas ao serviço. A primeira é instanciada durante a ativação e passa a aguardar requisições de conexão através da porta definida pelo atributo *portaLigacaoSupervisao*. No momento em que uma aplicação cliente do grid solicita a criação de uma ligação, é criada uma instância de *ServidorLigacoesThread* que passa a transmitir varreduras dos valores dos medidos, via *socket*.

#### 4.3 Provedor de armazenamento de dados históricos

Este componente é responsável por manter um histórico da operação do sistema elétrico. Ele funciona como um grande armazém de dados que disponibiliza aos outros componentes, espaço para armazenamento do histórico da operação. O processo de gravação de dados históricos baseia-se no envio de arquivos contendo medidas relativas a um determinado período através do protocolo Gridftp e após o envio o conteúdo do arquivo é armazenado em um banco de dados Postgresql. Sua implementação é feita através de uma aplicação Java integrada ao contêiner de serviços do Globus Toolkit que interage com o componente centro de controle através da interface mostrada na figura 6.

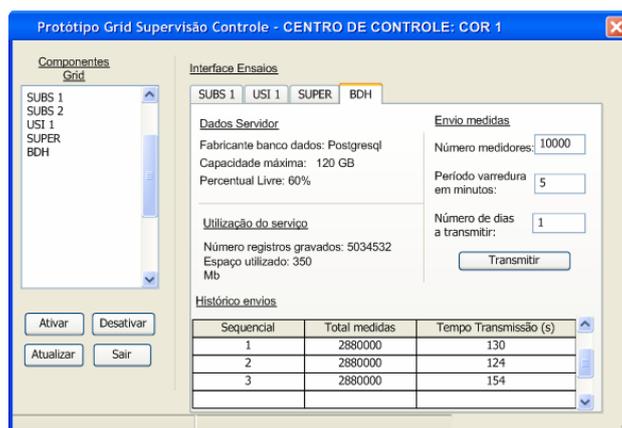


FIGURA 6: Interface do centro de controle para provedor de armazenamento de histórico da operação

##### 4.3.1 Dados do serviço

Os dados do serviço estão organizados em 4 estruturas que contêm informações sobre as características do servidor, seu estado atual e lista de estatísticas do serviço por cliente que são persistidos em tabelas do banco de dados, que são lidas no processo de inicialização e atualizadas durante a operação do serviço.

##### Identificador

Essa estrutura identifica do componente no grid, e é idêntica à definida na tabela 1 para o componente serviço de aquisição e controle.

##### DadosServidorHistórico

Os atributos dessa estrutura guardam as características do serviço de histórico simulado. Durante ativação do serviço os atributos são inicializados a partir de uma tabela localizada no banco de dados Postgresql. A cardinalidade da estrutura é 1 e seus atributos estão descritos na tabela 5.

TABELA 5: Atributos da estrutura DadosServidorHistórico

Nome	Tipo	Descrição
tipoBancoDados	String	Nome fabricante do banco de dados.
capacidadeArmazenamento	Inteiro	Espaço total em disco em GB.
maxClientes	Inteiro	Número máximo de clientes.

##### EstadoServidor

Esta estrutura mantém informações sobre o estado do servidor, sua persistência é feita através da tabela ESTADO\_SERVIDOR do banco de dados Postgresql que é lida durante o processo de inicialização e atualizada durante a operação do serviço. A cardinalidade da estrutura é 1 e seus atributos estão descritos na tabela 6.

TABELA 6:Atributos da estrutura EstadoServidor

Nome	Tipo	Descrição
numeroClientes	String	Nome do ponto de medição.
espacoUtilizado	Real	Espaço em disco ocupado em MB
percentualLivre	Real	Percentual do disco livre

##### RegistroClientes

A cardinalidade desta estrutura é definida pelo atributo *maxClientes* definido na estrutura *DadosServidorHistorico* e seus atributos estão descritos na tabela 7. As informações são persistidas no banco de dados através da tabela *REGISTRO\_CLIENTES* que é um espelho desta estrutura.

TABELA 7: Atributos da estrutura *RegistroClientes*

Nome	Tipo	Descrição
nomeCliente	String	Nome do cliente
totalRegistros	Inteiro	Total de registros armazenados pelo cliente
espacoUtilizado	Inteiro	Espaço em disco ocupado pelo histórico do cliente

#### 4.3.2 Operações do serviço

A operação *carregaDadosHistoricos* (*String nome*, *String host*, *String porta*, *String arquivo*) permite o envio e gravação, em um banco de dados PostgreSQL, dos dados históricos. O envio dos dados é feito através do arquivo especificado no parâmetro *arquivo* através do servidor GridFtp localizado na estação indicada pelos parâmetros *host* e *porta*. Durante a execução é verificado se o cliente especificado pelo parâmetro *nome* já possui dados armazenados no banco de dados. Caso não tenha, o serviço cria uma tabela no banco para gravação das medidas e atualiza a estrutura *RegistroClientes* com o novo usuário que é identificado pelo parâmetro *nome*.

## 5.0 - CONCLUSÃO

A adoção da computação grid trará grandes benefícios na implantação de sistemas automatizados para apoio a várias áreas de atuação do setor elétrico. Sua capacidade de compartilhamento de recursos otimizará os investimentos em hardware e software permitindo um maior retorno do capital investido. Uma concessionária de energia elétrica poderá criar centros especializados em tarefas como armazenar histórico da operação ou processamento de cálculos complexos e disponibilizá-los para todos os setores da empresa interessados no uso do serviço.

A forma dinâmica como se estabelecem os relacionamentos entre os participantes do grid possibilitará redes de supervisão mais robustas, tornando trivial a tarefa de um centro substituir outro em eventualidades. Também solucionará antigos problemas na reconfiguração da rede elétrica monitorada, onde a entrada ou saída de uma área elétrica interfere no funcionamento geral de um centro de supervisão e controle, criando perigosos períodos de ausência de monitoramento no sistema elétrico.

Os históricos da operação do sistema serão mais precisos. Atualmente os custos de investimento e manutenção em bancos de dados leva às empresas a adotarem uma política de manter uma base de dados histórica no centro que encabeça a hierarquia de supervisão e controle onde somente são armazenados os dados monitorados por este centro. Ao se subir de nível na hierarquia de supervisão e controle existe uma perda natural de informação. Com a técnica sugerida neste trabalho de implementação de um servidor de armazenamento de dados históricos da operação será possível geral uma base de dados com todas as informações sobre a operação de todas as plantas elétricas monitoradas independentemente de quem as monitora. Com dados históricos mais precisos será possível uma programação da operação também mais precisa trazendo um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. Outro aspecto importante da melhoria da precisão do histórico da operação é que quanto mais precisos o dados utilizados, mais precisas serão as previsões para o futuro. O setor de planejamento da expansão do sistema elétrico contará com previsões mais confiáveis que auxiliarão na tomada de decisão sobre novos investimentos.

Fazendo um pequeno exercício de futurologia, podemos perceber que o grid pode ser chave na solução dos novos desafios do setor. Por exemplo, atualmente verifica-se uma tendência de que cada vez mais, pequenos geradores entrem o mercado de energia utilizando fontes alternativas de geração mais adaptadas as condições locais, renováveis e menos poluentes, formando redes de micro-geração. A tendência é de que nas próximas décadas existam centenas ou até milhares desses micro-geradores conectados na rede elétrica, acarretando redes de supervisão e controle extremamente complexas e dinâmicas. A tecnologia atual não possui o dinamismo o necessário acompanhar as constantes alterações na topologia do sistema elétrico supervisionado devido à entrada e saída desse grande contingente de micro-geradores. A computação grid oferece uma solução relativamente barata mais uma vez graças à natureza dinâmica dos relacionamentos entre seus componentes.

Tal como foi um dia a Web fez uma revolução na forma de se usar o computador, o Grid está chegando levar a computação para um novo patamar que transformará a forma de usarmos o computador. Como todos outros setores de atividade o setor elétrico encontrará no Grid solução para problemas atuais e futuros na gestão de sistemas elétricos.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1)The Grid: Blueprint for a Future Computing Infrastructur. Foster and C. Kesselman, editors. Morgan Kaufmann Publishers, 1998.
- (2)The Anatomy of a grid: Enabling Virtual Organizations by I. Foster, Carl Kesselman, Steven Tuecke.
- (3)The Physiology of the Grid By I. Foster , Jeffrey M. Nick, Carl Kesselman, Steven Tuecke.
- (4)SAGE - Um Sistema Aberto para a Evolução, Luiz A.C.Pereira, Luiz C.Lima, Antônio J.R.S.Silva, Paulo A.Machado, Maria F.P.Amorim, Ayru L.O.Filho, Gilberto P.Azevedo, Nivaldo Lambert, Pedro D.Zarur, Vladimir V.Tavares, Juli L.C.Huang, Marcelo R. Costa, Carla G.Vidal, Carlos E.lencarelli
- (5)Globus Toolkit 3.2 Documentation, The globus alliance
- (6)Deploy a C application as a grid service, Jean-Yves Girard, Ioane Muni Toke, Jean-Luc Lepasant, Jean-Pierre Prost. IBM – Developer Works, 2004
- (7)Grid Infrastructure to support science portals for large scale instruments, Gregor Von Laszowski and Ian Foster. Argonne National Laboratory, 1999.
- (8)The WS-Resource Framework version 1.0, Karl Czajkowski, Donald F Ferguson, Ian Foster, Jeffrey Frey, Steve Graham, Igor Sedukhin, David Snelling, Steve Tuecke, William Vambenepe. GGF – Global Grid Forum, 2004.
- (9)Enabling Applications for Grid Computing with Globus, Bart Jacob, Luis Ferreira, Norbert Bieberstein, Candice Gilzean, Jean-Yves Girard, Roman Strachowski, Seong (Steve) Yu. IBM Redbooks, 2003.
- (10)Manage X.509 certificates in your grid with Java Certificate Services, Vladimir Silva, 2003.
- (11)GWSDL to WSDL 1.1 Transformation, T. Maguire, T. Sandholm, M. Williams, J. Joseph. Global Grid Forum, 2003.
- (12)An overview of the Web Services Inspection Language, Peter Brittenham. IBM DeveloperWorks, 2002.
- (13)A developer's overview of OGSi and OGSi-based Grid computing, Joshy Joseph. IBM DeveloperWorks, 2002.
- (14)Open Grid Service Infrastructure Primer. GGF – Global Grid Forum, 2004.
- (15)Open Grid Services Infrastructure (OGSi), S. Tuecke, I. Foster, J. Frey, S. Graham, C. Kesselman, T. Maquire, T. Sandholm, D. Snelling, P. Vanderbilt. GGF – Global Grid Forum, 2003.
- (16)A Grid Application Framework based on Web Services Specifications and Practices, Savas Parastatidis, Jim Webber, Paul Watson, Thomas Rischbeck. North East Regional e-Science Centre, 2003
- (17)Globus Toolkit 3 Core – A Grid Service Container Framework, Thomas Sandholm, Jarek Gawor. GGF – Global Grid Forum, 2003.
- (18)Global Grid Connectivity Using Globus Toolkit With Solaris Operating System, Chong-Wee Simon See, Gabriel Ghinita. Sun BluePrints, 2004.
- (19)The Grid: past, present, future, Fran Berman,1 Geoffrey Fox,2 and Tony Hey.
- (20)Application Experiences with Globus Toolkit, Sharon Brunett, Karl Czajkowski, Steven Fitzgerald, Ian Foster, Andrew Johnson, Carl Kesselman, Jason Leigh, Steven Tuecke.
- (21)Grid Service Specification, Steven Tuecke, Karl Czajkowski, Ian Foster, Jeffrey Frey, Steve Graham, Carl Kesselman. . GGF – Global Grid Forum, 2002.
- (22)Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit, Ian Foster, Carl Kesselman.
- (23)DISTRIBUTED AUTOMATION AND CONTROL SYSTEMS, Eugene M. Burmakin, Boris A. Krassi. Helsinki University of Technology St. Petersburg State Technical University.
- (24)MEASUREMENT BEST PRACTICES FOR BETTER POWER PLANT / POWERHOUSE SAFETY, AVAILABILITY & EFFICIENCY, Mark Menezes, Manager, Pressure (Americas).
- (25)Reducing Risk with Enterprise Energy Management: Observations After the Biggest Blackout in US History, Jason Sheppard and Patricia Dijak. 2003.
- (26)Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), DBC – Data Comm for Business, INC.1999
- (27)The Evolution – From SCADA to Automation
- (28)The Integration of SCADA and Corporate IT, Ian Wiese.Water Corporation of Western Australia.
- (29)The Web and Automation, Douglas Millward.
- (30)DNP3 Overview, Triangle MicroWorks, Inc.
- (31)Communication Standards in Power Control, Andrew C. West B.E., B.Sc., B.A., P.Eng, Grad. I.E., Aust, MIEEE. Triangle MicroWorks Inc.
- (32)IEEE Recommended Practice for Master / Remote Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Communications. IEEE Power Engineering Society, 1993.
- (33)IEEE Recommended Practice for Data Communications Between Remote Terminal Units and Intelligent Electronic Devices in a Substation. IEEE Power Engineering Society, 2000.
- (34)IEC 61850, IEC 61400-25 and IEC 61970: Information Models and information exchange for electric power systems. Karlheinz Scharz. Schwarz Consulting Company. 2002.
- (35)Comparison of IEC 60870-5-101/-102/-104, DNP3 and IEC 60870-6-TASE.2 with IEC 6850. Karlheinz Scharz. Schwarz Consulting Company. 2002.
- (36)Plug in to Grid Computing, Malcom Irving, Gareth Taylor and Peter Hobsom. Power and Energy Magazine, IEEE, 2004.