



**XXI SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0  
23 a 26 de Outubro de 2011  
Florianópolis - SC

**GRUPO –GMI**

**GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO - GMI**

**SISTEMA DE MONITORAMENTO, DETECÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FALHAS  
APLICADO A DISJUNTORES DE ALTA TENSÃO**

**Rogério Delgado Nascimento \***  
**ELETROSUL**

**Cássio Hallmann Weyh**  
**ELETROSUL**

**José Milton Camargo**  
**ELETROSUL**

**Gustavo Bomfim Medeiro**  
**ELETROSUL**

**RESUMO**

Com o advento da revolução industrial a sociedade tem se utilizado de meios mais eficientes nos processos de manufatura e serviços, buscando uma condição ótima entre recursos dispendidos e o objeto a ser transformado em produto. Dento do processo de transformação existe uma função que visa preservar a funcionalidade dos recursos envolvidos na produção e operação de um serviço, esta função é chamada de manutenção.

No início a manutenção era vista como um mal necessário, mas atualmente esta visão está mudando, pois a função manutenção e as áreas de Engenharia vêm, ao longo dos anos, estreitando laços em prol de atingir um objetivo comum, o de otimizar as intervenções em máquinas e equipamentos em geral, buscando a maior disponibilidade dos mesmos

Este trabalho visa apresentar um sistema de análise de dados capaz de detectar e diagnosticar falhas em disjuntores de alta tensão através das técnicas de manutenção detectiva e pró-ativa, utilizando as informações aquisitadas de sistemas de monitoramento de grandezas em tempo real e tratamento de dados.

**PALAVRAS-CHAVE**

Monitoramento, Mineração de dados, manutenção detectiva, Disjuntores de alta-tensão

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O processo de manutenção vem evoluindo cada vez mais ao longo dos anos e, apesar de ainda existir locais onde a prática mais comum é a manutenção corretiva, aquela que configura intervenção no equipamento somente após sua quebra, sem dúvidas essa não a melhor forma de manter um equipamento, principalmente nos tempos atuais, vistas as grandes concorrências existentes no mercado.

Atualmente a maneira mais utilizada para evitar intervenções não programadas em equipamentos se baseia no conceito de intervenção anterior a falha e é descrita como manutenção preventiva. Apesar de esta ser mais eficaz do que a descrita anteriormente, ainda necessita da indisponibilidade do equipamento para ser realizada, o que pode ser visto como um inconveniente quando se trata de equipamentos que compõe o Sistema Elétrico Brasileiro, onde a indisponibilidade de um equipamento pode comprometer a confiabilidade de boa parte do sistema. Além disso, a manutenção preventiva possui ainda, pelo menos, mais dois outros pontos negativos, sendo o primeiro, referente à possibilidade de inserir defeitos nos equipamentos, não existentes antes da manutenção e o segundo, referente à substituição de equipamentos/peças quando estes ainda apresentam boas condições.

De forma a buscar a maior disponibilidade e confiabilidade possível, cada vez mais são buscadas formas de manutenção que não deixam os equipamentos indisponíveis, das quais hoje, a mais comum é a manutenção preditiva, que se configura pelo monitoramento de parâmetros dos equipamentos, através dos quais é possível se ter uma noção sob o estado geral ou de uma parte específica destes.

Indo além da manutenção preditiva, encontramos outras formas de manutenção que além de monitorarem parâmetros dos equipamentos, procuram estabelecer relações entre as falhas ou anormalidades encontradas com o causa destas. Estas são chamadas de manutenção detectiva e manutenção pró-ativa e seus resultados são obtidos a partir da utilização de instrumentação e computação em conjunto, para que se possa atingir um objetivo.

Neste trabalho será apresentado um sistema de monitoramento, detecção e diagnóstico de falhas a ser desenvolvido para aplicação em disjuntores de alta tensão e que, com apoio da computação, buscará descobrir falhas não-comuns aos profissionais que trabalham com esse tipo de equipamento.

## 2.0 - SISTEMAS DE DIAGNÓSTICOS E PROGNÓSTICOS DE FALHAS

Os sistemas existentes de diagnóstico de falhas são baseados nas formas de manutenção mais atuais descritas acima, sendo elas a manutenção detectiva e pró ativa. A primeira baseia-se na busca constante por falhas não perceptíveis às equipes de manutenção e operação, utilizando computadores, instrumentação e sistemas inteligentes capazes de traduzir os dados coletados, oferecendo possíveis diagnósticos e subsídios necessários às Engenharias de Manutenção e ao corpo gerencial a respeito do real estado do equipamento. A segunda, com base nos dados coletados e também com o auxílio de capacidade computacional, procura estabelecer a conexão entre a falha e a causa-raiz.

### 2.1 Sistema tradicional de monitoramento de Disjuntores de alta-tensão

Os atuais sistemas de monitoramento, exemplificado na figura 1, se utilizam de sensores e instrumentação cujos valores analógicos são aquisitados por unidades terminais remotas (UTR). Esses valores são relacionados a grandezas previamente selecionadas que reportam a um sistema supervisor o estado atual do equipamento, o qual tem o disjuntor de alta-tensão como objeto de estudo. Esses dados aquisitados podem ser armazenados em sistemas informatizados a fim de serem utilizados em análise presente e futura.

A análise presente está relacionada ao reporte on-line da condição atual do equipamento, comparando-a com parâmetros pré-estabelecidos de valor (normal e anormal) enviando mensagens de alarme, que podem ser visuais (monitor) ou virtuais (email, sms ...).

A análise futura preconiza estabelecer gráficos de tendência das grandezas em relação ao tempo ou com outra grandeza que se resolva correlacionar, procurando encontrar algum desvio em relação a parâmetros conhecidos. Nota-se que neste modelo de monitoramento parte-se do princípio que é necessário conhecer os parâmetros dos equipamentos para se estabelecer a comparação com os valores aquisitados.

Em sistemas comuns de monitoramento de equipamentos, não é raro encontrar exemplos de sistemas que possuem a capacidade de coletar e armazenar grandes quantidades de dados, as quais superam muito a capacidade de análise que qualquer pessoa possa realizar. Esta situação pode vir a fazer com que o sistema de monitoramento adotado se torne irrelevante, uma vez que armazena uma quantia muito grande de dados, passível de ser transformado em conhecimento para a organização, porém, que não está sendo útil pois não está passando por um processo de filtragem, seja automatizado ou manual.

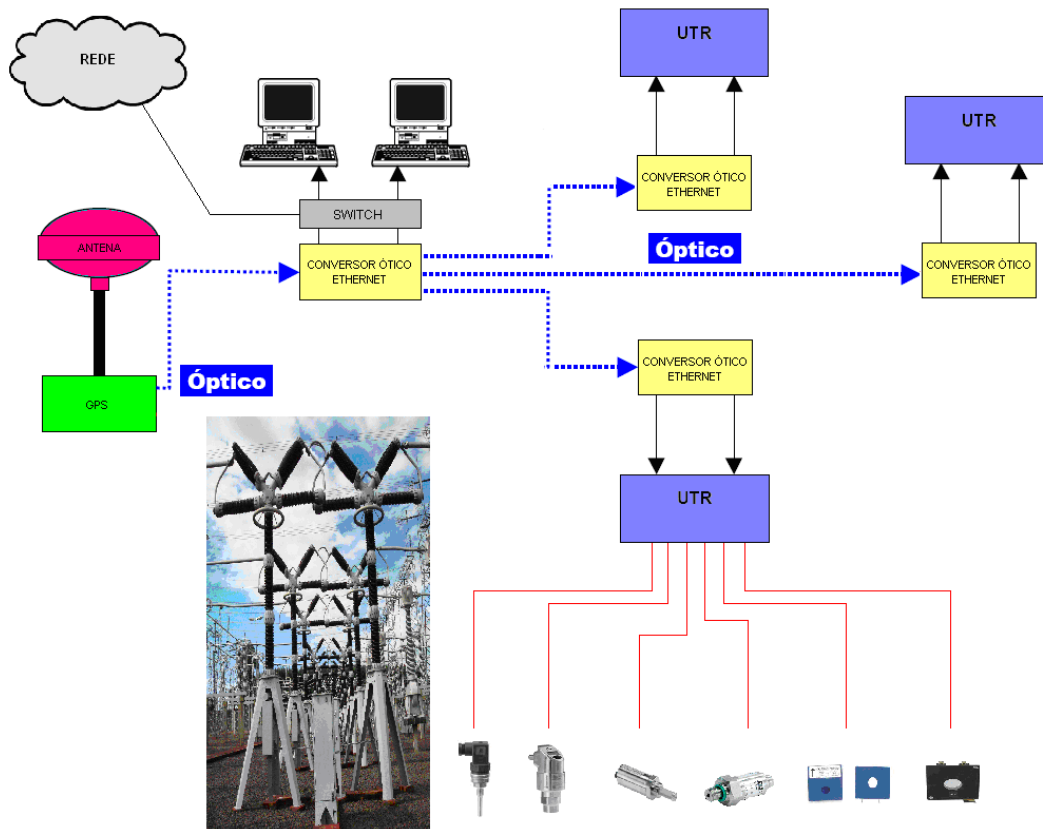


FIGURA 1 – Exemplo de um sistema de monitoramento tradicional

## 2.2 Sistema de monitoramento com software de tratamento de Dados

É importante salientar que todo conhecimento adquirido ao longo do tempo é de suma importância para que novos conceitos sejam estabelecidos, pois o que seria do presente se não fosse o passado, e o que será do futuro se não houver um renovo no presente.

Baseado na premissa acima, o sistema proposto, presente na figura 2, utiliza-se dos atuais modelos de monitoramento, com as suas ferramentas de análises (status online, tendências e outros), mas busca extrair o conhecimento que não está explícito nos parâmetros fornecidos pelos fabricantes de disjuntores, busca-se criar conhecimento com os dados aquisitados, as inspeções operativas, intervenções de oficinas, estabelecerem correlação entre grandezas, a fim de buscar informações, que inicialmente não tem correlação nenhuma, mas que nos faça descobrir indícios cuja implicação futura seja um defeito.

Busca-se uma ferramenta que faça uma análise objetiva e subjetiva dos dados, procurando fugir da lógica binária de análise de defeito (causa-efeito), exemplificando podemos citar o vazamento de óleo por causa da quebra de uma válvula, mas buscar uma análise mais complexa, baseando-se no processo de Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados (DCBD), ferramentas essas que executam análises sob várias visões (causas-efeitos).

Um sistema de auto-aprendizagem, que ao longo do tempo possa estabelecer novos parâmetros de comparação em função do envelhecimento ou utilização do disjuntor, que aparentemente possa ser confrontado com os valores do fabricante, mas seja adequado para aquele equipamento em função de sua condição atual de envelhecimento, desde que não cause danos a sua segurança operacional.

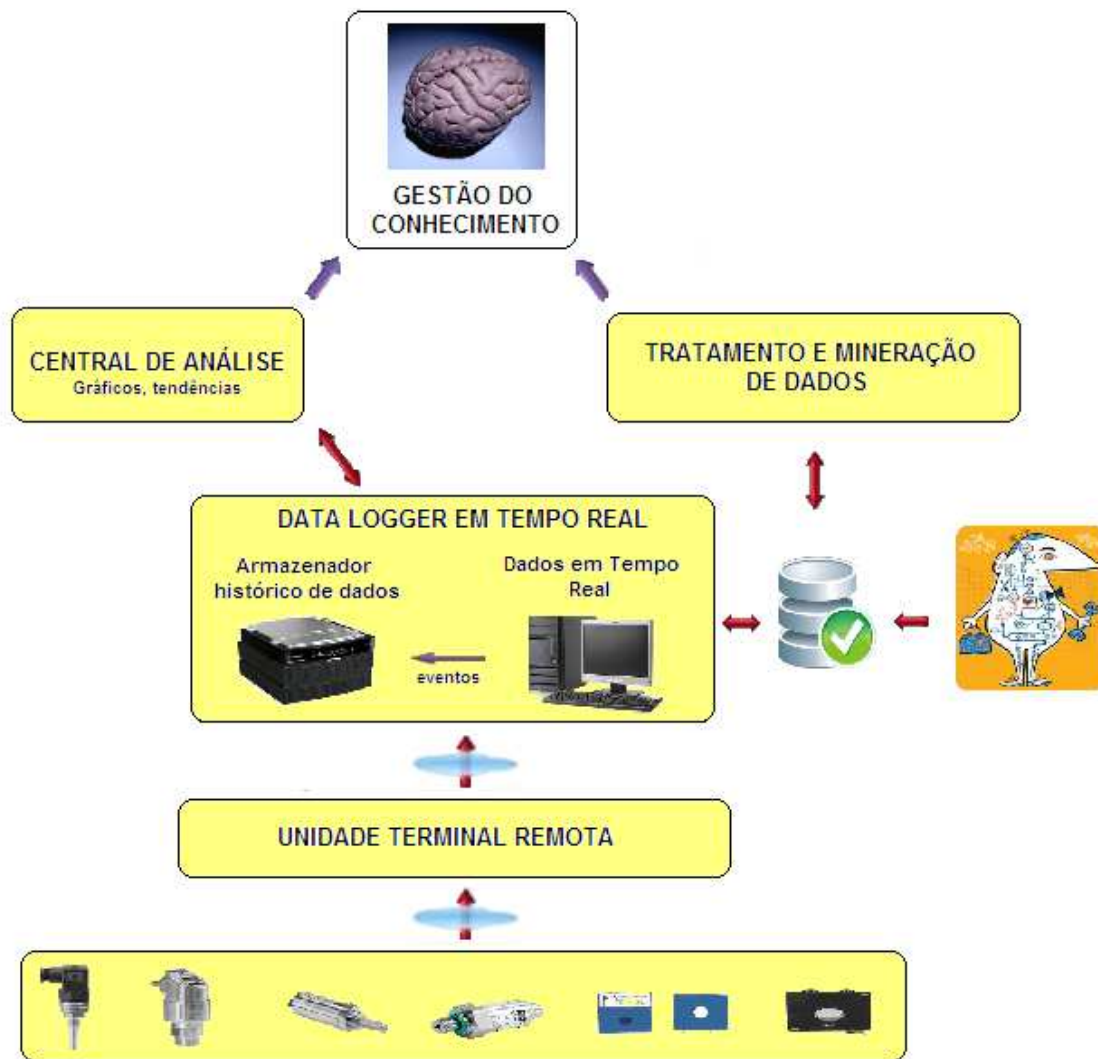


FIGURA 2 – Sistema de monitoramento com software de tratamento de dados e Gestão de Conhecimento

### 3.0 - O PROCESSO DE DESCOBERTA DE CONHECIMENTO EM BANCOS DE DADOS

Os avanços da tecnologia têm permitido, com facilidade, armazenar grandes quantidades de dados porém, mesmo tendo os Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados (SGBDs), capacidades consideráveis para recuperação de informações em grandes bases de dados, a interpretação e compreensão destas informações por parte das pessoas não é uma tarefa fácil.

Em muitas situações, existem nas empresas sistemas capazes de armazenar dados coletados de pontos diversos porém, sem um processo definido para a análise destes, o que resulta em algo conhecido como: riqueza de dados mas pobreza de conhecimento, ou seja, muitos dados são armazenados porém, poucos do montante é realmente útil para a organização.

Para tratar essa deficiência, uma linha de pesquisa, surgida em 1981, apresentou o conceito do que hoje é conhecido como processo de Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados (DCBD), do inglês Knowledge Discovery in Databases (KDD). Este é um processo extremamente complexo que está concentrado em identificar relacionamentos e informações úteis, que não estão implícitas nas bases de dados, ou seja, a transformar dados (baixo nível) em conhecimento (alto nível), cabendo aqui uma consideração sobre os conceitos de dado, informação e conhecimento.

Dados não têm significado próprio, não definem nada sobre sua importância ou relevância porém, são a base para a criação de informação. Informação é um dado tratado, ao qual foi atribuído um significado e que tem o poder de mudar a forma como se percebe algo. Já conhecimento é algo que pode ser aplicado, é um conjunto de informações

combinadas que está pronto para ser utilizado para a tomada de decisões. Sendo assim, conclui-se que a aplicação do processo de DCBD visa o apoio à tomada de decisão, podendo implicar, inclusive, em alterações de estratégias empresariais.

O processo de DCBD apresenta caráter multidisciplinar, envolvendo áreas como aprendizagem de máquina, estatística, banco de dados, sistemas inteligentes e visualização de dados além de ser composto por um conjunto de atividades, automáticas e manuais, podendo sua aplicação ser complexa e demorada, dependendo de diversos fatores, entre eles:

- Volume da base de dados;
- Bases de dados com muitos atributos;
- Bases de dados redundantes;
- Dados inconsistentes; entre outros.

Apesar de ser apresentado como um processo complexo e de execução trabalhosa, os resultados apresentados após a aplicação do processo de DCBD normalmente são de grande valia para o negócio no qual foi aplicado o processo, obtendo resultados que venham a respaldar as tomadas de decisão.

A figura 3 apresenta um modelo do processo de DCBD.

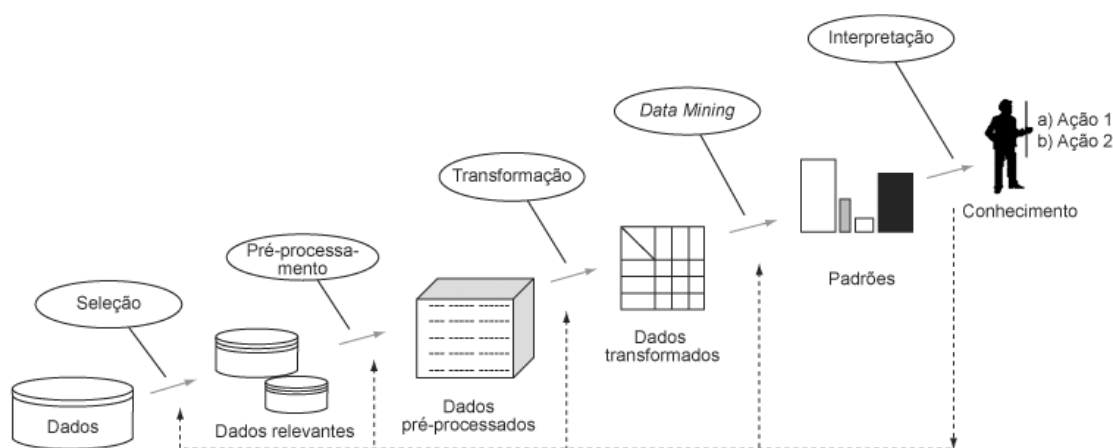


FIGURA 3 - Etapas do processo de DCBD.

### 3.1 – Mineração de Dados

Dentro do processo de DCBD, há um sub processo chamado de mineração de dados ou data mining que utiliza métodos e ferramentas para buscar e definir padrões da dados. Os principais objetivos da mineração de dados são descobrir relacionamentos entre dados e fornecer subsídios par que possa ser feita uma previsão de tendências futuras baseado no passado.

Existem duas formas de aplicação do processo de mineração de dados, sendo uma voltada para a verificação e outra voltada à descoberta. Na primeira, são sugeridas hipóteses acerca da relação entre os dados coletados no passado e através de técnicas como análise estatística e multidimensional, é tentado comprovar sua veracidade. Na outra, não são feitas suposições antecipadamente e é buscado, por meio de técnicas como regras de associação, árvores de decisão, algoritmos genéticos e redes neurais, novas relações entre os dados coletados.

São muitos os casos onde, através do processo de mineração de dados, empresas encontraram relações jamais imaginadas e com o novo conhecimento em mãos, encontraram embasamento para a tomada de decisão.

## 4.0 - VALIDAÇÃO SUBJETIVA DOS DADOS HISTÓRICOS

Nas empresas de energia elétrica que mantém em sua estrutura organizacional oficinas de manutenção capacitadas a efetuar montagem e desmontagem de disjuntores de alta tensão, podem constituir um elemento de validação subjetivo de dados históricos.

Na tarefa de desmontagem dos disjuntores de alta tensão podem ser constatados, de forma visual e até mensurado, o estado de cada componente deste equipamento, esses dados podem inseridos no sistema especialista de manutenção, a fim de correlacioná-los com dados históricos aquisitados pelo sistema de monitoramento que foram armazenados em banco de dados.

É comum o conhecimento técnico adquirido, ao longo da vida laboral, pelos profissionais que executam as atividades de manutenção, não ficar retido dentro das empresas, mas sim na mente dessas pessoas, é a “famosa” experiência, o detalhe que na maioria das vezes faz a diferença nesta atividade, sendo assim, torna-se importante computar este conhecimento, assim este sistema, além de validar os dados históricos e estabelecer ou confirmar relações causa-efeito, pode gerar uma transferência de conhecimento entre técnico de manutenção e o sistema especialista (conhecimento subjetivo) que podem ser compartilhados pelos demais membros da empresa.

## 5.0 - CONCLUSÃO

O artigo propõe apresentar conceitos de gestão de conhecimento aplicados aos processos de Engenharia de manutenção relacionado a disjuntores de alta-tensão através de ferramentas computacionais através de ferramentas de mineração de dados (KDD e Datamining).

Buscando demonstrar a importância de se integrar processos isolados que tangem desde sistemas de monitoramento, análise de tendências gráficas, inspeções e desmontagens de disjuntores por técnicos com o respectivo conhecimento adquirido pelo mesmo ao longo da vida profissional, buscando a integração destes processos isolados, visa manter a memória de todos os aspectos da manutenção de cunho objetivo e subjetivo, o primeiro diz respeito à máquina e o segundo ao homem, muito se tem investido na evolução tecnológica de hardware e software que sejam capazes de ampliar a capacidade de análise de falhas, e em banco de dados que armazenem esses dados, mas existe um volume de informações armazenado na mente dos profissionais que no dia a dia trabalham na manutenção, operação e inspeção dos equipamentos que não fica retido dentro das empresas, mas tem grande importância e deve ser computado nos sistemas computacionais a fim de aperfeiçoar os processos de aprendizagem destes sistemas.

É importante destacar o caráter dinâmico das falhas em relação a diversos fatores como, intempéries, locais de instalação, intervenção humana nos equipamentos, pois os sistemas computacionais precisam ser capazes de distinguir esses fatores, quando efetuar análises entre equipamentos de mesmo modelo e família a fim de mensurar o desempenho dos mesmos, pois baixo desempenho pode ser um índice de falha.

Este caráter dinâmico também nos remete a um conhecimento não estático que não deve ser formalizado como uma verdade imutável, por isto devemos estar aberto a sistematização das mais diversas fontes de informação a fim de sempre buscar uma nova verdade, e assim gerar um novo conhecimento.

Verificou-se que a manutenção preditiva não pode estar atrelado somente a aquisição de grandezas e análise de dados comparando com parâmetros pré-estabelecidos, mas que a compilação dos mesmos por um sistema de gestão de conhecimento integrado com a memória da experiência do profissional, propicia uma ferramenta poderosa de diagnóstico e prognóstico de falhas.

## 6.0 - BIBLIOGRAFIA

- (1) **ALVES, R. P., FALSARELA, O. M.** Modelo conceitual de inteligência organizacional aplicada à função manutenção. Gest. Prod., São Carlos, v. 16, n. 2, p. 313-324, abr.-jun. 2009
- (2) **VILLWOCK, R., STEINER, M. T. A., DYMINSKI, A. S., NETO, A. S.** Data Mining applied to the instrumentation data analysis of a large dam. UFPR, Paraná. ISBN: 0-7695-2976-3 < <http://www.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/ISDA.2007.113> > acesso em: 20/03/2011
- (3) **NEVES, R. C. D.** Pré-Processamento no Processo de Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados. UFRGS, Rio Grande do Sul. <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2701/000375412.pdf?sequence=1> acesso em: 29/03/2011

- (4) **BOGORNÝ, V.** Algoritmos e Ferramentas de Descoberta de Conhecimento em Bancos de Dados Geográficos. UFRGS, Rio Grande do Sul. < <http://www.inf.ufrgs.br/~vbogorny/ti3-final.pdf>> acesso em 27/03/2011.
- (5) **SANTOS, M.** Padrão: um sistema de descoberta de conhecimento em bases de dados georeferenciadas. Universidade do Minho, 2001. Tese de doutorado.
- (6) **MARTINS, F. R., AZEVEDO, H. R. T., SOUZA, S. P. S.** Gestão de Conhecimento Aplicada à Manutenção Preditiva de Equipamentos
- (7) **ANCIUTTI, I., GONÇALVES, A. L., SIQUEIRA, F. A., BORGES, P. S. S.** Uma aplicação de Data Mining sobre Circuitos Elétricos de Baixa Tensão utilizando Algoritmos Genéticos. < <http://www.inf.ufsc.br/~frank/papers/WorkCompSul2004-Isabela.pdf>> acesso em 18/03/2011.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Rogério Delgado do Nascimento  
Corumbá/MS – 16/04/1973  
UNESP Bauru/SP – 1991 – Técnico Eletrônica  
Experiência profissional – 11 anos de atuação em atividades de laboratório de equipamentos de proteção e telecomunicações, e 6 anos em atividades de manutenção em subestações na área de Proteção, Controle, Supervisão.



Cássio Hallmman Weyh  
Portão/RS – 29/04/1986  
Novo Hamburgo/RS – 2006 – Técnico em Eletrotécnica  
UNIVALE - Ivaiporã/PR – 2010 – Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas  
Experiência profissional – 4 anos de atuação na área de manutenção industrial e 3 anos na área de manutenção de equipamentos de pátio.



Gustavo Medeiro Bomfim  
Itapura/SP – 23/04/1988  
CETESP- Paulo Souza - Ilha Solteira – 2007 – Técnico em Eletrotécnica  
UNIVALE - Ivaiporã – 2010 – Tecnologia e Análise de Sistemas  
Experiência profissional – 3 anos de atuação em atividade de manutenção em subestações nas áreas de proteção, controle e supervisão



José Milton Camargo  
São Valentim/RS – 28/09/1970  
Três Lagoas/MS – 2003 – Técnico em Eletrotécnica  
Experiência profissional – 7 anos de atuação na área de linhas de transmissão e 6 anos na área de equipamentos de pátio