



GGH/001

21 a 26 de Outubro de 2001
Campinas - São Paulo – Brasil

GRUPO I
GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA - GGH

PROCESSO DE AUTOMAÇÃO E MELHORIA DOS EQUIPAMENTOS HIDROMECÂNICOS DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS DA COMPANHIA FORÇA E LUZ CATAGUAZES-LEOPOLDINA.

Alexandre Albuquerque Pinto*

Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina

Jorge Nei Brito

Fundação de Ensino Superior de São João del Rei

RESUMO

Este trabalho apresenta o processo de automação e melhoria dos equipamentos hidromecânicos das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) em operação da Companhia Força e Luz Cataguazes-Leopoldina (CFLCL). Após a determinação dos parâmetros operacionais básicos da automação, iniciou-se o trabalho de catalogação dos equipamentos encontrados nas diversas plantas que receberiam as modificações no sistema de acionamento. Essas modificações são necessárias para o perfeito controle e garantia da operacionalidade remota.

Para a maioria dos projetos de automação e melhoria dos equipamentos da usina utilizou-se recursos próprios, desde a concepção do projeto até a fabricação, instalação e *star-up* dos equipamentos. A concepção antiga dos equipamentos existentes nestas usinas e o espaço físico das mesmas dificultou ainda mais o trabalho de automação dos seus sistemas de acionamento, onerando os custos do investimento. A economia e racionalização destes custos tornou-se um fator preponderante na tomada de certas decisões durante este processo.

PALAVRAS-CHAVE: Automação, PCH, Hidromecânicos, Comporta, Válvula Borboleta, Regulador de Velocidades.

1.0 - INTRODUÇÃO

A modernização de sistemas de supervisão e controle de usinas antigas traz inegáveis vantagens e benefícios, tanto para uma maior confiabilidade da operação como para a agilização e eficiência da manutenção.

O advento da tecnologia digital microprocessada veio facilitar os aspectos funcionais há muito desejados pelas áreas de operação e manutenção. Entretanto, em um cenário com grande número de usinas, com idade média avançada e de diferentes potências instaladas, agravado pela escassez de recursos, há que se priorizar e planejar a modernização. Isto porque, especificar e implantar sistemas automatizados

para usinas velhas em operação, apresentam dificuldades bem maiores que para usinas novas.

Tais dificuldades estão relacionadas com a preparação e adaptação do "velho" com o recebimento do "novo" sistema e também com a estratégia de sua implantação em uma planta em operação (1).

Os aspectos econômicos/financeiros do empreendimento podem assumir proporções incompatíveis com os benefícios esperados, uma vez que nem todos são mensuráveis com exatidão. Desse ponto de vista, surgem algumas questões que devem ser respondidas numa etapa prévia: Por que modernizar? Que usinas serão modernizadas? Como e até onde modernizar? O que substituir e o que aproveitar/adaptar? Quanto custa? Qual é o tempo de implantação? Qual o tempo de retorno do investimento?

Após obter a resposta à todas estas perguntas e chegando a conclusão da necessidade de modernização das usinas através da automação, tem-se que pensar e analisar os custos e benefícios do empreendimento (2). Entre os custos destacam-se: custos associados às indisponibilidades forçadas de unidades geradoras e custos diretos associados a grandes distúrbios em usinas.

Entre os benefícios destacam-se: redução dos custos operacionais; ganhos de quantidade sobre o processo; melhor utilização do pessoal; maior agilidade operacional; melhor utilização dos recursos disponíveis e melhor produtividade.

Além das dificuldades inerentes a uma planta antiga, a modernização das instalações em operação apresenta outras dificuldades peculiares, requerendo atenção da equipe responsável pelos trabalhos. Dentre elas, pode-se citar a conscientização por parte de engenheiros, técnicos e principalmente operadores envolvidos com a operação e manutenção, com relação à necessidade e objetivos da automação. Estes profissionais, que conhecem os detalhes da usina, são de extrema importância para implantação de cada etapa da modernização. Caso contrário, podem ser foco de resistência e, ao invés de contribuir com o processo, podem passar a desacreditar e a combatê-lo.

Outra dificuldade importante a considerar é o longo prazo de execução de intensos levantamentos em campo, sem resultados imediatos, o que pode ser fonte de desmotivação para os colaboradores que lá trabalham. A realimentação de informações do projeto e a presença freqüente da equipe de modernização na usina são essenciais para amenizar este tipo de problema.

O nome modernização por si só é percebido de forma geral nas organizações como um divisor de águas entre o “velho” e o “novo”. Resistência às mudanças é uma reação natural e presente mesmo frente a uma competente análise custo/benefício e necessidade de modernização claramente verificada. Isto dificulta a decisão de investir e priorizar estes trabalhos. O conservadorismo, como aspecto cultural, exige que se trabalhe no sentido de maior comunicação e informação em todos os níveis de organização (1).

Neste trabalho apresenta-se o processo básico de automação das pequenas centrais hidrelétricas em operação da Companhia Força e Luz Cataguazes Leopoldina. Estas PCH possuem potência instalada que variam entre 180 e 1920 kW. A grande maioria das turbinas são do tipo Francis simples de eixo horizontal. Os grupos geradores possuem volante de inércia e reguladores de velocidade do tipo acelerotaquimétricos.

A automação dos equipamentos hidromecânicos das PCH compreende: troca do sistema de acionamento das válvulas borboleta, passando de manual para hidráulico; troca do acionamento do freio manual para pneumático; troca do acionamento das comportas da tomada d'água de manual para eletromecânico e do controle de abertura e fechamento do regulador de velocidades, realizado anteriormente pelo operador e agora acionado por um motoredutor de corrente contínua.

2.0 – A COMPANHIA FORÇA E LUZ CATAGUAZES-LEOPOLDINA – CFLCL

Em 1905, foram constituídas no país apenas duas sociedades anônimas de capital majoritariamente nacional, ambas em Cataguazes, Minas Gerais, e relacionadas ao aproveitamento da energia elétrica. A CFLCL e a Companhia de Fiação e Tecelagem de Cataguazes. Ambas eram filhas de uma mesma idéia, a de superar a crise econômica da região, redirecionando, para a formação industrial do município, a aplicação de capitais vinculados à agricultura. Assim nascia a CFLCL como uma sociedade anônima, cujo capital inicial, 400 contos de réis, era dividido em 4 mil ações, cada uma no valor nominal de 100 mil réis.(3)

Atualmente a CFLCL é uma empresa brasileira geradora e concessionária de energia elétrica de médio porte com sua sede em Cataguazes. Possui aproximadamente 1 milhão e quinhentos mil consumidores de energia elétrica, já contando com a Companhia de Eletricidade de Nova Friburgo – **CENF**; a Empresa Energética de Sergipe S.A. – **ENERGIPE**; a Companhia Energética da Borborema – **CELB** e Sociedade Anônima de Eletrificação da Paraíba –

SAELPA, adquiridas recentemente através de leilão público.

Nos últimos anos a CFLCL vem investindo na repotenciação, automação e reforma de suas PCH. Dois projetos de repotenciação já foram concluídos: o da Usina de Coronel Domiciano, no município de Muriaé e da Usina de Neblina, em Ipanema. Todas as PCH em operação da CFLCL já contam com o sistema de automação ou semi-automação.

3.0 – A AUTOMAÇÃO

3.1 – Válvula borboleta

O sistema original era constituído de um volante, acionado manualmente, que girava um parafuso sem-fim, acionando o eixo da válvula através de uma coroa. Com a automação este sistema deixa de ser manual e passa ser automático, sendo o seu movimento de abertura e fechamento realizado por cilindro hidráulico e contrapeso. Este cilindro é comandado por uma central hidráulica que é responsável pela alimentação dos dois grupos. A FIGURA 1 mostra o sistema original de abertura da válvula borboleta, que é igual para todas as PCH salvo em alguns casos onde a válvula não era do tipo borboleta e sim gaveta. Nestes casos a automação contou com a troca da válvula por outra do tipo esférica sendo o seu sistema de acionamento idêntico ao da válvula borboleta.

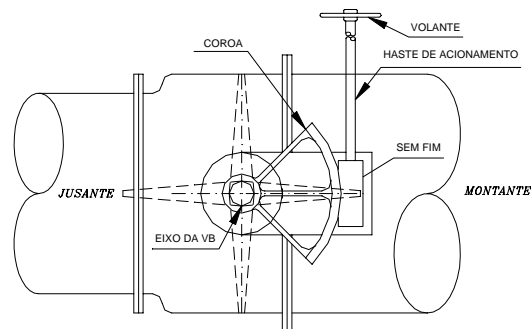


FIGURA 1 - Sistema de abertura original das válvulas borboleta.

Para transmitir o movimento retilíneo do cilindro hidráulico, visando o acionamento da válvula, foi necessário projetar um braço de acionamento, fixado a uma bucha. Esta bucha, é presa ao eixo da válvula através de uma chaveta.

Neste projeto levou-se em consideração: dimensões e curso do cilindro hidráulico (cilindro de caminhão tipo MUCK retificado e reconicionado); ângulo de abertura da válvula borboleta e espaço disponível para a movimentação do braço (dimensão mínima, uma vez que a válvula trabalha abaixo do nível do piso da Usina, dentro de uma caixa de concreto).

Para o projeto dimensional do braço de acionamento utilizou-se chapas de aço SAE 1020 montadas com espaçadores, sendo o contrapeso colocado na sua extremidade. O contrapeso é constituído de discos de aço, com 60 mm de espessura, 360 mm de diâmetro, pesando, cada um, aproximadamente 50 Kg. O peso total do contrapeso foi estipulado empiricamente.

Com todas estas mudanças fez-se necessário a modificação dos mancais do eixo, onde receberam novos sistemas de vedação e buchas mais robustas e do tipo autolubrificantes. Na concepção final do projeto de acionamento deve-se levar em conta que o final do movimento de fechamento deve ser dado pela válvula e que o final do movimento de abertura é dado pelo cilindro de acionamento. Esta regulagem é garantida acrescentando de 10° a 15° a mais no ângulo de abertura e fechamento total da válvula. A FIGURA 2 mostra a válvula borboleta já com o seu novo sistema de acionamento.

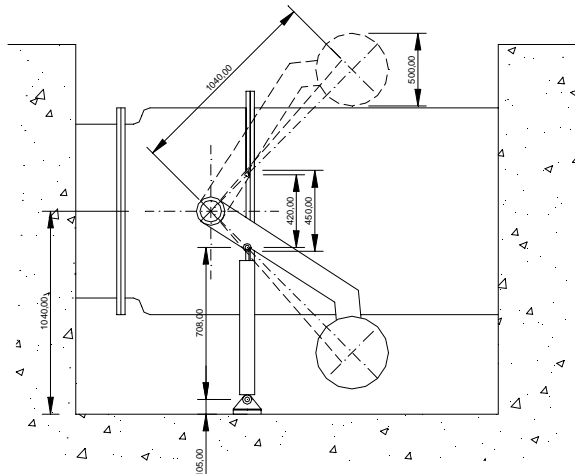


FIGURA 2 – Válvula borboleta com o novo sistema de acionamento.

A central hidráulica responsável pelo acionamento das válvulas borboleta foi projetada e construída pela CFLCL, com o seu esquema hidráulico apresentado na FIGURA 3, sendo: **A** - bomba de engrenagem 1P F2 G2 40B/02 RA 1 MS; **B** - motor elétrico 1,5 CV, 4 pólos, 220V, flange F₀F₀; **C** - acoplamento HDA/AC 28; **D** - manômetro de glicerina, HGV 2063, 140 bar, saída vertical 1/4" BSP; **E** - filtro de sucção; **F** - válvula reguladora de pressão; **G** - válvula direcional 4WE6 D 60/E W 220 N 9 Z 4 e **H** - Cilindro hidráulico.

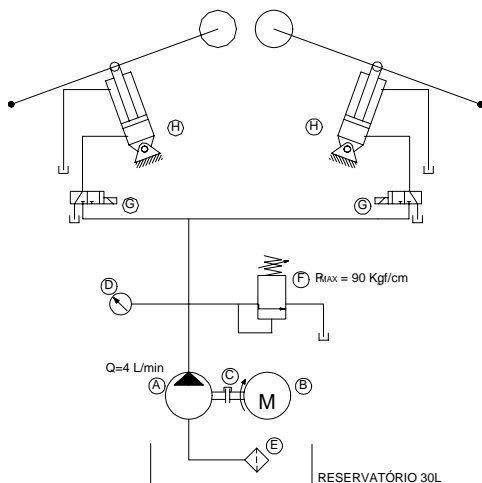


FIGURA 3 - Esquema hidráulico.

3.2 – Sistema de frenagem do grupo

Neste processo de automação, fez-se também a adaptação de um atuador pneumático nos freios manuais dos Grupos geradores. O sistema de freio é fixado ao piso da usina, próximo ao volante de inércia, local onde é feito o contato com a lona forçando-o a parar. Seu princípio de funcionamento é simples, sendo a sapata presa a um eixo excêntrico acionado manualmente por uma alavanca. A FIGURA 4 mostra o sistema de frenagem manual.

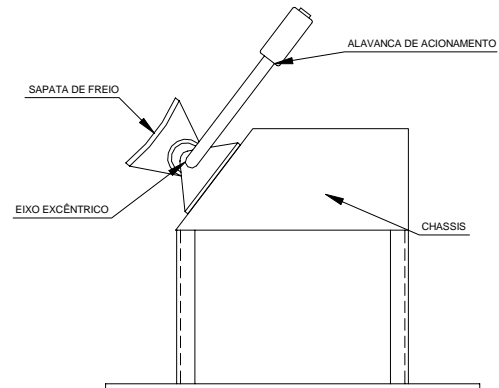


FIGURA 4 – Sistema original de frenagem do grupo.

Com a automação o freio passou a ser acionado pneumaticamente, tendo o seu acionamento garantido por um reservatório de ar comprimido independente do reservatório do compressor. Vários itens influenciaram para o projeto deste freio. O mais importante foi manter a sua concepção original, objetivando um melhor aproveitamento da maioria das peças originais.

O projeto do freio segue a mesma linha de raciocínio do antigo sistema. A sapata de freio continua a mesma, sendo o seu deslocamento garantido pela rotação do eixo excêntrico ao qual está preso por meio de uma bucha de bronze. No lugar do braço de acionamento manual adaptou-se um sistema de cuíca de freio da linha automotiva. A sua instalação é simples e na maioria dos casos permitiu que utilizássemos o mesmo chassis do antigo sistema. A regulagem do sistema é feita através de um anel dentado solidário ao eixo excêntrico e uma trava dentada solidária ao braço de acionamento da cuíca. A montagem final do sistema pode ser vista na FIGURA 5.

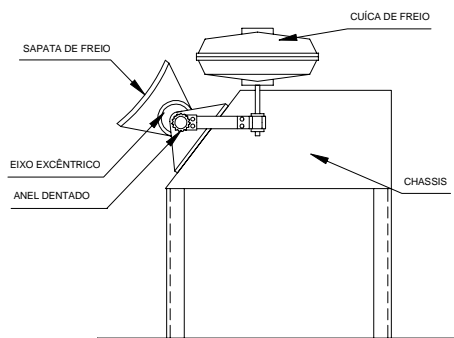


FIGURA 5 – Montagem final do novo sistema de acionamento do freio.

Na FIGURA 6 pode-se ver uma foto do novo sistema de frenagem do grupo gerador da Usina de Sinceridade.

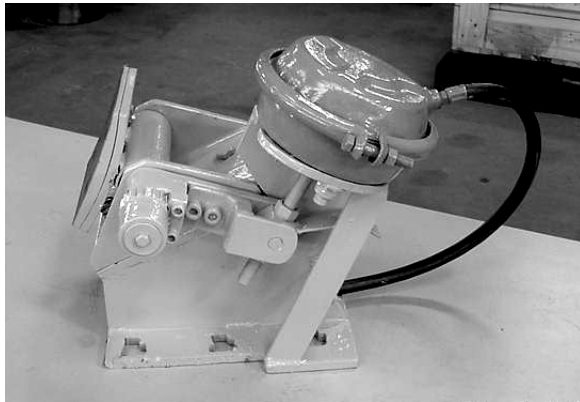


FIGURA 6 – Foto do novo sistema de frenagem da UHE Sinceridade.

3.3 – Regulador de velocidade.

O regulador de velocidade é do tipo acelerotaquímetro cujo movimento de abertura e fechamento, e também para colocar no automático, são feitos pelo operador da usina. O movimento de abertura consiste na de rotação do volante do braço do taquímetro no sentido horário para abrir e anti-horário para fechar. A FIGURA 7 mostra um esquema deste braço e o movimento do volante.

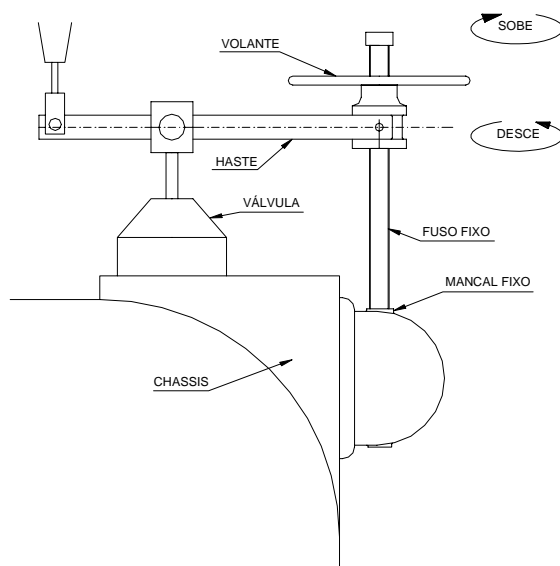


FIGURA 7 - Esquema original do braço do regulador.

Desmontando o braço e analisando-o cuidadosamente, chegou-se a conclusão que a automação do seu movimento deveria partir da rotação do fuso e não do volante. O seu movimento é garantido por um motor de corrente contínua, também encontrado na linha automotiva. Esta decisão partiu da facilidade de se adaptar o motor na parte inferior do

parafuso, o que possibilitava ainda, a colocação de rolamentos no local do mancal fixo. A transmissão do movimento de saída do motoredutor ao parafuso é garantida através de um sistema de embreagem acionada por mola. Esta mola pressiona constantemente um encaixe em forma de um cone, usinado a partir de lona de freio, a um anel externo feito de bronze, FIGURA 8.

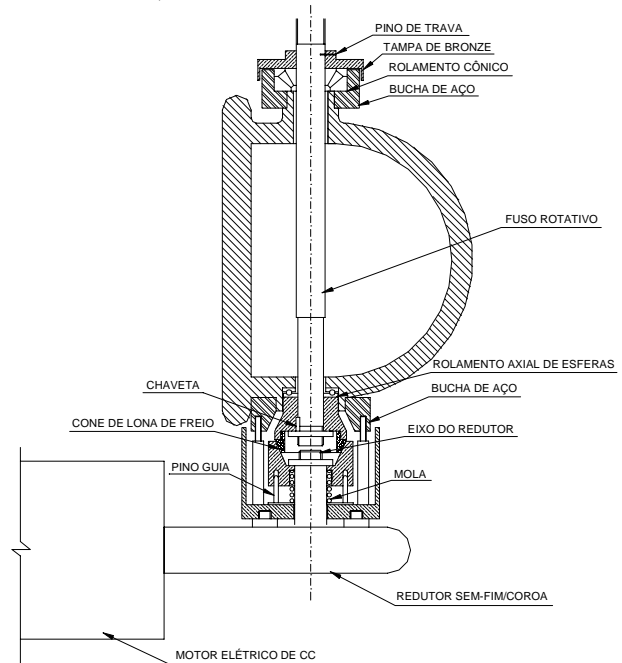


FIGURA 8 – Montagem final do sistema de acionamento do regulador de velocidades.

3.4 – Comporta da tomada d'água.

O sistema de movimentação da comporta da tomada d'água também teve suas alterações, para que o mesmo pudesse ser acionada remotamente. O antigo sistema de acionamento consistia em um redutor sem-fim e coroa, acionado manualmente por meio de uma manivela. Uma engrenagem solidária ao eixo da coroa transmitia o movimento de translação da comporta através de uma cremalheira conforme pode ser visto na FIGURA 9.



FIGURA 9 – Antigo sistema de acionamento das comportas da tomada d'água.

O novo sistema consiste na troca das cremalheiras por fusos fixos preso à comporta. O seu acionamento é feito por uma bucha roscada acionada por um sistema de redução que consiste em um par cônico pinhão/correa também encontrado na linha automotiva. A transmissão é acionada por motor elétrico CA com duas pontas de eixo. Este sistema possibilita que, caso haja necessidade, o mesmo possa ser acionado manualmente por meio de manivela. A FIGURA 10 mostra o novo sistema de acionamento da comporta.

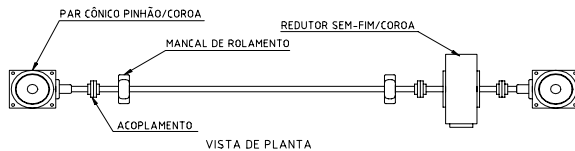


FIGURA 10 – Arranjo do novo sistema de acionamento das comportas da tomada d'água.

Na FIGURA 11 tem-se o novo sistema de acionamento da comporta da Usina de Miguel Pereira.



FIGURA 11 – Novo sistema de acionamento das comportas da tomada d'água.

4.0 – CONCLUSÕES

A semi-automação implantada pela CFLCL prevê que o grupo gerador terá o seu “star up” e sincronismo feitos pelo operador. Deste ponto em diante ele é todo comandado pelo Centro de Operações do Sistema - COS, sediado na cidade de Cataguases. Do COS o operador: aumenta ou diminui a carga do gerador (abrindo ou fechando o distribuidor); desliga completamente o grupo; aciona o freio; abre e fecha a válvula borboleta na entrada da caixa espiral e comporta da tomada d'água.

Estes trabalhos podem ser feitos através dos vários dados que são monitorados “on line” pelo COS: nível do reservatório; posição da comporta da tomada d'água; pressão do conduto forçado; posição da válvula borboleta; rotação do eixo do grupo gerador; carga aplicada no gerador; posição do freio; entre outros dados.

Estes dados permitem que o operador do COS monitore com mais eficiência e eficácia, não só uma, mas todas as usinas do sistema. Esta flexibilidade aumentou muito a confiabilidade do sistema da CFLCL refletindo positivamente na área de planejamento da operação. Tudo isto ocorre em um momento em que a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, vem

reformulando todo o setor de energia elétrica brasileiro, sendo de vital importância para uma empresa geradora e distribuidora de energia elétrica um bom planejamento de operação do seu sistema.

Outro aspecto positivo da automação foi o remanejamento dos operadores das usinas, que no caso da Usina de Miguel Pereira, por exemplo, eram 4 funcionários trabalhando num período de 8 horas por dia. Este número reduziu para apenas 1 funcionário presente na usina apenas no horário de pico para iniciar e sincronizar os grupos geradores.

Estes operadores receberam treinamento e passaram a trabalhar na área de distribuição suprindo uma falta de mão de obra em que a área estava passando no momento. Esta mudança de cargo abriu novos horizontes para os funcionários e seus familiares que mudaram da usina para a cidade, elevando o seu moral. Isto tudo refletiu diretamente no atendimento aos consumidores, aumentando a satisfação dos mesmos.

Junto com a automação dos equipamentos, fez-se também uma reforma geral nos grupos geradores, aumentando um pouco a potência do grupo gerador, reflexo de um melhor rendimento após a reforma. Aliado a este fato, o número de manutenções corretivas diminuiu aproximadamente 90% nos primeiros seis meses após a entrada dos grupos em operação comercial. Estas manutenções tendem a diminuir ainda mais, a medida que o sistema for se adaptando melhor à automação, quando então deverá ser realizada apenas manutenções corretivas programadas, preventivas e preditivas.

A grande vantagem de se realizar a automação utilizando soluções caseiras é o reduzido custo de investimento. Neste caso particular o custo foi de aproximadamente R\$ 31.500,00 sem contar com a parte elétrica de subestação, comando e controle. Para a composição deste valor levou-se em consideração apenas os custos com projeto, fabricação e montagem dos novos sistemas de acionamento dos equipamentos hidromecânicos e da reforma das turbinas da usina de Miguel Pereira.

5.0 – AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Cia. Força e Luz Cataguazes Leopoldina.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) REVISTA ELETRICIDADE MODERNA, no. 266, Mai. 1996.
- (2) REVISTA NOTICIÁRIOS DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS, Jan. 1998.
- (3) FUNDAÇÃO CULTURAL ORMEU JUNQUEIRA BOTELHO, *Companhia Força e Luz Cataguazes Leopoldina, 900 anos de Modernidade*, Editora Texto & Arte, Ministério da Cultura, RJ: 1996.
- (4) REVISTA AVELUZ, no. 193, ano XXII, Ago. 1998.
- (5) REVISTA AVELUZ, no. 184, ano XXII, Dez. 1997.
- (6) REVISTA AVELUZ, no. 183, ano XXII, Out. 1997.