



GRUPO XIV
GRUPO DE ESTUDO DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - GCE

AUTOMAÇÃO DO MACROSSISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA – BEST PRACTICE EM CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SETOR DE SANEAMENTO BÁSICO

Renato Pereira Mahler
Marco Aurélio R. G. Moreira*
George Alves Soares
Fernando Pinto Dias Perrone
Vanda Alves dos Santos
ELETROBRÁS

Renato Rolim
CAGECE

Eustáquio Vasconcelos
Frederico Vasconcelos
SCAI Automação Ltda

Paulo da Silva Capella
CEPEL

RESUMO

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE, desde 1995, tem implementado, com apoio do PROCEL, CEPEL e *Alliance to Save Energy*, um amplo Programa Empresarial de Eficiência Energética em todas as suas unidades de operação. Esse trabalho apresenta os principais resultados obtidos em função da automação do macrossistema de distribuição de água da Região Metropolitana de Fortaleza.

PALAVRAS-CHAVE

Conservação de energia elétrica. Demanda evitada. Automação. Sistema de distribuição de água. Universalização de atendimento. Avaliação econômica.

1.0 - INTRODUÇÃO

A Automação de um sistema de distribuição de água como o da CAGECE, tem por finalidade possibilitar a operação centralizada do sistema. Os sistemas de distribuição de água das cidades possuem diversas unidades como captação, tratamento, reservação, bombeamento e distribuição de forma amplamente distribuída. Esta característica dificulta a operação do sistema, uma vez que as distâncias entre as unidades são grandes, não possibilitando o monitoramento “on line” de todo o sistema .

Para a operação desses sistemas é necessário um grande número de operadores comunicando-se via rádio, invariavelmente deslocando-se a grandes

distâncias (ver fig. 1). A solução para este problema é a utilização de sistema de telemetria.

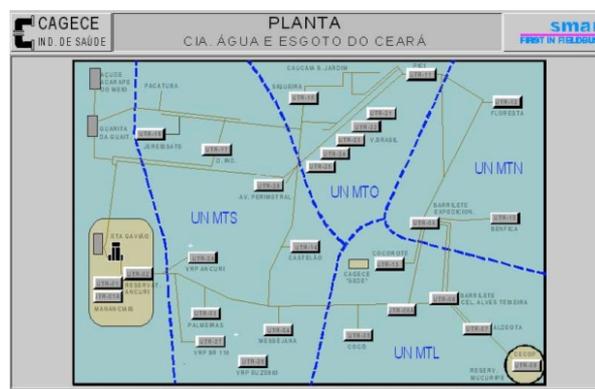


FIGURA 1 – Planta Operacional dos SDS

Através da automação é possível interferir nas diversas unidades de controle, em tempo real, o que acarreta uma grande melhoria no desempenho operacional, uma vez que todas as variáveis envolvidas no processo são monitoradas possibilitando a ação imediata sobre as unidades de controle. As variáveis monitoradas são:

- pressão de redes e recalque;
- vazões de produção e distribuição;
- volumes de produção e distribuição;
- níveis dos reservatórios;
- vibração dos conjuntos moto-bomba;
- temperatura dos mancais dos conjuntos moto-bomba;

- grandezas elétricas;
- cloro residual;
- flúor residual.

Os equipamentos controlados são:

- conjuntos moto-bomba;
- válvulas motorizadas para controle de vazão, pressão e bloqueio de redes.

A bibliografia existente sobre automação, principalmente focada em telecontrole e telesupervisão de sistemas de distribuição de água, mostrou que há bastante estudos focados na otimização do uso de água e energia, em particular nos seguintes problemas específicos: qual a melhor forma de equalizar a distribuição de água em um sistema? qual o modal de menor custo para uma distribuição de água que proporcione uma maior economia de energia? Porém, poucos estudos preocupam-se com o uso do sistema de automação como ferramenta para Eficiência Energética.

Dentro de um contexto de crescente competitividade e demanda por menores custos, associado a um nível de atendimento (universalização) também crescente e com qualidade, surgiu uma nova abordagem para a gestão das relações oferta x demanda de água, com a presença de um ambiente eletrônico de gerenciamento baseado na Internet. Este ambiente, também chamado de supervisor, pode tornar-se uma ferramenta poderosa na otimização do uso de recursos de água e energia, com melhoria de eficiência e redução de custos.

2.0 -AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA

Com o advento da telemetria, a operação dos sistemas de distribuição de água obtiveram um ganho expressivo, com a possibilidade de acesso às informações e interferências no processo "on line", reduzindo as distâncias e evitando os deslocamentos das equipes de manutenção. Os sistemas de telemetria são baseados em transmissão de dados à distância, utilizando as mais diversas tecnologias de comunicação existentes, tais como: fibra ótica, telefonia convencional e celular, rádio, satélites, etc.

O sistema de distribuição de água da Região Metropolitana de Fortaleza, que foi automatizado, compreende trinta e uma UTR's (unidades terminal remotas), e é composto por: estação de tratamento, reservatórios apoiados, reservatórios elevados, reservatórios semi-enterrados, estações de bombeamento, barriletes e VRP's (válvulas reguladoras de pressão).

O sistema de telemetria utilizado foi o de transmissão via rádio, com tecnologia "spread spectrum". A arquitetura deste sistema é simples e modular onde se tem uma grande confiabilidade, consistindo de um centro de controle operacional – CECOP, várias unidades terminal remotas (ver fig. 2).

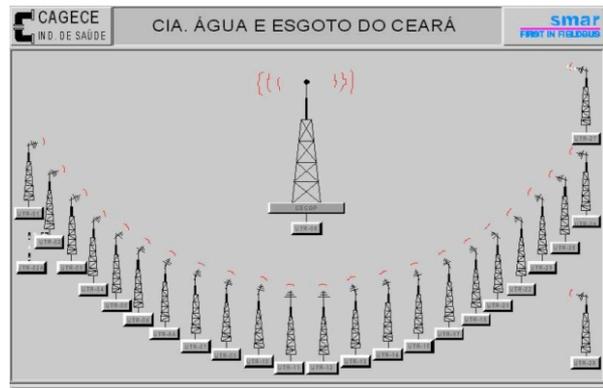


FIGURA 2 – Arquitetura do SDA

No centro de controle operacional – CECOP, ou unidade master, os rádios são conectados ao computador via comunicação porta serial RS 232 ou porta serial RS 485, o mesmo ocorrendo na unidade remota para a conexão entre o rádio e o CLP (controlador lógico programável).

O CLP faz a aquisição dos dados e executa todo o controle da unidade remota, enviando estas informações ao CECOP. O CLP possui a característica de "DATA LOGGER", pois caso haja uma queda de comunicação entre o CECOP e a UTR, o mesmo armazena os dados para que possam ser transferidos para o CECOP após o restabelecimento. No momento da queda de comunicação um alarme é gerado no CECOP, para que possa haver uma intervenção imediata dos operadores e em determinados casos, a UTR pode ir para o estado de segurança. Uma das vantagens da utilização do rádio é a economia do aluguel em relação à utilização de LP (linha privada), telefonia convencional e celular, satélites, etc.

Para melhor compreensão da necessidade de monitoramento e controle das variáveis, é preciso definir as diversas unidades que compõem um sistema de automação, bem como os meios mais usuais para transmissão dos dados. Esta definição foi empregada na CAGECE. Foram observados: o aumento contínuo na qualidade do atendimento desta empresa de saneamento, a redução de perdas muito significativas quanto à produção e a economia de energia elétrica, acompanhada de redução de demanda, superando as expectativas, nas estações de bombeamento.

2.1 Centro de Controle Operacional - CECOP

A partir de um centro de controle operacional, os operadores podem monitorar e controlar qualquer situação operacional, mediante o recebimento de dados das estações remotas e o envio de comando para as mesmas. Todas as informações são obtidas em tempo real, de forma a identificar qualquer ocorrência, visando à correção e, se necessário, ao acionamento do pessoal de manutenção. A operação é simplificada de maneira a permitir o controle e a manipulação de um grande volume de informações, utilizando-se ícones e telas gráficas para orientar o operador, passo a passo, enquanto janelas, menus e instruções permitem ao mesmo monitorar uma ou

várias situações ao mesmo tempo. Constituem o CECOP:

- Unidade de Controle e Supervisão: é a unidade de trabalho do operador onde está implementado o software de controle e supervisão, que recebe informações e envia os comandos para as unidades terminais remotas. Incorpora também o software de comunicação entre o centro de controle operacional e as remotas.
- Terminal de Gerenciamento: é o segundo microcomputador onde estão implantados os softwares utilizados para geração de relatórios, execução de simulações para otimização da operação, emissão de planilhas (inclusive para manutenção), e outras tarefas inerentes à operação do sistema.
- Interface de Comunicação: é a unidade responsável pela transmissão dos dados entre o centro de controle operacional e as unidades.
- Terminais Remotas: esta interface pode ser rádio modem, modem, acoplador óptico ou sistema de comunicação via satélite, dependendo do sistema de transmissão de dados escolhido.
- Impressora: utilizada para impressão dos relatórios e planilhas e para documentação da rotina operacional.
- Unidade de Backup: unidade de armazenamento de dados históricos, para a organização do banco de dados histórico. Pode ser uma unidade de disco rígido, unidade zip-drive, fita dat, etc.

2.2 Unidades Terminais Remotas - UTRs

As unidades terminais remotas executam todas as tarefas de controle, aquisição de dados, operações matemáticas, intertravamentos e seqüenciamentos necessários à operação das unidades de controle. As remotas estão constantemente em comunicação com o centro de controle operacional enviando dados, recebendo instruções de comando e informando suas condições operacionais. Constituem as UTRs:

- Processador Central - CPU: é a unidade microprocessada, onde está implementado o software de controle local dos equipamentos da unidade remota, incorporando também o software de comunicação com o centro de controle operacional e as demais UTR's. A unidade CPU incorpora as portas de comunicação para a transmissão de dados.
- Cartões de Entrada e Saída: são os módulos que fazem a interface entre a UTR e os painéis elétricos, instrumentos de campo e válvulas de controle recebendo informações e enviando os comandos necessários para a correta operação do sistema.
- Fontes de Alimentação: necessárias para alimentação dos módulos eletrônicos e instrumentos de campo.
- Rádio Modem/Modem: responsável pelo rádio enlace de comunicação ou conexão à UTR via linha telefônica, ou qualquer outro meio de transmissão de dados com o centro de controle operacional.

- No-Break: utilizado no caso de falta de energia da unidade remota para manter o sistema operando e colocá-lo em condições de segurança. Na ausência de comunicação com o centro de controle operacional, as remotas são perfeitamente aptas a controlar e monitorar o posto de controle, sem prejuízo da operação, armazenando os dados históricos para posterior transmissão à estação central.

2.3 Painéis Elétricos

São os painéis de acionamento dos motores dos conjuntos moto-bomba e dos motores dos atuadores das válvulas controladoras de pressão e vazão. No caso dos painéis dos conjuntos moto-bomba, existem três tipos distintos: partida direta, partida suave (soft-start), inversores de frequência.

2.4 Válvulas de Controle Motorizadas

São válvulas tipo borboleta e tipo multijato, com atuadores elétricos, utilizadas para desempenhar as funções de controle (válvulas modulantes) e funções de bloqueio (válvulas *on-off* e *shut-off* de bombas).

2.5 Instrumentos de Campo e Transdutores

São os elementos que fazem as medições das variáveis definidas para a operação e que são disponibilizadas no centro de controle operacional via UTR's. São os seguintes: transmissores e totalizadores de vazão; transmissores totalizadores de volumes; transmissores de pressão; transmissores de nível dos reservatórios; transmissores de vibração dos conjuntos moto-bombas; transmissores de cloro residual; transmissores de flúor residual; transmissores de turbidez; chaves de nível para bombas de drenagem; transmissores de temperatura dos mancais e enrolamentos dos conjuntos moto-bombas; transmissores de nível dos poços; transdutores de grandezas elétricas dos conjuntos moto-bombas (tensão, corrente, fator de potência, potência ativa, potência reativa e consumo de energia); transmissores de posição das válvulas de controle.

A medição e controle das variáveis disponibilizadas com a utilização dos equipamentos supracitados permitem a aplicação das seguintes vantagens operacionais:

- Vazão: as medições das vazões permitem que sejam feitas avaliações dos consumos, tanto total como setorial, de forma a se obter uma melhor utilização e distribuição dos recursos hidráulicos, como também informações sobre o balanço da produção, ou seja: o volume de água tratada versus o volume entregue nos diversos setores, verificando-se inclusive o desempenho do sistema através da verificação das perdas ocorridas. As informações disponíveis são: vazão instantânea; vazão totalizada no período (hora/dia/mês); vazão média (horária/diária/mensal); curvas de tendência do consumo por otimização da operação e estabelecimento das estratégias de abastecimento, através da criação de um banco de

dados; detecção de vazamentos nas redes – alarme de vazão alta e baixa.

- **Nível:** a medição dos níveis dos reservatórios e poços permite a obtenção dos seguintes dados: caracterização da autonomia e condição potencial do suprimento de água; volume de água manuseado em determinado período de tempo (hora/dia/mês); controle automático de operação dos conjuntos moto-bomba, otimizando a utilização do sistema elétrico (consumo, demanda, fator de potência), gerando uma significativa economia de energia elétrica; estabelecimento dos limites de níveis operacionais, para ligar e desligar os conjuntos moto-bomba, evitando perdas por extravasamento e operações a vazio, também beneficiando a eficiência energética do sistema; são disponíveis as informações referentes ao nível de cada reservatório, seus volumes e as curvas de tendência dos mesmos, possibilitando a criação do banco de dados para otimização da operação; alarmes de níveis anormais para a operação.
- **Pressão:** as medições de pressão indicam diretamente a disponibilidade de água para distribuição. As monitorações das pressões são também utilizadas para o controle de distribuição, detectando vazamentos e aumentando portanto a segurança operacional do sistema, bem como para definir o comando das válvulas reguladoras de pressão (VRP's), para manter regulada a pressão de distribuição à jusante da VRP. Com esta monitoração da pressão instantânea, pode-se manter as tubulações com um nível operacional de pressão "ótimo", reduzindo assim o bombeamento desnecessário para pressurizar tubulações e consequentemente reduz-se o consumo de energia elétrica. As informações disponíveis são: pressão instantânea; pressões máximas e mínimas no período (hora/dia/mês); alarmes para pressões alta e baixa; pressões de *set-point* para controle das válvulas motorizadas; avaliação e alarme para tendências das pressões; obtenção de banco de dados;
- **Medição de Cloro Residual, Flúor Residual e Turbidez:** a medição do cloro residual diz respeito ao controle sanitário e de segurança quanto às condições de água fornecida aos usuários. Estão disponíveis as seguintes informações: valor instantâneo; alarme para os valores críticos; curvas de variação no período (hora/dia/mês);
- **Grandezas Elétricas – corrente, tensão, fator de potência, potência ativa, potência reativa e consumo de energia elétrica:** estas medições, obtidas através dos transdutores instalados nos painéis elétricos e através dos sinais disponíveis nos inversores de frequência e partidas suaves (soft-start), são de grande utilização na eficiência energética proposta neste trabalho, e são utilizadas para: monitoramento do sistema de alimentação elétrica; desligamento dos equipamentos em situações anormais; monitoramento das condições dos equipamentos, para manutenção preventiva e preditiva; cálculo do consumo de energia elétrica e estabelecimento de estratégias de eficiência energética.
- **Temperatura e Vibração dos Conjuntos Moto-Bomba:** estas duas medições são utilizadas

separadamente ou conjuntamente para avaliação das condições eletromecânicas dos conjuntos moto-bomba, sendo utilizadas para : Alarme e desligamento em situações anormais; avaliação do desempenho dos conjuntos moto-bomba; monitoramento das condições dos equipamentos, para manutenção preventiva e preditiva;

3.0 BENEFÍCIOS PARA O SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA ORIUNDOS DA AUTOMAÇÃO

Com a implantação do sistema de automação conseguiu-se ganhos consideráveis de operação e manutenção do SDA da Região Metropolitana de Fortaleza. No âmbito operacional reduziu-se o deslocamento de operadores entre as UTR's, permitindo assim maior disponibilidade dos mesmos na estação de operação, para análise das variáveis através de indicações, gráficos, relatórios, etc. (ver figura 3).

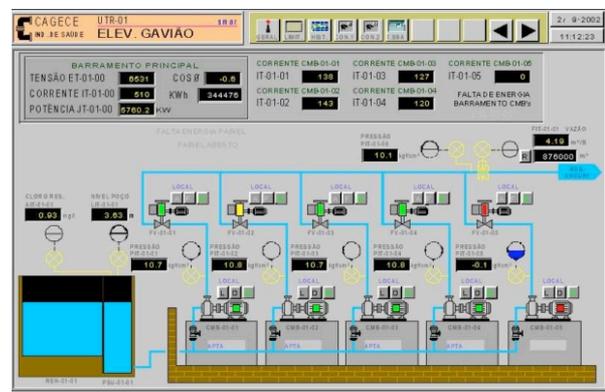


FIGURA 3 – Tela de Operação

Com o melhor controle de pressão das linhas através das VRP's (válvulas reguladores de pressão) os vazamentos por sobrepressão tiveram uma considerável diminuição. O sistema disponibiliza uma análise rápida para detecção de vazamento de adutoras, permitindo uma interferência eficiente evitando grandes perdas. Através do controle de nível dos reservatórios, os transbordamentos passaram a ser evitados, conseguindo-se assim uma melhora no nível médio e evitando-se o desperdício de água. Conseguiu-se diminuição adicional no consumo de energia elétrica, pois as bombas passaram a trabalhar um maior tempo em regime contínuo e foram programadas para partirem em vazio, com as válvula fechadas, evitando um desgaste prematuro. As manobras tornaram-se mais rápidas e eficientes, a partir da visualização e do comando de vários pontos simultaneamente. Com a disponibilidade destas informações foi possível programar uma melhor distribuição de água, atendendo assim um número maior de regiões onde anteriormente ocorriam constantes cortes no fornecimento de água. Economizou-se também água com a detecção de vazamentos com maior antecedência.

Com referência à manutenção dos sistemas ocorreu uma melhora, uma vez que o sistema permitiu um

melhor acompanhamento dos equipamentos, monitorando o número de partidas dos motores, tempo de funcionamento, temperatura dos mancais, desligamentos por falta de fase, número de abertura das válvulas, etc. Com estas informações foi possível uma manutenção proativa dos equipamentos. Em linhas gerais a resposta às solicitações operacionais e de manutenção passaram a ser mais rápidas, resultando em maior confiabilidade de atendimento, menor desperdício de água e redução do consumo de energia elétrica, com benefícios adicionais para o meio ambiente.

4.0 -MELHORIA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA - RMF

Com o intuito de evidenciar a melhoria obtida com a implantação do processo de automação, apresentam-se a seguir os mapas que explicitam a realidade do abastecimento de água compreendida entre os anos de 1998 a 2001, de acordo com a seguinte indicação:

- ☛ Mais claro: abastecimento bom ou ótimo;
- ☛ Mais escuro: abastecimento ruim (ver fig. 4).

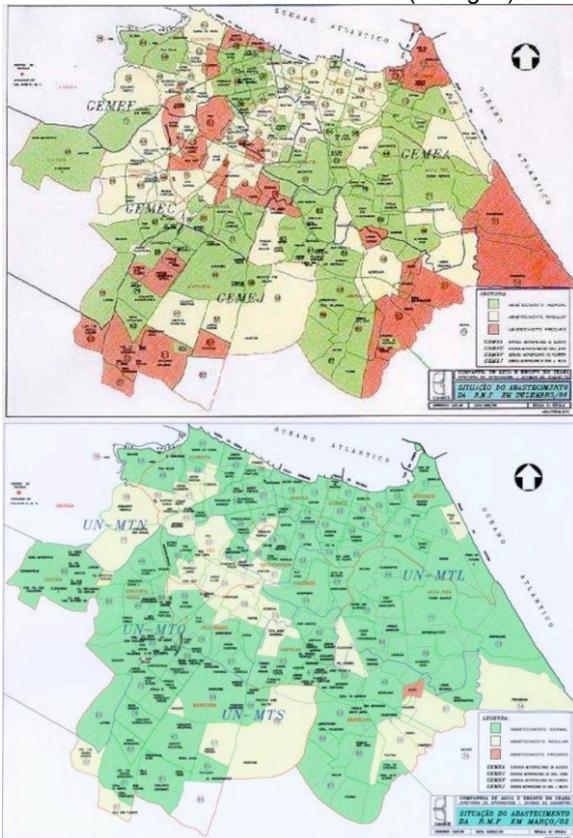


FIGURA 4 – ABASTECIMENTO NA RMF

TABELA 1 – RESUMO DOS RESULTADOS OBITDOS ENTRE 1998 E 2001

	DEZ/98	DEZ/99	DEZ/00	DEZ/01
Nº ligações	456.847	478.771	508.995	544.861
%	-	4,58	5,94	6,58
Volume Distribuído (m³ x mil)	13.748	13.645	14.426	14.547
%	-	- 0,75	5,41	0,83
Potência Requerida Prevista (cv)	12.116	12.602	14.165	15.290
Demanda Evitada FP (MW)	0,72	1,08	1,93	1,75
Demanda Evitada Ponta(MW)	0,19	0,25	1,01	1,63
EE Fora Ponta (GWh/ano)	15,05	18,15	25,82	25,41
Energia Economizada Ponta (GWh/ano)	0,21	0,27	1,09	1,76
R\$ x 1000 economizados	919,30	1.244,75	2.137,90	2.532,23

A Tabela 1 mostra que a potência instalada requerida prevista para atender a 100 mil novas ligações no sistema de distribuição de água da Região Metropolitana de Fortaleza (variação de 17%) entre 1998 e 2001 seria 15.290 cv. Com a implantação do projeto de automação, manteve-se a potência instalada de 12.116 cv. Portanto, além da melhoria da confiabilidade do sistema de abastecimento de água, foi possível atender novos consumidores, contribuindo para a universalização do atendimento. Adicionalmente o volume de água distribuída foi mantido, houve a constatação de demanda evitada de até 1,93 MW no horário fora de ponta e 1,63 no horário de ponta, um total de 84,4 GWh economizados no horário de ponta em 4 anos, um total de 3,12 GWh economizados no horário de ponta em 4 anos, correspondendo a um total de R\$ 6.834.152,44 economizados no período.

O investimento realizado pela CAGECE foi da ordem de R\$ 3 milhões. O projeto de automação, além dos benefícios já citados, permitiu a postergação dos investimentos necessários à ampliação do sistema de produção e tratamento de água da RMF .para o ano de 2005, estimados em R\$ 40 milhões.

5.0 - CONCLUSÃO

Fundamentado nos resultados do projeto de automação implementado pela CAGECE, com apoio do PROCEL, CEPEL e *Alliance to Save Energy*, conclusões importantes podem ser estabelecidas:

- Embora seja difícil prever *ex-ante* os resultados de energia economizada e de demanda evitada decorrentes da implementação de um projeto de automação, o projeto apresentado mostrou excelente

atratividade sob os aspectos técnico, econômico, financeiro e ambiental.

- A automação como ferramenta de supervisão e controle de processo pode trazer ganhos expressivos, função da otimização de operação de processos. Por conseguinte, observou-se que a otimização energética também leva à conservação de energia.
- A automação dos processos de produção, tratamento e distribuição de água em empresas operadoras deste serviço no Brasil pode contribuir para acelerar a universalização do atendimento.

Face ao exposto, seria recomendável que linhas de financiamento especiais fossem criadas para este fim no Brasil, uma vez que o nível de automação das empresas operadoras dos serviços de água e esgoto no país ainda é incipiente, e o setor de saneamento representa cerca de 2,3% do consumo total de energia, sendo considerável a participação da sua demanda no horário de ponta do sistema elétrico interligado.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CAGECE (1996). Projeto Básico de Automação da Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de Fortaleza, Fortaleza – CE.;
- (2) SMAR (1997). Projeto Executivo de Automação da Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de Fortaleza, São Paulo – SP.
- (3) ELETROBRÁS (1998). Efficientia 98 – Seminário Internacional de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – Setor de Água e Saneamento, Rio de Janeiro – RJ.
- (4) ELETROBRÁS (1998). Guia Técnico – Eficientização Energética nos Sistemas de Saneamento Básico, Rio de Janeiro – RJ.
- (5) Filho, João Mamede (2001). Instalações Elétricas Industriais. (Rio de Janeiro – LTC Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro – RJ.
- (6) CAGECE (2001). Relatório de Acompanhamento do Desempenho Operacional do Sistema de Automação da Rede de Distribuição de Água da Região Metropolitana de Fortaleza, Fortaleza – CE).