

UNIVERSIDADE TIRADENTES
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADEVALDO GOMES DA SILVA JÚNIOR
MARUSKA TAUBNER DA COSTA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE
OPERACIONAL NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
INTEGRADO EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA/SE**

Aracaju
2018

ADEVALDO GOMES DA SILVA JÚNIOR
MARUSKA TAUBNER DA COSTA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE
OPERACIONAL NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
INTEGRADO EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA/SE**

Monografia apresentada à
Universidade Tiradentes como pré-
requisito para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Civil

**Orientador: Prof^a. Dra. Marcela de
Araújo Hardman Cortes**

Aracaju
2018

ADEVALDO GOMES DA SILVA JÚNIOR
MARUSKA TAUBNER DA COSTA

**ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO CENTRO DE CONTROLE
OPERACIONAL NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO
INTEGRADO EM NOSSA SENHORA DA GLÓRIA/SE**

Monografia apresentada à Universidade Tiradentes como pré-requisito para obtenção do título de formação em Engenharia Civil.

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

AVALIADOR: Prof. Dr. Paulo Eduardo Silva Martins

AVALIADOR: Eng. Ivan Dortas

ORIENTADORA: Prof^ª. Dra. Marcela de Araújo Hardman Cortes

AGRADECIMENTOS DE ADEVALDO

Aos professores que me ajudaram muito na jornada em busca do conhecimento, em especial minha orientadora Marcela de Araújo Hardman Cortes, que teve um papel fundamental nesse trabalho.

Aos meus familiares, em especial a minha mãe Adriana A. dos S. Gomes que sempre me apoiou e que fez de tudo para que enfim chegasse até a reta final do curso, tornando real o meu sonho de um dia me tornar um Engenheiro.

AGRADECIMENTOS DE MARUSKA

Em primeiro lugar, a Deus, dono do maravilhoso e perfeito amor. Aquele que está presente nos mínimos detalhes do nosso dia, fazendo com que nos sintamos agraciados e felizes todo o tempo.

À minha orientadora Dr^a Marcela de Araújo Hardman, pela orientação concedida durante todas as etapas deste trabalho.

À coordenação e a todos os professores que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

Dedico este trabalho a pessoa mais importante na minha vida, minha mãe.

Ao meu pai que, mesmo não estando mais entre nós, me trouxe inúmeras lembranças maravilhosas me trazendo felicidade em meus dias mais pesados.

Aos meus amigos Balogh e Manduca em especiais, pela orientação eficiente e pela simplicidade de ser um excelente profissional e, acima de tudo, pela sempre boa disposição e bom ambiente de que se disfruta nas salas do escritório, meu muito obrigado.

Aos meus irmãos, cunhadas, sobrinho e a minha Bola pelo carinho, apoio, paciência.

As minhas melhores irmãs de sangue e de coração, Ana, Camila (Popo), Elen e Paulinha pelo orgulho demonstrado, mesmo quando eu própria não conseguia ver a razão.

A Ana Paula, companheira e amiga indispensável durante todo o curso, compartilhando comigo alegria e arrepios, se tornando uma pessoa especial na minha vida.

Em especial a Emmanuel e Aline pelos vários esclarecimentos e horas de conversa quando me sentia desestimulada e cansada nessa caminhada. À atenção de vocês foram essenciais em minha trajetória. Meu muito obrigada!

Por fim, a todos aqueles que não se encontram aqui contemplados, mas que não estão esquecidos.

As falhas dos homens eternizam-se no
bronze. As suas virtudes escrevemos na
água.

William Shakespeare

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo geral analisar a implantação do Centro de Controle Operacional no Sistema Integrado em Nossa Senhora da Glória/SE, e como objetivos específicos descrever os componentes do sistema de abastecimento de água; esclarecer o funcionamento do Centro de Controle Operacional; apresentar dados obtidos por meio de relatório da implantação e funcionamento do Centro de Controle Operacional em Nossa Senhora da Glória; e, apresentar os benefícios implantados. Visando alcançar os objetivos propostos, este trabalho se deu através da metodologia de um estudo de caso, fazendo uso da pesquisa documental e bibliográfica. A pesquisa documental ocorreu por meio da obtenção de um relatório que foi realizado com base na proposta técnica antecedente a execução da obra e o relatório final da mesma. Os relatórios foram realizados pela Supervisão das Obras, o consórcio Enpro-Consenso. Além disso, foi obtido ainda fotos, relatório e outras informações sobre o CCO por um funcionário da Companhia de Saneamento Básico de Sergipe – Deso. Já a pesquisa bibliográfica respaldou-se em publicações variadas como livros, monografias, revistas científicas e/ou eletrônicas, dissertações, dentre outras. Os resultados obtidos com a construção deste estudo mostraram que o Centro de Controle Operacional instalado em Nossa Senhora da Glória é responsável pela operação da rede do sistema de tratamento e distribuição de água. Os serviços prestados, conforme se observou no relatório, buscam atender prazos e qualidade adequados, evidencia uma excelente evolução no tocante à inserção de ferramentas de monitoramento e controle automatizados.

Palavras-chave: Água. Sistema Integrado. Centro de Controle Operacional.

ABSTRACT

The present work has as general objective to analyze the implementation of the Operational Control Center in the Integrated System in Nossa Senhora da Glória/SE, and as specific objectives describe the components of the water supply system; clarify the operation of the Operational Control Center; present data obtained by means of a report on the implementation and operation of the Operational Control Center in Nossa Senhora da Glória; and, present the benefits implanted. Aiming to reach the proposed objectives, this work was carried out through the methodology of a case study, using documentary and bibliographic research. The documentary research was carried out by obtaining a report that was made based on the technical proposal antecedent to the execution of the work and the final report of the same. The reports were carried out by the Supervision of Works, the consortium Enpro-Consenso. In addition, photographs, reports and other information about the CCO were also obtained by an employee of the Basic Sanitation Company of Sergipe - Deso. On the other hand, bibliographical research has been based on varied publications such as books, monographs, scientific and / or electronic journals, dissertations, among others. The results obtained with the construction of this study showed that the Operational Control Center installed in Nossa Senhora da Glória is responsible for the network operation of the water treatment and distribution system. The services provided, as noted in the report, seek to meet adequate deadlines and quality, shows an excellent evolution in the insertion of automated monitoring and control tools.

Keywords: Water. Integrated system. Operational Control Center.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Características principais iniciais dos Sistemas.....	50
Quadro 2 - Características principais iniciais dos Sistemas.....	51
Quadro 3 – Condições operacionais possíveis.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os estoques de água no planeta Terra.....	21
Tabela 2 – UTR's instaladas.....	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de abastecimento de água.....	28
Figura 2 – Classificação das redes quanto a sua tipologia.....	37
Figura 3 – Painel de gerenciamento do CCO.....	41
Figura 4 – Centro de Controle Operacional com Sistema SCADA.....	42
Figura 5 – Macromedidor.....	44
Figura 6 – Área da pesquisa.....	45
Figura 7 – Construção do CCO.....	52
Figura 8 – Planta layout.....	52
Figura 9 – Centro de Controle Operacional: vista exterior.....	55
Figura 10 – Centro de Controle Operacional: vista interior.....	56
Figura 11 – Tela típica do sistema do CCO.....	56
Figura 12 - Supervisório do CCO e status das Áreas.....	57
Figura 13 – UTR típica.....	57
Figura 14 – Vista área, captação concluída e painel de automação.....	62
Figura 15 – Estação de Tratamento ETA.....	62
Figura 16 – Indicador local dos medidores de vazão e inspeção de fabricação das Unidades Terminais Remotas UTR`s.....	63
Figura 17 – UTR instada em Estação elevatória e medidores de vazão instalados.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS

Et al.	E outros
Etc.	Outras coisas
LTDA.	Limitada
N.	Nossa
P.	Página
RA	Reservatório Apoiado
RE	Reservatório Elevado
SE	Sergipe
Sr ^a	Senhora
T	Torre

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CCO	Centro de Controle Operacional
CCM	Centro de Controle de Motores
CLP	Controlador Lógico Programável
Deso	Companhia de Saneamento Básico de Sergipe
Enpro	Engenharia de Projetos e Obras Ltda.
ETA	Estação de Tratamento de Água
FEP	Front end Processor
IHM	Interface Homem – Máquina
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
JBIC	Japan Bank for International Cooperation
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OPC	Object Linking and Embedding
PC	Personal Computer
PVC	Policloreto de Polivinila
SAAE	Serviço Autônomo de Saneamento Básico
SCADA	Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados
SEMARH	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos
SEPLAN	Secretaria do Estado de Planejamento
SURS	Superintendência de Sistemas Regionais
SQL	Linguagem de Consulta Estruturada
SRHU	Secretaria Nacional de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano
UTR	Unidade Terminal Remota

LISTA DE SÍMBOLOS

Km ³	Quilometro por metro cúbico
%	Porcentagem
mm	Milímetro
mm/h	Milímetro por Hora
cm	Centímetro
m	Metro
L/s	Litro por segundo
m ³	Metro cúbico
CV	Cavalo-vapor
Ø	Diâmetro
®	Marca registrada
pH	Potencial hidrogeniônico
R\$	Real

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	16
1.1 Objetivos.....	17
1.1.1 Geral.....	17
1.1.2 Específicos.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Ciclo hidrológico.....	18
2.2 Precipitação.....	21
2.3 A importância da água.....	25
2.4 Componentes de um sistema de abastecimento de água.....	28
2.4.1 Manancial.....	28
2.4.2 Captação.....	29
2.4.3 Estações elevatórias.....	32
2.4.4 Adutoras.....	33
2.4.5 Estação de tratamento de água.....	34
2.4.6 Reservatórios.....	35
2.4.7 Rede de distribuição de água.....	36
2.5 Centro de controle operacional.....	38
3 METODOLOGIA.....	45
3.1 Características da área de estudo.....	45
3.2 Tipo de pesquisa.....	45
3.3 Instrumento de coleta de dados.....	46
3.4 Procedimento de coleta.....	47
3.5 Análise dos dados.....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1 Sistema integrado adutora do semiárido.....	49
4.1.1 Data de implantação.....	49
4.1.2 O sistema integrado.....	49
4.2 Funcionamento da CCO.....	53

4.2.1 Requisitos funcionais para o CCO.....	53
4.2.2 Requisitos funcionais das estações terminais remotas (UTR's).....	58
4.3 Pós-implantação.....	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento indispensável para a sobrevivência da vida, sendo por certo, um dos recursos mais valiosos para a humanidade. Entretanto, muitas regiões do nordeste possuem o clima semi-árido, por essa razão é fundamental buscar alternativas que viabilizem as redes de tratamento e os sistemas de abastecimento de águas, bem como criem medidas eficazes no tocante ao dimensionamento dos reservatórios e, principalmente se faça uso de novas tecnologias que facilitem o monitoramento dessa disposição.

A bem da verdade, além das condições básicas de potabilidade da água fornecida, as empresas de saneamento devem procurar atingir a melhor qualidade do serviço prestado, como a confiabilidade no atendimento e o menor custo final para beneficiar o usuário cliente.

Neste processo de melhoramento de serviços, a construção de um setor institucional, num espaço físico específico, como é o caso do Centro de Controle Operacional (CCO) que tem por escopo, além de outras funções, envolver a operação do sistema de controle supervisorio e de aquisição de dados, acompanhando o comportamento do sistema; reconhecendo e analisado situações fora de padrões pré-estabelecidos; e, cadastrando as situações que exijam intervenção física no sistema.

Com o intuito de facilitar toda a demanda que se exige, o CCO utiliza-se do software sistemas de supervisão e aquisição de dados, também conhecido como SCADA que tem por objetivo acompanhar a ocorrência de reclamações de falta de água não previstas ou não justificáveis, verificando o motivo das reclamações e acionando a equipe de manutenção, além de cadastrar ocorrências e acompanhar sua solução. Da mesma forma, o sistema Scada deve verificar periodicamente a situação do sistema distribuição.

O tema escolhido para a realização deste trabalho se justifica em razão de se tratar de um processo inovador por parte das empresas de saneamento que, em linhas gerais, denota extrema necessidade de se evidenciar os avanços tecnológicos que o país vem se adequando no tocante às redes de distribuição e o sistema de abastecimento de água, sobretudo na implantação dos Centros de Controle Operacional que configuram eficiência no acompanhamento das

manutenções na rede de distribuição e nos dispositivos eletromecânicos programados que afetam o abastecimento. Bem como, busca acompanhar as paradas significativas causadas por rompimentos de adutoras, queima de bombas e transformadores, limpeza de reservatórios, dentre outros.

Do mesmo, outra razão pela qual o tema foi escolhido foi devido ao contato obtido na obra, sendo possível participar de grande do processo de implantação.

Neste sentido, com a intenção de alcançar os objetivos delimitados, este trabalho se deu através da metodologia de acompanhamento da implantação do CCO, fazendo uso da pesquisa documental e bibliográfica, onde se obteve um relatório que foi realizado com base na proposta técnica antecedente a execução da obra e o relatório final da mesma. Os relatórios foram realizados junto à supervisão das obras, o consórcio Enpro-Consenso. Além disso, foram levantadas imagens, relatório e outras informações sobre o CCO. Nessa mesma linha de levantamento, respaldou-se também em publicações variadas com o intuito de fornecer um embasamento teórico ao assunto.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Analisar a implantação do Centro de Controle Operacional no Sistema Integrado em Nossa Senhora da Glória/SE.

1.1.2 Específicos

Descrever os componentes de sistema de abastecimento de água;
Esclarecer o funcionamento do Centro de Controle Operacional;
Apresentar dados obtidos por meio de relatório da implantação e funcionamento do Centro de Controle Operacional em Nossa Senhora da Glória;
Apresentar os benefícios da implantação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo aborda conceitos e definições acerca do ciclo hidrológico; a precipitação; a importância da água; os componentes do sistema de abastecimento de água; e, por fim o centro de controle operacional.

2.1 Ciclo hidrológico

A água é um líquido com propriedades únicas, apresentando alta capacidade de absorver e reter calor, dissolver sais e minerais existentes na litosfera, reagir com compostos inorgânicos e moléculas orgânicas complexas. Segundo Botkin e Keller (2005), outra característica essencial é a sua alta tensão superficial, que é fundamental para muitos processos que envolvem a movimentação e a retenção da água em pequenos poros.

Ademais, ao se observar as moléculas mais abundantes no planeta, a água é a única que diminui de densidade ao passar do estado líquido para o sólido, o que faz com que o gelo flutue. Se o gelo fosse mais pesado que a água líquida, ele iria para o fundo dos reservatórios e os congelariam do fundo para a superfície, o que modificaria todas as características da biosfera, além de impossibilitar a presença de células vivas nestes locais, cuja membrana aquosa se romperia com a expansão (BOTKIN; KELLER, 2005).

Feitas tais considerações acerca da água é interessante neste momento entrar no aspecto de conceituação do ciclo hidrológico. Assim, de acordo com Miranda; Oliveira e Silva (2010), o ciclo hidrológico se configura de uma sucessão de uma série de processos na natureza pelos quais a água inicia o seu caminho indo de um estágio inicial até retornar a posição primitiva. Este fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, é impulsionado necessariamente pela energia radiante e associado à gravidade e à rotação terrestre.

Tucci (2009), por sua vez afirma que se descreve o ciclo hidrológico a partir do vapor de água presente na atmosfera que, sob determinadas condições meteorológicas, condensa-se, formando microgotículas de água que se mantêm suspensas no ar em virtude da turbulência natural. O agrupamento das

microgotículas, que são visíveis com o vapor de água, que é invisível, mais eventuais partículas de poeira e gelo, formam um aerossol que é chamada de nuvem ou nevoeiro, quando o aerossol forma-se junto ao solo. Através das dinâmicas das massas de ar, ocorre a principal transferência de água da atmosfera para a superfície terrestre que é a precipitação.

Para Kobiyama (1999), o ciclo hidrológico é a matéria fundamental da hidrologia e envolve vários processos hidrológicos, fatores que têm influência sobre as bacias hidrográficas, sobretudo o papel da vegetação, de que maneira ela interfere na dinâmica das bacias hidrográficas e qual é a sua importância para a manutenção destas, via processos de interceptação, sendo condensação, precipitação, evapotranspiração, infiltração e percolação, exemplos de processos verticais, e os escoamentos superficial e sub-superficial, exemplos de processos horizontais.

De acordo com Tucci (2009), para melhor compreensão do ciclo hidrológico, o mesmo é apresentado em quatro etapas:

- a) A precipitação atmosférica, que em sua forma mais comum é a chuva, ocorre quando uma grande quantidade de gotas com tamanho e peso suficiente para que a força da gravidade supere a turbulência normal ou movimentos ascendentes do meio atmosférico;
- b) O escoamento subterrâneo ocorre quando a água atinge o solo e segue diversos caminhos. O solo por ser um meio poroso, há infiltração de toda precipitação que chega a ele, durante o tempo que a superfície do solo não se satura;
- c) O escoamento superficial se trata do deslocamento das águas na superfície da terra. Impulsionado pela gravidade para as cotas mais baixas, vencendo principalmente o atrito com a superfície do solo;
- d) A evaporação é a associação de fenômenos físicos que condicionam a transformação da água no estado líquido ou sólido para o estado gasoso.

Vale salientar que, por apresentar uma estreita relação com o ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica, interferindo na dinâmica da água nas inúmeras etapas do sistema, inclusive nas transferências para a atmosfera e para os

rios, Lorenzon (2011) sustenta que a cobertura florestal, de modo geral, é uma das principais responsáveis pela variação do ciclo hidrológico nas diferentes regiões do mundo.

Neste âmbito, Garcez e Alvarez (1988) esclarecem também que, quando universalmente considerado, o volume da água compreendido em cada parte do ciclo hidrológico é relativamente constante, no entanto, observa-se que quando se considera uma área limitada, as quantidades de água de cada parte do ciclo variam continuamente, dentro de amplos limites. A superabundância e a escassez de chuva representam, numa determinada área, os extremos dessa variação.

Miranda; Oliveira e Silva (2010) explicam que a superfície terrestre abrange os continentes e os oceanos, participando do ciclo hidrológico a camada porosa que recobre os continentes (solos, rochas) e o reservatório formado pelos lagos, rios e oceanos. Parte do ciclo hidrológico é formada pela circulação da água na própria superfície terrestre, isto é; a circulação de água no interior e na superfície dos solos e rochas, nos lagos e demais superfícies líquidas e nos seres vivos (animais e vegetais).

O intercâmbio entre as circulações da superfície terrestre e da atmosfera ocorre em dois sentidos (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2010):

- a) No sentido superfície-atmosfera, onde o fluxo de água ocorre essencialmente na forma de evaporação das águas oceânicas e evapotranspiração continental;
- b) No sentido atmosfera-superfície, onde a transferência ocorre em qualquer estado físico, sendo mais expressivas, em termos globais, as precipitações pluviométricas, o granizo e a neve.

Segundo Botkin e Keller (2005), os principais estoques de água e os respectivos tempos de residência da água durante o ciclo hidrológico estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Os estoques de água no planeta Terra

Localização	Volume (km³ água)	Porcentagem do valor total	Tempo de residência média estimado
Oceanos	1.230.000.000	97,2%	Milhares de anos
Geleiras e calotas polares	28.600.000	2,15%	Dezenas de milhares de anos
Água subterrânea	4.000.000	0,31%	Centenas/milhares de anos
Lagos (água doce)	123.000	0,009%	anos
Atmosfera	12.700	0,001%	Dezenas de anos
Rios e cursos	1.200	0,0001%	9 dias 2 semanas

Fonte: Baseado em Botkin e Keller (2005).

Neste sentido, Watanabe (2008) acrescenta ainda que, o ciclo da água é essencialmente importante para a manutenção da vida na Terra. De maneira geral, é indispensável para dar suporte à circulação de ventos, à regulação climática, à distribuição da energia solar que incide sobre o planeta. Sendo assim, o ciclo hidrológico global pode ser considerado como o principal ciclo material existente em todo o planeta, pois agrega os maiores fluxos, em termos de massa e volume.

2.2 Precipitação

De acordo com Tucci (2009), entende-se por precipitação como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Neblina, chuva, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitações. O que diferencia essas formas de precipitações é o estado em que a água se encontra.

Na Terra a evapotranspiração representa a transferência da água da superfície continental e oceânica para atmosfera, ou seja, a passagem da água do estado líquido para o gasoso. Na atmosfera essa água se

condensa, formando nuvens, que se precipitam na direção da superfície terrestre - formando um processo inverso à evapotranspiração. Ou seja, o retorno da água retida na atmosfera, através da chuva, neve e o granizo (MIRANDA; OLIVEIRA; SILVA, 2010, p. 113).

Tucci (2009) esclarece que a disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial. A determinação da intensidade da precipitação é essencial para o controle de inundação e a erosão do solo. Por sua capacidade para produzir escoamento, a chuva é o tipo de precipitação mais importante para hidrologia.

Ainda conforme Tucci (2009), os fatores principais da precipitação são o seu total, duração e distribuições temporal e espacial. O total precipitado não tem significado se não estiver ligado a uma duração. A bem da verdade, a ocorrência da precipitação é um processo aleatório que não permite uma previsão determinística com grande antecedência. O tratamento dos dados de precipitação para a grande maioria dos problemas hidrológicos é estatístico.

Segundo Lorenzon (2011), a precipitação é classificada em convectivas, orográficas e frontais ou ciclônicas. A precipitação convectiva origina-se da elevação de massas de ar quente, que após atingir seu nível de condensação, formam as nuvens. A precipitação orográfica acontece quando uma massa de ar úmida, geralmente vinda do oceano para o continente, encontra uma barreira física que a força elevar-se, ocorrendo queda de temperatura seguida da condensação. A precipitação frontal origina-se do encontro de massas de ar quentes e frias.

De forma mais ampla, Tucci (2009) explica as diferenças dessa classificação da precipitação:

- a) **Conectivas:** quando em tempo calmo, o ar úmido for aquecido na vizinhança do solo, podem-se criar camadas de ar que se mantêm em equilíbrio instável. Perturbado o equilíbrio, forma-se uma busca ascensão local de ar menos denso que atingirá seu nível de condensação com formação de nuvens e, muitas vezes, precipitações. São as chuvas conectivas, características das regiões equatoriais, onde os ventos fracos e os movimentos de ar são essencialmente verticais, podendo ocorrer nas regiões temperadas por ocasião do verão (tempestades violentas). São,

geralmente, chuvas de grande intensidade e de pequena duração, restritas a áreas pequenas. São precipitações que podem provocar importantes inundações em pequenas bacias;

- b) **Orográficas:** quando ventos quentes e úmidos, soprando geralmente do Oceano para o continente, encontram uma barreira montanhosa, elevam-se e se resfriam adiabaticamente havendo condensação do vapor, formação de nuvens e ocorrência de chuva. São chuvas de pequena intensidade e de grande duração, que cobrem pequenas áreas. Quando os ventos conseguem ultrapassar a barreira montanhosa, do lado oposto projeta-se a sombra pluviométrica, dando lugar a áreas secas ou semi-áridas causadas pelo ar seco, já que a umidade foi descarregada na encosta oposta;
- c) **Frontais ou ciclônicas:** provêm da interação de massas de ar quente e frias. Nas regiões de convergência na atmosfera, o ar mais quente e úmido é violentamente impulsionado para cima resultando no seu resfriamento e na condensação do vapor de água, de forma a produzir chuvas. São chuvas de grande duração, atingindo grandes áreas com intensidade média. Essas precipitações podem vir acompanhadas por ventos fortes com circulação ciclônica. Podem produzir cheias em grandes bacias.

Com relação à medida das precipitações, Garcez e Alvarez (1988) afirmam que é relativamente simples, sendo feita através da computação da quantidade de água recolhida em uma determinada área. Assim, de modo geral, as características e unidades de medidas são:

- a) **Altura pluviométrica ou altura de precipitação:** quantidade de água precipitada por unidade de área horizontal. É dada pela altura que a água atingiria se ela se mantivesse no local da precipitação sem evaporar, escoar ou infiltrar. A altura pluviométrica pode se referir a uma chuva determinada ou a todas as precipitações ocorridas em certo intervalo de tempo (alturas pluviométricas diárias, mensais, anuais);

- b) **Duração:** intervalo de tempo decorrido entre o instante em que se iniciou a precipitação e seu término. É medida em geral em minutos (ou em horas);
- c) **Intensidade:** velocidade de precipitação $i = h / t$. É medida em geral em mm ou mm/h. Pode ser também medida em litros / segundo / hectare;
- d) **Frequência:** número de ocorrências de uma determinada precipitação (definida por uma altura pluviométrica e uma duração) no decorrer de um intervalo de um tempo fixo.

Outro ponto importante a ser considerado é que há algumas dificuldades de medição, as quais Garcez e Alvarez (1988) asseveram que derivam dos seguintes fatos:

- a) O aparelho de medida provoca sempre uma perturbação (turbilhonamento) nas correntes eólicas, afetando a quantidade de água recolhida. Em decorrência, para que resultados sejam comparáveis entre si, é indispensável que os aparelhos sejam rigidamente padronizados e que sejam adotados normas fixas para sua instalação;
- b) Poucos são os locais abrigados (para reduzir o efeito hidrodinâmico) e ao mesmo tempo suficientemente livres para permitir a coleta de precipitações representativas, qualquer que seja a direção dos ventos;
- c) A amostra colhida pelo aparelho de medição representa o fenômeno em uma área muitas vezes sempre menor que a área atingida pela precipitação. A amostra será tanto menos significativa quanto maior for a área que ela deverá representar e mais heterogênea for a precipitação que atinge a mesma;
- d) A necessidade de se distribuir de forma racional o conjunto de aparelhos de medida em extensas áreas obriga, muitas vezes, a entregar a operação dos mesmos a operadores que nem sempre são suficientemente habilitados e indicados para tal função.

Tucci (2009) reforça tais constatações referindo-se que, no tocante acerca da análise dos dados de precipitação, o objetivo de um posto de medição de chuvas é o de obter uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos. Em qualquer

caso, pode acontecer a existência de períodos sem informações ou com falhas nas observações, em virtude de problemas com os aparelhos de registro e/ou com o operador do posto. Por isso, os dados coletados devem ser submetidos a uma análise antes de serem utilizados.

Tucci (2009) salienta que as causas mais comuns de erros grosseiros nas observações são:

- a) Preenchimento errado do valor na caderneta de campo;
- b) Soma errada do número de provetas, quando a precipitação é alta;
- c) Valor estimado pelo observador, por não se encontrar no local no dia da amostragem;
- d) Crescimento de vegetação ou outra obstrução próxima ao posto de observação;
- e) Danificação do aparelho;
- f) Problemas mecânicos no registrador gráfico.

Silva et al. (2007) acrescentam ainda que, a precipitação é um dos mais importantes elementos meteorológicos, pois está diretamente relacionada aos mais diversos setores da sociedade, de forma que o regime pluviométrico afeta a economia, o meio ambiente e a sociedade, como um todo.

2.3 A importância da água

De acordo com Mendonça (2007), a água é uma substância indispensável à vida quanto o oxigênio e está presente na troposfera em decorrência das propriedades físicas de mudança de estado que possui. O ciclo da água está presente no ar, ou seja, na litosfera, biosfera, hidrosfera e atmosfera. Devido estar em constante transformação em seu ciclo ela é temporariamente variável na troposfera, assim, como o vapor, a água pode corresponder a 1/1000 do peso do ar durante o inverno siberiano, por exemplo, e a 18/1000 do peso do ar de um abafado dia da floresta amazônica, que traz a percepção da sensação de conforto ou desconforto térmico que produz.

Assim, o primeiro argumento para a defesa da importância da água é em torno da sua participação na distribuição sobre a superfície da Terra. Segundo Nogueira (2006 *apud* FERNANDES; MEDEIROS NETO; MATTOS, 2007), 97,5% representam a água do mar, que é inapropriada para a ingestão humana por ser

muito salgada. Os 2,5% restantes representa a quantidade de água doce no mundo, sendo apenas 0,3% desse percentual renovável através do ciclo hidrológico.

Infelizmente, conforme acentua LORA (2002), à medida que a população cresce, a atividade industrial e a agricultura irrigada se expandem fazendo com que a demanda de água cresça rapidamente. De 1940 a 1980 a extração de água doce dos rios, lagos e fontes subterrâneas multiplicou-se por quatro. Diante dessa perspectiva os cientistas fizeram uma projeção que no ano de 2025, dois de cada três habitantes sofreram pela falta de água, ou seja, em 2050 estima-se que 1,0.109 e 2,4.109 pessoas viveram em países com escassez de recursos hídricos.

Kitamura (2004) salienta que a água pode ser abundante em algumas regiões do planeta Terra, contudo, em outras, chega a ser quase inexistente. A maior parte da água doce existente no mundo está localizada em apenas 10 países, entre eles o Brasil. Neste contexto, é imprescindível levar em conta que a distribuição da água é irregular, e essa situação tende a piorar em virtude dos fenômenos climáticos. Em alguns lugares há muita chuva e as enchentes causam grandes problemas, enquanto em outros a seca é grande.

Neste segmento, é válido mencionar que a Agência Nacional de Águas (ANA), a cada quatro anos, elabora o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos, com a publicação anual de informes que atualizam o seu conteúdo, como o Informe 2014. O Relatório traz anualmente informações sobre a situação e a gestão dos recursos hídricos no Brasil. Trata-se do resultado do trabalho feito com uma rede de cerca de 50 instituições, disponibilizando informações atuais de modo que o ano de referência dos dados não é sempre o mesmo. Entre a rede de instituições que participam da elaboração do Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos, estão os órgãos gestores estaduais de meio ambiente e recursos hídricos, além de órgãos federais, como a Secretaria Nacional de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano (SRHU) do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) (ANA, 2015).

Com base nos dados apresentados no Relatório, a ANA (2015) dispõe que:

Água doce superficial: Apesar de o Brasil possuir 13% da água doce disponível do planeta, a distribuição é desigual, pois 81% estão concentrados na Região Hidrográfica Amazônica, onde está o menor contingente populacional, cerca de 5% da população brasileira e a menor demanda. Nas regiões hidrográficas banhadas pelo Oceano Atlântico, que

concentram 45,5% da população do País, estão disponíveis apenas 2,7% dos recursos hídricos do Brasil (ANA, 2015, p. 27).

Magalhães Junior (2007) também reforça a ideia de que a escassez da água tanto qualitativa, quanto quantitativa estão entre as principais preocupações político ambientais atuais. Assim, em virtude da utilização irracional dos recursos naturais, houve grande incentivo na busca por soluções que conciliassem a exploração econômica com a utilização racional desses recursos, buscando a sustentabilidade que nessas circunstâncias a gestão ambiental e da água tiveram sua importância reforçada nas políticas públicas de desenvolvimento em vários países.

Mesmo com 20% de toda a água doce superficial da Terra, aqui, como no resto do mundo, a situação é delicada. Nossos rios e lagos vêm sendo comprometidos pela queda de qualidade da água disponível para uso em decorrência da poluição e da degradação ambiental (CARDOSO, 2010, p. 17).

Sendo assim, é evidente que a disponibilidade da água é, na contemporaneidade, um dos pontos mais discutidos e estudados, por estar sendo afetada pela poluição desenfreada e a escassez da água doce no mundo como um todo. Fernandes; Medeiros Neto e Mattos (2007) entendem que pelo fato da utilização da água pelo homem depender da captação, do tratamento e da distribuição dessa água, é fundamental buscar formas alternativas de captação de água boa. Neste panorama, figura entre as mais limpas a água de chuva, além de ser de baixo custo. A procura por novas formas de captar água tem se mostrado cada vez mais frequentes por conta da grande poluição que o homem vem fazendo às suas reservas de água doce, bem como, a eminência da escassez de água.

Frente a tais constatações, Cardoso (2010) reforça a ideia da necessidade de se encontrar meios e formas de preservar a água potável. As soluções que preservam a quantidade e a qualidade da água passam, fundamentalmente, por uma revisão do uso da água nas residências, tendo como meta a redução do consumo de água potável e consequente conservação dos recursos hídricos.

2.4 Componentes de sistema de abastecimento de água

O Sistema de Abastecimento de Água representa o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos. Segundo Tsutiya (2006), os sistemas de abastecimento de água têm sua estrutura variada conforme as características locais e particulares. De maneira geral, são constituídos das seguintes partes: manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento de água, reservatório e rede de distribuição como evidenciada na Figura 1.

Figura 1 – Sistema de abastecimento de água



Fonte: Tsutiya (2006).

2.4.1 Manancial

De acordo com Gomes (2010), mananciais são fontes de água, superficiais ou subterrâneas, utilizadas para o abastecimento humano e manutenção das atividades econômicas. Nos sistemas visitados os mananciais são rios, barragens e poços (artesianos ou amazonas). Dos mananciais o abastecimento segue por gravidade ou recalque para as estações de tratamento de água.

Mananciais são todas as fontes de água superficiais, subterrâneas e água de chuva que podem ser usadas para o abastecimento de água para consumo humano. Isso inclui, por exemplo, rios, lagos, represas e lençóis freáticos, bem como as cisternas do semiárido, que acumulam, durante o período de chuva, água boa para beber e cozinhar (BRASIL, 2014, p 50).

Assim, os mananciais quanto à sua origem são classificados em: superficial; subterrâneo; e, águas meteóricas (BRASIL, 2006).

No caso do manancial superficial, trata-se de toda parte que escoar na superfície terrestre, compreendendo córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais. As precipitações atmosféricas, logo que atingem o solo, podem se armazenar nas depressões do terreno, nos lagos e represas, ou alimentar os cursos d'água de uma bacia hidrográfica, se transformando em escoamento superficial. No tocante ao manancial subterrâneo, este se encontra totalmente abaixo da superfície terrestre, compreendendo os lençóis freáticos e profundo, tendo sua captação feita pelos poços rasos ou profundos, galerias de infiltração ou pelo aproveitamento das nascentes. Por fim, as águas meteóricas compreendem a água existente na natureza na forma de chuva, neve ou granizo (BRASIL, 2006).

Importante esclarecer que para captar água de um manancial devem ser considerados características atreladas à quantidade de água, à facilidade de adução e à proteção do manancial. Comumente, quanto maior a vazão do manancial, tanto maior é sua bacia hidrográfica e, neste caso, mais difícil será garantir a proteção da respectiva bacia hidrográfica e, por conseguinte, a qualidade da água a ser captada (BRASIL, 2014).

Outro ponto necessário atentar é acerca da atenção especial que deve ser adotada com relação ao manancial escolhido para o abastecimento, devendo ser inseridas medidas de ordem geral para a proteção. Neste caso, é fundamental ter o adequado conhecimento da bacia hidrográfica a montante da captação da água, incluindo fatores físicos, bióticos e socioeconômicos, aspectos relacionados à geologia, ao relevo, ao solo, à vegetação, à fauna e às atividades humanas aí desenvolvidas (BRASIL, 2014).

2.4.2 Captação

De acordo com Tsutiya (2006), captação de água é o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto ao manancial, para a retirada de água destinada ao sistema de abastecimento. O seu funcionamento deve ser ininterrupto em qualquer época do ano e deve possuir facilidade quanto a sua operação e manutenção.

De maneira mais específica, podem ser utilizadas as seguintes formas de captação (BRASIL, 2006):

- Superfície de coleta (água da chuva);
- Caixa de tomada (nascente de encosta);
- Galeria filtrante (fundo de vales);
- Poço escavado (lençol freático);
- Poço tubular profundo (lençol subterrâneo);
- Tomada direta de rios, laços e açudes (mananciais de superfície).

No tocante a coleta por água da chuva, segundo Gnadlinger (2000 *apud* OLIVEIRA, 2008), a coleta de água de chuva tem sido uma técnica popular em muitas partes do mundo, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas. O aproveitamento da água de chuva foi inventada independentemente em diversas partes do mundo e em diferentes continentes há milhares de anos.

Para Marinovski (2007), a viabilidade da implantação de sistema de aproveitamento de água da chuva depende basicamente dos seguintes fatores: precipitação, área de captação e demanda de água. Ademais, para projetar tal sistema devem-se levar em consideração as condições ambientais locais, clima, fatores econômicos, finalidade e usos da água, buscando não uniformizar as soluções técnicas.

May (2004) ainda explica que a água de chuva pode ser utilizada em diversas atividades com fins não potáveis no setor residencial, industrial e agrícola. No setor residencial, pode-se utilizar água de chuva em descargas de vasos sanitários, lavação de roupas, sistemas de controle de incêndio, lavagem de automóveis, lavagem de pisos e irrigação de jardins. Já no setor industrial, pode ser utilizada para resfriamento evaporativo, climatização interna, lavanderia industrial, lavagem de maquinários, abastecimento de caldeiras, lava jatos de veículos e limpeza industrial, entre outros. Na agricultura, vem sendo empregada principalmente na irrigação de plantações.

Com relação à caixa de tomada (nascente de encosta), é realizada pela captação em caixa de tomada. Para prevenir a poluição da água essa caixa deve ter as paredes impermeabilizadas, tampa, canaletas para afastamento das águas de chuvas, bomba para retirada de água, ser convenientemente afastada de currais, pocilgas, fossas e ter sua área protegida por uma cerca (BRASIL, 2006).

Já a galeria filtrante (fundo de vales), é obtido por meio de um sistema de drenagem subsuperficial, sendo, em alguns casos, possível usar a técnica de poço raso para a captação da água. Geralmente, a captação é feita por um sistema de drenos que termina em um coletor central e deste vai a um poço (BRASIL, 2006).

Poço escavado (lençol freático), também conhecido como poços rasos ou freáticos, com diâmetro mínimo de 90 centímetros, são destinados tanto ao abastecimento individual, como coletivo. Esta solução permite o aproveitamento da água do lençol freático, atuando, geralmente, entre 10 a 20 metros de profundidade, podendo obter de dois a três mil litros de água por dia (BRASIL, 2014).

Poço tubular profundo (lençol subterrâneo) capta água do aquífero denominado artesianos ou confinados, localizado abaixo do lençol freático, entre duas camadas impermeáveis e sujeitas a uma pressão maior que a atmosférica. Nesses poços, o nível da água, em seu interior, subirá acima da camada aquífera. No caso da água jorrar acima da superfície do solo, sem necessidade de meios de elevação mecânica, o poço é dito jorrante ou surgente. Caso a água se ele dentro do poço sem, porém ultrapassar a superfície do solo, o poço é dito semi-surgente (BRASIL, 2006).

Por fim, a captação de águas superficiais depende de cuidados que devem ser levados em conta quando da elaboração do projeto. Qualquer tipo de captação deverá atender em qualidade e quantidade a demanda prevista da população futura no horizonte (alcance) do projeto. A escolha das obras de captação deve ser antecedida da avaliação dos seguintes fatores (BRASIL, 2014):

- Dados hidrológicos da bacia em estudo ou de bacias na mesma região;
- Nível de água nos períodos de estiagem e enchente;
- Qualidade da água; monitoramento da bacia, para localização de fontes poluidoras em potencial;
- Distância do ponto de captação ao ponto de tratamento e distribuição;
- Desapropriações;
- Necessidade de elevatória; fonte de energia e facilidade de acesso.

Portanto, as definições inerentes a captação influenciarão demasiadamente as demais etapas integrantes dos sistemas públicos de

abastecimento de água, do tipo e extensão da adutora de água bruta a tecnologia de tratamento a ser empregada (BRASIL, 2006).

2.4.3 Estações elevatórias

De acordo com Yassuda et al. (1966 *apud* OLIVEIRA, 2010), a estação elevatória ou também chamada estação de recalque é a unidade técnica que compreende o conjunto de edifícios, máquinas e equipamentos e aparelhos necessários para a elevação da água de um ponto para outro, com pressão e vazão adequadas. Essa mesma estação tem como finalidade abrigar, proteger, controlar e manter os conjuntos elevatórios (motor e bomba) que promovem a elevação da água. É composta de sala das máquinas e dependências complementares, poço de sucção, condutos e acessórios, órgãos de manobra e de segurança, instrumentação, equipamentos elétricos e dispositivos auxiliares.

Segundo Araújo (2014), as estações elevatórias são definidas entre outros pontos, pelos tipos bombas, como também por seus motores acoplados que formam as principais características de operação e manutenção. Com isto, as estações elevatórias, recebem também o nome de poços de bombeamento, ou estações de bombeamento, os quais são utilizados para elevação da água provenientes de zonas de drenagem. Estes equipamentos permitem ultrapassar as dificuldades de topografia do terreno, tornando possível a ligação a outras estações, e conseqüentemente á rede de distribuição.

Vale salientar que as estações elevatórias são de suma importância no sistema de abastecimento de água, de modo que, uma bacia hidrográfica pode ter terreno tão íngreme que a água, para chegar a determinados pontos, deverá ser recalçadas utilizando-se bombas (ReCESA, 2008 *apud* ARAÚJO, 2014). Nesses casos a existência de estações elevatórias é fundamental, tanto para captar a água - denominada estação elevatória de água bruta, quanto para conduzi-la a pontos de distribuição, definida também como estação elevatória de água tratada, viabilizando, assim, o tratamento da água e sua distribuição às pessoas.

Necessário explicar ainda que, a estação elevatória consiste no local onde é feito o recalque ou bombeamento da água. Conforme acentua Araújo (2014), a casa de bombas é o abrigo da bomba, motor, registros, tubos e acessórios. O reservatório trata-se da caixa para armazenar e garantir pressão à água nas

canalizações, como também regularizar a vazão, ou seja, entre outros pontos, local que fornece segurança ao abastecimento. Já as perdas de cargas se referem às perdas de energia ou de pressão nas canalizações.

2.4.4 Adutoras

Adutora é o conjunto de tubulações, peças especiais e obras de arte, dispostas entre captação e a ETA; captação e o reservatório de distribuição; captação e a rede de distribuição; ETA e o reservatório de distribuição; ETA e a rede de distribuição. A tubulação que deriva de uma adutora, indo alimentar um setor qualquer da área a ser abastecida, é chamado subadutora (BRASIL, 2014).

Os materiais das tubulações mais utilizadas na construção de adutoras são: PVC de alta pressão; ferro fundido, cimentado internamente; aço soldado; aço com junta ponta e bolsa, junta travada, entre outros; concreto armado; fibra de vidro impregnado em resinas de poliéster e polietileno de alta densidade (BRASIL, 2014).

As adutoras são classificadas com relação a (BRASIL, 2014):

Natureza da água transportada:

- Adutora de água bruta: transporta a água da captação até a Estação de Tratamento de Água;
- Adutora de água tratada: transporta a água da Estação de Tratamento de Água até os reservatórios de distribuição.

Energia utilizada para o escoamento da água:

- Adutora por gravidade: quando aproveita o desnível existente entre o ponto inicial e o final da adução;
- Adutora por recalque: quando utiliza um meio elevatório qualquer (conjunto moto-bomba e acessórios);
- Mista: quando utiliza parte por recalque, e parte por gravidade.

Modo de escoamento:

- Adutora em conduto livre: mantém a superfície sob o efeito da pressão atmosférica. Os condutos podem ser abertos (canal) ou fechados. A água ocupa apenas parte da seção de escoamento, não funciona a seção plena (totalmente cheios);

- Adução em conduto forçado: a água ocupa a seção de escoamento por inteiro, mantendo a pressão interna superior à pressão atmosférica. Permite à água movimentar-se, quer em sentido descendente por gravidade, quer em sentido ascendente por recalque, graças à existência de uma carga hidráulica.

Vazão de dimensionamento:

- Adução Contínua;
- Adução Intermitente.

2.4.5 Estação de tratamento de água

Segundo Noronha (2012), na estação de tratamento, como o próprio nome já diz, é onde ocorre todo o tratamento da água. A água quando vem pela canalização possui peixes mortos, folhas secas e determinados tipos de microorganismos, fazendo com esse processo de pureza da água seja de extrema importância.

Assim, o tratamento de água consiste em melhorar suas características organolépticas, físicas, químicas e bacteriológicas, visando se tornar adequada ao consumo humano. As águas de superfície são as que mais necessitam de tratamento, porque se apresentam com qualidades físicas e bacteriológicas impróprias, com exceção das águas de nascentes que, com uma simples proteção das cabeceiras e cloração, podem ser, muitas vezes, consumidas sem perigo. As águas de grandes rios, apesar de não satisfazer pelo seu aspecto físico, podem ser relativamente satisfatórias sob os pontos de vista químico e bacteriológico, quando captadas ou colhidas em locais do rio menos sujeitos à contaminação (BRASIL, 2014).

A presença de algas e cianobactérias, na água bruta aduzida para estações de tratamento podem causar problemas operacionais em diversas etapas de tratamento, tais como: dificuldade de coagulação e floculação, baixa eficiência do processo de sedimentação, colmatação dos filtros e aumento da necessidade de produtos para a desinfecção. Como consequência desses problemas operacionais, normalmente observa-se a redução na eficiência dos processos de tratamento e o surgimento de problemas na água tratada associados à presença de algas, cianobactérias e seus subprodutos extracelulares (BRASIL, 2014).

Algumas algas e seus subprodutos podem produzir odores desagradáveis e gerar sabores indesejáveis à água, tornando necessário, introduzir filtros de carvão ativado na sequência de tratamento, para remoção de odor e sabor, encarecendo o custo do tratamento da água. A alga flagelada *Synura*, por exemplo, causa um sabor amargo à água, mesmo quando em pequenas concentrações. A *Microcystis*, que comumente apresenta um cheiro de capim ou grama, quando se encontra em estado de decomposição, pode apresentar forte cheiro peculiar de esgoto séptico. Uma série de espécies de diferentes gêneros de cianobactérias também são capazes de produzir odor de barro ou de mofo: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Schizothrix* e *Symploca*. Todos esses gêneros, exceto *Symploca*, possuem espécies ou cepas produtoras de toxinas. Deste modo, o sabor e odor da água podem ser usados como alerta para ocorrência de cianobactérias (BRASIL, 2014).

Portanto, o primeiro passo para êxito do tratamento é trabalhar a captação com relação as algas e outros microorganismos. A distribuição horizontal e vertical da população de cianobactérias e de alguns tipos de algas pode variar expressivamente no corpo d'água, seja ele um lago, um reservatório ou um rio. Essa ocorrência deve ser levado em consideração na alocação do ponto de captação de água bruta, bem como na profundidade da tomada d'água. A contaminação da água que alimenta a estação de tratamento pode ser reduzida alocando-se o ponto de captação longe de zonas protegidas e de baixa circulação (baías e reentrâncias) onde a espuma formada pelas algas tende a se acumular. Caso não seja prático, ou não seja previsto, pode-se adotar, nos períodos de floração, uma extensão temporária da captação (BRASIL, 2014).

2.4.6 Reservatórios

De acordo com Noronha (2012), os reservatórios são utilizados para o acúmulo da água, tem como escopo manter uma pressão mínima ou constante da rede, atender demandas emergenciais, como incêndios e rupturas da rede, e atender a variação de consumo.

O consumo de uma comunidade está ligado a diversos fatores como, climas, hábitos de higiene, qualidade da água, cobrança (água medida ou não). Para uma mesma população, o consumo pode variar de acordo com as horas do dia ou

com a época do ano, chamados respectivamente de variação horária e variação diária. O reservatório de distribuição permite atender a essas variações (NORONHA, 2012).

Tsutiya (2006) explica que os reservatórios de distribuição de água podem ser classificados dependendo da sua configuração e sua posição no tocante à rede de distribuição. Com que tange a sua configuração podem ser enterrados, semienterrados, apoiados ou elevados, as razões que determinam a escolha entre eles são normalmente pressões, vazões, volumes a armazenar e fatores econômicos. Com referência a sua posição em relação à rede de distribuição tem os de montante, quando está localizado entre a captação e a rede de distribuição, e o de jusante, quando está localizado após a rede de distribuição. Nesse último caso, recebe a água de consumo mínimo e ajuda a abastecer a cidade durante as horas de consumo máximo.

2.4.7 Rede de distribuição de água

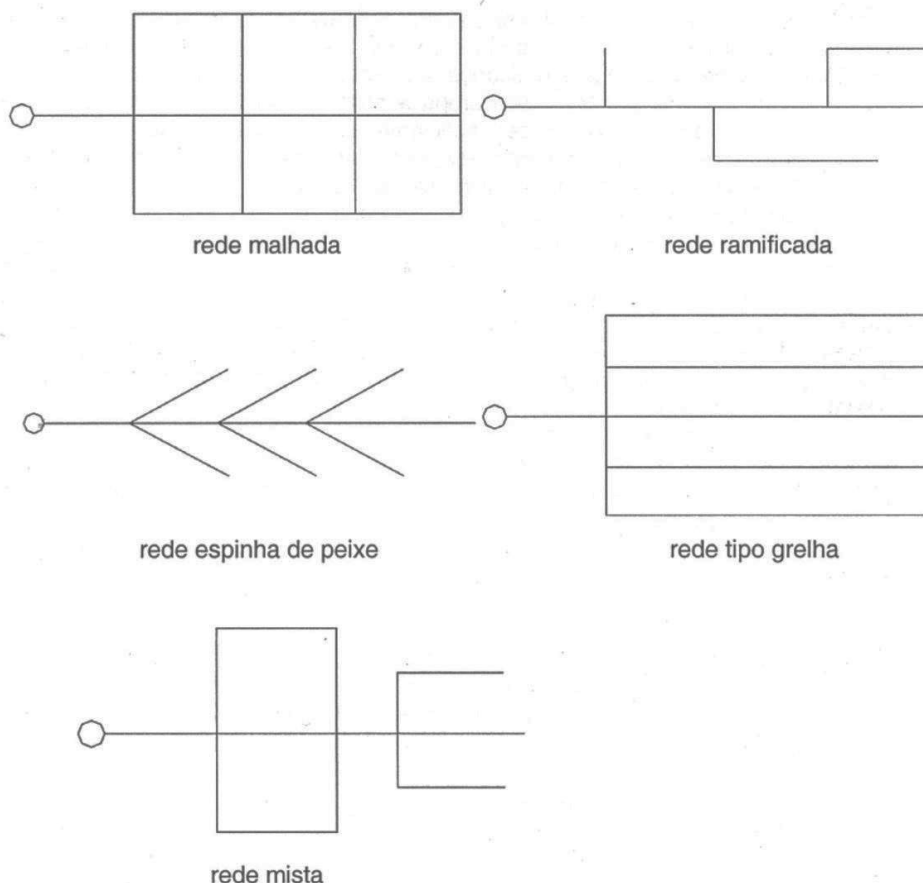
Segundo Noronha (2012), entende-se por rede de distribuição o conjunto de peças especiais destinadas a conduzir a água até os pontos de tomada das instalações prediais, ou os pontos de consumo público, sempre de forma contínua e segura. Normalmente são constituídas por dois tipos de canalização, principais e secundárias.

De acordo com Vilas-Boas (2008), numa rede de distribuição de água é possível distinguir dois tipos de condutas: as principais (instaladas de preferência na proximidade de edifícios com maiores exigências em termos de consumo, nomeadamente a necessidade de proteção contra incêndio) e as secundárias. Após a definição do traçado das condutas principais, condicionado por aspectos econômicos e técnicos (natureza do solo a escavar e dos pavimentos a levantar e repor), é possível definir as ramificações que irão construir a rede secundária.

Os dois principais tipos de redes são: redes ramificadas (apesar do menor investimento inicial que é necessário fazer, este tipo de traçado pode originar zonas estagnadas e problemas em situações de avaria numa conduta, ficando o abastecimento para jusante da mesma interrompido) e as redes emalhadadas (que suprem as dificuldades das redes ramificadas, sendo o valor do primeiro investimento realizado devidamente compensado pelo bom funcionamento da rede)

(VILAS-BOAS, 2008). A Figura 2 apresenta a classificação das redes quanto a sua tipologia.

Figura 2 – Classificação das redes quanto a sua tipologia



Fonte: Disponível em <<https://7semestrecivil.files.wordpress.com/2016/08/aula-17-redes-de-distribuc3a7c3a3o.pdf>>

Vilas-Boas (2008) ainda acrescenta que, de forma geral, a concepção de uma rede de distribuição consiste numa rede principal emalhada, a que se associa uma rede secundária primordialmente ramificada. De referir ainda a existência de dois tipos de redes, condicionadas por outro tipo de fatores, a saber: redes com andares de distribuição (necessidade de limitar os valores das pressões máximas de serviço, através da divisão da rede, mediante curvas de nível, em andares de distribuição) e redes com alimentações distintas (definição de diferentes origens para a tomada de água consoante a utilização pretendida – uma de água potável para abastecimento doméstico e outra de água não potável para outros fins como rega, indústria ou limpeza de ruas).

2.5 Centro de controle operacional

De acordo com Vicente (2005), nos últimos anos, as companhias de saneamento têm investido amplamente na automação de seus sistemas de abastecimento de água, com obtenção de dados por telemetria e comandos à distância. Em países desenvolvidos, constata-se o desenvolvimento de operações automáticas, com o uso de modelos simuladores e otimizadores. A fronteira atual consiste no desenvolvimento de sistemas baseados em experiências vividas no controle e integrados ao sistema de suporte à decisão.

Para Gomes (2010), o gerenciamento eficiente das infraestruturas urbanas de abastecimento de água configura-se como um incessante desafio para os prestadores de serviços de saneamento. O crescimento significativo da economia associado ao aumento populacional exercem forte impacto nas fontes de água com potencial de potabilidade, sobretudo para atender núcleos urbanos que concentram grande parte da população.

No Brasil, conforme acentua o autor supracitado, muitas das infraestruturas de abastecimento de água encontram-se degradadas e com graves problemas de conservação. Entre os problemas mais comuns com que as entidades gestoras se deparam, encontram-se as elevadas taxas de rompimentos de tubulações, os elevados volumes de perdas e os problemas de qualidade da água. Essa demografia dinâmica associada a infraestrutura deteriorada reflete diretamente na qualidade dos serviços prestados, na contabilidade das entidades gestoras, nos ativos de infraestrutura e nas tarifas praticadas.

Segundo Gebrim (2013), há uma série de formas de executar a operação de sistemas de abastecimento de água e sua escolha depende de diversos fatores. Questões como a complexidade do sistema, a infraestrutura de transmissão de dados, a confiabilidade dos equipamentos, as consequências em caso de falhas, a disponibilidade de banco de dados e modelos, entre outras, podem definir a forma de controle operacional que será adotada em cada caso.

Na concepção de Vieira e Trautwen Júnior (2006), um Centro de Controle Operacional (CCO) de Distribuição de Água é responsável pela operação da rede do sistema de tratamento e distribuição de água de uma determinada região. Os serviços prestados por um CCO devem atender prazos e qualidade adequados, por isso sua operação tem evoluído rapidamente nos últimos anos com a inserção de

ferramentas de monitoramento e controle automatizados. Vale salientar que algumas alterações devem ser cuidadosamente avaliadas antes de sua implantação de fato.

Assim, conforme explica Trojan (2006), num Centro de Controle Operacional Nele reside o software de supervisão e onde estão registrados todos os dados resultantes da aquisição por CLP (Controlador Lógico Programável) e por equipamentos medidores de pressão e vazão para as redes de abastecimento e nível de reservatórios no sistema de reservação.

Neste contexto, Gebrim (2013) explica que quando o sistema não é operado da forma automática centralizada, as regras de operação são traçadas de acordo com a experiência dos operadores. Os acionamentos de bombas e válvulas e o controle dos níveis dos reservatórios obedecem a regras empíricas que levam em conta as variações locais e temporais de consumo. Essas regras buscam atender a demanda de água e reduzir os custos de operação, especialmente os de energia elétrica. Em alguns casos pode-se contar com uma equipe de planejamento ou uma supervisão que atua junto aos operadores, avaliando o desempenho do sistema e propondo alterações nas regras para melhorar o atendimento dos objetivos.

Primordial esclarecer também que na medida em que os sistemas de abastecimento crescem em complexidade e custo, torna-se interessante que a operação baseada em comandos locais evolua para uma operação centralizada. Para que essa evolução ocorra é fundamental a instalação de um sistema de comunicação e supervisão que permita transmitir dados, acompanhar as condições operacionais do abastecimento e acionar remotamente os diversos componentes envolvidos (GEBRIM, 2013).

De modo geral, o Centro de Controle Operacional nada mais é do que um processo de automação, a qual tem revolucionado a maneira de se controlar o sistema de abastecimento de água, tornando possível concentrar inúmeras informações em um único local, contribuindo de maneira primordial para a redução de perdas físicas e redução no custo operacional (ASSIS, 2012).

Explicando mais amiúde acerca da automação, Fialho (2014) afirma:

Automação pode ser definida como a “dinâmica organizada” dos automatismos, que em sentido amplo representa a mais evidente expressão de progresso quando orientada para uma economia ou potencialização cada vez maiores da intervenção humana nas diversas manifestações, não

só industriais como também gerais da vida social. [...] (FIALHO, 2014, p. 15).

Pupo (2002) também admite que quando se trata de automação busca-se fundamentalmente a eliminação da intervenção humana em um processo de produção, quer seja na operação de máquinas na linha de produção ou no controle de processos que envolvam variáveis mensuráveis e a partir das quais uma eventual atuação seja necessária para obtenção do produto ou resultado final.

Silevira e Lima (2003) garantem que uma boa definição para automação é um conjunto de técnicas destinadas a tornar automáticas a realização de tarefas, substituindo o gasto de bio-energia humana, com esforço muscular e mental, por elementos eletromecânicos computáveis. Observa-se, deste modo que este amplo conceito se estende a diversos cenários. Os benefícios para qualquer processo automação são nítidos: eficiência, segurança, menor custo, maior produção, etc.

Neste segmento, Borges et al. (2000) lembram ainda que, os computadores são o alicerce de toda a tecnologia da automação contemporânea. É possível encontrar exemplos de sua aplicação praticamente em todas as áreas do conhecimento e da atividade humana.

Segundo Martins (2007), o controle de automação pode ser classificado em dois grandes grupos: controle dinâmico e controle lógico.

O controle dinâmico procura estabelecer o comportamento estático e dinâmico dos sistemas físicos, tornando-os mais obedientes aos operadores e mais imunes as perturbações dentro de certos limites.

Utiliza medidas das saídas do sistema a fim de melhorar o seu desempenho operacional, através de realimentação.

Possui um incalculável poder tecnológico, permitindo o aperfeiçoamento de processos, aumento de velocidade e precisão. [...] (MARTINS, 2007, p. 10).

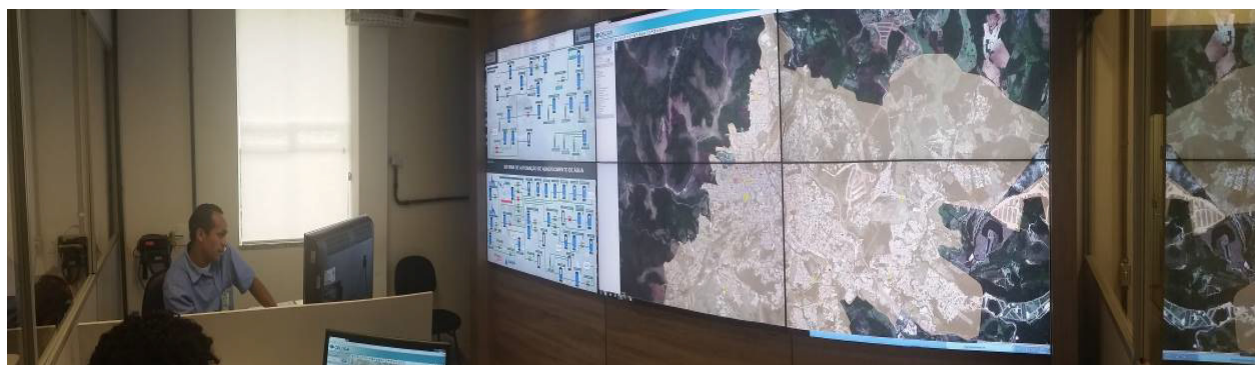
Neste sentido, Melillo e Eremberg (2015) lembram que o CCO geralmente utiliza um software de geoprocessamento com interface web, neste caso, de fácil utilização e custos compatíveis, desenvolvido em conformidade com as necessidades da empresa. Além do grande poder de integração com outras ferramentas de informática já utilizadas. Estas comodidades, com certeza, possibilitam que serviços de saneamento básico de pequeno porte possam gerenciar com eficiência, eficácia e efetividade as políticas públicas sobre a sua responsabilidade.

Evidenciando a importância do CCO, Vieira e Trautwen Júnior (2006) apresentam algumas importantes mudanças que ocorrem com a implantação de um Centro de Controle Operacional:

- Funções de operação local de unidades de abastecimento, geralmente são eliminadas e substituídas por operação remota via Sistema de Controle Supervisório e de Aquisição de Dados (SCADA);
- Processos de controle feitos localmente são substituídos por acionamentos remotos a partir do CCO;
- Processos de manutenção que normalmente são acompanhados por operadores locais passam a ser feitos pelo CCO que agora tem que se deslocar até a unidade com problemas;
- Processo de registro de ocorrências que é geralmente feito de forma manual passa a ser feito com uso de microcomputadores;
- Processos de cadastro de variáveis também são passados automaticamente para o sistema de informação, possibilitando sua análise pelo CCO.

Melillo e Eremberg (2015) realizaram um estudo sobre a implantação de um Centro de Controle Operacional – CCO em um Serviço Autônomo de Saneamento Básico – SAAE no Município de Itabirito/MG em 2014, evidenciando sua eficácia. Neste espaço estão instalados seis monitores integrados de 50 polegadas, onde a tela exibe todas as possibilidades de operação em linha do sistema. A Figura 3 apresenta o painel de gerenciamento do CCO.

Figura 3 – Painel de gerenciamento do CCO



Fonte: Melillo e Eremberg (2015).

Deste modo, as informações coletadas nos sistemas de distribuição bem como as informações lógicas como a partida da bomba, podem ser utilizadas para aumentar o conhecimento do funcionamento do sistema e dessa forma melhor gerenciar a operação dos mesmos. Uma das tecnologias para coleta e tratamento dessas informações é implantar sistemas tipo SCADA (Supervisory Control And Data Aquisition), como mencionado anteriormente, nos centros de controle operacional com escopo de monitorar remotamente variáveis relevantes nas estações operacionais do sistema de distribuição de água (nível, estado operação de bomba, pressão, vazão) (GOMES, 2010). A Figura 4 mostra o Centro de Controle Operacional com o sistema SCADA.

Figura 4 – Centro de Controle Operacional com Sistema SCADA



Fonte: Gomes (2010).

Coulbeck e Orr (1993 *apud* GEBRIM, 2013) mencionam acerca da aplicação do controle computacional na operação e gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água, apontando aspectos de gestão de custos, de qualidade de água e de perdas no sistema. Com efeito, ferramentas como simulação hidráulica, modelos de previsão de demanda e modelos de otimização podem ser utilizados “off-line”, com o enfoque de gerenciamento de médio e longo prazo. No entanto, a aplicação do controle automático necessita da utilização de sistemas de transmissão, monitoramento e análise de dados em tempo real, além da definição de regras operacionais otimizadas e execução de comandos remotos.

Vale salientar que mesmo quando um sistema atinge o estágio de operação centralizada com acionamentos automáticos, a presença do operador ainda é necessária. Na visão de Carrijo (2004 *apud* GEBRIM, 2013), ainda que o objetivo seja a adoção de um controle totalmente automático, é fundamental a presença do operador, cuja função será a de censor das regras operacionais definidas pelo computador e de responsável pela operação do sistema em situações anômalas. Da mesma forma, a transição para uma operação centralizada com acionamentos automáticos deverá ser acompanhada por operadores com experiência, para que, caso necessário, as regras de operação propostas pelos modelos de otimização sejam avaliadas e criticadas.

Por fim, Vieira e Trautwen Júnior (2006) descreve os principais eventos que devem ser atendidos por um Centro de Controle Operacional de uma empresa de saneamento, que são:

Ocorrência de alarmes SCADA. Envolve a operação do sistema de controle supervisorio e de aquisição de dados. A equipe do CCO deve acompanhar o comportamento do sistema; reconhecer e analisar situações fora de padrões pré-estabelecidos; ir até o local quando os problemas exigirem intervenção local; e cadastrar as situações que exijam intervenção física no sistema (VIEIRA. TRAUTWEN JÚNIOR, 2006).

Ocorrência de reclamação de falta de água. Acompanhamento da ocorrência de reclamações de falta de água não previstas ou não justificáveis; verificar o motivo das reclamações; acionar equipe de manutenção; cadastrar ocorrências e acompanhar sua solução (VIEIRA. TRAUTWEN JÚNIOR, 2006).

Operação no sistema SCADA. O time do CCO deve verificar periodicamente a situação do sistema distribuição, além de executar outras atividades menores como comunicação com o campo via rádio (VIEIRA. TRAUTWEN JÚNIOR, 2006).

Atividade programada de ida a campo. O CCO deve acompanhar manutenções na rede de distribuição e nos dispositivos eletromecânicos programadas (ou de emergências) que afetam o abastecimento. Deve acompanhar intervenções de manutenção no sistema hidráulico e eletromecânico quando estas ocasionam paradas causadas por rompimentos de adutoras, queima de bombas e transformadores, limpeza de reservatórios, substituição componentes de grande diâmetro como válvulas e medidores, etc. (VIEIRA. TRAUTWEN JÚNIOR, 2006).

Outro ponto importante relatar é que as medições mais usuais em sistemas urbanos de abastecimentos de água são realizadas através de macromedidores e as principais incertezas são relacionadas às medições de vazão, sendo primordial direcionar as preocupações para tais medidas, de forma a elevar a confiabilidade dos modelos utilizados como base para tomada de decisões (NISIC et al., 2004 *apud* GOMES, 2010).

Gomes (2010) acrescenta ainda que em tais sistemas urbanos, a macromedição é uma das poucas ferramentas de monitoramento e controle de distribuição, e muitas vezes, não há rotinas de manutenção em tais equipamentos, que podem sofrer danos e obstruções, causando leituras irreais de volumes e vazão. Medições periódicas simples e pontuais devem ser realizadas para identificar problemas de leituras de equipamentos, que são cada vez mais adaptados à armazenamento e transferência de dados, dispensando a presença de operadores, e da identificação de erros de medições. A Figura 5 mostra um macromedidor.

Figura 5 - Macromedidor



Fonte: Gomes (2010).

A bem da verdade, como afirma Tsutiya (2006), a gestão operacional com vistas ao controle e redução de perdas em sistemas de abastecimento de água, assim como toda gestão de uma companhia de saneamento, tem aos poucos usufruído de aportes tecnológicos em suas ferramentas. De esquemas operacionais totalmente baseados no conhecimento pessoal dos técnicos e operadores à gestão, fundamentada em planejamento, modelagem hidráulica, monitoramento e comandos à distância e demais itens que otimizam e agilizam a operação.

3 METODOLOGIA

3.1 Características da área de estudo

A área de estudo analisada foi o sistema de automação operacional, sendo composto de um centro de controle operacional (CCO), implantado na cidade de Nossa Senhora da Glória, a partir do qual são telecomandadas e monitoradas as principais unidades componentes dos sistemas integrados, através de 34 estações terminais remotas (UTR's) e 10 estações repetidoras. A área de influência dos sistemas integrados das adutoras do alto sertão, sertaneja e semiárido corresponde a cerca de 40 % da área do estado de Sergipe. A Figura 6 mostra precisamente o local da pesquisa.

Figura 6 – Área da pesquisa



Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

3.2 Tipo de pesquisa

A pesquisa escolhida para desenvolver este trabalho se deu através de um estudo de caso, que para Boaventura (2004 *apud* PRODANOV; FREITAS, 2013) é definido como um método de pesquisa classificada como aplicada, na qual se busca a aplicação prática de conhecimentos para solução de problemas sociais.

Além disso, este trabalho se baseou na pesquisa descritiva exploratória, pois como afirma Gil (2008), essas pesquisas têm como objetivo essencial a descrição das características de determinada questão, além de ter uma preocupação central de identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos.

Para a obtenção dos dados desejados, o estudo de caso contou ainda com a pesquisa documental, a qual Marconi e Lakatos (1999) afirmam que a característica principal deste tipo de pesquisa é que a fonte de coleta de dados está restrita a documentos, escritos ou não, constituindo o que se denomina de fontes primárias. Estas podem ser recolhidas no momento em que o fato ou fenômeno acontece, ou depois.

Gil (2008) acrescenta ainda que a pesquisa documental segue os mesmos passos da pesquisa bibliográfica. Apenas há que se considerar que o primeiro passo consiste na exploração das fontes documentais, que são em grande número. Existem, de um lado, os documentos de primeira mão, que não receberam qualquer tratamento analítico, tais como: documentos oficiais, reportagens de jornal, cartas, contratos, diários, filmes, fotografias, gravações etc. De outro lado, existem os documentos de segunda mão, que de alguma forma já foram analisados, tais como: relatórios de pesquisa, relatórios de empresas, tabelas estatísticas etc.

Necessário destacar também que este trabalho ainda fez uso da pesquisa bibliográfica, a qual na concepção de Cervo e Bervian (2002) consideram a como um meio de formação por excelência, constituindo o procedimento básico para estudos científicos, pelos quais se busca o domínio do estado da arte sobre determinado tema. Como trabalho científico original, constitui a pesquisa propriamente dita na área das ciências humanas.

3.3 Instrumento de coleta de dados

Numa pesquisa documental, os documentos são classificados em dois tipos principais: fontes de primeira mão e fontes de segunda mão. Gil (2008) define os documentos de primeira mão como os que não receberam qualquer tratamento analítico, como: documentos oficiais, reportagens de jornal, cartas, contratos, diários, filmes, fotografias, gravações etc. Os documentos de segunda mão são os

que, de alguma forma, já foram analisados, tais como: relatórios de pesquisa, relatórios de empresas, tabelas estatísticas, entre outros.

Prodanov e Freitas (2013) entendem por documento qualquer registro que possa ser usado como fonte de informação, por meio de investigação, que engloba: observação; leitura; reflexão; e, crítica.

No caso do presente trabalho seguiu-se a recomendação de Gil (2008), optando por documentos de segunda mão, ou seja, obtendo um relatório que foi realizado com base na proposta técnica antecedente a execução da obra e o relatório final da mesma. Os relatórios foram realizados pela Supervisão das Obras, o consórcio Enpro-Consenso. Todos os relatórios por parte da Supervisão das obras foram elaborados pelo engenheiro Adalberto Balogh Filho, diretor da Consenso Projetos e Serviços Ltda.

Além disso, foi obtido ainda fotos, relatório e outras informações sobre o CCO pelo funcionário da Companhia de Saneamento Básico de Sergipe – Deso, o Sr. Luciano Costa Macêdo que trabalha no setor da SURS – Superintendência de Sistemas Regionais.

3.4 Procedimento de coleta

Segundo Gil (2008), para fins de pesquisa científica são considerados documentos não apenas os escritos utilizados para esclarecer determinada coisa, mas qualquer objeto que possa contribuir para a investigação de determinado fato ou fenômeno. Deste modo, a pesquisa documental tradicionalmente vale-se dos registros cursivos, que são persistentes e continuados.

Neste caso, o procedimento de coleta se deu a partir do levantamento dos dados obtidos por meio dos relatórios que foram realizados pela Supervisão das Obras, o consórcio Enpro-Consenso.

Vale salientar que, a composição do relatório é altamente extensa, por essa razão, atribuiu-se valor somente ao necessário, ou seja, o projeto de implantação do Centro de Controle Operacional e seu atual funcionamento.

3.5 Análise dos dados

De acordo com Gil (2008) a análise de dados de uma pesquisa documental poderá ser quantitativa ou qualitativa. No caso do presente estudo, optou-se pela qualitativa, já que o processo de análise se deu por interpretação e compilação dos dados obtidos, focando-se essencialmente nas principais unidades e categorias que os relatórios evidenciaram.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir serão apresentadas as compilações realizadas a partir do relatório do sistema integrado do centro de controle operacional em Nossa Senhora da Glória, evidenciando os aspectos de implantação e funcionamento do sistema.

4.1 Sistema integrado adutora do semiárido

4.1.1 Data da implantação

Contrato SEPLAN 10/2006 foi firmado 16/11/2006 pela Secretaria de Estado do Planejamento – SEPLAN e o Consórcio Enpro Engenharia de Projetos e Obras Ltda e Consenso – Projetos e Serviços Ltda, tendo sido emitida a Ordem de Serviço para início dos trabalhos em 27/12/2006, com data de conclusão em 31/08/2011. A empresa responsável pela execução da obra foi o Consórcio CELI-ROCHA.

O sistema do semiárido foi colocado em funcionamento em agosto de 2010, mesmo sem estar concluída devido a grande demanda que a região sofria.

4.1.2 O sistema integrado

O plano de obras implantado pelo PROÁGUA é composto de 63 obras, sendo 54 obras compondo o Módulo I – Recuperação e automação dos sistemas integrados do alto sertão e sertaneja e outras 09 obras constituindo o Módulo II - ampliação dos sistemas integrados das adutoras do alto sertão e sertaneja.

As obras agrupadas no denominado Módulo 1, compreendem as atividades de reforma das obras civis de estações elevatórias e reservatórios, substituição de quadros de comando de conjuntos moto bombas, recuperação das instalações hidráulico-mecânicas e elétricas de potencia e iluminação e instalação do sistema de automação operacional, que incluiu a construção do centro de controle operacional (CCO). As obras do Módulo 1 beneficiaram os sistemas integrados das adutoras do alto sertão e sertaneja.

As obras do Módulo 2 compreenderam a construção do Sistema da Adutora Semiárido e abrangeram a implantação de linhas adutoras de água bruta e tratada, estações elevatórias, reservatórios apoiados, estação de tratamento de água e casa de química. A seguir nos Quadros 1 e 2 serão evidenciadas minuciosamente as composições dos Módulos 1 e 2.

Quadro 1 - Características principais iniciais dos Sistemas

Módulo I	
Adutora do Alto Sertão	<ul style="list-style-type: none"> • Manancial: Rio São Francisco; • Captação: Flutuante, localizada nas proximidades do povoado Ilha do Ouro, município de Porto da Folha, vazão de 280 l/s; • Tratamento: Estação tipo compacta, processo de tratamento por filtração direta ascendente, capacidade tratamento 270 l/s; • Reservação principal: 3 reservatórios (2 x 1.250 m³ e 1 x 300 m³), totalizando 2.800 m³; • Reservação secundária: 36 reservatórios, de 50 m³ a 900 m³, totalizando 4.685 m³; • Adução principal e secundária: 321,639 km de adutoras, diâmetros de 50 mm a 500 mm; • 4 estações elevatórias.
Adutora Sertaneja	<ul style="list-style-type: none"> • Manancial: Rio São Francisco; • Captação: tipo tubulão, localizada em Amparo do São Francisco, vazão de 280 l/s; • Tratamento: Estação tipo compacta, processo de tratamento por filtração direta ascendente, capacidade de tratamento de 270 l/s; • Reservação principal: 26 reservatórios, de 50 a 1.250, totalizando 17.080 m³; • Reservação secundária: 12 reservatórios, de 50 m³ a 350 m³, totalizando 1.255 m³; • Adução principal e secundária: 238,51 km de adutoras, diâmetros de 75 mm a 400 mm; • 11 estações elevatórias.

Fonte: Adaptado pelos autores da pesquisa (2018).

Importante esclarecer que o sistema Integrado de abastecimento de água da adutora do alto sertão é constituído por uma captação flutuante, um sistema de desarenação, uma estação de tratamento de água, quatro estações elevatórias principais, uma estação elevatória secundária, três reservatórios principais, 36 reservatórios secundários e aproximadamente 322 km de linhas adutoras.

Esse sistema é responsável pelo abastecimento integral de 3 sedes municipais (Porto da Folha, Poço Redondo e Monte Alegre de Sergipe) e 102 povoados; além de atender, juntamente com o sistema integrado da adutora sertaneja, mais de 6 sedes municipais (Nossa Senhora da Glória, São Miguel do Aleixo, Nossa Senhora Aparecida, Frei Paulo, Pedra Mole e Pinhão) e outros 46 povoados.

O sistema integrado da adutora sertaneja é um sistema complexo de adução de água, composto de diversos sistemas de recalque sequenciais que abastecem as localidades situadas em sua área de influencia.

Quadro 2 - Características principais iniciais dos Sistemas

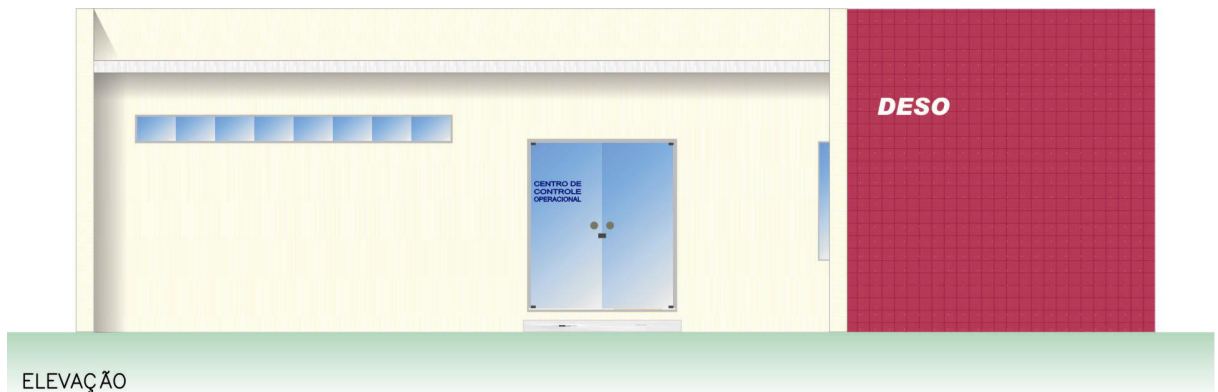
Módulo II	
Adutora do semiárido	<ul style="list-style-type: none"> • Captação flutuante no rio São Francisco, dotada de 02 conjuntos elevatórios de 100 CV; • Estação Elevatória de água bruta dotada de dois conjuntos elevatórios de 700 CV; • Adutora de água bruta com Ø 600 mm e extensão de 5.600 m; • Estação de tratamento de água com dois módulos de 280 l/s, composta de sistema de floculação, flotação e filtração descendente; • Reservatório de 1.500 m³ na área da ETA; • Estação elevatória de água Tratada EE1A dotada de dois conjuntos elevatórios de 1250 CV; • Estação elevatória de água tratada EE2A dotada de dois conjuntos elevatórios de 1000 CV; • Caixa de passagem de 500 m³; • Adutora de água tratada com 50.870 m de extensão em tubulação de 600 mm; • Reservatório de distribuição de 1.000 m³ na área 1200.

Fonte: Adaptado pelos autores da pesquisa (2018).

O sistema do semiárido foi concebido com o objetivo de complementar a vazão necessária para o atendimento da demanda na área de influencia dos sistemas integrados das adutoras do alto Sertão e sertaneja. Constitui-se num importante sistema de produção e adução de água tratada, captando água do rio São Francisco, tratando-a em instalações a serem implantadas em Porto da Folha e aduzindo diretamente para a área 1.200 da Deso, situada em Nossa Senhora da Glória.

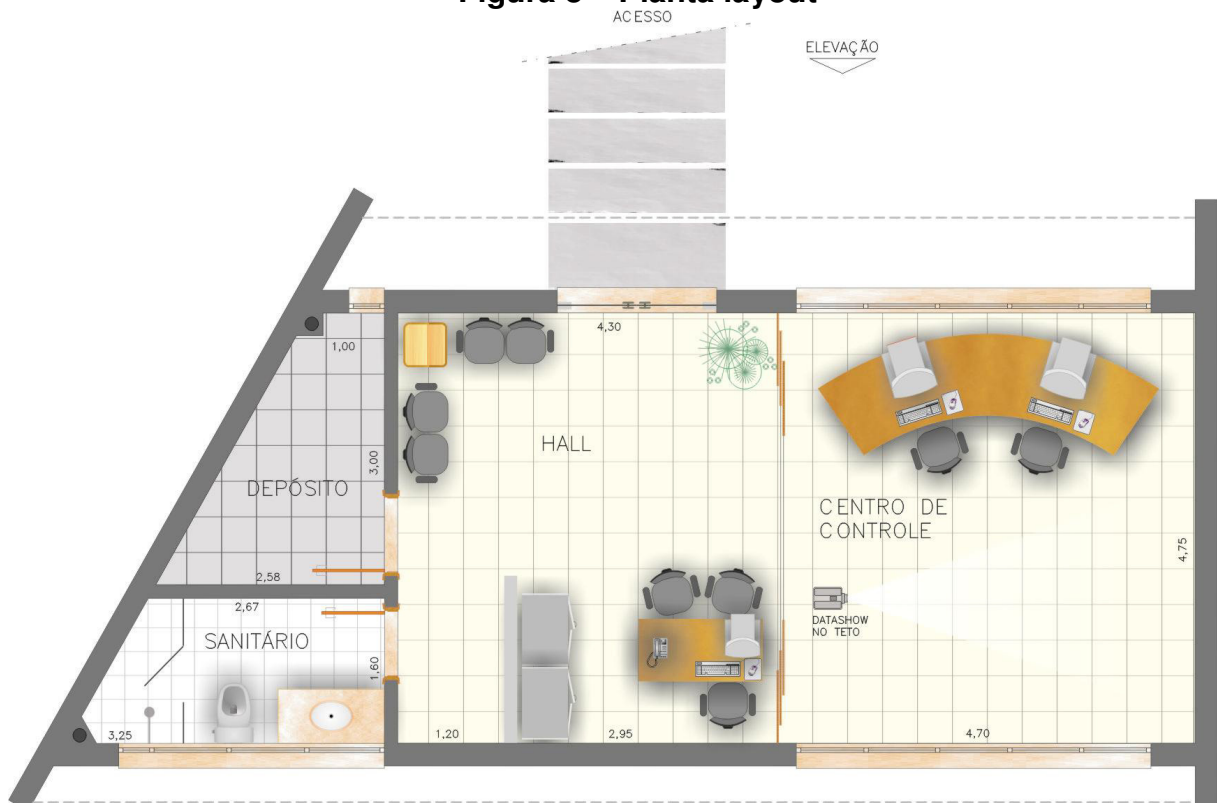
Uma das obras mais importantes desse sistema é o plano de automação operacional dos sistemas integrados que abrange a implantação de um centro de controle operacional em Nossa Senhora da Glória, através do qual será operado e monitorado todo o sistema integrado através do CCO. As Figuras 7 e 8 apresentam a construção centro de controle operacional.

Figura 7 – Construção do CCO



Fonte: Deso (2018).

Figura 8 – Planta layout



Fonte: Deso (2018).

4.2 Funcionamento do CCO

4.2.1 Requisitos funcionais para o CCO

O centro de controle de operações é a instância mais elevada na hierarquia do sistema de automação implantado. Constituído de duas interfaces homem máquina em configuração mestre–escravo, uma estação de engenharia, um concentrador da base de dados e Front End Processor (FEP), e um gerenciador de comunicações, o CCO é o centro de convergência de todas as informações do sistema, e o centro de gestão das telecomunicações.

Cada IHM do CCO foi implementada em plataforma PC compatível, com um aplicativo SCADA configurado em software supervisorio de última geração, rodando em ambiente Windows 2000®. A estação de engenharia possui características similares às das IHMs e possui configuração semelhante, contando com privilégios adicionais no tocante à gestão e configuração do sistema.

As IHMs estão interligadas em rede ethernet de 100 Mbps e configuradas de modo que em caso de falha da estação mestre, a escrava assuma integralmente suas funções, sem prejuízos para a operação do sistema. Este chaveamento é feito em até 1 segundo contado a partir da queda da estação mestre.

O FEP é o elemento responsável pelo tratamento das informações recebidas do campo e sua disponibilização para o software supervisorio. Libera o computador principal das tarefas de baixo nível, relativas à recepção e transmissão de dados pelos diferentes meios de comunicação que o sistema possa empregar. A comunicação entre o FEP e o sistema supervisorio é feita através de uma rede ethernet.

Complementam a configuração do CCO um par de impressoras para emissão de relatórios, um gerenciador de comunicações, um canhão de projeção, e um sistema de suprimento ininterrupto de força, com autonomia de 8 horas, para manter o funcionamento integral do CCO em caso de falta de energia da concessionária.

O software aplicativo SCADA instalado apresenta de forma gráfica e esquemática, com alta resolução e definição, todos os elementos constituintes do sistema, em uma estrutura hierárquica que permite ao operador, fazendo uso das informações contidas na base de dados, do ferramental disponibilizado pela

interface gráfica (telas de tendência, resultados de balanço, etc.) e do módulo de relatórios, navegar pelas telas correspondentes a cada uma das unidades, monitorando seu comportamento e tomando decisões estratégicas envolvendo balanços de massa e energia, demanda dos consumidores, capacidades de reservação, produção, transporte e distribuição, disponibilidades, e eficiência energética e de produção.

Dada a amplitude do sistema, não é razoável esperar que o operador seja capaz de rastrear, a partir de sua própria intuição, tudo o que está ocorrendo no mesmo o tempo todo. Para auxiliá-lo nesta tarefa, um eficiente sistema de realização de cálculos, gestão de eventos e de alarmes foi implementado, permitindo filtragem seletiva dos eventos que são trazidos à sua atenção, de modo que este pode, além de acompanhar a rotina do sistema, se inteirar de situações críticas, importantes e/ou de risco, e tomar as decisões cabíveis.

Para permitir que, a partir das informações recebidas, o operador seja capaz de interferir positivamente na rotina operacional do sistema, além dos mecanismos de condicionamento local são disponibilizados elementos que lhe possibilitam a emissão de comandos para as remotas, a parametrização de variáveis do sistema, o monitoramento do subsistema de comunicações, etc.

Do ponto de vista das comunicações, para que sejam atendidos os requisitos de tempo mínimo de atualização necessário, o sistema foi concebido para que as atualizações de estado e eventos oriundas das diversas unidades remotas ocorram por exceção, com a iniciativa do envio partindo da remota correspondente.

Entretanto, para garantir que a integridade das remotas e o status de cada link de comunicações possam ser conhecidos pelo CCO, periodicamente o centro de operações faz um chamado por varredura para todas as remotas, para se certificar de que as mesmas encontram-se efetivamente em condições operacionais adequadas, e para atualização da base de dados com os últimos eventos ainda não coletados, registrados no buffer de dados da remota. Remotas que tenham feito contato com o centro para informar condições de exceção após a última varredura são excluídas da varredura corrente. Qualquer remota que deixe de atender ao chamado do centro, após um número determinado de tentativas sem sucesso, é marcada como inoperante.

A concepção do sistema contemplou as perspectivas futuras, tanto no que tange ao crescimento vegetativo do sistema, quanto no que se refere à

implementação de estratégias mais sofisticadas de gestão, a exemplo do uso de aplicativos especialistas e conectividade com níveis hierárquicos superiores.

O software supervisorio contempla ainda algumas funcionalidades como:

- Permite operação e visualização através de uma interface “Browser”.
- É compatível com o protocolo OPC DA 2.05.
- Permite a criação de objetos gráficos sem a necessidade de um editor externo.
- Permite a interligação com outras bases de dados através da linguagem SQL.
- Permite o desenvolvimento de drivers de comunicação, contendo o manual e exemplos para desenvolvimento dos mesmos.
- Permite a configuração remota do aplicativo supervisorio, através de uma estação de engenharia ligada a rede de supervisão.
- Permite a visualização de gráficos de tendência em tempo real.
- Permite o reconhecimento dos alarmes através de qualquer estação de rede.

As figuras 9 e 10 apresentam o local do centro de controle operacional, tanto vista por fora, como por dentro.

Figura 9 – Centro de Controle Operacional: vista exterior



Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

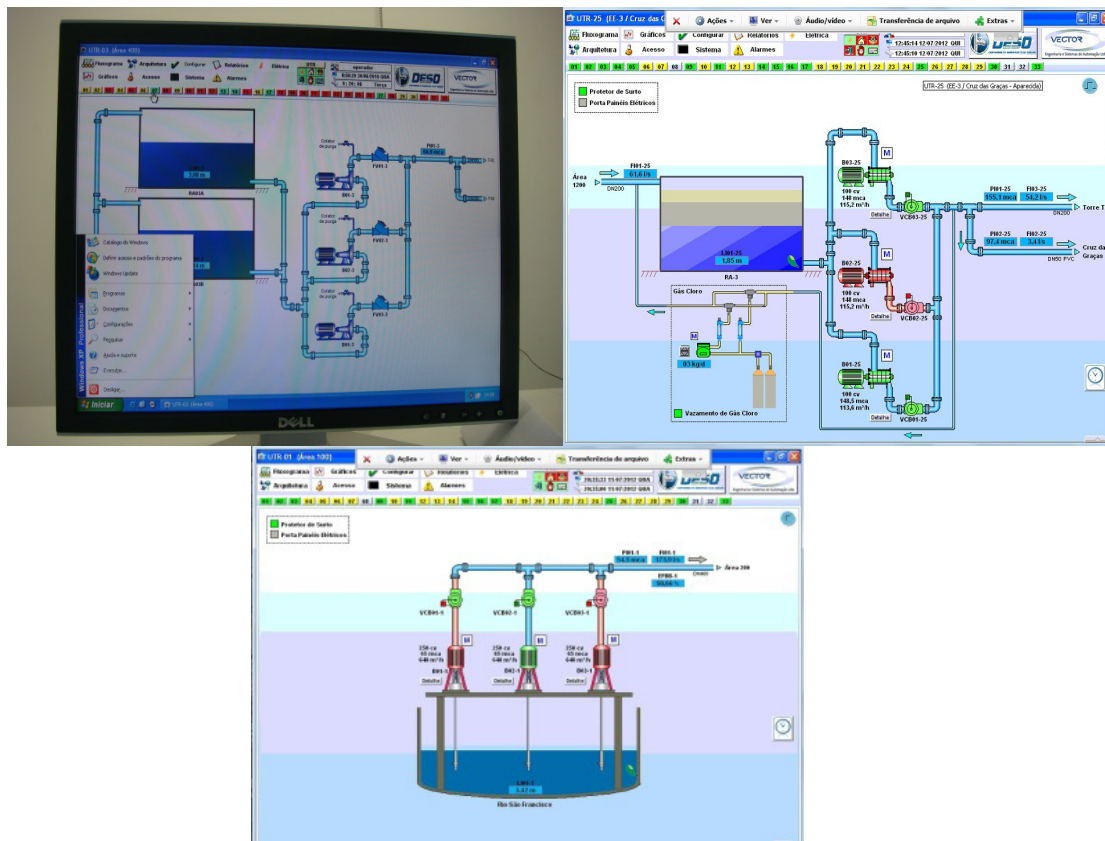
Figura 10 – Centro de Controle Operacional: vista interior



Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

Já as figuras 11 e 12 mostram as telas típicas do sistema, bem como Supervisório do CCO e status das Áreas

Figura 11 – Tela típica do sistema do CCO



Fonte: Pesquisa dos autores (2018)

Figura 12 - Supervisório do CCO e status das Áreas



Fonte: Pesquisa dos autores (2018)

As UTR's instaladas nas principais estações elevatórias, reservatórios e estação de tratamento de água, são equipamentos informatizados cuja função é receber os sinais da instrumentação instalada nos conjuntos motobombas, quadros de comando, reservatórios e subestações elétricas e enviá-los, via rádio, para processamento no centro de controle operacional. A Figura 13 apresenta o armário aberto de uma UTR típica.

Figura 13 – UTR típica



Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

4.2.2 Requisitos funcionais das Estações Terminais Remotas (UTR's)

O sistema de supervisão implantado, comumente denominado Sistema SCADA, compreende um centro de controle operacional (CCO) composto por microcomputadores e softwares supervisórios necessários, gerenciando todos os elementos do sistema tais como reservatórios, elevatórias etc., utilizando-se de um meio de comunicação à distância.

O sistema de automação tem como objetivo fundamental possibilitar a supervisão remota do funcionamento das unidades operacionais a ele integradas. O centro de controle operacional - CCO, localizado na unidade de reservação de N. Sra. da Glória, é dotado de uma Interface Homem - Máquina (IHM) amigável, responsável pela supervisão de todo o processo.

Cada unidade remota opera de forma autônoma, segundo a programação configurada no aplicativo residente na UTR local, enviando os dados operacionais relevantes para a supervisão no centro de operações, e recebendo ordens oriundas daquele centro. Tais ordens podem estar relacionadas com alterações de parâmetros operacionais, ou ser comandos específicos que representem interferência manual do operador modificando o comportamento estabelecido para a operação autônoma da unidade.

A integração entre UTRs e estações elevatórias foi concebida e projetada de forma tal que, fazendo uso de uma única chave comutadora Local X Remoto abrangendo todas as bombas principais da unidade, possa ser selecionada operação estritamente local, seguindo exatamente o mesmo *modus operandi* estabelecido no projeto original da estação, ou operação remota, que na verdade também será comandada em caráter local pela UTR ali estabelecida, com a diferença de permitir intervenções remotas a partir do centro de operações, o que é possível no primeiro caso. Cada estação deste tipo pode funcionar segundo uma dentre as seguintes condições operacionais possíveis, conforme apresentado no Quadro 3:

Quadro 3 – Condições operacionais possíveis

Operação local	Situação na qual a chave Local X Remoto está selecionada para a opção “Local”. Nestas condições, apesar de ser possível a partir do centro de operações visualizar o status operacional da unidade, a estação retorna à sua condição original de projeto, comandada pelo painel elétrico local. Com o objetivo de dar ao operador do Centro maior capacidade de gestão, foram configurados alarmes de processo para acusar a ocorrência de níveis fora dos limites estabelecidos, a tentativa de partidas locais sucessivas de uma mesma bomba que coloquem em risco a integridade de seu motor elétrico, ou a tentativa de colocar em operação um número de bombas que exceda o contrato de demanda estabelecido com a Concessionária de energia elétrica, ou a capacidade do alimentador elétrico da estação, ou a capacidade da linha de recalque, se for o caso.
Operação Remota	Situação na qual a chave Local X Remoto está selecionada para a opção “Remoto”. Nestas condições, a estação passa a ser comandada pelo aplicativo contido na UTR local, com possibilidade de intervenção a partir do centro de operações. Os parâmetros operacionais e funcionais são monitorados e foram estabelecidas proteções de sistema que inibem o funcionamento em condições inadequadas de risco, a exemplo da operação de bombas abaixo da cota estabelecida para nível muito baixo, ou a partida sucessiva de bombas de maior porte em intervalos de tempo não compatíveis com suas especificações, ou ainda a operação de um número de equipamentos que exceda os limites do contrato de demanda estabelecido com a Concessionária, ou a capacidade do alimentador elétrico da estação, ou a capacidade da linha de recalque, se for o caso.

Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

Foram estabelecidos critérios de rodízio de equipamentos, e rotinas especiais para lidar com regime horo sazonal de suprimento de energia, sempre que aplicável. Outra facilidade introduzida no sistema é a inclusão no CCM (Centro de controle de motores), de uma chave de manutenção independente para cada uma das bombas principais da unidade, que permite a um preposto da manutenção isolar o equipamento do restante do sistema, e efetivar intervenções de manutenção sem o risco de que terceiros possam inadvertidamente acionar o equipamento, o que se configuraria em risco inaceitável à sua segurança.

Todas as UTRs foram instaladas em construções de alvenaria abrigadas e fechadas. As UTR´s instaladas e operando atualmente estão listadas na Tabela 2.

Tabela 2 – UTR's instaladas

UTR 01	Área 100 EE1 – Captação / Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 02	Área 200 – EE2 RA Estação Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 03	Área 400 – EE3 RA3 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 04	Área 700 – EE6/RA6 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 05	Área 500 EE4/RA4 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 06	Área 600 EE5/RA5 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 07	Torre T-3 – Adutora Sertaneja
UTR 08	Reservatório São Mateus – Adutora Sertaneja
UTR 09	Área 1500 RE15 - EE15/RA15 – Adutora Sertaneja
UTR 10	Área 800 EE7/RA8 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 11	Área 1100 EE11/RE11 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 12	Área 1900 RE19 – Reservatório – Adutora Sertaneja
UTR 13	Área 900 EE8/RA9 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 14	Área 1200 RA12 – Reservatório – Adutora Sertaneja
UTR 15	Área 1600 EE10/RA16 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 16	Área 1800 EE13/RE18/RA18 – Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 17	Área 2000 - Elevatória – Adutora Sertaneja
UTR 18	Captação / Elevatória – Adutora do Alto Sertão
UTR 19	EE0 – Elevatória – Adutora do Alto Sertão
UTR 20	Área 1 - RA1 / EE1 – ETA – Adutora do Alto Sertão
UTR 21	Área 2 EE2/RA2 – Elevatória – Adutora do Alto Sertão
UTR 22	Torre T-1 – Adutora do Alto Sertão
UTR 23	RE Poço Redondo – Reservatório – Adutora do Alto Sertão
UTR 24	RE Santa Rosa do Ermírio – Reservatório – Adutora do Alto Sertão
UTR 25	Área 3 EE3/RA3 – Elevatória – Adutora do Alto Sertão
UTR 26	RE Frei Paulo – Reservatório – Adutora do Alto Sertão
UTR 27	RE Pinhão – Reservatório – Adutora do Alto Sertão
UTR 28	EE0A E CAPTAÇÃO – Adutora Semiárido
UTR 29	EE1A – Adutora Semiárido
UTR 30	EE2A – Adutora Semiárido
UTR 31	EE1A – ETA – Adutora Semiárido
UTR 32	RE Nossa Senhora da Glória – Adutora Semiárido/Sertaneja/Alto Sertão
UTR 33	Aquidabã – Adutora Sertaneja
UTR 34	RE Alto do Cruzeiro/Aquidabã – Adutora Sertaneja

Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

4.3 Pós-implantação

Para o semiárido, o investimento de aproximadamente R\$ 93 milhões, executados pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), a partir de recurso do Governo do Estado e do JBIC – Japan Bank for International Cooperation, que permitiu que a DESO ampliasse em 50% a oferta de água para 20 cidades sertanejas operando a adutora no semiárido, desde 2010.

O sistema foi construído para integrar um complexo formado por outras duas adutoras, que garante a regularização do fornecimento de água aos núcleos urbanos do semiárido sergipano. São 60 quilômetros de extensão, com diâmetro de 600 mm, levando água desde a captação, no povoado Ilha do Ouro, em Porto da Folha, até a cidade de Nossa Senhora da Glória. Além da adutora, foi construída uma nova estação de tratamento, toda automatizada e com equipamentos de última geração.

Diversos benefícios que podem ser citados sobre a automação dos processos do abastecimento, que em linhas gerais são:

O monitoramento permanente e automático possibilita que as anomalias sejam imediatamente detectadas e alarmadas, obtendo maior confiabilidade no abastecimento. O que agiliza e melhora a precisão da ação de manutenção;

Um controle mais efetivo de parâmetros, tais como vazão da água bombeada, consumo de energia elétrica do motor, nível do reservatório, permitem que se detecte uma perda de eficiência gradual, e se programem ações de manutenção a fim de antecipar eventuais problemas que possam causar gastos maiores com manutenções corretivas;

A operação remota permite uma redução de custo de mão-de-obra tendo a maior economia na operação;

A maior eficiência na utilização dos motores permite uma economia de energia. Além disso, é possível programar que se desligue os motores nos horários de pico, resultando na redução da economia do custo total em energia;

É possível automatizar até mesmo a dosagem de produtos químicos para o tratamento de água. Com um maior controle, é possível reduzir o consumo de produtos químicos;

A Estabilização e segurança da qualidade da água no domínio mais preciso das dosagens de produtos químicos, monitoramento online de parâmetros de qualidade da água (turbidez, pH, cloro residual, etc.) e ações rápidas de bloqueio e paralisação das instalações. Isso são fatores que asseguram uma melhor qualidade da água produzida e em atendimento às legislações;

O sistema de automação pode ser projetado com funções de segurança para controles de detecção de presença, sensores de porta aberta, alarmes, discagem automática à central em caso de intrusões e etc, permitindo a proteção contra intrusão e vandalismo.

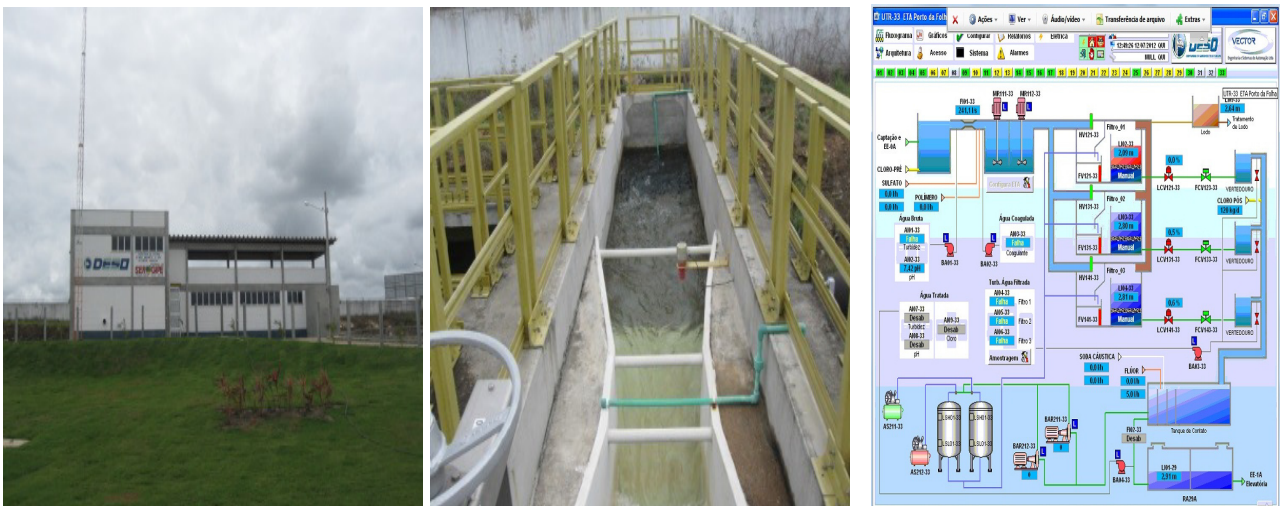
Desejando ampliar as informações acerca do funcionamento do centro de controle operacional, as Figuras a seguir evidenciam esse processo de funcionamento.

Figura 14 – Vista área, captação concluída e painel de automação.



Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

Figura 15 – ETA concluída, chegada da água bruta e painel de automação.



Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

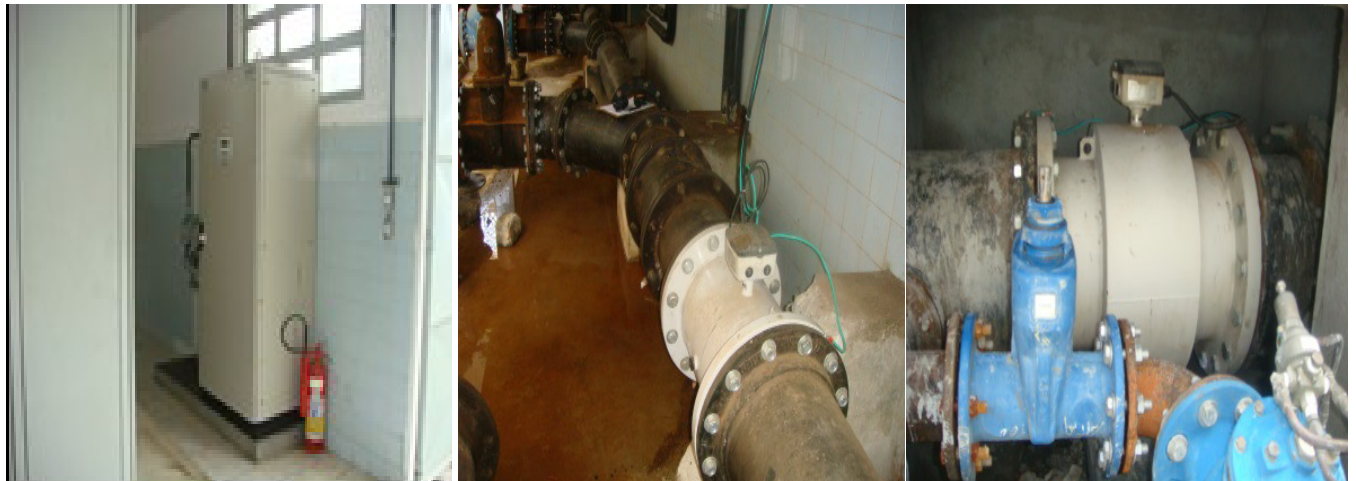
A Figura 15 mostra a vista da ETA concluída, chegada de água bruta e dosagem de produtos químicos e corredor de comando dos filtros.

Figura 16 – Indicador local dos medidores de vazão e inspeção de fabricação das Unidades Terminais Remotas UTR`s



Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

Figura 17 – UTR instalada em Estação elevatória e medidores de vazão instalados



Fonte: Pesquisa dos autores (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme evidenciado neste trabalho, os relatórios que foram realizados pelo consórcio Enpro-Consenso, obtidos pelos pesquisadores, assim como fotos e outras informações sobre o centro de controle operacional, ofertados pela Deso foram de suma importância, pois através dessas informações foi possível conhecer não somente o projeto de implantação do CCO em Nossa Senhora da Glória/Se.

Assim, a implantação do CCO abrange todo o processo de funcionamento por meio do sistema de supervisão implantado, denominado SCADA, composto por microcomputadores e softwares supervisórios necessários, gerenciando todos os elementos do sistema tais como reservatórios, elevatórias etc., utilizando-se de um meio de comunicação à distância.

Primordial mencionar que o CCO foi construído para integrar um complexo formado por outras duas adutoras, que garante a regularização do fornecimento de água aos núcleos urbanos do semiárido sergipano. Ademais, ainda foi construída uma nova estação de tratamento, toda automatizada e com equipamentos de última geração.

Por certo, o que se constata de fato é que agregar novas tecnologias para os componentes de rede e de abastecimento de água, assim como seu controle, por meio de automação é sem dúvida necessária e comprovadamente eficiente, pois o teor de um CCO é extremamente importante na redução de perdas físicas e diminuição no custo operacional.

Neste contexto, vale observar que a implantação do sistema de automação e controle, ou seja, sistema tipo SCADA, permite que se faça o monitoramento da operação das elevatórias, reservatórios e estações de tratamento da água, através do CCO, garantindo um melhor funcionamento do sistema adutor como um todo, além de permitir que se visualize em tempo real as condições operacionais de todo o sistema.

Portanto, o presente trabalho atingiu os objetivos propostos, uma vez que evidenciou claramente a análise referente à implantação e o funcionamento do centro de controle operacional no sistema integrado em nossa senhora da Glória/SE, apresentando informações reais obtidas por meio de relatório das empresas responsáveis.

REFERÊNCIAS

- ANA, Agência Nacional de Água. **ANA divulga relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2014**. Disponível em <www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticia.aspx?id_noticia=12683>, publicado em 20/03/2015. Acesso em 08/10/2018.
- ARAÚJO, Francidézio Meira. **Algumas características de uma estação elevatória de água**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande/PB, 2014.
- ASSIS, Geovane Deleski. **Automação de sistemas de abastecimento de água**. Projeto de Diplomação apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.
- BORGES, Francisco Carlos D'Emílio et al. **Automação**. Senai. Departamento Regional de São Paulo, 2000.
- BOTKIN, D.B, KELLER, E.A. **Environmental Science: earth as a living planet**. 5. ed. Hoboken: John Willey e Sons, 2005.
- BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006.
- _____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento**. 4 ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.
- _____. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.
- CARDOSO, Daniel Corrêa. **Aproveitamento de águas pluviais em habitações de interesse social – caso: Minha casa minha vida**. Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Feira de Santana, 2010.
- CERVO, Amado L.; BERVIAN, Pedro A. **Metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- FERNANDES, Diogo Robson Monte; MEDEIROS NETO, Vicente Batista de; MATTOS, Karen Maria da Costa. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, outubro de 2007.
- FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 6 ed. São Paulo: Editora Érica, 2014.
- GARCEZ, Lucas Nogueira; ALVAREZ, Guillermo Acosta. **Hidrologia**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 1988.

GEBRIM, Diogo Valadão de Brito. **Otimização operacional de sistemas de abastecimento de água com objetivo de redução de custo de energia elétrica.** Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de Brasília. Brasília, dezembro de 2013.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6 ed. São Paulo : Atlas, 2008.

GOMES, Heber Pimentel (org.). **Sistemas de saneamento: eficiência energética.** João Pessoa: Editora Universitária. Brasil, 2010.

KITAMURA, Mariana. **Aproveitamento de águas pluviais para uso não potável na PUCPR.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Graduação em Engenharia Ambiental. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2004.

KOBIYAMA, M. **Manejo de bacias hidrográficas: conceitos básicos.** In: Curso de Manejo de bacias hidrográficas sob a perspectiva florestal, *Apostila*, Curitiba: FUPEF, 1999.

LORA, Electro Eduardo Silva. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte.** 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2002.

LORENZON, Alexandre Simões. **Processos hidrológicos em um fragmento de floresta estacional semidecidual no município de Viçosa, MG.** Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de Magister Scientiae. Viçosa, Minas Gerais, 2011.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: Realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa.** Rio de Janeiro: DFL, 2007.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MARINOSKI, Ana Kelly. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, julho de 2007.

MARTINS, Geomar Machado. **Princípios de automação industrial.** Universidade Federal de Santa Catarina, agosto de 2007.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MELILLO, Wagner José da Silva; EREMBERG, Bruno Gama. **O Centro de Controle Operacional do SAAE de Itabirito/MG**. XIX Exposição de Experiências Municipais em Saneamento. Poços de Caldas/MG, maiões de 2015.

MENDONÇA, Francisco. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Vida e Consciência, 2007.

MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiros de; OLIVEIRA, Marcus Vinicius Siqueira de; SILVA, Danielle Ferreira da. Ciclo hidrológico planetário: abordagens e Conceitos. **Geo**. UERJ - Ano 12, v.1, no.21, 1º semestre de 2010.

NORONHA, Danilo Vinicius Carlos de. **Sistema de abastecimento de água potável**: dimensionamento de adutora do Campus da Ufersa em Caraúbas. Trabalho de conclusão de curso apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA. Mossoró/RN, 2012.

OLIVEIRA, Bianca Lopes de. **Estações elevatórias**: características construtivas e geração de ruído. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP, 2010.

OLIVEIRA, Fedra Tatiana Almeida. **Aproveitamento de água pluvial em usos urbanos em Portugal Continental**: simulador para avaliação para a viabilidade. Dissertação de Mestrado para Engenharia do Ambiente apresentada à Universidade Técnica de Lisboa. Setembro de 2008.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani César de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed., Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PUPO, Mauricio Santos. **Interface homem-máquina para supervisão de um CLP em controle de processos através da www**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.

SILEVIRA, Leonardo; LIMA, Weldson Q. um breve histórico conceitual da automação industrial e redes para automação industrial. **UFRN-PPgEE**. Maio de 2003.

SILVA, J. C.; et al. Análise de distribuição de chuva para Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 67-72, 2007.

TROJAN, Flávio. **Desenvolvimento de um sistema de monitoramento especializado integrando-o aos processos de gestão de uma empresa de abastecimento público de água visando a redução de perdas do produto**. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, junho de 2006.

TSUTIYA, M. T **Abastecimento de água**. 3. Ed. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária de Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-SP, 2006.

TUCCI, Carlos E. M. (org.). **Hidrologia: Ciência e aplicação.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/Abril, 2009.

VICENTE, Rosmeiry Vanzella. **Modelo de operação para centros de controle de sistemas de abastecimento de água estudo de caso: sistema adutor metropolitano de São Paulo.** Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

VIEIRA, Guilherme Ernani; TRAUTWEN JÚNIOR, Breno. **Dimensionamento da infraestrutura de centros de controle operacional em empresas de saneamento através de simulação computacional.** XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Goiânia, setembro de 2006.

VILAS-BOAS, Pedro Ricardo. **Modelação de uma rede de distribuição de água.** Relatório de Projeto apresentado à Universidade do Porto. Junho de 2008.

WATANABE, Marcos Djun Barbosa. **Mata nativa e cana-de-açúcar: cálculo do valor dos serviços ecossistêmicos vinculados aos ciclos da água, do carbono, e do nitrogênio utilizando a análise emergética.** Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Campinas, SP. Campinas, 2008.