

XI-007 - SIMULADOR OPERACIONAL DO SISTEMA PRODUTOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM GOIÂNIA-GO

Mauro Aparecido Lessa de Souza⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Mestre em Geotecnia pela Universidade de Brasília (UnB). MBA em Engenharia Sanitária e Ambiental pelo IPOG-GO. MBA em Gestão de Projetos em Engenharia e Arquitetura pelo IPOG-GO. Engenheiro da SANEAGO e Professor da PUC-GO.

Luciana de Souza Melo Machado

Técnica em Saneamento pela Escola Técnica Federal de Goiás. Bióloga pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC). Mestre em Engenharia do Meio Ambiente pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Especialista em Saúde Pública pela UNAERP e Especialista em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos pela (UFG). Bióloga na Saneamento de Goiás, atuando no Tratamento de Água na ETA Jaime Câmara.

Endereço⁽¹⁾: Rua 14, 254, Apto 150B – Jardim Goiás – Goiânia - GO - CEP: 74.810-180 - Brasil - Tel: (62) 9306-0129 - e-mail: maulessa@gmail.com

RESUMO

A Este artigo analisou a implantação de um simulador de operação do Sistema Produtor de Água Tratada pós-automação nas unidades de Reservação. A construção deste simulador permitiu determinar os níveis dos reservatórios durante a operação do sistema de abastecimento de água (SAA), determinando as curvas de consumo de água dos mesmos relacionando com as variações de níveis, volumes e estabelecendo as suas geometrias e o balanço hídrico de cada um. Como as vazões de água nas entradas das unidades de reservação são sempre fixas, bombeadas ou por gravidade, dificultam em tese o controle dos reservatórios. A metodologia empregada foi através do balanço hídrico, tendo como ponto de partida a variação dos níveis de água em cada reservatório. Pelos resultados encontrados observa-se que apesar de ocorrer uma curva de consumo nas saídas dos reservatórios que cresce ou decresce gradualmente, fazendo com que os níveis dos reservatórios aumentem ou diminuam na mesma velocidade, as vazões de alimentações dos mesmos, seja por bombeamento ou por gravidade, são fixas, ou seja, sem controle, ou com no máximo a possibilidade de variar o número de bombas em funcionamento. Sendo assim, concluiu-se que para melhorar a operacionalidade do sistema e a eficiência do mesmo, sugere-se que se instale alguma válvula para controle de vazão com acionamento automático nas adutoras por gravidade e nas que são bombeadas que sejam instalados inversores de frequências nas bombas para que se controle automaticamente as vazões das mesmas.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência, Perdas, Automação, Hidráulica, Energia.

INTRODUÇÃO

De acordo com Polisel (2001), em um país em desenvolvimento como o nosso com grande escassez de recursos hídricos e com mananciais cada vez mais comprometidos quantitativamente, e qualitativamente não resta dúvida que teremos que adotar uma política cada vez maior de controle de perdas deste produto que é a “água”. Segundo Machado (2014) Os sistemas de abastecimento de água assumem papel essencial no desenvolvimento social, econômico e ambiental da sociedade, sendo uma das obras civis de maior relevância a nível mundial.

Diante da escassez de água nos dias atuais, o elevado investimento para se ampliar a produção de água, torna-se mais viável investir em redução de perdas e eficiência energética a ter que aumentar o volume de produção ou a reservação, sem contar o ponto de vista ecológico e ambiental que potencializa o uso da água sem desperdícios.

A possibilidade de um melhor aproveitamento do volume de reservação devido a vida útil do projeto (pós-fim de plano), muito das vezes, subdimensionado. Com o aumento da eficiência do funcionamento dos equipamentos tende a manter as unidades de reservação mais cheias no período de menor consumo criando certa folga para suprir os horários de maior consumo.

A Eficiência energética aliada à redução de perdas implantada através de melhorias operacionais de um SAA (Sistema de Abastecimento de Água) contribui para a melhoria no fornecimento de água e a minimizar os impactos ambientais, pois a água passa ser melhor aproveitada para este fim tão nobre que é o abastecimento público.

A automação de um SAA em uma grande cidade auxilia nas tomadas de decisões, diminuem ou até mesmo eliminam as intermitências do fornecimento de água em algumas regiões após alguma interferência no sistema devido ao fato de se ter um controle centralizado de todas as unidades do Sistema.

Segundo o SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, Ministério das Cidades, em 2013, que registra as capitais de todo os estados da federação, Goiânia apresenta o menor índice de perdas (21,3%), que inclui as perdas físicas e perdas aparentes (perdas comerciais), comparada com a média nacional, Figura 1, onde esta é igual a 37%.

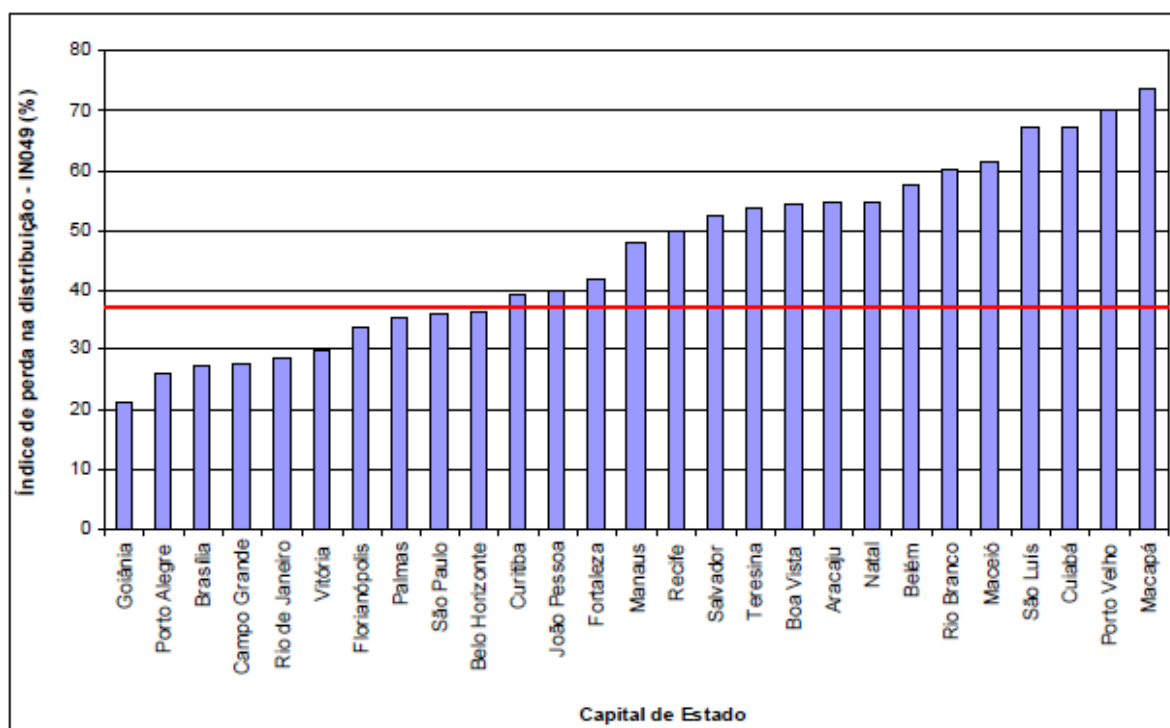
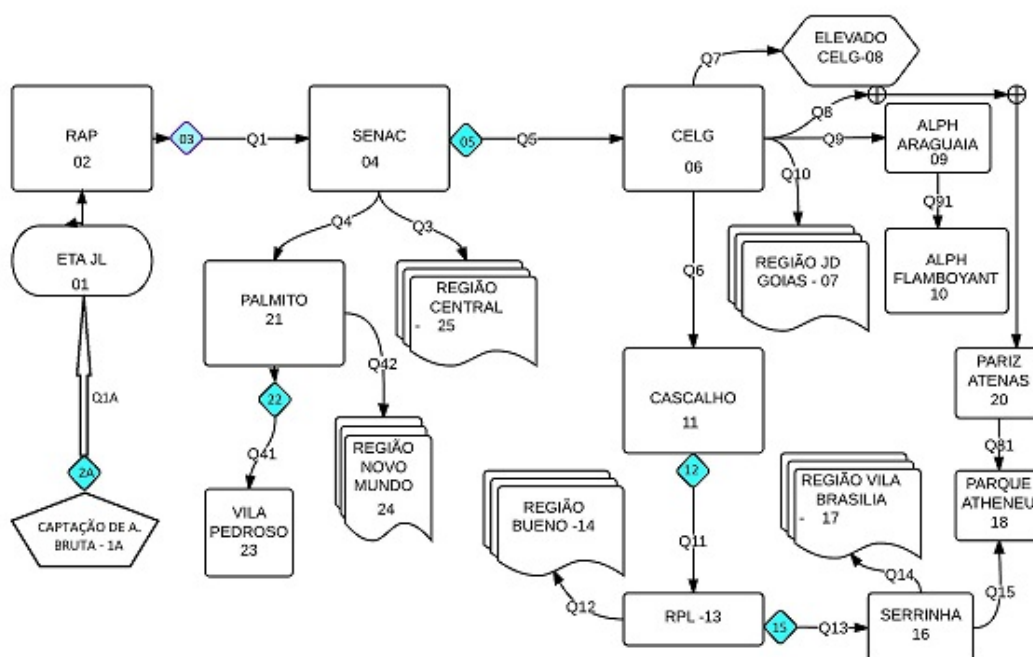


Figura 1 – Índice de Perdas de Água na Distribuição -2013
Fonte: DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO feito pelo SNIS.

Este dado apresentado, no citado relatório, é reflexo dos trabalhos que tem sido realizado pela Companhia de Saneamento do Estado de Goiás nos últimos anos, por um equipe multidisciplinar de profissionais que se empenham em melhorar as condições dos sistemas de abastecimento de água, de forma a garantir uma melhor operacionalidade. Dentre a ações específicas, destacam-se: melhorias nas redes de distribuição com instalação de válvulas redutoras de pressão, modulação e reorganização de áreas de influência alimentados pelos reservatórios; instalação de macro medidores e trocas e instalações de quase 100% de micro medidores com vida útil superior a 9 anos; combate a irregularidades comerciais que diminuem as perdas por águas não faturadas e finalmente a automação de todas as unidades dos sistemas, que contribuem para a redução das perdas por extravasamentos dos reservatórios entre outros.

O SAA João Leite fluxograma da Figura 2 e Tabela 1 representam as unidades de reservação e áreas de influências de todo o sistema, que passou nos últimos anos por um grande processo de automatização, diante desse cenário apresentado com forma de melhoria contínua.

As vazões de água na entrada são fixas, dependendo da elevatória, enquanto as vazões de consumo são variáveis. As curvas de consumo foram determinadas pela observação diária de cada reservatório, no período de alguns meses, começando pelas variações sazonais. Para Goiânia, há predominância de duas estações bem definida, épocas de seca e chuva. A previsão dos níveis dos reservatórios foi determinada pelo balanço de vazões superando estes valores para um determinado horário do dia. Definindo as curvas de consumo de cada reservatório, incluindo a variação de nível de cada reservatório com variação de volume, ou seja, localizando a geometria de cada um, conseguindo o balanço hídrico de cada reservatório, sendo os principais tópicos estudados nesse trabalho.



ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

Tabela 01 – Unidades de Reservação e Áreas de Influências - Fonte: Pesquisa do autor (2014)

Item	Unidade	Volume	Item	Unidade	Volume
1A	Captação de Água Bruta João Leite	2200l/s	12	Elevatória de Água Tratada Cascalho/RPL	760l/s
2A	Elevatória de Água Bruta João Leite	2200l/s	13	Reservatório Apoiado Setor Pedro Ludovico	10.000m ³
01	Estação de Tratamento de Água João Leite	2200l/s	14	Bairros da Região do Bueno	
02	Reservatório Apoiado ETA JL	9000m ³	15	Elevatória de Água Tratada RPL/SERRINHA	500l/s
03	Elevatória de Água Tratada ETA/SENAC	2200l/s	16	Reservatório Apoiado SERRINHA	10.000m ³
04	Reservatório Apoiado SENAC	40.000m ³	17	Bairros da Região da Vila Brasília	
05	Elevatória de Água Tratada SENAC/CELG	1400l/s	18	Reservatório Apoiado e Elevado Parque Atheneu	2.500m ³
06	Reservatório Apoiado CELG	10.000m ³	20	Reservatório Apoiado e Elevado PARIZ ATENAS	700m ³
07	Bairros da Região do Jardim Goiás		21	Reservatório Apoiado PALMITO	5.000m ³
08	Reservatório Elevado CELG	200m ³	22	Booster Vila PEDROSO	100l/s
09	Reservatório Alphaville Araguaia (Elevado e Apoiado)	1280m ³	23	Reservatório Apoiado e Elevado VILA PEDROSO	10.000m ³
10	Reservatório Alphaville Flamboyant (Elev. e Apoiado)	1280m ³	24	Bairros da Região do Novo Mundo	
11	Reservatório Apoiado Cascalho	2.030m ³	25	Bairros da Região Central de Goiânia	

MATERIAIS E MÉTODOS

SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA JOÃO LEITE:

Como mostrado na Figura 02 e Tabela 01, o Sistema Produtor João Leite de forma resumida, consiste de 25 unidades, tem sua capacidade máxima de produção de cerca de 2,2 m³/s. A Captação de Água Bruta, **Unidade 1A**, está localizada hoje no Ribeirão João Leite nas coordenadas 16°38'33.41"S de latitude e 49°14'56.78"O de longitude, sua Elevatória de Água Bruta, **Unidade 2A**, onde tem-se uma barragem de nível, 02 caixas de areia, gradeamentos, 05 poços de sucção e ainda, 5 (cinco) conjuntos motor-bombas com capacidade de bombear até 2,3 m³/s.

A Estação de Tratamento de Água, **Unidade 01**, localizada no bairro Negrão de Lima, cujas coordenadas geográficas são 16°39'8.63"S de latitude e 49°14'45.64"O de longitude, está com sua capacidade de tratamento limitada ao volume atual produzido que são os 2,2 m³/s, número hoje insuficiente para atender a demanda nos dias de maior consumo e de permitir a expansão de novas ligações no Sistema. É uma ETA de ciclo completo com: mistura rápida, coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e cloração.

Sendo necessária uma boa gestão do sistema para que não haja intermitência no fornecimento de água para abastecer a população das cidades de Goiânia e parte de Aparecida de Goiânia, em 49% da totalidade do Sistema de Abastecimento de Água, sendo os 51% da população atendida pelo Sistema Produtor Meia Ponte. A Estação de tratamento Jaime Câmara, será em breve substituída por uma nova ETA, gradativamente, em processo de construção, com obras bastante adiantadas e será capaz de tratar de imediato o dobro da atual e com possibilidade de chegar até 8,0 m³/s.

A água produzida pela Estação é armazenada inicialmente nos Reservatórios Apoiados (Semi-enterrados) com capacidade de 9.000 m³, **Unidade 02**, e depois é bombeada para o principal centro de reservação do SAA João Leite, SENAC. Esta Elevatória, **Unidade 03**, possui 07 conjuntos motor-bombas capaz de bombear até 2,3 m³/s.

A **Unidade 04**, Centro de Reservação SENAC, possui atualmente o maior volume de reservação do SAA João Leite com capacidade total de 40.000 m³. Distribui água para a região central de Goiânia “Q3”, para o Centro de Reservação Palmito “Q4” e bombeia água “Q5”, Através da Elevatória, Unidade 05, para o Centro de Reservação CELG. A **Unidade 05** possui 04 conjuntos motor-bombas e é capaz de bombear até 1,4 m³/s (Vazão Q5).

O Centro de Reservação CELG, **Unidade 06**, é uma das principais Unidade do SAA João Leite, pois a partir dele a água é distribuída para o resto da cidade. Devido a sua curva de consumo ser uma das maiores e sua capacidade de reservação não ser tão significativa, sua operação torna-se de grande importância.

Quando ocorre alguma intercorrência, na operação do CELG, o reservatório tem seu nível comprometido a valores muito baixos e com isso facilita a entrada ar nas adutoras que escoam por gravidade causando grandes danos nos abastecimentos dos demais reservatórios alimentados por ele.

Esta unidade é responsável pelo abastecimento da **Unidade 16**, Centro de Reservação SERRINHA que além de abastecer grande parte de Goiânia é responsável pelo abastecimento parcial da cidade de Aparecida de Goiânia. Para a água chegar na **Unidade 16**, antes ela chega por gravidade na **Unidade 11**, CASCALHO. Então ela é bombeada para o Centro de Reservação Pedro Ludovico (RPL), **Unidade 13**, através da Elevatória CASCALHO, **Unidade 12**, que possui 04 conjuntos motor-bombas instalados com capacidade de bombear até 0,78 m³/s. O Centro de Reservação RPL além de bombear água para o Centro de Reservação SERRINHA, através de sua Elevatória, **Unidade 15**, com 02 conjuntos motor bombas capaz de bombear até 0,50 m³/s “Q13”, Ele também distribui água “Q12” para boa parte da cidade de Goiânia, região do Setor Bueno, Jardim América até parte do Setor Coimbra.

O Centro de Reservação CELG ainda é responsável pelo abastecimento de alguns bairros como Jardim Goiás e Novo Mundo entre outros “Q10”. Tem uma pequena elevatória que alimenta o Reservatório Elevado, **Unidade 08**, vazão “Q7”. Por gravidade ele ainda abastece vários outros pequenos reservatórios, vazões “Q8” e “Q9”, Reservatórios do Alphaville Araguaia e Flamboyant, Reservatórios Paris Athenas e Parque Atheneu.

A seleção de produtos químicos, numa estação de tratamento, em conjunto com a otimização em laboratório dos parâmetros físicos de mistura rápida, floculação e decantação podem proporcionar a melhoria da qualidade da água tratada e/ou o aumento de vazão. Para isso é importante o conhecimento da qualidade da água bruta nos últimos anos, das características das unidades existentes na estação, da vazão atual ou da vazão com a qual se pretende trabalhar.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizado estudo hidráulico do enchimento e esvaziamento dos reservatórios do SAA João Leite visando sempre eficiência energética e redução das perdas no sistema em relação à otimização da automação existente. Estruturando um projeto de criação do simulador utilizando um algoritmo para isso.

A automatização permitiu obter automaticamente os dados para calibração do programa que foi elaborado para simular o funcionamento do sistema. Os dados são coletados a cada 15min, permitindo construir uma curva com a variação diária do sistema. A organização dos dados foi realizado através do uso de planilhas do *software Microsoft Excel 2010* que possibilitou através de gráficos traçar as curvas de consumo.

De acordo com o trabalho de Gouveia (2013), pode ser utilizado também um modelo hidráulico do sistema construído e calibrado pelo o Epanet 2.0, *software* gratuito de simulação hidráulica. Este apresenta a vantagem de não ser necessário construir um programa para simular o Sistema de Abastecimento de Água, mas por outro lado acaba tendo certas restrições para se construir o modelo.

O método empregado para descobrir os consumos incógnitos foi o balanço de vazões disponíveis mais variação do nível do reservatório, veja Figuras 03 e 04.

De acordo com a Equação 1, o volume que entra em determinado período de tempo tem que ser igual ao volume que sai no mesmo período, este ponto onde se encontram as tubulações chama-se genericamente de Nó, qualquer ponto que represente uma quebra de continuidade na tubulação, podendo ser um cruzamento de mais de um tubo, uma mudança de direção, uma mudança de diâmetro, etc. Pode-se ainda chamar de Nó virtual, qualquer ponto de uma tubulação, normalmente usado para caracterizar ou calcular valores nesses pontos. O conceito de balanço hídrico em um Nó, a soma das vazões de entrada é igual à soma das vazões de saída, Figura 03, Azevedo et al (1998).

$$\sum Q_{entrada} = \sum Q_{saida} \quad (1)$$

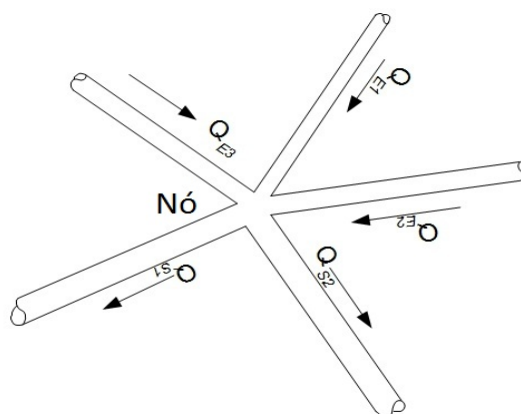


Figura 3 – Exemplo de um Nó
Fonte: Dados produzidos pelo o autor (2014)

Nesse trabalho entende-se o conceito de “Nó”, para o ponto onde existe um Reservatório, aplicando a teoria, de que a diferença entre a água que entra e a água que sai fica armazenada no reservatório quanto este é positivo e causa uma redução no volume no reservatório quanto é negativo, veja as equações (2), (3) e (4) e o desenho ilustrativo na Figura 04.

$$\sum Q_{entrada} - \sum Q_{saida} = V \quad (2)$$

$$V(t) = A \cdot h(t) \rightarrow \frac{dV}{dt} = A \cdot \frac{dh}{dt} \quad (3)$$

$$\frac{dV}{dt} = Q \rightarrow Q = A \cdot \frac{dh}{dt} \quad (4)$$

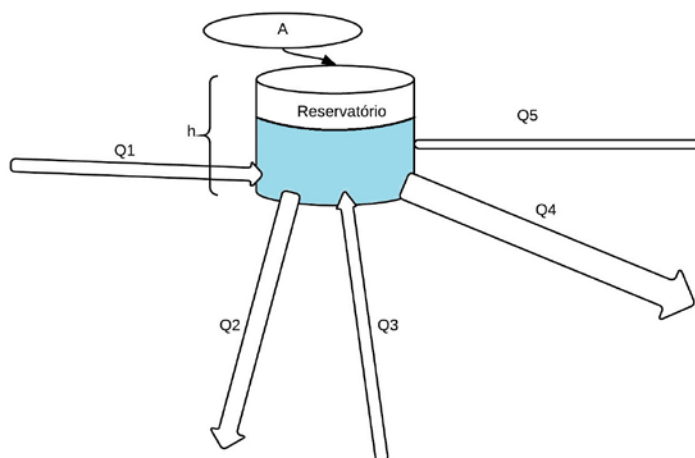


Figura 4 – Reservatório substituindo o Nó.

Fonte: Pesquisa do autor (2014)

Em um instante “ t ” o reservatório vai possuir um determinado volume “ V ” e se dividirmos este intervalo de tempo para um valor infinitesimal, obteremos também uma variação infinitesimal do volume. Como a área da seção “ A ” do reservatório no plano horizontal é constante, O produto de “ A ” pela variação infinitesimal da altura “ dh ” neste mesmo intervalo “ dt ” representa esta variação de volume, equação (3), ou seja, “ Q ” vazão de enchimento ou esvaziamento do reservatório, quando $Q=0$ significa que a vazão que entra é igual à vazão que sai e, por conseguinte o reservatório mantém seu nível estável. Este valor de Q , positivo ou negativo pode ser utilizado através de inversor de frequência nas bombas para aumentar ou diminuir sua potência de funcionamento mantendo assim o reservatório o mais cheio possível sem extravasar ou se desejar a um nível pré-estabelecido. A curva de consumo do reservatório é exatamente a função “ $V(t)$ ”, volume em função do tempo, o ideal é que ela seja dada em um intervalo diário, mas uma curva para cada dia da semana. Para que o simulador seja o mais realista possível é importante também que se estabeleçam fatores de correção para compensar variações de clima que ocorrem de forma sazonal: chuva, temperatura, umidade relativa do ar, etc. Para construir o simulador seguiu-se o modelo de fluxograma mostrado na Figura 05, criando para cada reservatório, itens 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 18 e 20 da Figura 02, sua curva de consumo, medindo as vazões das saídas e de chegadas e estabelecendo as condições de contorno de cada um. Então após processar as informações, calculando o balanço hídrico: utilizando as equações 2, 3 e 4 obtêm o incremento de volume ou decremento de volume após um intervalo de tempo “ t ” pré-estabelecido.

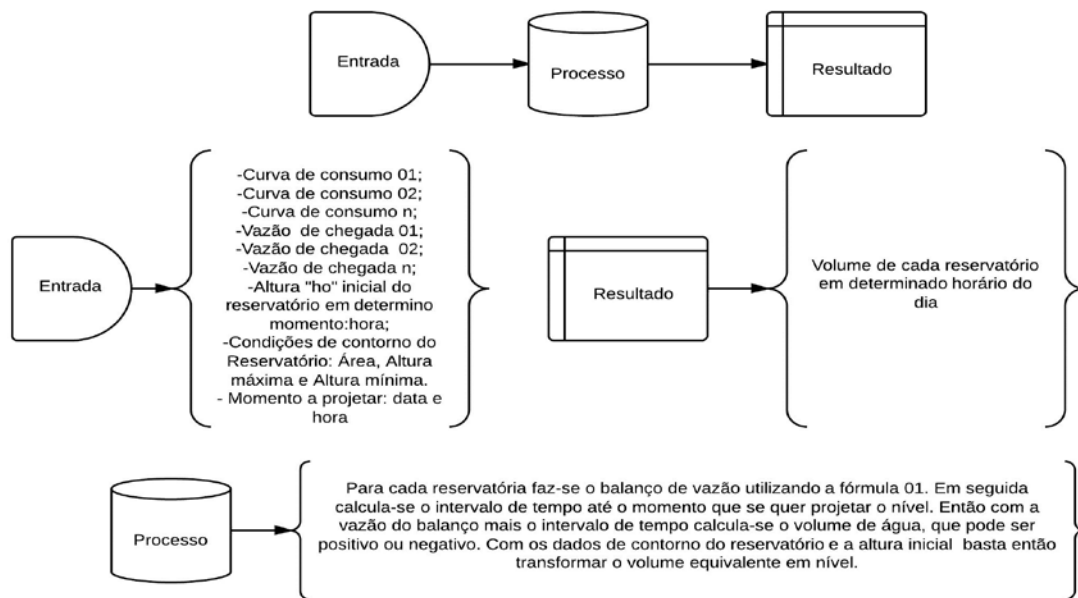


Figura 5– Fluxograma do Simulador

Fonte: Pesquisa do autor (2014)

O resultado é mostrado na tela de saída, representado em forma de níveis nos mesmos, em percentuais de volume e em altura marcada em metros, Figura 06.

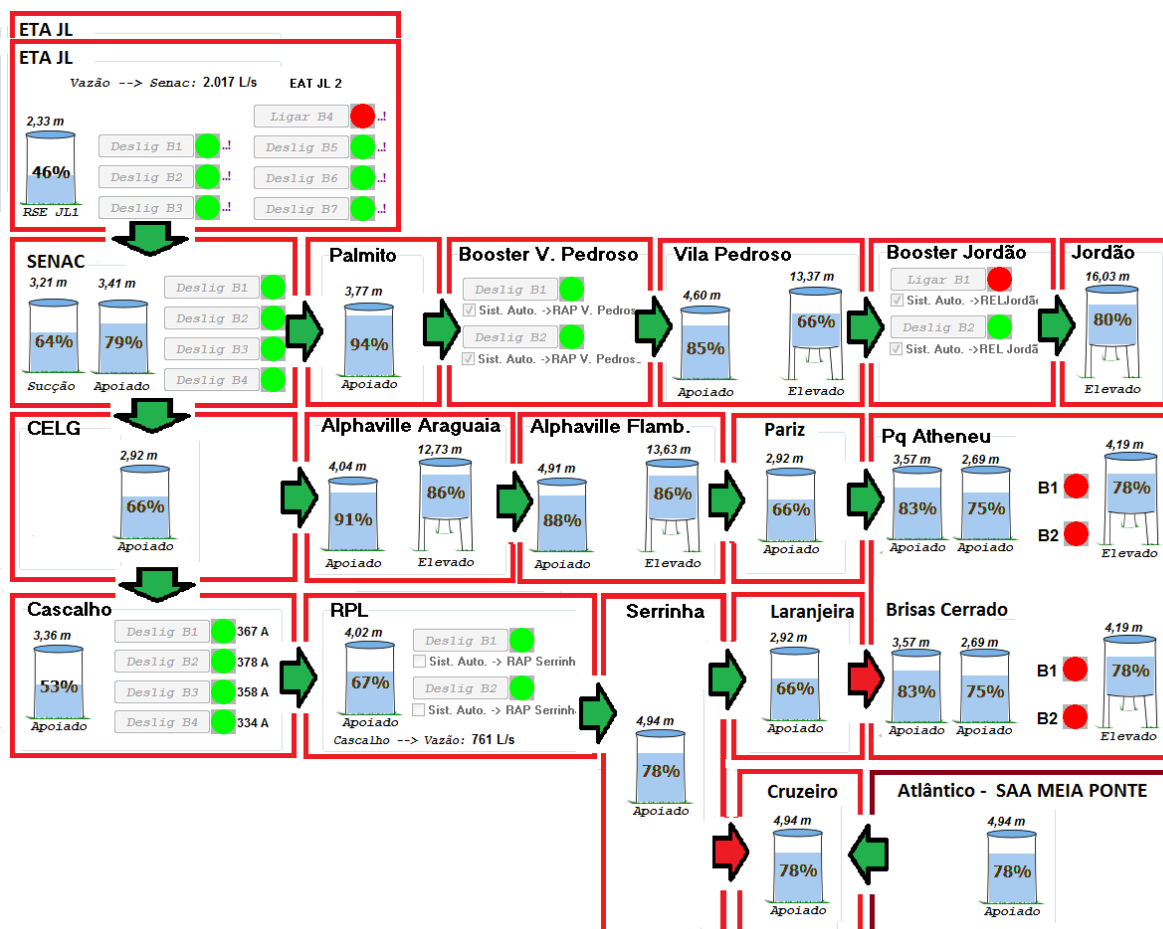


Figura 06 – Simuladora do SAA João Leite

Fonte: Pesquisa do autor (2014).

RESULTADOS

Nas Figuras 07, 08 e 09 foram utilizados para determinação dos balanços de vazões na Unidade SENAC e por fim a Curva de Consumo. Na Figura 07, há a possibilidade de escolher o mesmo dia da semana em que se queira fazer a simulação, então depois de se encontrar a vazão de balanço hídrico através de sua variação diária, Figura 08, podemos encontrar as curvas “Q3” e “Q4”, que são exemplos de curvas de consumo, apresentados na Figura 09.

Os dados desta figura foi obtido através do sistema de coleta de dados do Supervisório existente no SAA João Leite em um determinado dia do ano para a **Unidade 04**, Reservatório SENAC, Figura 02. Dados importantes como temperatura média, precipitação acumulada durante o dia e umidade relativa do ar média foram desconsideradas nesse trabalho por não haver ainda dados históricos desses parâmetros para serem comparados.

No banco de dados do simulador deve haver para um mesmo reservatório várias curvas de consumo, uma para cada dia da semana em pelo menos quatro períodos do ano de forma a representar razoavelmente bem a sazonalidade. Então para simular uma determinada situação podemos expor o seguinte caso:

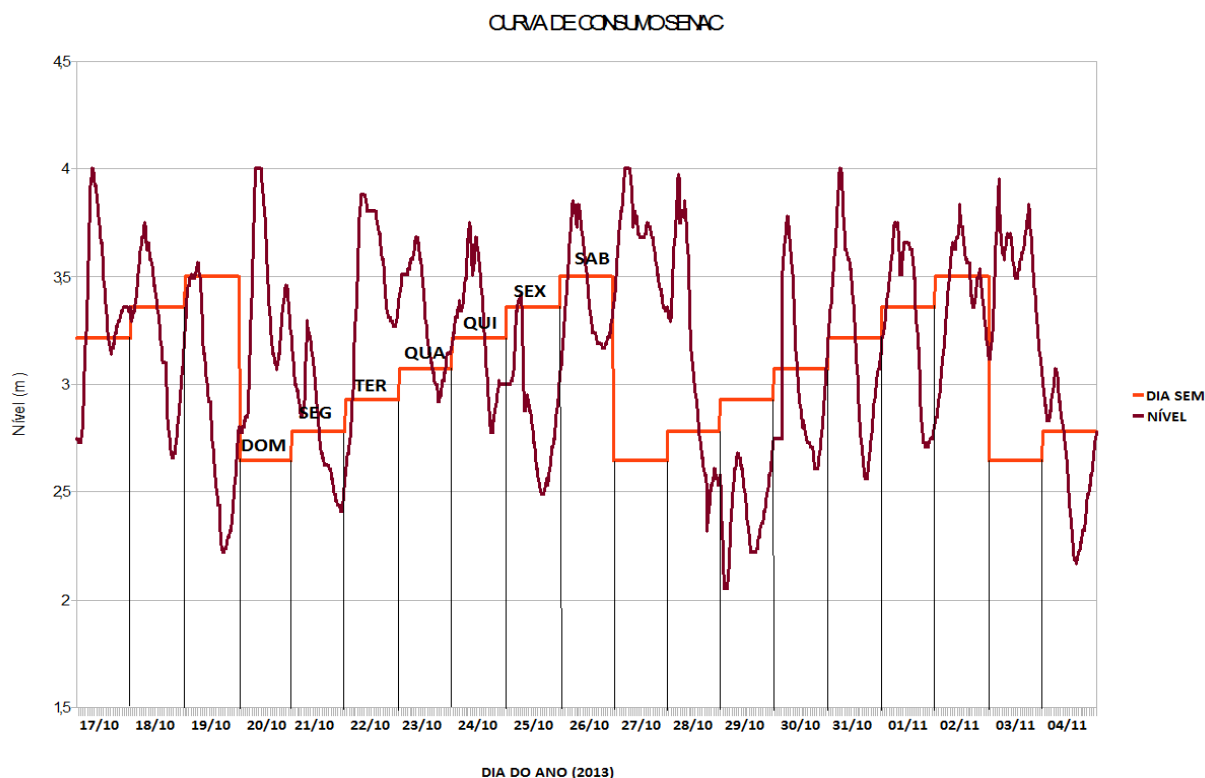


Figura 07 – Variação do Nível do Reservatório SENAC
Fonte: Pesquisa do autor (2014)

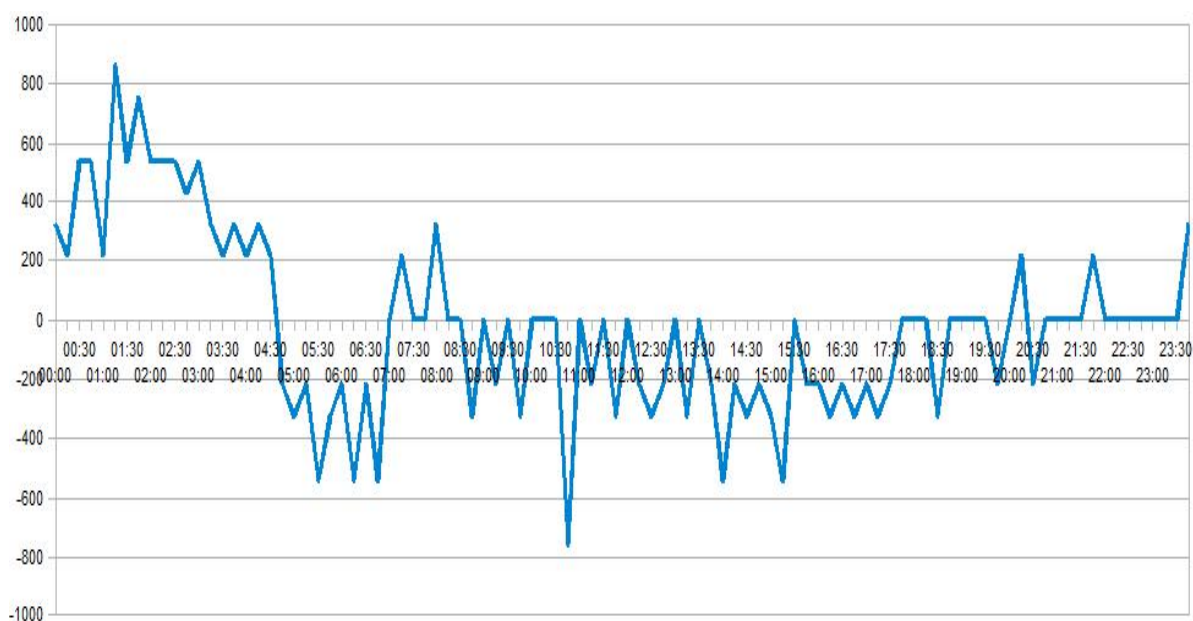


Figura 8 - Vazão do balanço hidráulico no SENAC
Fonte: Pesquisa do autor (2014)

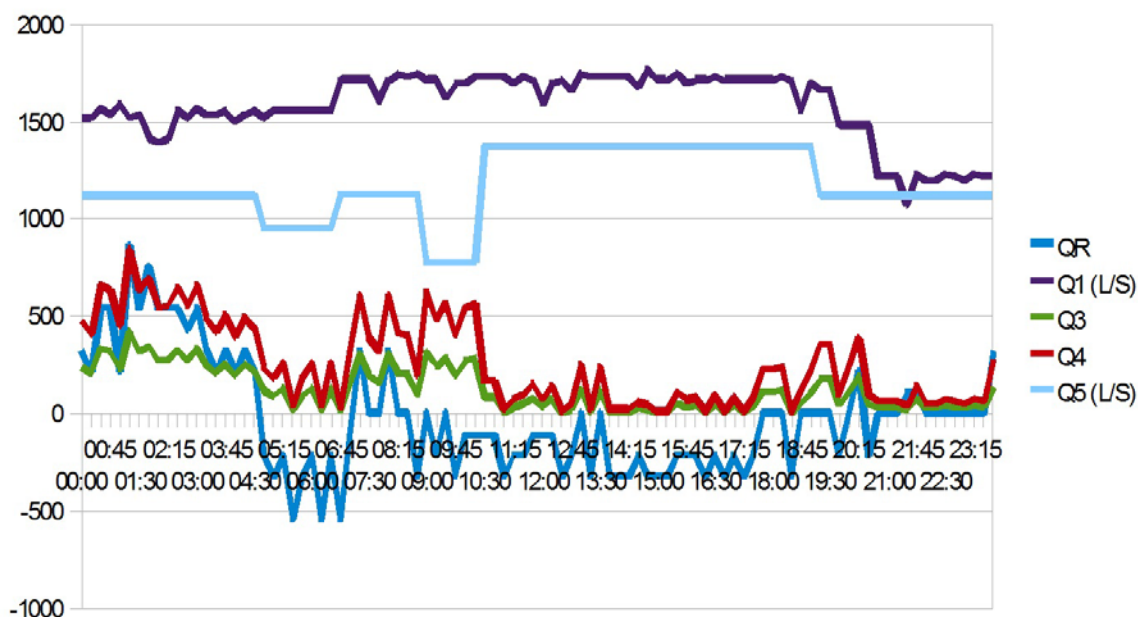


Figura 9 – Vazões de Entrada e Saída no SENAC (25/10/2013)
Fonte: Dados produzidos pelo o autor (2014)

Deseja-se saber qual o nível do reservatório SENAC às 18 horas do dia 25 de julho de 2014, sexta feira. Considerando uma vazão máxima de 1200 m³/s seja bombeada através da **Elevatória 03**, vazão **Q1**. Dados iniciais, nível do reservatório no dia 24 às 10hs é de 3,5m. Encontrar o nível solicitado nas duas situações:

Situação 01 – Condições normais de consumo;

Situação 02 – Fechando a válvula da adutora **Q4**, no período das 08hs às 18hs do dia 25.

Este exemplo simples para ilustrar o funcionamento do simulador, considera-se apenas a variação do Reservatório SENAC, **Unidade 04**, porém na prática podemos ter uma previsão simultânea de todas as unidades do SAA João Leite em um determinado horário, Figura 06, calibrando as demais unidades do sistema para operar de acordo com as condições solicitadas.

O resultado encontrado pode ser visto na Figura 10 nas duas situações:

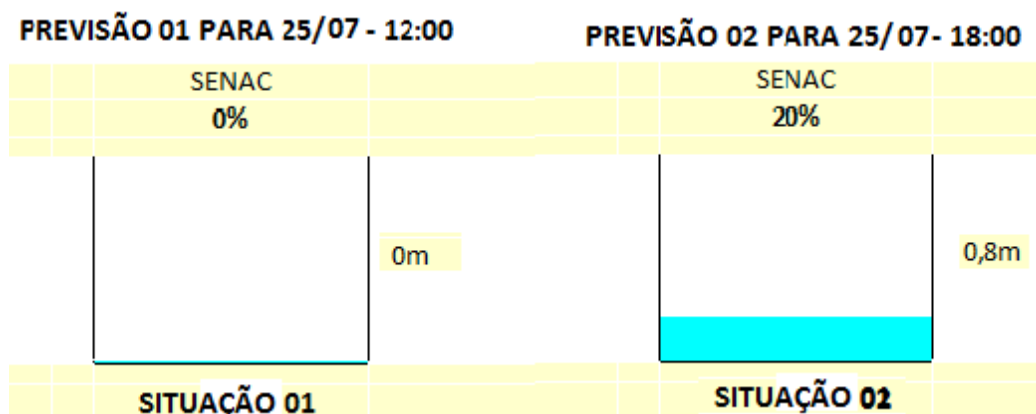


Figura 10 – Simulações do Reservatório SENAC
Fonte: Pesquisa do autor(2014)

Primeira hipótese (Situação 01)

O simulador indica que por volta das 12h00min o Reservatório ficará vazio, acarretando interrupção no abastecimento de toda população que depende deste. Nesse caso, mesmo após o Reservatório começar a ganhar nível, o abastecimento ainda não ficará normal. Primeiro porque as tubulações após se esvaziarem não conseguem expelir rapidamente o ar nela armazenado e com isso dificultam o fluxo normal da água. Segundo porque após os Reservatórios se esvaziarem, neste cenário as partículas tendem a sedimentarem, podendo ocorrer arrastes das mesmas indo em direção as redes de distribuição, contribuindo para alterar a qualidade da água tratada.

Segunda hipótese (Situação 02)

Considera o fechamento da válvula que abastece o Reservatório Palmito, vazão **Q3**. Nesse caso, apesar do reservatório SENAC manter o seu Nível sempre baixo, em nenhum momento ele chega a zerar e, portanto não afeta o abastecimento da população. Às 18h00min, quando as vazões voltariam ao estado normal para que o sistema se regularize o nível no reservatório atinge o valor de 0,8m, ou seja, 20% de sua capacidade. O fechamento do reservatório PALMITO nesse período, provavelmente não afetaria o seu abastecimento, pois este possui reserva suficiente para suportar este período. Esta confirmação poderia ser feita através deste mesmo processo simulando as condições deste reservatório.

Portanto se esta situação fosse real, escolheríamos operar o sistema utilizando a segunda hipótese, onde o abastecimento não seria afetado.

CONCLUSÕES

Atualmente a operação das unidades pertencente ao SAA João Leite, é realizada de forma completamente empírica, através da experiência dos operadores, que definem, em função de seus conhecimentos se vai abrir ou fechar a alimentação de um determinado reservatório, bem como ligar ou desligar uma determinada bomba que retira a água de um reservatório ou o alimenta. Tudo isso gira em torno da limitação de produção da Estação de Tratamento de Água Jaime Câmara que pode variar em função da qualidade da água bruta a ser tratada e de algum problema operacional, e da capacidade de bombeamento de cada elevatória.

O fato das bombas trabalharem de forma modulada diminui a eficiência da reservação do sistema, uma vez que no SAA João Leite o volume de reservação atual é insuficiente para atender a demanda nos dias de maior consumo, então ele opera com reserva insuficiente para compensar a demanda de horário de maior consumo. Assim no período onde o consumo é pequeno precisa-se desligar uma ou mais bombas para evitar extravasamento de água no reservatório. Uma solução para minimizar este problema seria instalar inversores de frequências nos motores das bombas para ajustar a corrente necessária para que a bomba tenha uma vazão necessária para manter o reservatório cheio sem causar o extravasamento. Pois quando se desliga uma bomba o nível começa a cair e quando o consumo aumenta torna-se difícil recuperar.

Os resultados esperados nesta pesquisa: a possibilidade de uma grande economia, tanto financeira quanto a escassez de recursos hídricos, pois ao promover a redução de perdas, aproveitamos melhor a produção. O aperfeiçoamento do funcionamento do Sistema de Abastecimento de Água, melhorando a automação e planejando eficazmente as manobras, funcionamento, das unidades através das simulações realizadas pelo Simulador. Promovem-se as reduções das falhas operacionais e possíveis interrupções no abastecimento de água. Podendo reduzir cada vez mais as interferências dos operadores nas decisões de operação do Sistema, pois uma vez implantada todas as referidas sugestões, o sistema passa a ser auto operado, necessitando de interferência apenas quando houver algum problema, o que é frequente nessa área. Mesmo todo automatizado, faz-se necessário o monitoramento 24 horas por dia.

É importante salientar também, como foi observado por Reis Júnio (2013), que a falta de execução de rotinas operacionais bem definidas, podem ocasionar distanciamento do rendimento ótimo dos conjuntos motor-bombas. Bem como a funcionalidade de todo o Sistema de Abastecimento de Água.

Conclui-se, portanto que: novas pesquisas devem considerar-se as variações de temperatura, precipitações pluviométricas e umidade relativa do ar no período, nas simulações futuras, pois informações operacionais mostram claramente a grande influência desses parâmetros nas curvas de consumos dos nossos reservatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, Rogério de. Comparação de Políticas Operativas para a Redução de Custos de Bombeamento em Redes de Distribuição de Água. XXI CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2001. Anais. São Paulo SP, 2001.
2. ALVES, David. Potencial de Poupança Econômica com a Resolução das Ineficiências Operacionais nos Sistemas de Abastecimento de Água. XVI SILUBESA 2014. Anais. Portugal, 2014.
3. BARBOSA, Juliana Maria do Socorro Gomes. Operação de Bombas em Sistemas de Abastecimento de Água. XXI CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2001. Anais. São Paulo SP, 2001.
4. GOMES, Helber Pimentel. Eficiência Hidráulica e Energética em Saneamento – Análise Econômica de Projeto. Rio de Janeiro, 2005.
5. GOUVEIA, Cristiano Gonçalves Nascimento. Proposição de Melhorias na Infraestrutura de Sistemas Produtores de Água Utilizando Simulações Hidráulicas em Tempo Estendido. XXVII CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 2013. Anais. São Paulo SP, 2013.
6. MACHADO, Manuel A.A.C. Optimização da Operação de Bombagem para Poupança de Energia num Sistema de Abastecimento de Água. XVI SILUBESA. Portugal, 2014.
7. MINISTÉRIO DAS CIDADES- Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, 2013.
8. NETTO, Azevedo. Manual de Hidráulica. São Paulo-SP, 1998.
9. POLISEL, Kleber Castilho. Controle de Perdas Através de Macromedidores Eletromagnéticos.
10. REIS JUNIOR, José Cláudio Ferreira. Análise da Variação Horária da Vazão de Água Bombeada em Estação Elevatória de Água Tratada Visando Melhorias no Controle Operacional. XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS. Porto Alegre- RS, 2013.
11. VIVAS, Eduardo. Estudos de Otimização Energética em Estações Elevatórias. Uma Metodologia para sua Seleção. XVI SILUBESA. Portugal, 2014.