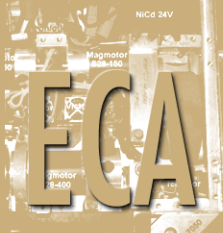


30/06/2015

# MONITORAMENTO E CONTROLE REMOTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PREDIAL

Felipe Borges Coelho





# MONITORAMENTO E CONTROLE REMOTO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PREDIAL

Aluno: Felipe Borges Coelho

Orientadores: Moises Henrique Szwarcman

Leonardo Alfredo Forero Mendoza

Trabalho apresentado com requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia de Controle e Automação na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.



## Agradecimentos

Primeiramente a Deus por ter me dado saúde, força e coragem para superar todas as dificuldades encontradas durante não só durante a execução do projeto, mas sim do curso por inteiro.

A universidade Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, que composta por todo o corpo docente, me proporcionou um ensino de altíssima qualidade que será posto em prática para o bem da sociedade.

Ao meu orientador e professor Moises Henrique Szwarcman, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas correções e incentivos. Para mim, você é um modelo de ótimo professor.

Com muito carinho, dedico a minha mãe Lúcia de Fátima Borges Coelho e minha irmã Aline Borges Coelho, pela compreensão, apoio e contribuição para minha formação acadêmica. Mesmo apesar das brigas e discussões me deram suporte para a conclusão desta etapa. Sem vocês eu não conseguiria.

Em especial ao meu pai que hoje se encontra com Deus, mas que com toda certeza está olhando por mim e assim como minha mãe e minha irmã, sorriem orgulhosos dessa minha mais nova conquista. Sei que durante essa minha caminhada, todos tiveram que de alguma maneira abdicar de compromissos e até sonhos.

Dedico também a minha namorada Francielle Mello de Carvalho, que em muitos finais de semana me proporcionou seu carinho e atenção, escutou por diversas vezes meu desabafo, e que com todo amor me fazia esquecer dos problemas.

A toda minha família que em algumas datas de confraternização, eu tive que me abster para estudo ou atividades relacionadas ao meio acadêmico. Agradeço por toda a paciência e apoio.

E a todos que de alguma forma fizeram parte da minha formação, tanto acadêmica como profissional. Sem dúvidas, de alguma maneira vocês me fizeram uma pessoa melhor.

## Resumo

Neste trabalho é apresentada a elaboração e a construção e de um sistema de controle e supervisão de uma central de abastecimento de água de um prédio. É descrito os tipos de arranjos existentes dos sistemas de abastecimento de água atuais, os detalhes tanto de instalação como o funcionamento propriamente dito de cada instrumento utilizado. O objetivo do trabalho também é deixar o mais claro possível sobre o desempenho do sistema, mostrando o potencial na economia de gastos financeiros e principalmente, diminuição do desperdício de água.

O sistema desenvolvido une o controle de subsistemas diferentes em apenas um, simplificando o trabalho do corpo de funcionários. Essa integração pode ser ampliada e gerar uma economia proporcional ao tamanho do condomínio, quanto maior o número de parâmetros a controlar, maior a economia. Além disso, o programa que faz essa integração de sistemas é intuitivo e não requer tanto conhecimento para manipular o processo envolvido.

Com o crescente desenvolvimento da tecnologia junto a necessidade de tomada de decisões imediatas, fica cada vez mais imprescindível que tenhamos a mãos o programa que faz essa integração de sistemas, no caso do trabalho, o sistema de monitoramento e controle de abastecimento de água. É possível enviar comandos a determinados equipamentos de uma sala de controle, afastada de onde o instrumento está localizado, e o mesmo irá obedecer à ordem emitida. Por isso, outra diretriz deste trabalho é evidenciar a facilidade de controlar e monitorar um determinado sistema dinâmico via acesso remoto.

**Palavras-chave: Controle de Sistemas via Web; Monitoramento Remoto; Supervisório à distância**

## **Remote Monitoring and Control of a Building Water Supply System**

### **Abstract**

This present work has for objective the formulation and simulation of a real water supply system by monitoring and controlling all the process involved. It shows every settings of a water supply system existing in commercial and residential buildings, even as details of installation and how it works properly. The purpose is also evincing the performance of this automatic system, which generates money and water savings.

The developed system integrate several subsystems in only one, giving the power to supervise all small systems, and independency to operate one subsystem without shutting down others, it simplifies the tasks of building staff. This feature can be amplified and result in more savings, proportional to the size of condominium. Moreover, the software used to this work has an intuitive monitoring panel facilitating manipulation and knowledge of what is happening in the system.

Due to growth of the technology combined with the need of instant decisions, it has been more and more indispensable having this power to make decisions in hands. Thus, the system carries this advantage to access remotely the water supply system, monitoring and controlling a dynamic process from a distant and safe place.

**Keywords: Remote Automated System; Water Supply System Automation; Supervisory**

## Sumário

1. Introdução.....	1
2. O sistema e seus componentes.....	3
a. Finalidade dos componentes.....	4
3. O sistema supervisorio.....	8
a. Nível do tanque.....	8
b. Detecção de vazamento.....	8
c. Manutenção dos instrumentos eletrônicos.....	9
d. Monitoramento do consumo.....	9
e. Atualização do relatório.....	9
f. Modo de operação.....	10
4. O acesso remoto ao supervisorio.....	11
a. Estrutura do sistema.....	11
b. Interface homem-máquina.....	12
c. Lógica do sistema.....	13
d. Arranjo físico.....	15
5. Conclusão.....	17
6. Referências Bibliográficas.....	18

## 1. Introdução

A água é essencial para o ser humano, é a fonte da vida. Apesar de termos em abundância no planeta, apenas 3% do total existente no mundo é de água doce. Desses 3% de água doce, 0,3% se encontram nos lagos e rios, 30,8% são subterrâneas, incluindo a umidade do solo, os alagados e a maior parte 68,9% estão nas geleiras e neves perenes.

A sociedade moderna vem crescendo com números expressivos, aliado a este crescimento vem o aumento do interesse pela busca do conforto e da longevidade, o que implica necessariamente em um aumento considerável da ingestão e do uso de um modo geral de água. Como já é sabido, a água é um recurso natural finito e cada vez mais ameaçado, por isso é fundamental que o seu uso seja consciente.

No Brasil, a distribuição de água doce é irregular. A Região Norte possui a maior concentração, enquanto a Região Nordeste tem a mais baixa concentração de água doce. A Região Sul e Sudeste possuem concentrações medianas, mas em comparação com a Região Norte ainda assim é baixa. Analisando as concentrações de água doce, a densidade demográfica e o consumo per capita em cada região, vemos que é primordial políticas informativas do uso e reuso de água.

Região	Recurso	Superfície	População
Norte	68,50%	45,30%	6,98%
Centro-Oeste	15,70%	18,80%	6,41%
Sul	6,50%	6,80%	15,05%
Sudeste	6,00%	10,80%	42,65%
Nordeste	3,30%	18,30%	28,91%

**Figura 1: Distribuição de água, área e população por região do Brasil. Fonte: Secretaria de Recursos Hídricos do Meio Ambiente.**

Segundo a reportagem da Agência Brasil, o Brasil é um dos países que mais desperdiça água potável no mundo. Seguindo esta diretriz, o trabalho busca mostrar uma maneira alternativa de minimizar esta perda. Grande parte da população brasileira se encontra nos centros urbanos e extensa parcela dessa vive e/ou trabalha em edifícios. Apesar do consumo de água neste setor ser bem menor em relação a agricultura, em contrapartida o desperdício chega a ser muito maior nas áreas urbanizadas.

Como a lei que obriga a instalação de hidrômetros individuais foi sancionada apenas em 2011, muitos prédios que foram projetados e aprovados antes da vigência desta lei e por isso não possuem hidrômetros para cada um dos condôminos. Esse é um assunto recorrente entre os moradores, muitos são a favor da instalação dos hidrômetros, mas pelo alto custo envolvido acaba inviabilizando este tipo de mudança. O que poucos imaginam é que esse tipo de mudança pode gerar um enorme retorno financeiro. Pensando nisso, foi elaborada uma maneira alternativa para que fossem combatidos desperdícios de água no edifício.

Essas perdas ocorrem através de vazamento, e para serem detectados deve haver um sistema de monitoramento contínuo da vazão de água que o condomínio está consumindo. Essa informação agregada a outras, pode alertar a supervisão do condomínio sobre um possível vazamento. Propagando este aviso aos moradores para em esforço mútuo buscar solucionar o vazamento.

Além do mais, esse sistema supervisorio poderia ser acessado da sala de administração do condomínio, uma espécie de sala de controle, onde provavelmente já existem diversas câmeras fazendo a segurança dos arredores do edifício. Medida esta que facilita no dia a dia do funcionário em questão de tempo, já que não precisaria periodicamente se deslocar até o tanque ou à casa de máquinas para certificar que tudo está funcionando da maneira correta.

Com o passar dos anos, os sistemas de abastecimento e distribuição de água nos prédios precisam de reparos para continuar atendendo os condôminos. Porém na maioria das vezes os vazamentos ocorrem em tubulações internas as paredes por isso tratam-se de um perigo invisível. Consequentemente, o condômino muitas das vezes não se preocupa com a manutenção periódica do sistema de abastecimento de água, até que ocorra um vazamento de maior proporção e que exija a manutenção imediata.

Assim sendo, faz-se necessário monitorar o consumo contínuo do edifício para certificar de que não há nenhum vazamento. Além disso, manter atualizado o consumo para evitar surpresas indesejáveis no final do mês, já que normalmente a tributação ocorre da diferença de leituras entre o início do mês em vigor e o início do mês subsequente.

Em busca de unir todas as tarefas em apenas um único sistema, os sistemas de acionamento das bombas, monitoramento do consumo total do condomínio e os alarmes de mau funcionamento dos instrumentos, estarão todos incluídos no supervisório. Cada subsistema mesmo que funcione de forma independente, será demonstrado e controlado pelo sistema integrado de supervisão, justamente para diminuir a carga de trabalho envolvida em comparação com a operação manual de cada um dos elementos existentes nos subsistemas.

Ou seja, o trabalho busca demonstrar o funcionamento de um sistema completo de abastecimento de água em um edifício, composto pelo monitoramento do nível do reservatório do prédio, da vazão geral utilizada pelos condôminos ao longo do tempo e da automação das bombas para abastecimento do reservatório.

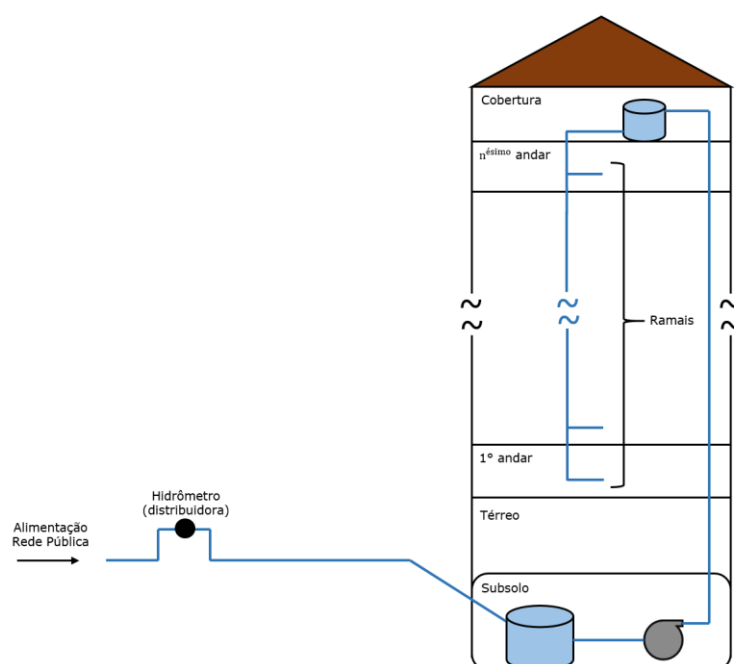
Será acrescentado o mecanismo de acesso remoto a este sistema, o qual facilita o usuário a ter à disposição informações em tempo real sem a necessidade de estar fisicamente no local da planta supervisionada para acionar um equipamento ou verificar o funcionamento do processo. O operador do sistema também terá em mãos todos os dados referentes ao andamento do sistema de abastecimento de água, tanto do consumo como de um possível vazamento.

A atualização de dados da planta utilizando um sistema remoto ocorre em tempo real e fornece detalhes do processo para o usuário. O software utilizado para tal simulação é o LabVIEW, por se tratar de um aplicativo com um ambiente virtual de fácil manipulação e operação, o operador que for utilizá-lo não precisa de uma capacitação técnica. O LabVIEW é um software reconhecido por aplicações de instrumentação, porque possui uma interface gráfica com o operador e sua operação é bem intuitiva, possibilitando ao operador controlar e monitorar o processo de um local remoto.

## 2. O sistema e seus componentes

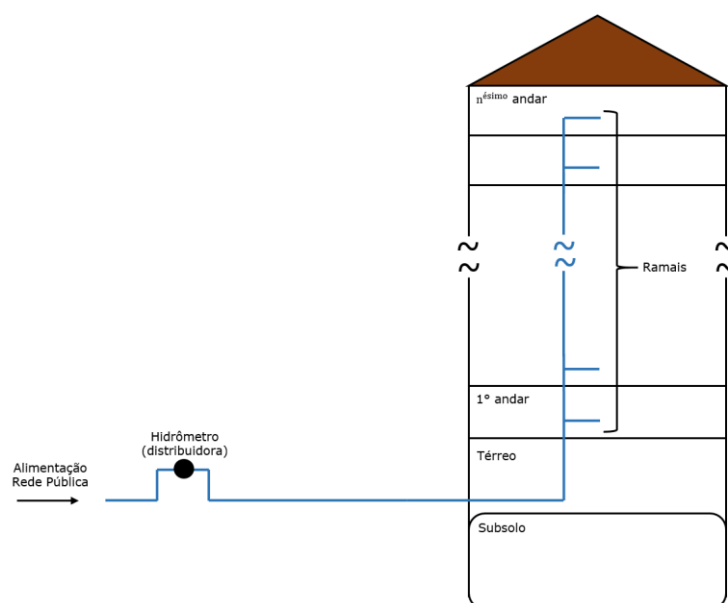
O sistema de abastecimento de água é composto por vários componentes e tem o seu arranjo bem definido. O abastecimento de água em um prédio tem início na alimentação de água através da rede pública que percorre um hidrômetro. Este hidrômetro é utilizado para medir o quanto de água a distribuidora enviou ao condomínio, a partir deste ponto qualquer vazamento que estiver ocorrendo é de responsabilidade do consumidor, no caso o condomínio.

Em seguida, a água que fora bombeada pela concessionária flui para um tanque localizado em um andar inferior, ou subsolo ou até mesmo no térreo do condomínio. A água estocada neste reservatório é bombeada para um outro tanque que posicionado no topo do edifício o qual irá abastecer. A partir deste tanque um tubo percorre todos os andares do edifício, e para cada apartamento deste prédio há um ramal que abastece cada residência. A Figura 2 demonstra o arranjo explicado.



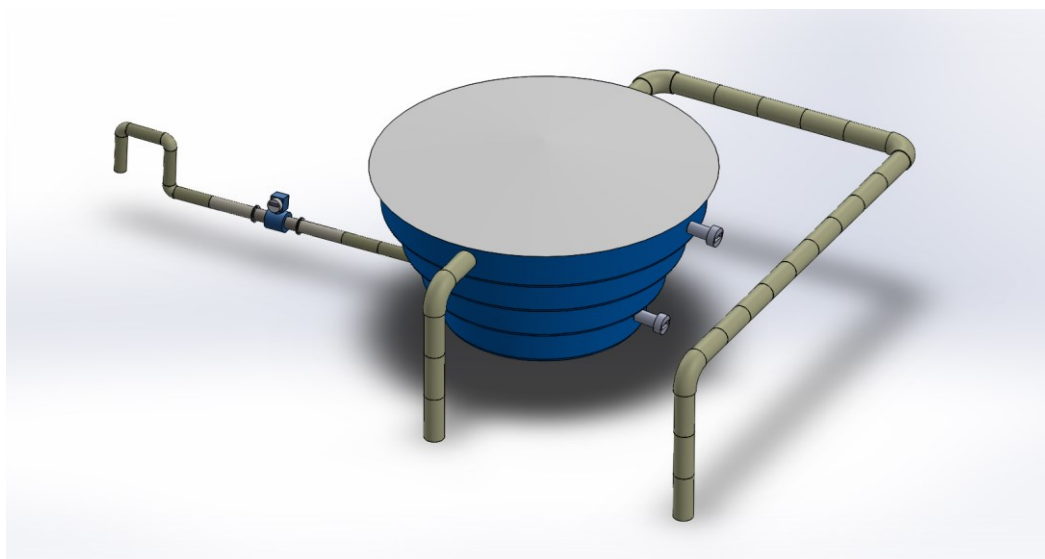
**Figura 2: Arranjo de abastecimento de água predial. Fonte: Própria.**

Este tipo de configuração discutido é largamente utilizado nos projetos de edificações, mas pode haver certas modificações ou derivações dependendo de onde este sistema irá ser instalado. Por exemplo: a instalação de um canteiro de obras, que pode ser apontado como um pequeno edifício, dependendo da dimensão da obra, mas que independente disso é considerado temporário. E seu abastecimento pode ser feito de maneira direta, como é visto na Figura 3. Esse arranjo específico é perigoso de maneira que está mais suscetível a falta de água se ocorrer algum problema no abastecimento de água pela concessionária distribuidora local. Em virtude desta possível falha, até mesmo esse tipo de empreendimento temporário adota o uso de tanques menores no alto do prédio ou do alojamento.



**Figura 3: Arranjo de abastecimento direto. Fonte: Própria.**

No sistema abordado pelo trabalho será utilizado o arranjo convencional, que irá contar com além dos tanques superior e inferior, duas bombas, duas chaves detectores de nível e um transmissor de vazão. Todos esses componentes tem uma finalidade específica, e serão explicados mais a diante cada uma delas. A Figura 4 demonstra como está organizado o tanque superior e os instrumentos complementares no topo do edifício, todos estes componentes devem estar presentes no topo do edifício.



**Figura 4: Organização de parte do sistema no topo do edifício. Fonte: Própria.**

### **a. Finalidade dos componentes**

Cada um dos componentes do sistema tem uma função determinada, mas que podemos separar em ativos e comuns. O tanque de armazenamento de água é considerado comum pois não há nenhum tipo de comunicação com o sistema, apesar de acumular a água e ser o agente final de controle do sistema. A chave detector de nível é classificada como ativo, pois há um tipo de comunicação com o sistema, que informa se foi detectado água ou não.

A função do tanque superior e inferior do sistema de abastecimento de água é armazenar água em seu interior, ou seja, seu papel é de estocagem. Isto ocorre para que caso ocorra uma falha no sistema

público de distribuição de água, os moradores não sofram imediatamente com esta falha. Sendo possível suprir a necessidade dos condôminos com a utilização do volume dos tanques superior e inferior do condomínio.

Em alguns edifícios é utilizado apenas o tanque superior para estocagem, ou por falta de espaço físico ou até mesmo pelo custo envolvido. O custo deste tipo de aquisição é relativamente baixo, mas a sua manutenção e/ou limpezas periódicas podem inflar as contas do condomínio ao final do mês, principalmente se o número de moradores for reduzido e os moradores forem mais humildes, visto que uma pequena alteração na cota condominial é relevante no orçamento de cada morador. Independente disto, equipando o edifício com dois tanques para estocagem a segurança será maior.

As chaves detectores de nível funcionam como uma lâmpada, ou seja, havendo presença de água no ponto de prova desse instrumento a lâmpada irá ficar acesa, e quando não houver água atingindo a extremidade da chave, a lâmpada permanecerá desligada. Essas informações são essenciais para o controle de nível do reservatório.

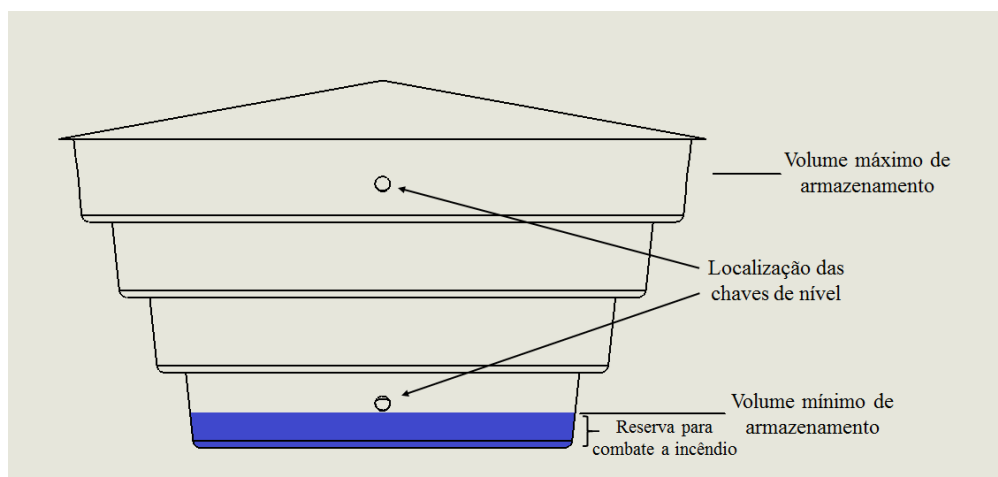
Esta chave eletrônica tem o princípio de funcionamento baseado em vibração. A ponta de prova é composta por 2 garras que formam uma espécie de garfo. Uma dessas garras vibra em uma frequência, que quando em contato com algum líquido altera as propriedades do instrumento e passa a vibrar em outra frequência, essa variação é detectada pela outra garra. A eletrônica do instrumento faz a comparação entre a frequência atual e a calibrada anteriormente e envia uma reposta informando a detecção ou não do líquido na ponta de prova do instrumento.



**Figura 5: Chave detectora de nível do tipo vibratória. Fonte: Velki.**

Como a chave de nível não exige uma eletrônica muito sofisticada e já é bastante difundida atualmente, serão utilizadas duas chaves do tipo vibratória compacta para a detecção de nível. A decisão por este produto foi baseada no tipo de fluido de trabalho (água), na confiabilidade que o instrumento tem, além da segurança fornecida por se tratar de um instrumento robusto, e pelo preço, que gira em torno de R\$ 80,00 até R\$ 460,00.

A instalação dessas duas chaves deverão ser feitas ao lado do reservatório, em duas posições estratégicas. Como todo edifício, por restrição, deve armazenar um volume de reserva de água para o combate a incêndio, uma maneira de não afetar a distribuição de água para o edifício, é colocar a tubulação de saída de água do tanque superior logo acima do nível de água destinado a incêndio. Assim o sistema fará com que o nível no tanque não alcance a reserva. A outra chave deverá ficar um pouco abaixo da borda do tanque, assim como mostra a Figura 6.



**Figura 6: Disposição das chaves de nível no tanque. Fonte: Própria.**

Não há uma regulamentação de como estocar este volume de água de combate a incêndio, por isso o armazenamento deste volume no tanque superior de distribuição é aceito. Há também outro tipo de configuração, a estocagem deste volume em outro tanque secundário que seja solidário a este tipo de ação.

Outro equipamento utilizado é a bomba. A bomba tem a função de elevar um volume de água do tanque inferior para o tanque superior. É mais vantajoso bombear água para um tanque superior do que permanecer com a bomba funcionando continuamente para o abastecimento do edifício inteiro, por isso utiliza-se o tanque no andar mais alto do edifício e a com a gravidade o abastecimento ocorre naturalmente.

Assim como no caso dos tanques, a utilização de apenas uma bomba é comum nos edifícios. Contudo, na utilização de apenas uma bomba pode haver a ocorrência de uma falha elétrica ou até mesmo em um período de manutenção, o abastecimento do tanque superior do edifício com água ficar comprometido, e assim podendo ocasionar a falta d'água. Por isso, é aconselhável a utilização de duas bombas, sendo uma a bomba principal e uma outra de reserva. Apesar da bomba reserva ter a função de respaldo, é necessário que a cada 15 dias cada uma das bombas sejam ligadas e permaneçam por pelo menos uma hora, esta é uma exigência para manter o ótimo funcionamento da bomba durante toda sua vida útil.

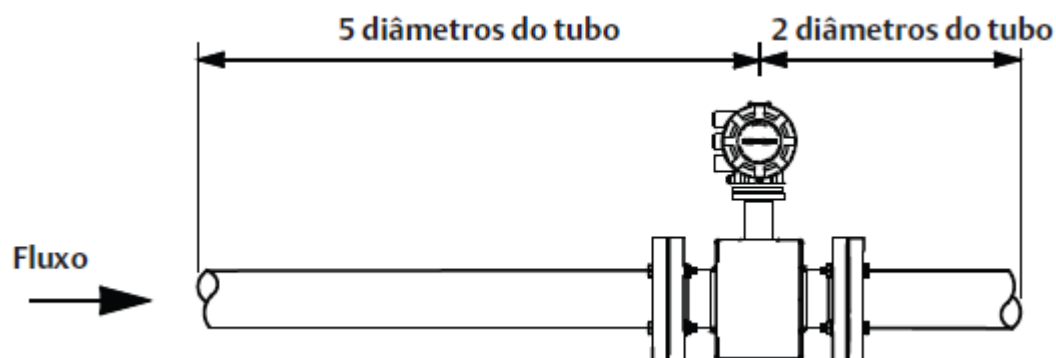
Para a escolha de qual bomba obter, devem ser feitas algumas análises. As especificações de qual bomba utilizar variam de acordo com a altura total do edifício, o consumo médio de água do prédio, o diâmetro da tubulação e a vazão que deseja bombear. É bom levar em consideração também o consumo de energia elétrica já que este equipamento costuma operar durante 4 horas em média até encher o tanque de água. É aconselhável que ambas as bombas tenham as mesmas especificações para que o sistema não fique sobrecarregado no período de alternância.

O último e não menos importante é o transmissor de vazão. Este instrumento não é utilizado nos arranjos de abastecimento dos condomínios, pois se trata de uma redundância já que a medição de água ocorre no hidrômetro fornecido pela concessionária de abastecimento do município. Mas que no caso do projeto será essencial, porque além de ser um medidor mais confiável também poderá ser feito o acompanhamento contínuo do consumo.

O transmissor utilizado na entrada de cada edifício é o do tipo turbina, e na leitura deste transmissor está embutida a informação da vazão de água mais ar, ou seja, é uma leitura errônea. Sabendo que o fluido de trabalho é a água e que sua condutividade elétrica é alta, foi optado pelo medidor de vazão magnético porque também se trata de um transmissor mais fiel nas medições.

O funcionamento do transmissor de vazão do tipo magnético é baseado na lei de indução de Faraday, ou seja, quando um condutor elétrico, no caso específico a água, se move num campo magnético cortando as linhas de campo forma-se uma força eletromotriz no condutor. Esta força elétrica é proporcional a velocidade do condutor, e como já se sabe o diâmetro do instrumento, é possível obter a vazão volumétrica que percorre o equipamento.

A instalação desse tipo de instrumento leva algum cuidado, é necessário que haja um trecho reto de tubulação antes e depois do medidor, exemplificado pela Figura 7. É necessário ter pelo menos à montante 5 diâmetros e à jusante 2 diâmetros, esta exigência é feita pela API (*American Petroleum Institute*) para que as leituras não sejam afetadas por uma possível turbidez presente no escoamento [ref.10, pg.71]. Além disso, é necessário também que a tubulação onde o instrumento está inserido esteja totalmente cheia de líquido, com isso após o trecho reto à jusante do instrumento deverá ser colocado uma espécie de sifão.



**Figura 7: Diâmetros de trecho reto à montante e à jusante. Fonte: American Petroleum Institute.**

O transmissor de vazão como qualquer instrumento eletrônico necessita de alimentação elétrica. Por isso deverá haver um ponto de alimentação no topo do edifício onde o sistema irá permanecer. No caso específico serão alimentados as chaves de nível, o transmissor de vazão e o microcomputador responsável pelo monitoramento do sistema e a transmissão de dados para a central de controle do condomínio.

### 3. O sistema supervisório

Os sistemas supervisórios permitem que sejam monitoradas e rastreadas informações de um processo produtivo ou instalação física. Tais informações são coletadas através de equipamentos de aquisição de dados e, em seguida, manipuladas, analisadas, armazenadas e posteriormente, apresentadas ao usuário através de uma interface gráfica. Esses sistemas também permitem ao usuário enviar comandos para que determinados atuadores influenciem de alguma forma no processo.

Essas informações são as medições das variáveis de processos envolvidas na planta, por exemplo, pressão, nível, pH. Essas medições são realizadas por instrumentos localizados no campo. Assim como são enviadas informações para o supervisório, o usuário através do supervisório, também pode enviar um comando para intervir de alguma forma no processo. Como exemplo uma válvula de controle, que reconhece o comando enviado pelo usuário e executa a ação submetida. Geralmente, as atuações nos processos ocorrem de maneira automática, justamente para minimizar o tempo de tomada de decisão ou um eventual erro.

O supervisório desenvolvido contém algumas lógicas independentes que quando operando em conjunto conseguem controlar o sistema. Adiante será explicada, por tópicos, a finalidade de cada lógica envolvida.

#### a. Nível do tanque

Os tanques variam de nível a todo o momento, seja por decréscimo, havendo consumo da água estocada, ou seja por acréscimo, bombeamento de água. Para que o edifício não fique vulnerável tanto a falta d'água ou desperdício de água, é necessário que haja um controle desse nível dos tanques.

Para evitar que falte água aos moradores é bom que sempre tenha água no tanque, mas o nível do tanque em algum momento chegará ao seu nível mínimo, que no caso é o de reserva para incêndio estipulado pelo corpo de bombeiros e que deve permanecer em estoque, neste limite é onde uma das chaves de nível deverá ser posicionada. Assim que a água atingir este limite inferior, a bomba deverá ser ligada automaticamente. Ou seja, assim que a chave de nível parar de detectar água em sua ponta de prova, a bomba será acionada.

A bomba irá então bombear água do reservatório no piso inferior do prédio (térreo ou subsolo) para o tanque superior, até que em algum momento a água do tanque atinja a segunda chave de nível. Assim, quando for detectada água no segundo sensor, a lógica do sistema deverá enviar um comando de desligamento das bombas. Essa interrupção é necessária, justamente para que não ocorra o vazamento de água pelo ladrão.

#### b. Detecção de vazamento

A lógica envolvida para detectar um possível vazamento é baseada no monitoramento contínuo do consumo de água do prédio durante toda a madrugada. Sabendo que durante o período da madrugada o consumo de água é consideravelmente baixo, a busca por vazamentos será realizada durante a janela de horário de 2 horas da manhã até umas 5 horas da manhã. É claro que nesse intervalo poderá haver algum morador utilizando o chuveiro, a pia, ou qualquer outra forma de utilização de água, por isso a lógica deve perseguir o tipo de vazamento ininterrupto.

Um alerta primário é acionado quando o consumo é maior do que zero e com duração de mais de quarenta minutos até uma hora. Se o mesmo alerta permanecer durante pelo menos dois dias consecutivos aí sim o usuário do supervisório é alertado sobre o possível vazamento. Em seguida, é dever do operador buscar pelo vazamento nas áreas comuns do condomínio e alertar os moradores sobre a ocorrência.

A busca por vazamentos no horário usual, de 5 horas da manhã até as 2 horas da manhã do dia seguinte, é mais complicada de ser feita por causa da grande variação no consumo de água. O código para este tipo de detecção deverá ser mais robusto e invulnerável a variações. O trabalho não abrangerá a detecção de vazamentos neste horário.

### c. Manutenção dos instrumentos eletrônicos

Como todo instrumento eletroeletrônico é necessário que sejam feitas manutenções periódicas para manter a confiabilidade nas medições e que em caso de falha do instrumento, o mesmo possa ser substituído sem que cause maiores complicações. Claro que é inevitável que um problema desse ocorra em meio ao período de manutenção. Por isso o supervisório deverá ter embutido um tipo de detector de falhas de operação dos instrumentos.

O transmissor de vazão por operar de 4 a 20 [mA] já é propenso a informar um caso de falha de operação. Ou seja, se o transmissor enviar um sinal inferior a 4 [mA] indica que o instrumento não está funcionando corretamente ou falta alimentação e necessita de algum tipo de reparo. No caso das chaves de nível, é um pouco mais complicado detectar a falha da chave superior já que não há redundâncias no sistema.

No caso da chave de nível inferior falhar, não enviar o sinal de detecção de água, e a chave de nível superior informar que há água naquele nível onde o instrumento está localizado, as bombas deverão parar imediatamente e um alerta será acionado indicando a manutenção da chave de nível inferior. Para a detecção de falha da chave superior é mais complicado, pois na situação de defeito do instrumento as bombas irão permanecer operando ocasionando o transbordamento do reservatório de água.

Para contornar este problema, diversos locais optam por adquirir mais uma chave de nível por redundância, agregando mais segurança ao processo de abastecimento de água. Com uma terceira chave fixada um pouco acima da antiga chave superior, se for detectado água nesta nova chave e ocorrer falha de detecção da antiga chave superior, as bombas serão desligadas e um novo aviso deverá informar o operador de que a chave de nível superior apresentou defeito e precisa ser reparada.

### d. Monitoramento do consumo

No intuito de manter o funcionário informado sobre o quanto está sendo consumido durante todo o tempo, na interface do sistema supervisório estará disposto um gráfico indicando a vazão de consumo de água em tempo real. Desse jeito será possível visualizar o momento que mais demanda água e com isso realizar uma estratégia para tentar minimizar o seu gasto com aquela tarefa que esteja consumindo muita água.

Além disso, o supervisório informará ao funcionário sobre o consumo total desde o início do mês. Assim a gerência do condomínio poderá realizar análises das despesas de acordo com os dados do consumo real de cada mês, já que nem sempre um leiturista da distribuidora consegue ir ao edifício dentro do prazo para confirmar o consumo mensal. Muitas vezes a cobrança é feita por uma média de contas anteriores e após a visita do leiturista, a nova cobrança virá com o excedente acrescido ou abatido.

### e. Atualização do relatório

Sabendo que não haverá em tempo integral um funcionário do condomínio acompanhando o funcionamento do sistema de abastecimento pelo supervisório, foi desenvolvida uma maneira que facilitasse o acesso a todos os dados que forem convenientes através de um relatório. Ou seja, de tempo em tempo são armazenados dados do funcionamento do sistema no relatório.

A função do relatório é fornecer um banco de informações de como o sistema está naquele momento. Esse relatório pode conter informações do consumo naquele determinado horário, se algum equipamento sofreu algum problema súbito, que bomba está operando, seria de escolha do condomínio que tipo de elemento o mesmo gostaria que estivesse sendo acompanhado e enviado ao relatório.

Esse tipo de relação de dados pode servir de base para diagnóstico de algum problema suspeito que esteja ocorrendo, mas que não faz parte do supervisório. Por exemplo, a demora do abastecimento do tanque superior por diversas vezes junto ao baixo consumo, pode indicar um problema de eficiência no funcionamento da bomba que esteja operando. Uma das grandes vantagens é o relatório gerado pode ser acessado a qualquer instante, ou seja, podem ser feitas diversas análises com o sistema supervisório *off-line*.

#### **f. Modo de operação**

Como foi descrito anteriormente que o funcionamento das bombas deve ser intercalado de mais ou menos uma semana, foi colocado uma opção de escolha do operador que pode optar por manter o sistema operando de maneira automática ou manual. No método automático, como já diz o nome, o operador não precisa executar nenhum tipo de operação direta. No modo automático o operador tem o poder de escolher qual bomba deverá ser acionada em primeira instância, é a chamada bomba principal, desse jeito o operador pode alternar o funcionamento entre uma bomba e outra.

Já no tipo manual, o usuário do supervisório é responsável por qualquer ação que desejar ser tomada na planta. Caso o nível esteja alcançando o mínimo estipulado, o mesmo permanecerá caindo se nenhuma ação for tomada. Porém no caso contrário, do nível de água estar subindo e podendo ocasionar um transbordamento, assim que a chave de nível detectar água, as bombas serão desligadas. Uma medida de segurança para evitar o desperdício de água.

#### 4. O acesso remoto ao supervisório

Acesso remoto é uma conexão através da rede entre um computador local e um computador remoto para efetuar alguma tarefa. O acesso remoto oferece ao usuário uma interação em tempo real com laboratórios, plantas industriais e equipamentos, tanto no controle instrumental quanto no monitoramento dos resultados. E isso vem se tornando possível, pois há várias tecnologias de redes de computadores que vêm sendo desenvolvidas e ampliadas, de forma a garantir o melhor desempenho e segurança dos serviços implementados.

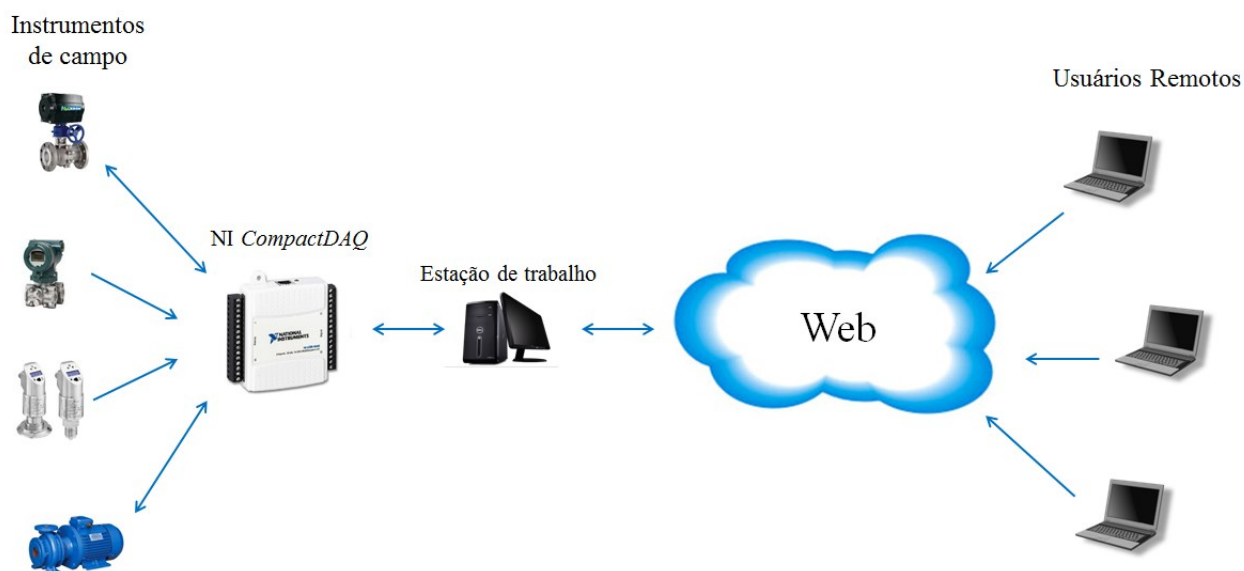
Muitas plantas industriais possuem inúmeras vezes, uma infraestrutura única de equipamentos e softwares, de alto custo, que envolve um processo todo controlado que necessita de elevado cuidado, e localizado em ambientes de acesso restrito. Para o acesso a esta infraestrutura, de forma cômoda e ágil, estes laboratórios permitem aos usuários desenvolverem experimentos remotamente. Para isto, é necessária a autorização do uso destes equipamentos de forma efetiva e compartilhada, de forma a explorar o potencial destes equipamentos.

Neste sentido, é possível desenvolver uma infraestrutura para instrumentação remota, por meio da implementação de interfaces de acesso e gerenciamento de usuários. Essas interfaces de acesso caracterizam um laboratório virtual (via software) que permite desenvolver experimentos em equipamentos reais via Internet.

O projeto em questão consiste na transmissão de dados em tempo real da planta de processo, no caso o sistema de abastecimento de água de um edifício, para um sistema supervisório localizado na sala de supervisão geral do condomínio. Sendo que para efeitos de demonstração da simulação será utilizado o software *LabVIEW*, este aplicativo já possui uma boa interface gráfica com o operador o que facilita a sua visualização e utilização.

##### a. Estrutura do sistema

O sistema possui um arranjo padrão, comumente utilizada por laboratórios de pesquisa. Por se tratar de um projeto de pequeno porte e de controle relativamente simples, esta estrutura adotada foi suficiente.



**Figura 8: Arquitetura do sistema utilizada. Fonte: Própria.**

É possível observar que os instrumentos localizados na área de processo físico estão interligados a um *NI CompactDAQ* (placa de aquisição de dados da *National Instruments*) via cabos simples de um par por sensor ou atuador. Esta placa *DAQ* por sua vez se comunica com um computador localizado na estação de trabalho através de um cabo com comunicação em USB. Para este projeto, o *LabVIEW* é o software utilizado para a programação virtual, onde será realizado o processamento dos dados de entrada e os dados de saída. É também este micro que irá desempenhar a função de servidor para o acesso remoto de outros usuários.

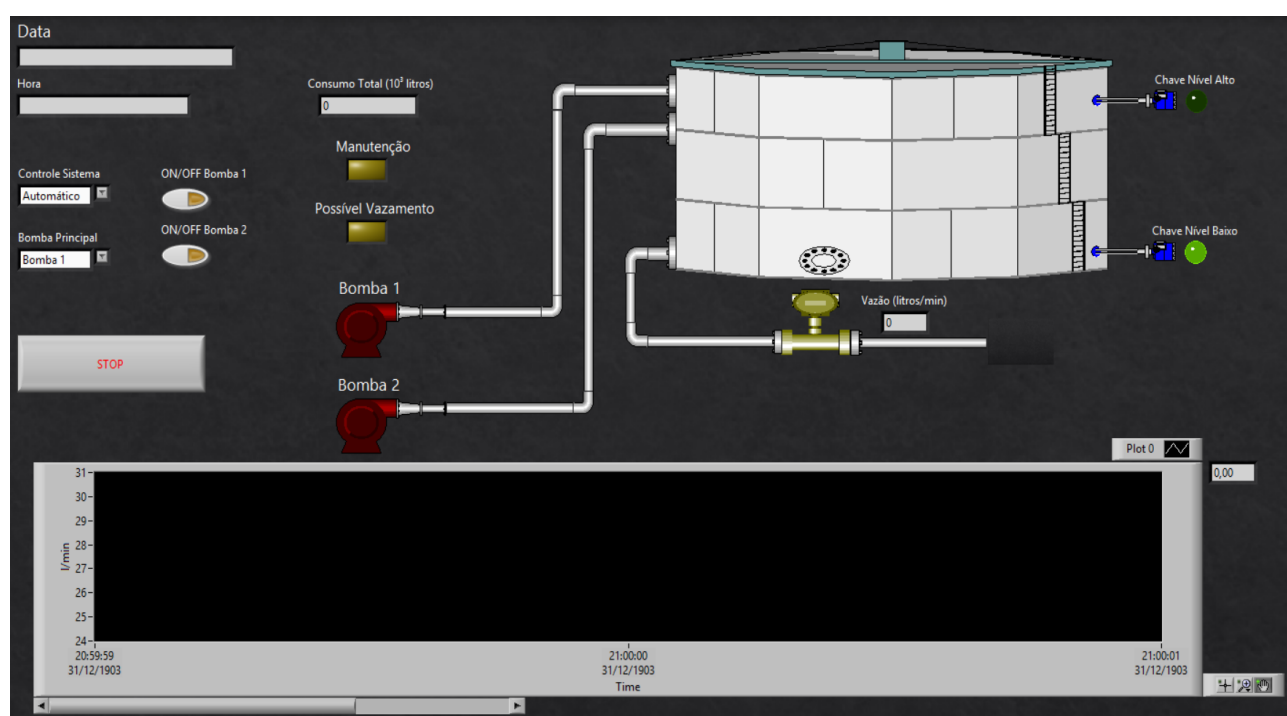
Este micro da estação de trabalho estará conectado a internet enviando e recebendo dados da Web. De modo que diversos usuários externos, devidamente autorizados, possam ter acesso a estas informações do processo em operação. As permissões aos usuários externos são feitas nas configurações internas do próprio LabVIEW, onde pode-se escolher entre dar permissão para determinado IP do usuário que faz o acesso, ou por senha que o usuário deverá digitar.

É importante deixar claro que todos os usuários externos que desejam acessar o supervísório via Web, devem possuir instalado o módulo LabVIEW *Real-Time*, é um tipo de *plug-in* para o Web Browser gerar a imagem do painel frontal do supervísório e poder firmar a comunicação entre o usuário externo e o servidor. Esta requisição pode ser vista como uma desvantagem, já que não é possível acessar as informações da planta com apenas um endereço da internet. Mas em contraproposta, isto fornece um tipo de segurança, que eleva um pouco a confiabilidade do sistema, que eleva a confiabilidade do sistema.

## b. Interface homem-máquina

Todas as informações que serão processadas no sistema, tanto os dados de entrada como os dados de saída, poderão ser acompanhados em tempo real pelo painel frontal do software utilizado para tal simulação, no caso o *LabVIEW*. Esta tela é a maneira com que o usuário pode interagir com o sistema, e por ser colorida e gráfica, facilita na manipulação do usuário que não precisa de alta capacidade para operar.

Na Figura 9 está demonstrado o arranjo do *IHM* do sistema de abastecimento de água, que foi totalmente personalizado. É possível ver a figura das duas bombas, das chaves de nível, do gráfico com o consumo em tempo real, e outras informações.



**Figura 9: Tela de interface do operador com o sistema. Fonte: Própria.**

Além dessa tela disponível para os usuários remotos, também é possível acessar via web um relatório com as informações do funcionamento do sistema. Este documento também é retido no próprio microcomputador que exerce o papel de servidor para que tenha como *backup* todos os dados que estão sendo enviados. A Figura 10 exemplifica como o relatório está organizado, com data, hora e consumo, sendo que a cada segundo a informação é retida para ser atualizado no relatório.

Histórico Consumo Água.txt - Bloco de notas

Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda		
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:38	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:39	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:40	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:41	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:42	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:43	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:44	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:45	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:46	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:47	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:48	0,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:49	80,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:50	80,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:51	80,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:52	80,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:53	80,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:54	84,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:55	85,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:56	92,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:57	96,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:58	96,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:34:59	96,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:35:01	91,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:35:02	89,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:35:03	86,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:35:04	84,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:35:05	81,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:35:06	78,00
segunda-feira, 29 de junho de 2015	22:35:07	78,00

Figura 10: Relatório gerado. Fonte: Própria.

### c. Lógica do sistema

O código de todo o projeto é responsável pelo processamento das informações de entradas para gerar as devidas saídas. Pode ser visto que, apesar do sistema não ser tão complexo, o seu código é amplo e por isso algumas medidas foram adotadas para otimizar o processamento do código do sistema. O código, em diagrama de blocos, foi dividido em 3 partes basicamente: uma sendo a fase de aquisição de dados a cada ciclo; uma outra parte responsável pela lógica do acionamento das bombas e do vazamento; e a última parte referente a atualização do gráfico no IHM (Interface Homem-Máquina) e geração dos relatórios, tanto via web como o de *backup* no servidor.

Na primeira parte, é visto somente a aquisição de dados do sistema. Este espaço dedicado para recebimento e envio de dados à placa *NI CompactDAQ* é feito para aumentar a velocidade do programa como um todo, acelerando o processamento.

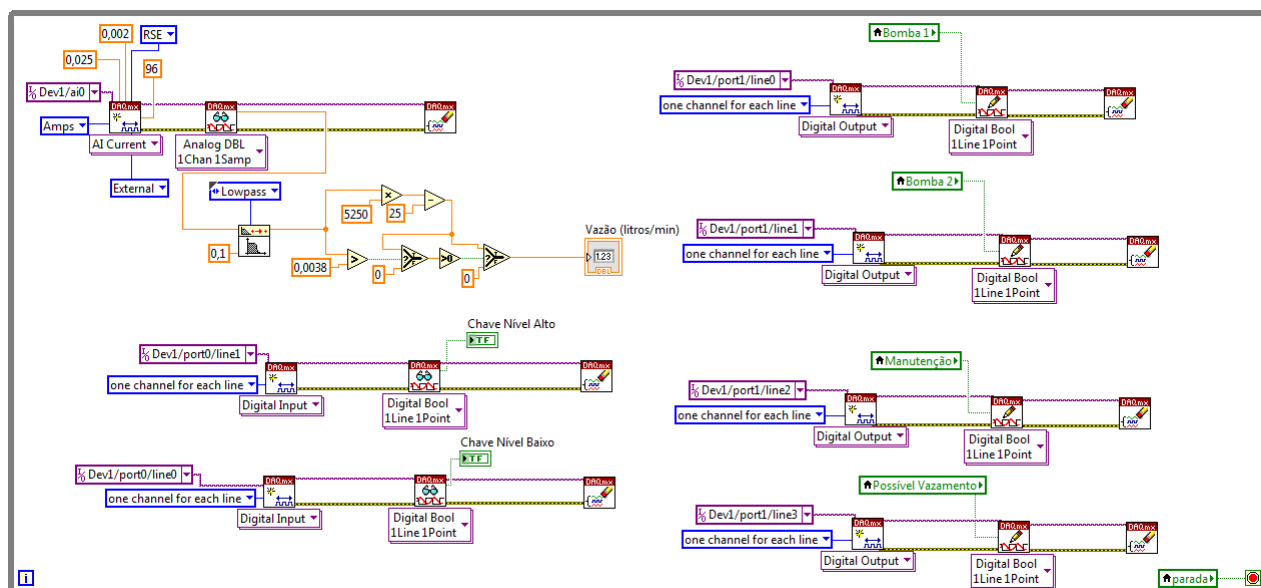


Figura 11: Disposição do diagrama de blocos. (Parte 2) Fonte: Própria.

O conjunto da Figura 12 refere-se ao funcionamento da lógica de acionamento das bombas e de detecção de um possível vazamento. É possível ver que o bloco que realmente faz este processamento está contido em outro VI, mas que para efeitos de demonstração a organização dos blocos é suficiente.

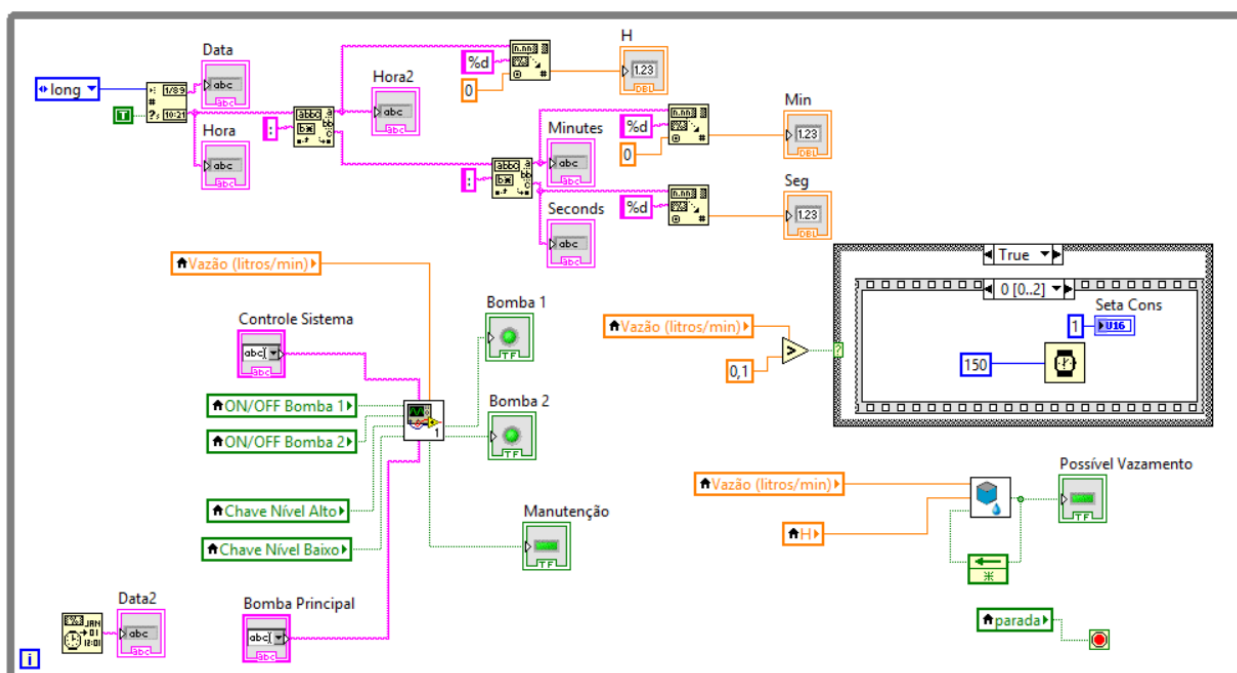


Figura 12: Disposição do diagrama de blocos. (Parte 2) Fonte: Própria.

Já no conjunto da Figura 13, Figura 14 e Figura 15 é tratado parte da dinâmica do funcionamento manual como a geração dos relatórios e a atualização do gráfico representado no painel frontal do LabVIEW, ou seja, IHM. Nesta parte também são feitas algumas atualizações dos elementos mais gráficos do sistema do tipo setas e LEDs pulsantes na tela do operador.

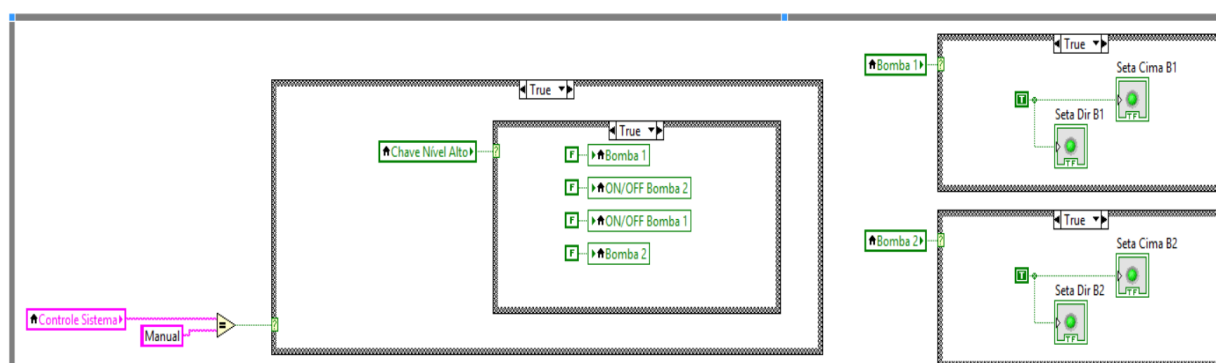


Figura 13: Disposição do diagrama de blocos. (Parte 3.1) Fonte: Própria.

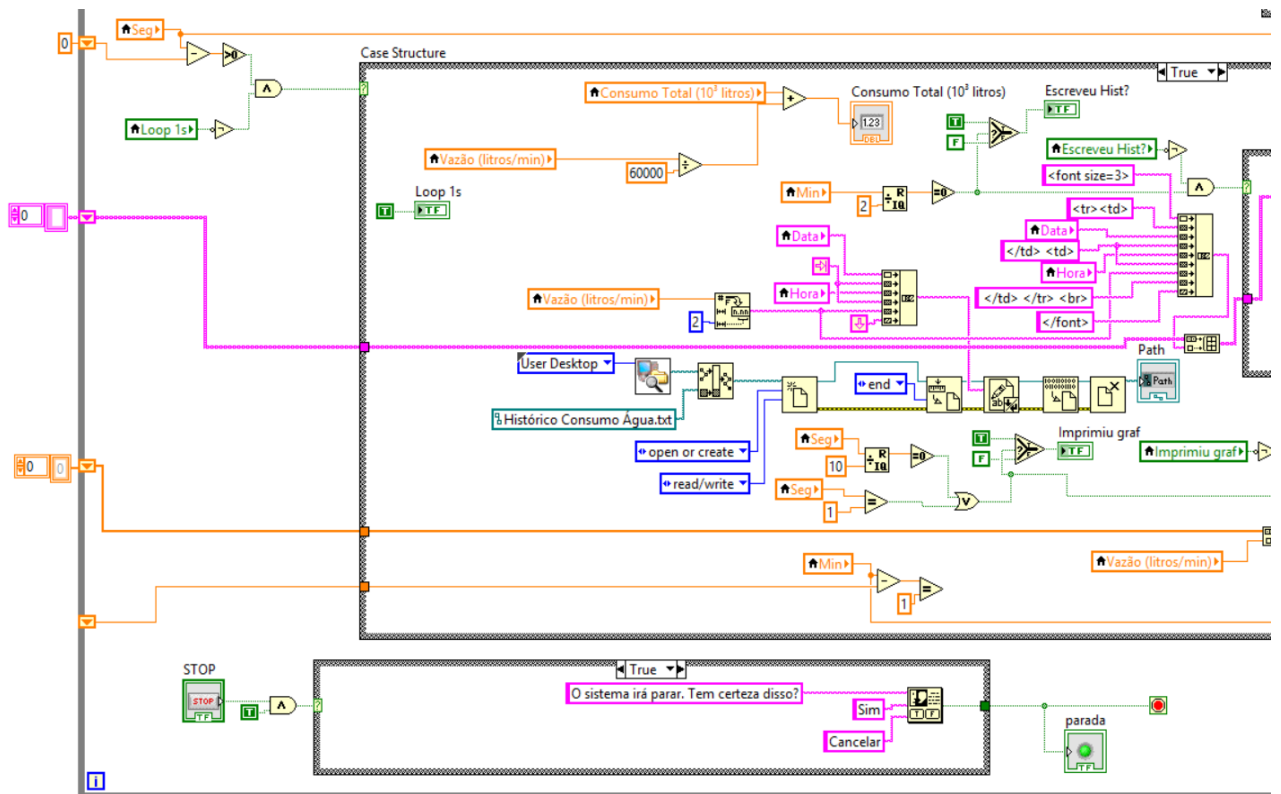


Figura 14: Disposição do diagrama de blocos. (Parte 3.2) Fonte: Própria.

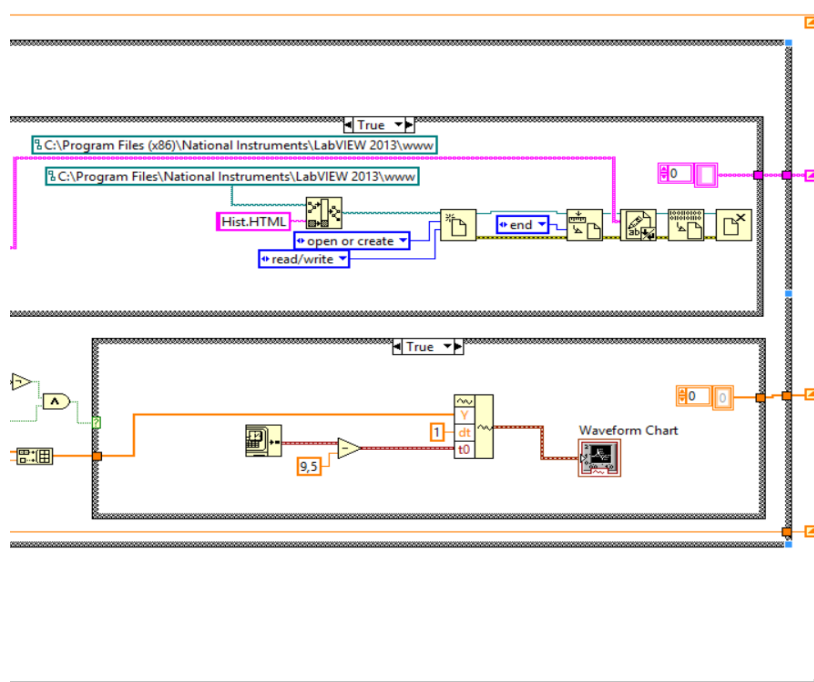


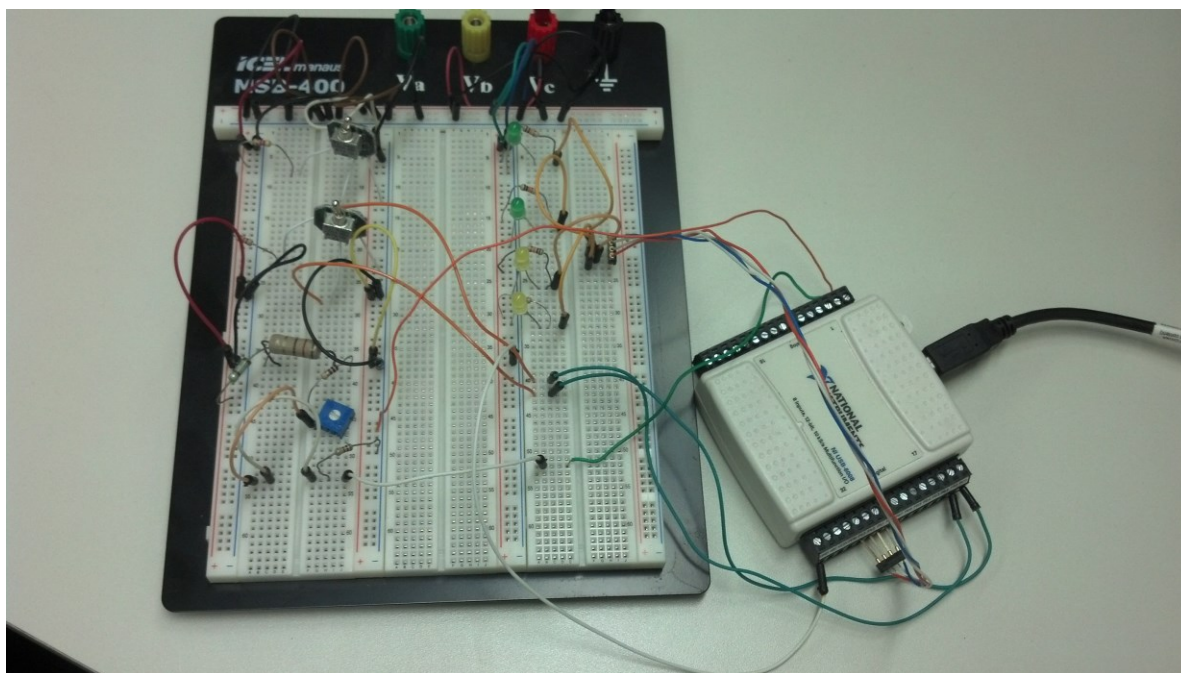
Figura 15: Disposição do diagrama de blocos. (Parte 3.3) Fonte: Própria.

#### d. Arranjo físico

Para demonstrar o funcionamento do trabalho, foi preparado uma placa com LEDs, chaves on-off e diversos resistores. Os LEDs verdes assumiram o papel das bombas, enquanto os LEDs amarelos a função dos alarmes gerados. As chaves de nível tiveram o comportamento demonstrado pelas chaves on-off dispostas na placa eletrônica. Um potenciômetro descreve o funcionamento do transmissor de

vazão. Todos esses componentes são interligados ao *NI CompactDAQ* que por sua vez é conectado ao micro computador (servidor).

De acordo com o andamento da simulação, foi possível verificar se esses elementos físicos respondiam da forma esperada. Se as bombas quando acionadas no *IHM*, os *LEDs* se acendiam, se quando havia variação do potenciômetro era visto a mudança no supervisor. Essas simplificações são válidas para demonstrar o funcionamento do sistema como se estivessem em operação no campo.



**Figura 16: Organização eletrônica do sistema para simulação. Fonte: Própria.**

## 5. Conclusão

O objetivo do projeto foi desenvolver um sistema supervisor que fosse possível integrar algumas funcionalidades existente em um condomínio, tanto residencial como empresarial, para facilitar o controle sobre o funcionamento do condomínio. Este poderia ser um produto comercializável, especialmente para condomínios grandes onde possuem um número elevado de edifícios. E a integração dos subsistemas de cada edifício a um único supervisor, localizado em uma sala de controle geral, facilitaria o controle e o monitoramento de cada um.

Além disso, é possível aumentar o número de variáveis a serem monitoradas no edifício, ou seja, se dentro do condomínio existir um tratamento de esgoto, ou um pequeno sistema de armazenamento de água de chuva, e até mesmo o monitoramento do consumo de energia elétrica. Esta integração de sistemas aproxima-se ainda mais do conceito de *smart metering*.

Também seria legítimo um melhoramento do projeto, tanto em software como em hardware. Há diversos métodos de otimização do código que aumentaria a velocidade de processamento do sistema sem o real objetivo do mesmo. Em questão de hardware, a placa *NI CompactDAQ* junto com o microcomputador poderiam ser substituídos por um micro-controlador com um conector WIFI via USB. Qualquer um dos micro-controladores seja Arduino, Raspberry PI, ou outro já possuem entradas USB que habilite a conexão a uma rede WIFI, permitindo a transmissão de dados para a central. Essas mudanças gerariam uma economia no projeto aumentando sua viabilidade.

Numa visão didática, o conteúdo abordado neste trabalho tem elevado grau de importância, especialmente no tema sobre o acesso remoto, que disponibiliza o monitoramento e o controle em tempo real da planta em operação. Ao longo de sua elaboração foi possível aliar as três principais competências que formam a Engenharia de Controle e Automação, são elas: a programação, transferir uma rotina que deve ser realizada, em linhas de código; a instrumentação física, saber que tipo de instrumento utilizar dependendo do processo envolvido; e a transformação da parte teórica aprendida em prática, análise crítica em geral, saber o que está ocorrendo no processo através das medições e tomar determinadas ações para manter o funcionamento em ordem da planta.

## Referências Bibliográficas

- [1] Filho, Carlos Fernandes de Medeiros. **Abastecimento de Água**. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba.
- [2] de Holanda, Marcos Antônio Arruda Guerra. **Medição individualizada em edifícios residenciais: Controle e Redução do consumo de água potável**, 2007. Universidade Católica de Pernambuco, Recife.
- [3] Biancolini, Leonardo. **Controle de uma planta de processo de nível através de sistema remoto utilizando LabVIEW**, 2009. Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), Curitiba.
- [4] Oliveira, Jéssica; Júnior, Sandro; Calazanz, Julio; Da Silva, Jailson. Rodrigues; Witor. Sampaio, Ricardo. **Desenvolvimento da plataforma do laboratório de acesso remoto e instrumentação virtual via WEB**, COBENGE 2012. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Amazonas.
- [5] Lopes, Vinícius José Santos. **Utilizando o LabVIEW em um experiência de mini sistema de energia possibilitando acesso remoto**, COBENGE 2005. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da USP, São Paulo. Disponível em <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2005/artigos/SP-5-69336440144-1118345337845.pdf>>. Acesso em: 20 abril, 2015.
- [6] Rio de Janeiro. Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro. PROJETO DE LEI Nº 1992/2009 que obriga a instalação de hidrômetro, por unidade autônoma, residencial ou comercial, em edifícios, nos limites do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/scpro0711.nsf/e00a7c3c8652b69a83256cca00646ee5/c12dfa68cfe02e8e83257559005a31af?OpenDocument>>. Acesso em: 5 março, 2015.
- [7] Thomaz, Victor Mendez. **Concepção de um edifício multifamiliar sustentável zero consumo de água**, 2010. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro.
- [8] Benitez, Epifanio Dinis. **Sistemas SCADA para supervisão móvel na automação industrial**. Disponível em <[http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=053663&SecaoID=273506&SubsecaoID=0&Template=../artigosnoticias/user\\_exibir.asp&ID=943347](http://www.novus.com.br/site/default.asp?TroncoID=053663&SecaoID=273506&SubsecaoID=0&Template=../artigosnoticias/user_exibir.asp&ID=943347)>. Acesso em: 27 abril, 2015.
- [9] Branquinho, Marcelo. **Os perigos do Acesso Remoto a Sistemas SCADA**, 2013. Disponível em <<http://segurancadainformacao.modulo.com.br/os-perigos-do-acesso-remoto-a-sistemas-scada>>. Acesso em 27 abril, 2015.
- [10] API RP-551, American Petroleum Institute Norm for Ballot use. **Process Measurement**. Disponível em <[http://ballots.api.org/cre/soics/ballots/docs/B2590\\_API\\_RP\\_551.pdf](http://ballots.api.org/cre/soics/ballots/docs/B2590_API_RP_551.pdf)>. Acesso em: 10 maio 2015.