

INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

**AUTOMAÇÃO EM MALHA ABERTA E AUTOMAÇÃO EM MALHA FECHADA DE
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

TEÓFILO OTONI

2017

**INSTITUTO ENSINAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**EDUARDO GONÇALVES DE OLIVEIRA
RAMON GONÇALVES FERNANDES**

**AUTOMAÇÃO EM MALHA ABERTA E AUTOMAÇÃO EM MALHA FECHADA DE
SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica das Faculdades Unificadas de
Teófilo Otoni, como requisito para, obtenção
do título de bacharel em engenharia elétrica.
Professor orientador: Felipe Lagoas.
Área de Concentração: Automação.**

TEÓFILO OTONI

2017



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado COMPARAÇÃO ENTRE O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, AUTOMATIZADO COM MALHA ABERTA DA CIDADE DE NOVO ORIENTE DE MINAS, PARA O SISTEMA COM MALHA FECHADA DO BAIRRO FILADÉLFIA DA CIDADE DE TEÓFILO OTONI, elaborado pelos alunos Eduardo Gonçalves de Oliveira e Ramon Gonçalves Fernandes foi aprovada por todos os membros da banca examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Teófilo Otoni, 11 de dezembro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador

Examinador (a)

Examinador (a)

Dedicamos este trabalho
primeiramente a Deus e a todos
os familiares que tenha contribuído
nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

A Deus acima de todas as coisas por ter nos dado força durante esta caminhada.

A nosso orientador Felipe Lagoas, pelo suporte e apoio.

Aos nossos pais e familiares, pelo amor e incentivo incondicional.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte dessa caminhada.

ABREVIATURA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

COPASA - Companhia de Saneamento do estado de Minas Gerais

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

SABESP – Companhia de Saneamento do estado de São Paulo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

OMS – Organização Mundial da Saúde

FMS - Fieldbus Message Specification

SESP - Serviço Social de Saúde Pública

SNIS - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento

SEDRO - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana

UCPS – Unidade Central de Processamento

BER – Bit Error Rate

RF – Rádio Frequência

UCP – Unidade Central de Processamento

ETE – Estação Tratamento de Esgoto

ETA – Estação Tratamento de Água

TFI – Taxa de Fiscalização da Instalação

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Sistema de abastecimento de água -----	27
FIGURA 2: Processo de Tratamento -----	30
FIGURA 3: Sistema de Controle em Malha Aberta -----	35
FIGURA 4: Sistema de Controle em Malha Fechada -----	36
FIGURA 5: Ciclo de varredura de um CLP -----	38
FIGURA 6: Sensor de Pressão Capacitivo -----	39
FIGURA 7: Sensor do tipo piezo-resistivo -----	40
FIGURA 8: Protocolo Modbus (Modo de Comunicação: Mestre/Escravo) -----	47
FIGURA 9: Quadro de comando que funciona com temporizador -----	55

LISTA DE TABELA

TABELA 1: Eficiência do tratamento de esgoto de acordo o processo de tratamento -----	32
TABELA 2: Resolução tarifária da ARSAE – MG -----	34
TABELA 3: Tamanho da rede x Taxa de Transmissão -----	49
TABELA 4: Relação dos desperdícios de água nos sistemas automatizados -----	52
TABELA 5: Relação de gastos com encargos salariais -----	53
TABELA 6: Relação de gastos com Energia elétrica -----	54
TABELA 7: Faturamento da cidade de Novo Oriente de Minas por categoria -----	57

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Especificações dos materiais necessários para automatizar a captação de água de Novo Oriente de Minas ----- 60

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Tempo de funcionamento para controle do nível do reservatório ----- 54

GRÁFICO 2: Relação de encargos salariais entre um sistema de automação com malha aberta e com malha fechada. ----- 64

RESUMO

Tendo em vista que a água é um recurso natural limitado e imprescindível à vida, questões sobre a conservação e o planejamento na implantação e expansão dos sistemas de controle do abastecimento de água vêm sendo cada vez mais destacadas na atualidade. As técnicas de aproveitamento de água se configuram como soluções sustentáveis que contribuem para o uso racional e eficiente, proporcionando a conservação dos recursos hídricos para as futuras gerações. Este trabalho de conclusão de curso teve por finalidade demonstrar os benefícios da automação, realizando um estudo sobre a implementação da automação na captação de água que abastece a cidade de Novo Oriente de Minas. Através da implantação desse método a distribuição ocorrerá de forma mais eficiente, proporcionando um fornecimento de água com qualidade. Para tanto, foram levados em consideração os meios de aplicação, os gastos e os benefícios deste processo, em que obteve resultados satisfatórios.

Palavras-chave: Água, Automação, Captação de água.

ABSTRACT

Water is a limited and very important natural resource for life, so some questions are raised about water conservation and planning the deployment and expansion of water supply control systems. The techniques of water utilization configure themselves as sustainable solutions that contribute to rational and efficient use, providing the conservation of water resources for future generations. This work had the purpose of demonstrating the benefits of automation, conducting a study on the implementation of automation in the catchment of water supplying the Novo Oriente de Minas city. Through the implementation of this method, the distribution would occur more efficiently, providing a quality water supply. To this end, the means of application, the costs and the benefits of this process have been taken into account, which obtained satisfactory results.

Keywords: water, automation, catchment water.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	25
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	27
2.1 Sistema de abastecimento de água.....	27
2.1.1 Mananciais.....	28
2.1.2 Captação de água bruta.....	28
2.1.3 Adução.....	29
2.1.4 Tratamento.....	29
2.1.5 Reservatórios e redes de distribuição.....	30
2.1.6 Sistema de Esgotamento sanitário.....	31
2.1.7 Controle de Perdas no Saneamento.....	32
2.1.8 Agência reguladora.....	33
2.1.8.1 Tarifação.....	33
2.2 Sistema de controle.....	35
2.2.1 Malha aberta.....	35
2.2.2 Malha fechada.....	36
2.3 Controlador Lógico Programável (CLP).....	36
2.3.1 Ciclo de funcionamento de um controlador lógico programável.....	37
2.3.2 Pressão.....	38
2.3.2.1 Sensores de pressão capacitivos.....	39
2.3.2.2 Sensor pressão hidrostático piezo-resistivo.....	40
2.4 Redes de Comunicação.....	40
2.4.1 Meios de transmissão.....	41
2.4.1.1 Transmissão via cabeamento.....	41
2.4.1.2 Transmissão via wireless.....	42
2.4.1.2.1 Transmissão via rádio.....	43
2.4.1.2.2 Infravermelho.....	44
2.5 Protocolos de comunicação de dados.....	45
2.5.1 Profibus.....	45
2.5.1.1 Profibus– periféricos descentralizados (DP).....	45
2.5.1.2 Profibus – Automação do processo (PA).....	46
2.5.1.3 Profibus – Especificação da Mensagem de Fieldbus (FMS).....	46
2.5.2 Modbus.....	47
2.5.3 Ethernet.....	48
2.5.4 Fieldbus.....	48
2.5.5 Devicenet.....	48

2.5.6 Hart.....	49
2.6 Automação e sua relação com a eficiência Energética.....	50
3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA.....	51
3.1 Classificação quanto a natureza dos dados.....	51
3.2 Classificação quanto aos fins.....	51
3.3 Classificação quanto aos meios.....	51
3.4 Procedimentos de coleta de dados.....	51
3.5 Métodos de análise dos dados e interpretação dos resultados das análises.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
4.1 Proposta da pesquisa.....	59
4.2 Análise da implantação da automação e métodos para ser implantada.....	62
4.3.1 Vantagem Financeira.....	63
4.3.2 Vantagem sócio ambiental.....	64
5 CONCLUSÃO.....	67
6 REFERÊNCIAS.....	69

1 INTRODUÇÃO

Atualmente existem grandes preocupações da sociedade em relação à natureza. Dentre estas, a água, considerada o mais precioso e imprescindível recurso para a vida.

A água é um recurso natural com muita abrangência no mundo. Cerca de 2/3 da superfície do planeta Terra são cobertos pelos oceanos, sendo que 97,5% desse volume é de água salgada e 2,5% é de água doce (BUHR,2009).

Apesar da água doce ainda ser encontrada em grande quantidade no planeta, em algumas regiões, suprir a demanda de água já tornou-se um problema em função de vários fatores (GOMES, BARBIERI, 2004)

Muitas são as razões que tornam o sistema de abastecimento hídrico do Brasil deficitário. A falta de planejamento na implantação e expansão dos sistemas de controle de abastecimento de água, a operacionalização manual do sistema de tratamento, a escassez hídrica, os altos índices de perdas hídricas e a intermitência no abastecimento são alguns fatores que justificam tal deficiência (FONSECA, 2011).

O cenário de ineficiência das companhias de saneamento básico decrementa a capacidade de investimentos tornando mais morosa a expansão e a melhoria dos sistemas de abastecimento. Com isso, a automação pode ser uma das alternativas utilizadas para se obter o aprimoramento dos sistemas de abastecimento, esta pode ser considerada uma necessidade para a confiabilidade e da relação custo benefício na maioria dos processos (FONSECA, 2011).

Inúmeros são os benefícios trazidos pela automatização de um sistema, como por exemplo, um maior controle sobre gastos de insumos da unidade, redução do consumo de energia, redução dos produtos químicos utilizados, otimização de mão de obra, aumento de produtividade, além de uma padronização na qualidade do produto final, com a ação em tempo real do sistema de automação na correção de parâmetros para o tratamento da água ou do efluente (BARBOSA,2012).

A automação garante uma melhora na qualidade dos serviços de fornecimento de água da empresa. No que tange ao tratamento químico, os produtos são dosados com maior precisão, fazendo com que a concessionária cumpra com o que estabelece as normas da Agência Reguladora de serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário – ARSAE (2017). Outro benefício pode ser observado nos

sistemas de esgotamento sanitário, possibilitando que as ETE's (Estação de Tratamento de Esgoto) operem de forma mais eficiente. Além disso, as melhorias nas manutenções de equipamentos são enormes, pois diminuirá o tempo de uso e funcionará da melhor forma possível, fazendo com que aumente sua durabilidade e sua eficiência.

A presente monografia pretendeu avaliar a implantação da automação na captação de água no município de Novo Oriente de Minas/ MG.

Inicialmente a coleta de dados sobre como está o funcionamento do sistema, percebendo assim as melhorias que devem ser implantadas, buscando sempre algo que trará melhoras para a população. A automação garante o melhor fornecimento de água nas cidades, as quais sofrem com escassez hídrica, onde é necessário que haja uma melhoria na distribuição de água para a população.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistema de abastecimento de água

O artigo 3º da constituição de 1988 diz que é dever do estado elaborar normas para o saneamento básico e em 05 de janeiro de 2007 foi sancionada a Lei Federal nº11. 445 que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007).

Segundo o manual do saneamento (2004) um sistema de abastecimento de água é formado por conjuntos de obras, instalações e serviços que visam a distribuição de água para uma localidade, em quantidade e qualidade que atende a população, para quesitos como: consumos domésticos, prestação de serviço público, uso industrial entre outros como exposto na Figura 01.

Figura 1 – Sistema de Abastecimento de água municipal.



Fonte: (SABESP, 2008).

O extinto Serviço Social de Saúde Pública (SESP), verificou que no município de Palmares situado no estado do Pernambuco, que com a implantação de um sistema de abastecimento de água diminuiria em até 50% a mortalidade infantil por doenças relacionadas a diarreia (SESP,1958).

Em 2015 o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) divulgou algumas informações sobre o abastecimento de água, foram consultados 5088 municípios, que resultou em uma população de 169 milhões de habitantes, que levou a pesquisa a uma notabilidade de 91,3% em relação ao total de municípios do país e de 97,8% em relação aos habitantes do Brasil. Já para o serviço de esgotamento sanitário foram 3799 municípios e uma população de 158,9 milhões que são 68,2% do total de municípios e 92% do total de habitantes.

2.1.1 Mananciais

A água é um recurso natural com muita abrangência no mundo em que vivemos, mas desse recurso apenas 3% é água doce e apenas 0,01% está localizado nos rios e lençóis freáticos, sendo esse valor que é utilizado pelo ser humano. Isso fez com que a água se tornasse uma preocupação, pois já existe uma escassez muito grande em alguns lugares do planeta (VASCONSELOS, 2011).

Os mananciais são onde se busca uma água no mais perfeito estado físico, químico e bacteriológico para que esteja em situação adequada para realizar o tratamento. O mesmo deve possuir uma capacidade suficiente para a população que necessita, mesmo nos períodos de seca. Até por isso é bastante utilizado mais de um manancial para abastecer um município (ASSIS,2012).

Manancial superficial é toda água que escoar na superfície terrestre, formando os córregos, ribeirões, rios, lagos e reservatórios artificiais. Em período pluviométrico infiltra no solo e armazena nas depressões do terreno, lagos e represas ou escoar superficialmente pelos cursos dos rios alimentando as bacias hidrográficas (MANUAL DO SANEAMENTO, 2004).

Manancial subterrâneo é a água localizada na superfície terrestre formando os lençóis freáticos e profundos, sua captação é realizada em poços rasos ou profundos, em galerias de infiltração e aproveitamento das nascentes (MANUAL DO SANEAMENTO, 2004).

2.1.2 Captação de água bruta

Segundo a Companhia de Saneamento do estado de Minas gerais (COPASA, 2015) a captação da água pode ser feita de duas formas: superficial ou subterrânea. Quando é feita a captação superficial é retirado a água dos rios, lagos ou represas através de gravidade ou bombeamento, ao passo que, por bombeamento, se faz necessário a construção de uma casa de máquinas junto a captação e que haja conjuntos motobombas que sugam a água do manancial para enviá-la para a estação de tratamento. Já por gravidade é um tipo mais barato, mas só pode ser implantada quando a fonte do abastecimento estiver localizada em um nível maior do que o destino da água. E isso ocorre com a água passando por uma valeta, tubo ou mangueira que é coletada do manancial. Já a captação subterrânea é executada através da perfuração de poços artesianos que irão captar a água dos lençóis subterrâneos.

2.1.3 Adução

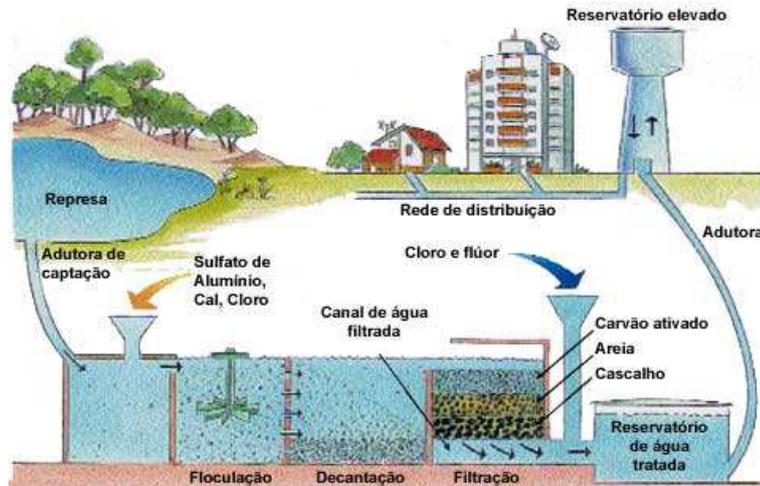
A adução é responsável pelo transporte da água para os locais de consumo, pois na maioria das vezes encontra-se muito afastado da captação, conforme diz Fonseca (2011).

Segundo Medeiros Filho(2011) adução é composta de encanamentos, peças especiais e obras de arte com a finalidade de transportar água em um sistema de abastecimento entre captação e reservatório de distribuição; captação e ETA; captação a rede de distribuição; ETA e reservatório; ETA e rede; reservatório à rede; reservatório a reservatório.

2.1.4 Tratamento

Essa etapa é definida pelos métodos de tratamento estabelecidos pelos padrões de potabilidade da portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde. Sendo assim o processo de tratamento foi dividido em 09 fases. A figura 02 representa o ciclo de tratamento de água, associando a portaria do ministério da saúde.

Figura 2 – Processo de Tratamento.



Fonte: (COPASA, 2017).

Ainda segundo o ministério da saúde (2000), cada parte do processo de tratamento possui uma técnica que deve ser feita.

- **Oxidação:** onde é injetado cloro na água para tornar mais insolúvel dos metais presentes.
- **Coagulação:** remove partículas de sujeira através da mistura de sulfato de Alumínio ou cloreto férrico.
- **Floculação:** quando a água já coagulada ganha peso, volume e consistência.
- **Decantação:** os flocos separam da água para sedimentar, através da força da gravidade.
- **Flotação:** com ar dissolvido etapa que os flocos se separam e flutam. A água sem os flocos vai para os filtros.
- **Filtração:** se faz a passagem pelos filtros para reter a sujeira restante.
- **Desinfecção:** a água recebe o cloro para eliminar as impurezas nocivas à saúde e garantir a qualidade de vida.
- **Correção de pH (potencial hidrogeniônico):** é quando a água recebe uma dosagem de cal para corrigir seu pH.
- **Fluoretação:** etapa exigida pelo Ministério da saúde, em que a água recebe uma dosagem de flúor que ajuda na prevenção de cáries dentárias.

2.1.5 Reservatórios e redes de distribuição

A NBR 12217/1994 estabelece normas para elaboração de reservatórios para abastecimento público. Divide-se em 5 tipos:

- **Reservatório de distribuição:** para a regularização das variações entre as vazões de adução e distribuição.
- **Reservatório elevado:** condiciona as pressões nos locais de cotas topográficas mais elevadas.
- **Reservatório de montante:** é o que fornece água para a rede de distribuição.
- **Reservatório Jusante:** fornece ou recebe água da rede de distribuição.
- **Reservatório Total:** é o somatório dos volumes úteis de todos os reservatórios através de apenas uma zona de pressão ou todo sistema de distribuição.

Depois do processo de armazenamento da água nos reservatórios é feita a distribuição para a população, onde a água segue pelas adutoras (tubulações maiores) e passa nas redes de distribuição para chegar no consumidor final, como informado pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do estado de São Paulo).

Geralmente o consumidor faz o armazenamento através de caixas d'água, até porque é responsabilidade da concessionária levar a água até a entrada da residência do consumidor, onde deve estar localizado o cavalete e o hidrômetro (relógio que registra o consumo de água).

2.1.6 Sistema de Esgotamento sanitário

Conforme Dias (2009) o sistema de esgotamento sanitário tem sua importância na saúde pública e é um instrumento primordial para a proteção das bacias, por isso deve haver um planejamento para que seja implantado sem violar a dinâmica de uso e ocupação do solo urbano.

O esgoto sanitário contém agentes químicos, organismos patogênicos, além de outros elementos prejudiciais à saúde (FLORENCIO, BASTOS, AISSE,2006). Isso demonstra que é de fundamental importância o sistema de esgotamento sanitário para a prevenção de inúmeras doenças e sua eficiência é demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 – Eficiência do tratamento de esgoto de acordo o processo de tratamento.

Processo de Tratamento	Eficiência Típica de remoção (log10)			
	Bactérias	Vírus	Protozoários	Helmintos
Decantação Primária	0 - 1	0 - 1	0 - 1	0 - < 1
Decantação primária quimicamente assistida	1 - 2	1 - 2	1 - 2	1 - 3
Processos secundários convencionais + decantação secundária	0 - 2	0 - 2	0 - 1	1 - 2
Biofiltros aerados submersos	0,5 - 2	0 - 1	0 - 1	0,5 - 2
Reatores UASB	0,5 - 1,5	0 - 1	0 - 1	0,5 - 1
Lagoas de estabilização, polimento e maturação	1 - 6	1 - 4	1 - 4	1 - 3
Lagoas aeradas + lagoas de decantação	1 - 2	1 - 2	0 - 1	1 - 3
Terras úmidas construídas(wetlands)	0,5 - 3	1 - 2	0,5 - 2	1 - 3
Desinfecção	2 - 6	1 - 4	0 - 3	0 - 1
Coagulação + Floculação + Filtração terciária	1 - 2	1 - 2	1 - 3	1 - 3
Coagulação + Floculação + Filtração terciária + desinfecção	2 - 6	1 - 4	1 - 4	1 - 3
Filtração em membranas	3 - 6	3 - 6	➤ 6	➤ 6

Fonte: BASTOS, (2003).

2.1.7 Controle de Perdas no Saneamento

Segundo Zaniboni (2009) as perdas reais de água utilizam como base o balanço hídrico que é o somatório total dos volumes de água do sistema e se calcula as que não foram efetivamente utilizadas.

2.1.8 Agência reguladora

Em 03 de agosto de 2009 foi estabelecida a lei estadual 18.309, com o objetivo de propor normas relativas aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no estado de Minas Gerais. E em seu artigo 4º é criada uma agência reguladora (ARSAE) vinculada à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional e Política Urbana – SEDRU.

A ARSAE-MG (Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de água e esgoto sanitário no estado de Minas Gerais), que tem como objetivo a fiscalização da prestação do serviço, edição de normas técnicas, fiscalizar se as concessionárias estão cumprindo seu dever e orientar o consumidor quanto aos seus direitos (ARSAE, 2014).

2.1.8.1 Tarifação

Em 31 de agosto de 2017 a Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais (ARSAE), autorizou uma revisão tarifária dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário prestados pela empresa Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais S/A – Copanor. Revisão essa que tem o objetivo de adequar o valor da tarifa com a inflação, para que o prestador do serviço tenha um equilíbrio financeiro, sem esquecer as limitações da população (ARSAE, 2017).

Para caracterizar a tarifa através de variáveis sociais, residenciais, comerciais, industriais e setores públicos, além da variação com relação ao valor consumido no mês, foi criada a Tabela 2 de tarifas dos consumidores pela agência ARSAE no ano de 2017.

Tabela 2 – Resolução tarifária da ARSAE – MG

Categoria	Intervalo de Consumo	Tarifas				Unidade
		Outubro/17 a Setembro/18				
		Água	Esgoto			
			EDC	EDT	EE	

Residencial Social	Fixa	3,53	1,55	3,26	1,06	R\$/mês
	0 a 3 m ³	0,27	0,12	0,25	0,07	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	0,46	0,203	0,417	0,139	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	1,487	0,653	1,38	0,449	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	2,974	1,305	2,749	0,888	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	3,68	1,605	3,402	1,102	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	4,022	1,765	3,723	1,209	R\$/m ³
	> 40 m ³	6,301	2,76	5,83	1,894	R\$/m ³
Residencial	Fixa	5,88	2,58	5,45	1,77	R\$/mês
	0 a 3 m ³	0,44	0,19	0,41	0,13	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	0,758	0,332	0,702	0,228	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	2,48	1,085	2,294	0,744	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	4,96	2,17	4,587	1,488	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	6,127	2,681	5,667	1,838	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	6,711	2,936	6,208	2,013	R\$/m ³
	> 40 m ³	10,503	4,595	9,716	3,151	R\$/m ³
Comercial	Fixa	14,98	6,56	13,85	4,49	R\$/mês
	0 a 3 m ³	1,17	0,51	1,08	0,35	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	2,332	1,016	2,161	0,0695	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	3,268	1,43	3,023	0,981	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	6,711	2,936	6,208	2,013	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	7,294	3,191	6,747	2,188	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	8,024	3,51	7,422	2,407	R\$/m ³
	> 40 m ³	8,461	3,702	7,827	2,539	R\$/m ³
Industrial	Fixa	14,98	6,56	13,85	4,49	R\$/mês
	0 a 3 m ³	1,17	0,51	1,08	0,35	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	2,332	1,016	2,161	0,0695	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	3,268	1,43	3,023	0,981	R\$/m ³
	> 10 a 15 m ³	6,711	2,936	6,208	2,013	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	7,294	3,191	6,747	2,188	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	8,024	3,51	7,422	2,407	R\$/m ³
	> 40 m ³	8,461	3,702	7,827	2,539	R\$/m ³
Pública	Fixa	12,84	5,62	11,87	3,85	R\$/mês
	0 a 3 m ³	0,88	0,39	0,81	0,27	R\$/m ³
	> 3 a 6 m ³	2,332	1,016	2,161	0,695	R\$/m ³
	> 6 a 10 m ³	3,005	1,315	2,779	0,902	R\$/m ³
Pública	> 10 a 15 m ³	6,711	2,936	6,208	2,013	R\$/m ³
	> 15 a 20 m ³	7,294	3,191	6,747	2,188	R\$/m ³
	> 20 a 40 m ³	8,024	3,51	7,422	2,407	R\$/m ³
	> 40 m ³	8,461	3,702	7,827	2,539	R\$/m ³

Fonte: ARSAE (2017).

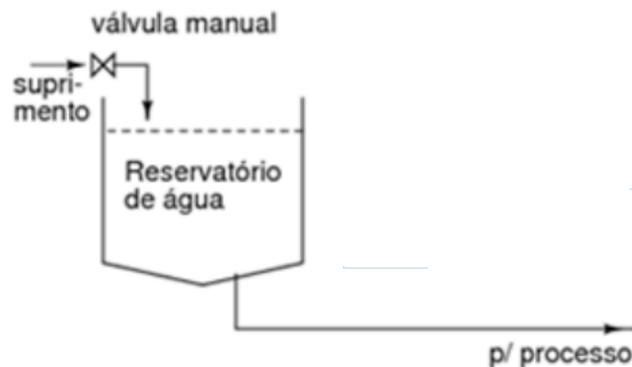
2.2 Sistema de controle

Os sistemas de controle embasam-se no princípio de realimentação com o objetivo de controlar a variável do sistema. Esse sistema é classificado em sistemas de controle em malha aberta e sistema de controle em malha fechada que são estudados nas engenharias, química, mecânica, aeronáutica e na elétrica sua aplicação é extensa. A área de controle tem as seguintes utilidades: instrumentação ou hardware para medição e controle, projeto de sistema de controle, comunicação, computação, programação e manutenção de sistemas de controle (BAYER, ARAÚJO, 2011).

2.2.1 Malha aberta

Um sistema de malha aberta tem o controle de entrada independente da saída, com isto a saída não tem efeito na ação de controle conforme mostrado na Figura 3 (OLIVEIRA, 2013).

Figura 3 – Sistema de Controle em Malha Aberta



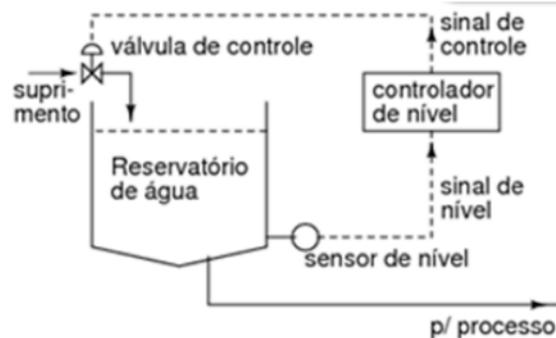
Fonte: (MELO NETO, 2016).

A malha aberta utiliza-se de um sinal predefinido, baseado em ensaios passados, para fornecer o sinal de saída pretendido. Neste sistema, não há informações de realimentação, tendo que fazer correções no sinal de entrada para conseguir um sinal de saída pretendido. Tem como vantagens a sua simplicidade e baixo custo e a desvantagem é sua imprecisão por falta de realimentação (BAYER, ARAÚJO, 2011).

2.2.2 Malha fechada

Um sistema de malha fechada tem seu controle dependente da saída, com isto a saída tem um efeito direto na ação de controle conforme mostra a figura 4 (LUZERNA, 2013).

Figura 4 – Sistema de Controle em Malha Fechada



Fonte: (MELO NETO, 2016).

Na malha fechada o sinal de saída é realimentado, onde é comparado com o de entrada, gerando um sinal corrigido que alimenta o sistema para obter o sinal pretendido (BAYER, ARAÚJO, 2011).

2.3 Controlador Lógico Programável (CLP)

O controle de automação começou modestamente com a utilização de componentes eletromecânicos, utilizando relés e contadores. Com o aprimoramento começou os circuitos lógicos que ficaram mais rápidos e compactos podendo trabalhar com mais informações nas entradas e controlando um maior número de saída, dando início aos microprocessadores Unidade Central de Processamento (UCPs) responsáveis pelas informações de memória, entradas e fazer a comparação lógica para ativar suas saídas. Com os microprocessadores chegaram os controladores lógicos programáveis que utiliza linguagem vindas dos diagramas elétricos de relés, utilizado no meio industrial capaz de realizar uma rotina repetitiva (CARVALHO NETO, 2011).

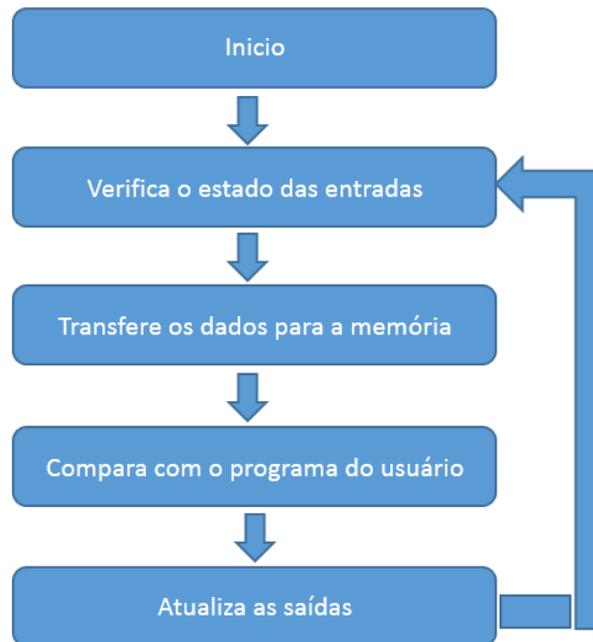
Zancan (2011) afirma que o desenvolvimento dos controladores programáveis pode ser separada em cinco gerações, a primeira geração a montagem da

programação era toda feita pelo programador, onde ele tinha o domínio de seu hardware do CLP e seus componentes eletrônicos; na segunda geração usava a linguagem de nível médio, com programa que converte a programação desenvolvida pelo programador, para linguagem da máquina; na terceira geração os CLPs tinham entradas de programação, para conexão de teclados e programadores portáteis; na quarta geração é introduzida a entrada para comunicação serial, e a programação pode ser feita no computador com ajuda de um software e testada antes de transferir para o CLP; na quinta geração são CLPs que tem interface que pode se comunicar com equipamentos de outros fabricantes e também atender sistemas supervisórios.

2.3.1 Ciclo de funcionamento de um controlador lógico programável

Silva (2011) afirma que o ciclo de varredura do CLP tem uma sequência de procedimentos que pode ser comparada com BIOS (Basic Input/Output System ou Sistema Básico de Entrada e Saída) de um microcomputador, verificando diversos itens como módulos de entradas e saídas ligados ao CLP, estado de sua memória, se é um programa de usuário instalado e se o hardware (parte física do CLP) não está danificado. Este procedimento é denominado inicialização. Depois que começa a trabalhar no programa do usuário que encontra-se instalado, realiza-se um ciclo repetitivo titulado de ciclo de varredura que consiste em verificar o estado das entradas e saídas, armazenar esta leitura na memória, fazer a comparação com o programa do usuário e atualizar as saídas. Conforme a figura 5.

Figura 5 - Ciclo de varredura de um Controlado lógico programável



Fonte: VILLANUEVA (2016).

Inicialmente é feita uma análise do funcionamento da CPU, memórias, circuitos auxiliares, estados das chaves, existência de um programa de usuário, emite uma mensagem de erro em caso de falha e desativa todas as saídas, depois verifica o estado das entradas em que se confere cada uma das entradas, certificando se houve acionamento, (este procedimento é conhecido como ciclo de varredura) e realiza a comparação com o programa do usuário onde os dados das entradas é transferido para memória e comparado como o programa do usuário, de acordo com as instruções atualizadas das saídas. E finalmente atualiza as saídas, etapa em que as saídas são ativadas ou desativadas conforme o comando da CPU, e começa um novo ciclo (VILLANUEVA, 2016).

2.3.2 Pressão

Pressão é definida pelo sistema internacional de unidade(SI), como 1 newton por metro quadrado ($1\text{N}/\text{m}^2$), podendo ser encontrada de forma estática ou dinâmica (MACHADO,2008).

Nesse sentido, Amaral (2009, pág.15) aduz:

Pressão estática ou hidrostática: é o peso exercido por uma coluna líquida em repouso ou que esteja fluindo perpendicularmente a tomada de impulso.

A pressão estática do processo é a pressão transmitida pelo fluido nas paredes da tubulação ou do vaso.

Pressão dinâmica ou cinemática: pressão exercida por fluido em movimento ou tomada de impulso no sentido do impacto do fluxo (paralelo a sua corrente). A pressão dinâmica da tubulação é a pressão devida a velocidade do fluido.

2.3.2.1 Sensores de pressão capacitivos

É um tipo de sensores que tem faixa de medição extensa (0,001 a 100000000Pa), o seu diafragma é composto de metal ou silício, sendo usado como elemento sensor e é formado por um eletrodo do capacitor de placas paralelas ou eletrodo (estacionário) que é fabricado com metal aplicado sobre um substrato cerâmico ou de vidro, que ao submeter este sistema a uma pressão a membrana movimenta-se variando a distância entre as placas do capacitor e seu valor de capacitância. Possui uma precisão de leitura de 0,1% ou 0,01% de acordo a escala e pode ser fabricada com material resistente a corrosão conforme Figura 6 abaixo: (NERES, 2016).

Figura 6 – Sensor de Pressão Capacitivo



Fonte: (TAVARES, 2009)

Conforme Scheneider (2013) a característica principal dos sensores capacitivos é a extinção do conjunto de alavancas para transferência de força. Uma das particularidades do sensor é utilizar diretamente da deformação sofrida pelo processo em uma das armaduras de seu capacitor, com esta deformação a uma variação da capacitância que pode ser interpretada por um sistema eletrônico. Com

esta composição ele extingue as falhas mecânicas, mas suas células capacitivas ficam expostas a bruscas condições do ambiente, especialmente a temperatura e sua não linearidade com a capacitância, devido sua deformação não ser linear, que é ajustado por um circuito eletrônico.

2.3.2.2 Sensor pressão hidrostático piezo-resistivo

O sensor de nível hidrostático tem uma ampla aplicação podendo ser utilizado em condições de difícil acesso em poços subterrâneo, reservatórios elevados e tanques, sua vantagem é de ser simples a sua operação e com medições precisas e contínuas do nível, independente da variável do processo com espuma, pois o seu funcionamento é baseado na medição da diferença de pressão entre a atmosfera e a coluna de líquido existente sobre o sensor, onde a membrana diafragma de aço é pressionada pelo fluido, gerando um sinal que é convertido para 4-20mA pelo transdutor piezo-resistivo (SILVA, 2010).

Este sensor, na maioria das vezes é suspenso por um cabo que possui em seu interior um tubo de pequeno diâmetro (tubo de respiro) como mostra a Figura 7, facilitando o sensor a compensar a pressão do ambiente. Em sua outra extremidade o cabo possui os fios para a conexão elétrica do sinal analógico, que pode ser ligado a diversos componentes, como: indicadores, remotas ou diretamente no CLP (SILVA, 2010).

Figura 7 – Sensor do tipo piezo-resistivo



Fonte: Manual Velki (2017).

2.4 Redes de Comunicação

A internet é um dos métodos de transmissão mais utilizado atualmente e que atinge um número cada vez maior de pessoas no decorrer dos anos, e sobre esse método de transmissão, Lacarte (2013) afirma que a internet surgiu no final dos anos 1960, por influência dos Estados Unidos, o seu principal interesse era que criasse uma rede comunicação militar, pois estavam no meio da Guerra Fria. A internet foi tão bem sucedida, que hoje atinge mais de 2 bilhões de usuários que utilizam dessa conexão.

O seu fácil acesso e rapidez do seu funcionamento fazem com que as transmissões sejam eficazes, gerando informações em tempo real e podem ser utilizadas na automação (LACARTE, 2013). Algumas de suas transmissões são via wi-fi, via rádio e via cabeamento.

2.4.1 Meios de transmissão

Como afirma Forouzan (2003) os meios de transmissão de dados estão mudando a maneira de viver da população. Até porque atualmente necessita – se da informação cada vez mais rápida e para que isso aconteça foi realizado avanços tecnológicos que tornaram possíveis que links transportasse um número grande de sinais e de forma mais rápida. Sendo assim pode-se dividir meios de transmissão em 04 itens: comunicação de dados, redes, internet, por último protocolos e padrões. Primeiro a comunicação de dados compartilha as informações, em seguida os dados são trafegados pelas redes. A internet é uma ligação entre redes (uma rede de redes). Já os protocolos são conjuntos de regras para controlar a comunicação de dados e os padrões irá fornecer diretrizes na fabricação.

2.4.1.1 Transmissão via cabeamento

Conforme Leal (2016) a automação por cabeamento possui um difícil acesso para implantar em todas as partes da planta, além de ocasionar altos custos com produtos e mão de obra.

Cabeamento Estruturado pode ser formado de componentes como cabos, conectores, emendas, tomadas, elementos de proteção e seus respectivos suportes

mecânicos e elétricos, montado corretamente para suprir as exigências da interconexão dos componentes terminais de uma rede local de telecomunicações (por ex. redes de computadores, redes telefônicas, redes de alarmes) (CAETANO 2010).

2.4.1.2 Transmissão via wireless

A rede wireless também conhecida como *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), vem sendo utilizada na indústria a mais de 30 anos, só nos últimos 10 anos vem sendo padronizadas no meio industrial com grandes melhorias no setor, tornando-se uma tendência global. Devido a sua importância na transferência de dados, não só para o cotidiano, mas em vários setores como: como na indústria, na medicina e até mesmo em automóveis, entre outros, é possível verificar a relevância que a rede sem fio local tem nos dias atuais (LUGLI, SOBRINHO, 2012).

Conforme explica Lugli e Sobrinho (2012), as tecnologias de redes sem fio vêm exercendo um grande avanço na automação no setor de monitoramento e no controle de processo, como: pressão, umidade, temperatura, vazão, densidade, viscosidade, medições de intensidade e de vibrações, que podem ser captados por meio de sensores para detectar a transferência dos sinais via redes sem fio para um controlador de operação e gestão.

No entanto, essas redes possuem vantagens e desvantagens em seu funcionamento, e para entender e interpretar se ela é uma transmissão eficiente para a automação, serão abordadas as vantagens e desvantagens que o autor Lugli e Sobrinho (2012) consideram como importantes.

- **Faixa de frequência:** são disponibilizadas faixas que não necessitam de licenciamento, o que gera uma aplicabilidade melhor, mas deve submeter o convívio desses dispositivos com outras fontes de rádio frequência, como acontece com: telefones sem fio, dispositivos Bluetooth e rádios.
- **Facilidade de instalação:** não necessitam de estruturas prévias e a instalação dessas redes sem fio acontece de modo ágil e fácil. De acordo com o padrão IEEE 802.11x, a instalação do ponto de acesso deve estar interligada com à rede cabeada ou à internet.

- **Atenuação do sinal transmitido:** é quando sinais propagados geram certa forma de atenuação, em áreas livre em função da distância, frequência e obstáculos encontrados, onde pode ter absorção ou reflexão, causando interferência no sinal que precisa ter valor confiável quando chegar à antena receptora.
- **Mobilidade:** o fácil acesso a informação dentro do seu alcance que é limitado utilizando meios computacionais.
- **Redução de custo:** por não precisar de instalações e manutenções cabeamento no local de trabalho e dando mais mobilidade aos funcionários.
- **Disponibilidade de menor banda de transmissão:** as redes sem fio possuem menores taxas de transmissão do que rede cabeadas como Ethernet, que são capazes de transmitir dezenas de Gbps (gigabit), já a sem fio estão na ordem de dezenas de Mbps (megabit) ou menor. A um grande empenho em melhorias nas redes wireless.
- **Taxa de erro:** a rede sem fio tem uma perda de bit maior que redes com fio ou fibra ótica que tem um BER de 10^{-8} e 10^{-9} , para a sem fio fica entre 10^{-4} a 10^{-6} e ainda precisa ter uma constata verificação de interferência de sinal que garanta o envio e recebimento de dados.
- **Dispositivos com poder computacional reduzido:** concepção de um local de computação móvel de integrar várias funções em um só aparelho.
- **Comunicação entre dispositivos de diferentes redes wireless:** propagação de vários modelos de redes, a uma complexidade que dar interferência e perda de dados durante a transferência.
- **Interferência causada por múltiplos caminhos (Multipath Interference):** isto acontece quando o sinal de RF (rádio frequência) encontra em local aberto e livre de obstáculos físicos e de interferência de outros tipos de sinal entre a antena emissora e a receptora.

2.4.1.2.1 Transmissão via rádio

As ondas de rádio frequência é um dos principais meios de transferência de informação por meio de comunicação sem fio e para que estas informações sejam transmitidas é indispensável o uso de equipamentos adequados (PELICKEK 2009).

A transmissão usando ondas de rádio tem o sinal modulado e amplificado onde é emitido por uma antena. A modulação é um processo feito dentro da onda portadora alterando um de seus parâmetros como amplitude, fase e frequência, codificando a informação do que vai ser transmitida, na onda portadora (FIGUEIREDO, 2004).

A antena é o equipamento que transmite informação entre o sistema elétrico e o espaço, desde que sejam instaladas atendendo suas características de transmissão, que devem observar seu tipo de irradiação onde este sinal pode ser enviado horizontalmente e verticalmente, sendo preciso saber onde encontra o receptor para poder alinhar os mesmos. Além da propagação circular onde permite que o receptor possa estar em qualquer lado recebendo o sinal de acordo com a amplitude de ganho da antena. (PELICKEK, 2009).

De acordo com Zampieri (2012) a automação via rádio aplicada em estações de tratamento, só receberão o monitoramento se obedecerem uma distância de até 60Km, devendo ser utilizado as antenas corretas em condições geográficas favoráveis (sem obstáculos, como montanhas e prédios).

A multiplicação de um sinal utilizado em um canal via rádio móvel dentro de ambiente interno é elevado, por fatores como infraestrutura, os formatos das edificações, o material empregado nos prédios, materiais construtivos presentes nas construções, os materiais utilizados em portas e janelas, a configuração interna das construções, com isto é preciso calcular as perdas de sinal adquirida devido o ambiente que se encontra (FRAZÃO, 2015).

2.4.1.2.2 Infravermelho

O infravermelho Wireless é um tipo de tecnologia sem fio, que usa ondas eletromagnéticas para transmitir sinais (dados) utilizando meio físico ar. A tecnologia Wireless infravermelho pode ser usada para comunicação de pequenas e médias distâncias, de no máximo vinte metros dependendo das condições do ambiente, transmissor e receptor utilizados. Para existir comunicação entre o receptor e o

transmissor a largura da banda tem que ser a mesma, tendo sua comunicação intermitente com pouca possibilidade de interferência (LOMBARDI, 2006).

2.5 Protocolos de comunicação de dados

Protocolo é um formato de dados e regras padrão que devem ser seguidos para comunicação entre diferentes equipamentos. Estes protocolos são necessários porque nem todos dispositivos utilizam a mesma linguagem. O protocolo que define como o programa do equipamento deve enviar os seus dados para etapa seguinte em um processo de comunicação (BEZERRA,2013).

Afirma Bezerra (2013) que cada dispositivo tem que ser configurado utilizando os mesmos parâmetros e padrões para não ter erros na comunicação. Pode utilizar de vários protocolos de comunicação sendo definido de acordo com o circuito utilizado.

2.5.1 Profibus

O *profibus* foi criado em 1987 na Alemanha em uma aventura de um projeto da associação com apoio de autoridades públicas, onde 21 companhias e institutos uniram para criar um projeto em *fieldbus*, que tinha como objetivo a estabilização de barramentos de campo *bitserial*, e a padronização da interface dos dispositivos de campo. Tendo o seu primeiro passo um protocolo de comunicação complexas PROFIBUS FMS (Especificação de Mensagem *Fieldbus*), que foi manipulado buscando atender a comunicação e teve sua segunda evolução em 1993, onde aperfeiçoou com uma variante mais simples e com maior velocidade onde atua em tempo real, o PROFIBUS-DP (Periferia Descentralizada) este protocolo encontra em três versões o DP, PA e FMS (CASSIOLATO,2012).

2.5.1.1 Profibus– periféricos descentralizados (DP)

Comunicação desenvolvida em 1994 interligando sistemas de controle e elementos de campo através da configuração mestre-escravo. O *profibus* DP pode ser caracterizado como *mono-master* (apenas um mestre) ou *multi-master* (vários mestres). A topologia desse protocolo é em linha utilizando par trançado ou fibra óptica como meio físico. E os dados são transmitidos por RS485 que permite a conexão a longas distâncias aproximadamente 1200 metros e altas taxas de transmissão chegando à 100Kbps. Dessa forma o sistema suporta 32 estações sem a utilização de repetidores e até 127 estações com utilização de repetidores (CUNHA, 2000).

2.5.1.2 Profibus – Automação do processo (PA)

Desenvolvido em 1995, baseado na norma IEC 1158-2, para uso na automação e controle de processos contínuos em setores químicos e petroquímicos, além de permitir uma conexão entre sensores e atuadores, através de cabeamento, para que haja a segurança necessária no processo. Esse tipo de transmissão baseia-se em quatro princípios (CUNHA, 2000):

- Cada segmento possui apenas uma fonte de alimentação;
- Quando a estação está mandando dados não existe energia no barramento;
- Todo equipamento possui um consumo constante de corrente;
- São permitidas as topologias em linhas estrelas ou árvore.

2.5.1.3 Profibus – Especificação da Mensagem de Fieldbus (FMS)

O *profibus* – FMS tem esse nome porque sua camada de aplicação é composta de FMS e do LLI (*lower link interface* ou interface de ligação inferior). Em que o FMS irá selecionar os serviços de comunicação mestre-mestre e mestre-escravo e já o LLI irá representar os serviços do FMS no protocolo de transmissão de dados (NASCIMENTO, LUCENA, 2003).

De acordo Nascimento e Lucena (2003) alguns serviços são disponibilizados pelo protocolo *Profibus* – FMS, que são os seguintes: gerenciamento de contexto

(estabelecer ou encerrar conexões lógicas); acesso a variáveis; gerenciamento do domínio (transmitir grande quantidade de memória); gerenciamento de chamadas de programas; gerenciamento de eventos (transmitir mensagens de alarme); suporte VFD (identificação e status); gerenciamento de dicionário de objetos (leitura e escrita no dicionário).

Esse é um estilo de comunicação universal por possuir processos complexos, com a oferta de funções sofisticadas. A tendência é esse tipo de comunicação ser menos significativo no futuro (NUNES,2012).

2.5.2 Modbus

Desenvolvido pela empresa Schneider para comunicar um dispositivo mestre com um escravo como mostra a Figura 8 (NASCIMENTO, LUCENA, 2003).

Figura 8 – Protocolo Modbus (Modo de Comunicação: Mestre/Escravo)



Fonte: Guedes (2007).

O *modbus* utiliza o modelo mestre-escravo, em que toda informação passa pelo mestre e os escravos não podem comunicarem entre si, o mestre pode requisitar informação de um escravo específico e aguardar sua resposta (modo requisição/resposta) ou mandar uma mensagem comum para todos os escravos (modo difusão) como está ilustrado na Figura 8 (RODRIGUES,2016).

Na área industrial é provavelmente o mais utilizado, devido sua grande simplicidade e facilidade de implementação (NASCIMENTO, LUCENA, 2003). Além de possuir estrutura de mensagens compostas por bytes, em que a maioria dos dispositivos reconhece (ALFA INSTRUMENTOS, 2000).

2.5.3 Ethernet

A Ethernet é uma tecnologia utilizada para criar rede LAN (Local Área Networks ou redes de área local), sua transmissão é realizada por mensagens estruturadas chamadas de quadros ou frames, nas mensagens vêm os endereços de origem do transmissor e receptor para identificar quem mandou e quem deve ler a mensagem, para que a própria máquina defina se a mensagem precisa ser processada, porque todos os computadores que estão ligados à rede recebem todas as mensagens que passa neste tipo de rede. Na ethernet não-comutada, apenas uma máquina envia mensagens por vez, se mais de uma enviar ao mesmo tempo a mensagem fica sobreposta e chega com defeito ao destino (JAMHOUR, 20015).

A Ethernet foi um sistema que passou por um processo de evolução através de uma topologia estrela com par trançado. Houve um crescimento nas velocidades das redes de 10 Mbps para 100 Mbps e agora alcançam 1gbps. E outra evolução está no uso de hubs inteligentes com capacidade de comunicação de mensagens e no uso de cabos *full duplex* em substituição aos cabos *half duplex* normalmente utilizados (SEIXAS FILHO, 2013).

2.5.4 Fieldbus

A Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) 61158 define *fieldbus* como uma rede de campo para comunicação com dispositivos de controle e dispositivos de campo com atuadores, transdutores e controladores locais. Esse tipo de protocolo está presente em todos os domínios da automação: automação residencial, aplicações ferroviárias, automotivas e de aviação, construção de máquinas, não sendo restrito a estes (NASCIMENTO, 2008).

2.5.5 Devicenet

De acordo Manual da WEG (2008), o protocolo *Devicinet* foi criado em 1994 pela Allen-Bradley (empresa norte americana) com objetivo principal de interligar controladores industriais e dispositivos de entrada/saída, através de um modelo produtor-consumidor, que sustenta múltiplas maneiras de comunicação e possui prioridade entre mensagens.

A rede *Devicinet* contém até 64 dispositivos endereçados de 0 a 63. Onde todos podem ser utilizados, sem restrição, embora os 63 devem ser evitados, pois sua utilização é para fins de comissionamento (MANUAL WEG, 2008).

Além disso, o Manual da WEG (2008) também afirma que a topologia usada pelo *Devicinet* é a tronco/ derivação, permitindo a presença da fiação de sinal e de alimentação no mesmo cabo. Esta alimentação é abastecida por uma fonte com conexão direta na rede, e essa rede varia de tamanho de acordo com a taxa de transmissão, como exposto na Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 - Tamanho da rede x Taxa de Transmissão

Taxa de Transmissão	Tamanho da rede	Derivação	
		Máximo	Total
125Kbps	500 m	6m	156 m
250 Kbps	250 m	6m	78 m
500 Kbps	100 m	6m	39 m

Fonte: Manual WEG (2008).

2.5.6 Hart

Este tipo de protocolo tem a vantagem trabalhar com instrumentos inteligentes usando os cabos de 4-20mA tradicionais, com (1200bps) sendo uma velocidade baixa para comunicação, desta forma os cabos que são usados em instrumento analógico é reaproveitado. Os equipamentos que realizam essa comunicação híbrida são qualificados como smart (CARRIJO, 2011).

Carrijo (2011) também afirma que o sinal Hart dispõe de *FSK* (*frequency shift Key*) que é sobreposto ao sinal analógico de 4-20mA, obtendo a transmissão do sinal digital pela seguinte conservação do sinal onde o dígito 1 é interpretado por um sinal de 1mA pico a pico na frequência de 1200Hz e o dígito 0 é interpretado pela frequência de 2400Hz, e sua comunicação é bidirecional, *half-duplex* sendo efetuada nos sentidos: Mestre escravo ou escavo mestre.

2.6 Automação e sua relação com a eficiência Energética

Em um sistema de abastecimento de água são inúmeras as perdas existentes no processo (SILVA, NASCIMENTO, 2003).

Os equipamentos eletrônicos e da área de informática estão bem avançados, isso possibilita uma fartura de aplicativos voltados para automação, gerando uma redução dos custos operacionais, pois o aumento da oferta traz uma diminuição no preço, mas devemos ficar atentos na aquisição de equipamentos com as especificações corretas (TROJAN, KOVALESKI, 2005).

O significado de automático segundo o dicionário Aurélio: que se move, regula ou opera por si mesmo. Demonstra assim certa independência do ambiente externo para seu funcionamento. Para isso, se faz necessário a utilização integrada de tecnologias mecânicas, eletroeletrônica e informática que estão em avanços nas últimas décadas, possibilitando uma maior eficácia de manuseio das informações e disponibilizando soluções com custos menores (ATTIÉ, 1998).

Com a aplicação da automação haverá uma melhora no funcionamento que é demonstrado no tratamento e na distribuição da água, pois é realizado um monitoramento e um controle em tempo real, diminuindo os custos operacionais, como os com produtos químicos, além de poder coordenar o consumo de energia elétrica, resultando em medições mais precisas sobre o volume de água produzido e distribuído além de um maior controle da pressão, do nível e da vazão, como exposto pela companhia de saneamento do estado do Paraná (SANEPAR, 2017).

3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DA PESQUISA

3.1 Classificação quanto a natureza dos dados

A pesquisa é de natureza qualitativa, pois, há o foco na automação do sistema de abastecimento de água do município de Novo Oriente de Minas, o que é uma informação direcionada para a qualidade do processo de tratamento da água.

3.2 Classificação quanto aos fins

Quanto aos fins a pesquisa é descritiva pois foram utilizadas técnicas de coletas e análises de dados com objetivo de demonstrar a eficiência do sistema de abastecimento de água automatizado via rádio em relação ao sistema automatizado por um temporizador, além do estudo de quais formas de automação poderiam ser implantadas no sistema hidráulico da cidade de Novo Oriente de Minas, visando otimizar o processo de abastecimento e tratamento de água.

3.3 Classificação quanto aos meios

A pesquisa é um estudo de campo, pois utilizou a observação direta do funcionamento dos sistemas de abastecimento de água das unidades de Novo Oriente de Minas e do bairro Filadélfia da cidade de Teófilo Otoni, realizando através desse estudo de campo, a comparação de ambos os sistemas em relação ao processo de automação.

3.4 Procedimentos de coleta de dados

A pesquisa mostra a importância de automatizar um sistema hidráulico por malha fechada, com base em estudos e visitas em sistemas de abastecimento, onde

foram demonstradas as vantagens dessa automação. Assim o estudo de caso foi dividido em 04(quatro) etapas:

1. Analisar o custo benefício da implantação de um sistema hidráulico automatizado.
2. Procurar uma forma adequada para ser implantado, para que seu funcionamento seja da melhor forma possível gerando os resultados esperados.
3. Analisar os materiais que devem ser adquiridos, para que se escolham aqueles de melhor qualidade e que se adequam corretamente ao sistema.
4. Demonstrar as vantagens da implantação e instalação dos equipamentos no sistema, elaborando uma maneira que haja um bom funcionamento e que seja de fácil manutenção.

Na primeira etapa foi feito uma análise da localidade que será feito a implantação desse sistema automatizado, pois é algo que gera altos custos e que o retorno será cobrado nas faturas da concessionária. Foi constatado através da análise do sistema automatizado com malha aberta, de Novo Oriente de Minas e o sistema automatizado com malha fechada do bairro Filadélfia da cidade de Teófilo Otoni que o sistema de Novo Oriente de Minas possui perdas como desperdício de água, além de gastos maiores com salário de funcionários.

Analisando o desperdício de água do sistema foi elaborada uma tabela comparativa, exposta abaixo.

Tabela 4 – Relação dos desperdícios de água nos sistemas automatizados.

Local	Volume de água produzido mensalmente m ³ .	Desperdício %
Novo Oriente de Minas	15000	29%
Teófilo Otoni	40000	20%

Fonte – (COPANOR, 2017)

Levando em consideração os gastos salariais na cidade de Novo Oriente de Minas, a cidade possui cinco operadores de sistemas que gera um gasto salarial

mensal em torno de R\$ 9.590,90, para funcionários que exercem uma jornada de trabalho de 40 horas semanais. Pelo fato de possuir automação por malha aberta, um funcionário gasta duas horas por dia, conferindo o funcionamento dos equipamentos, algo que poderia ser evitado com a automação gerando uma melhora significativa (Tabela 5).

Já o sistema de abastecimento de água do bairro Filadélfia possui um volume de água produzido 2,66 vezes maior, mas seu funcionamento acontece com o mínimo de desperdício possível além de não necessitar que o empregado tenha que exercer suas atividades fora do horário de trabalho, (Tabela 5).

Tabela 5 – Relação de gastos com encargos salariais

Local	Gastos com Salários mensais (R\$).	Gastos mensais com hora extra, por malha aberta (R\$)
Novo Oriente de Minas	8590,90	900
Teófilo Otoni	8590,90	—

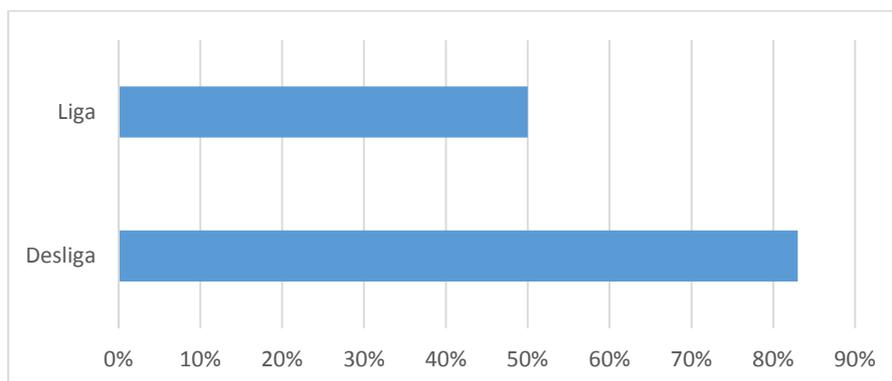
Fonte – (COPANOR, 2017)

A localidade possui atualmente cinco operadores para executar atividades de captação, produção, operação, distribuição e manutenção de água. E esses operadores geram um gasto com pagamento de horas extras mensalmente em torno de R\$ 900,00. Com a automação, esse gasto iria para zero, conforme Tabela 5.

Na segunda etapa foi feita uma pesquisa sobre a forma mais adequada para a implantação que possibilitasse o sistema funcionar maneira correta com mais frequência, sem sobrecarregar os aparelhos.

Depois de analisado o funcionamento do sistema de abastecimento do bairro Filadélfia na cidade de Teófilo Otoni foi evidente a eficiência da automação com malha fechada para o mesmo, onde é controlado o nível do reservatório, desligando em 83% da sua capacidade e ligando quando chega a 50 %, como mostra o Gráfico 1, esse tipo de funcionamento evita o desperdício de água, evita o uso ininterrupto dos conjuntos motobombas (o que aumenta o tempo de durabilidade do equipamento), além de gerar uma distribuição de água para a população mais eficiente, pois haverá um controle sobre a quantidade de água presente no reservatório.

Gráfico 1 – Tempo de funcionamento para controle do nível do reservatório.



Fonte: Acervo da própria pesquisa

Na etapa três, realiza-se a pesquisa sobre quais equipamentos devem ser adquiridos, analisando o consumo de energia elétrica, a capacidade de trabalho que cada equipamento possui, para que funcionem corretamente no sistema.

Em estudo comparativo dos sistemas automatizado com malha fechada e automatizado com malha aberta, o gasto com energia elétrica não teve impacto relevante, segue Tabela 06 para perceber que nesse quesito não haverá uma melhoria financeira.

Tabela 6 – Relação de gastos com Energia elétrica

Local	Gasto com energia elétrica (R\$)				
	Maio/2017	Junho/2017	Julho/2017	Agosto/2017	Setembro/2017
Novo Oriente de Minas	10.949,37	10.622,58	9.444,62	9.673,07	10.580,60
Teófilo Otoni	23.562,20	23.958,02	25.861,10	24.853,17	26.208,95

Fonte – (COPASA/COPANOR, 2017)

Conforme lei nº 11445 de 05 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, informa que é função do estado fornecer saneamento básico de qualidade para a população. Sendo assim não posso apegar a pesquisa a valores financeiros, mesmo sabendo que no futuro a automação trará benefícios para a empresa, mas seu principal objetivo é a melhoria no serviço de fornecimento de água para a população.

Na quarta etapa a pesquisa buscou uma forma de implantar e instalar esses equipamentos, que foram escolhidos na etapa três, de forma eficiente, com análise de espaços, funcionalidade e que gere resultado.

3.5 Métodos de análise dos dados e interpretação dos resultados das análises

O município de Novo Oriente de Minas está localizado no nordeste de Minas Gerais com uma população de aproximadamente 10.500 habitantes em que a maioria é de baixa renda (IBGE,2017). A cidade é abastecida pela empresa Copasa Serviços de Saneamento Integrado do Norte e Nordeste de Minas Gerais – COPANOR. E o sistema de abastecimento da cidade é precário, necessitando urgentemente de uma reforma.

Esse sistema de abastecimento é constituído de dois poços artesianos, uma estação de tratamento de esgoto (ETE), uma estação de tratamento de água (ETA), dois reservatórios, além de 2.287 ligações de água e aproximadamente 2.000 ligações de esgoto, segundo o programa interno da COPANOR.

Figura 9 – Quadro de comando funcionando com temporizador



Fonte: Acervo da própria pesquisa

O primeiro poço localizado a aproximadamente 500 metros dos reservatórios, possui uma vazão de 4,2 m³/s e funciona com um temporizador como mostra a Figura 9. Esse temporizador está programado para ligar às 06 horas e desliga às 24 horas, algo que por inúmeras vezes causa desperdício de água ou então causa falta d'água.

Já o segundo poço que se localiza a uma distância aproximada de 1.800 metros dos reservatórios, possui uma vazão de 5,81 m³/s e seu funcionamento é feito no automático através de boias que estão interligadas a um contator que está presente no quadro de comando.

A estação de tratamento de esgoto faz a coleta e o tratamento do esgoto sanitário que é despejado, posteriormente, no córrego do ouro (pequeno córrego que atravessa a cidade de Novo Oriente de Minas).

Já a estação de tratamento de água e os reservatórios se localizam bem próximos e cada reservatório tem uma capacidade de armazenamento de 150 m³ de água, essa água é encaminhada para estação, onde é realizado todo o processo de tratamento:

- Oxidação;
- Filtração;
- Desinfecção;
- Fluoretação;

A oxidação é o primeiro processo realizado, onde se mistura cloro na água para oxidar os metais presentes, tornando-os mais insolúveis para que seja removido nas próximas etapas. Depois a água passa por filtros para reter a sujeira ainda existente, esse é o processo de filtração. A água sai clarificada dos filtros, mas passa pelo processo de desinfecção adicionando novamente cloro para eliminar os germes nocivos à saúde (COPASA, 2017).

Posteriormente, deveria ser realizado o processo de correção de pH (potencial hidrogeniônico) em que a água recebe uma dosagem de cal para proteger as canalizações das redes e das casas contra corrosão, mas isso não acontece pelo fato da água possuir um pH aceitável de acordo com a portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde. Por último o processo de fluoretação que é aplicado uma dosagem de flúor para reduzir a incidência de cárie dentária, como estabelecido pela portaria nº 635 de 26 de dezembro de 1975 e posteriormente a água é encaminhada aos consumidores finais.

Hoje o município de Novo Oriente de Minas tem um faturamento R\$ 67.813,25 como mostra a Tabela 07, e produz um volume de água mensal de 15000m³. Logo o valor do metro cúbico produzido fica em torno de R\$ 4,52. Atualmente o sistema tem um desperdício 4350 m³, ou seja, são R\$ 19.662,00 desperdiçados mensalmente.

Com a automação esse desperdício iria diminuir, pois não haveria desperdício por excesso de água no reservatório.

Tabela 07 – Faturamento da cidade de Novo Oriente de Minas por categoria.

Categoria	Faturamento (R\$)
Residencial	18.482,48
Social	7.590,08
Comercial	4.363,80
Pública	4.107,88
Industrial	907,10
Total	67.813,25

Fonte – (COPANOR, 2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após estudos e levantamento de dados no local, foi desenvolvida uma pesquisa que visa a melhoria no processo de abastecimento de água da cidade de Novo Oriente de Minas, por meio de um planejamento de automatização que busca otimizar o funcionamento do sistema.

4.1 Proposta da pesquisa

Baseado em estudo de campo, é foi evidente a necessidade de automatizar o sistema de captação de água da cidade de Novo Oriente de Minas. E a melhor forma encontrada foi através de malha fechada.

A proposta do trabalho é um sistema de automatização da captação de água da cidade de Novo Oriente de Minas, que tem como base transmissão de dados através de rádios operando na banda de 900 MHz. A comunicação por rádio é muito ampla no mercado e é usada uma tecnologia bastante confiável.

O sistema de controle da captação de água deve ser feito por um controlador lógico programável (CLP), que fica conectado a um dos rádios do sistema de comunicação. Esse sistema é bastante eficiente e controla totalmente a captação de água, utilizando dos seguintes recursos:

- Definir a partida e a parada de cada bomba;
- Indicar falhas ocorridas nas bombas;
- Parar a bomba, caso possua falha;
- Estabelecer a vazão bombeada por cada bomba;
- Registrar o tempo de trabalho de cada equipamento;
- Indicar o nível dos reservatórios;
- Criar e registrar alarmes.

E para supervisionar o sistema, deve ser feita a instalação de um software em um microcomputador que é conectado a outro rádio. Esse software oferece os seguintes recursos:

- Mostrar o funcionamento de cada bomba;
- Mostrar alarmes que ocorram, devido falha na bomba;

- Registra alarmes e eventos ocorridos para posterior consulta;

Para programar esse sistema automatizado, necessita-se basicamente de um controlador, três transmissores, três receptores, três antenas de rádio frequência, um sensor hidrostático, os rádios para a comunicação e o software supervisor instalado em um microcomputador no centro das operações. Abaixo foi elaborada a Quadro 1 que demonstra as especificações de cada equipamento que precisam ser adquiridos.

Quadro 1 – Especificações dos materiais necessários para automatizar a captação de água de Novo Oriente de Minas

Material	Especificações
Controlador lógico programável	<ul style="list-style-type: none"> • Controlador micro processado; • Porta de comunicação com IHM; • Protocolo de comunicação <i>Modbus</i>; • Alimentação de 24Vcc • 12 entradas digitais • 3 entradas analógicas 4-20mA; • 5 saídas digitais a relé;
Receptores	<ul style="list-style-type: none"> • Receptor de telecomando/telemetria via rádio.
Transmissor	<ul style="list-style-type: none"> • Transmissor de telecomando/telemetria via rádio.
Antenas	<ul style="list-style-type: none"> • Antenas para transmitir sinais de rádio frequência.
Sensor hidrostático	<ul style="list-style-type: none"> • Alimentação de 12 a 24 Vcc; • Transmissão a dois fios 4-20mA.
Rádio	<ul style="list-style-type: none"> • Rádio transceptor para operação na banda de 900 MHz; • Tecnologia de espalhamento espectral de saltos de frequência. • Conector para antena; • Alimentação em 24 Vcc;

Rádio	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de transmissão de 19,2 kbps; • Potência entre 1 mW e 1W. • Atendendo a legislação (ANATEL)
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação em ambiente Windows; • Módulo de comunicação para protocolo <i>Modbus</i>.

Fonte: Dados da pesquisa

O Quadro 1 especifica o modelo correto dos equipamentos para que o sistema ao ser automatizado funcione corretamente, sendo que todos são indispensáveis na implantação, pois cada um tem uma função como apresentado abaixo:

- **Controlador Lógico Programável (CLP):** é o mestre, onde ficam armazenadas todas as informações da programação, é alimentado pelas entradas vindas do campo e atualiza as saídas conforme sua programação.
- **Módulos de rádio frequência:** na transmissão de dados por ondas de radiofrequência, os módulos de radiofrequência são responsáveis pela transmissão e recepção dos dados via ondas de rádio (SAMPAIO, 2008).
- **Antenas de rádio:** como há a necessidade de comunicação entre a central que ficará próximo aos reservatórios e os bombeamentos dos dois poços a uma distância aproximada de 500 e 1500m, fica inviável utilizar cabeamento estruturado e não sendo possível utilizar uma rede wireless local precisa-se de três antenas para ampliar o sinal.
- **Sensor Hidrostático:** um sensor hidrostático para medir o nível do reservatório baseando-se no princípio da piezo-resistividade, em que este sinal é convertido através do transmissor e um sinal elétrico de (4 a 20mA) proporcional e linear ao valor aplicado no sensor.
- **Rádio:** sua principal função é na comunicação entre os dispositivos.
- **Software:** para parametrização ou para a programação do controlador e para instalação em sistema Windows.

Além de todos esses equipamentos, também deve ser adquirido cabeamento de interligação dos sistemas, protetor contra surtos, chaves ou botoeiras tipo painel elétrico para comando e uma mão de obra especializada para executar o serviço.

4.2 Análise da implantação da automação e métodos para ser implantada

A análise da implantação da automatização ao sistema hidráulico do município de Novo Oriente de Minas terá uma abrangência em diversos assuntos, como:

- ✓ Sistemas de Abastecimento e Tratamento de Água – estuda o funcionamento dos sistemas hidráulicos.
- ✓ Máquinas Elétricas – estuda o funcionamento das máquinas e suas formas de manutenção.
- ✓ Eficiência Energética – demonstra como utilizar a energia de forma racional, além de um estudo aprofundado sobre tarifação.
- ✓ Automação – estuda as formas de automatizar um local, demonstrando as vantagens de tornar o sistema independente.

É dever do Estado fornecer saneamento básico para a população e também é obrigação do estado elaborar normas para estabelecer diretrizes para o saneamento básico.

Para esse estudo de caso foi realizada uma coleta de dados em artigos, livros e normas técnicas, a metodologia implantada baseia-se nos itens citados abaixo:

- Manual do Saneamento (2004).
- ABNT NBR 12217 – Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público.
- Portaria nº 1.469/2000 do Ministério da Saúde.
- Portaria nº 635/1975 do Ministério de Estado da Saúde.
- Portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde
- Publicações de companhias de saneamento como: COPASA (Companhia de Saneamento do Estado do estado de Minas Gerais), SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná) e SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo)
- Normas técnicas da ARSAE – MG (Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de água e esgoto sanitário no estado de Minas Gerais).

4.3 A importância de realizar a automação via rádio na captação de água da cidade de Novo Oriente de Minas.

São inúmeras as vantagens da automação via rádio, isso porque ao automatizar um processo é possível aumentar significativamente o seu desempenho global. Abaixo vamos externar algumas dessas vantagens:

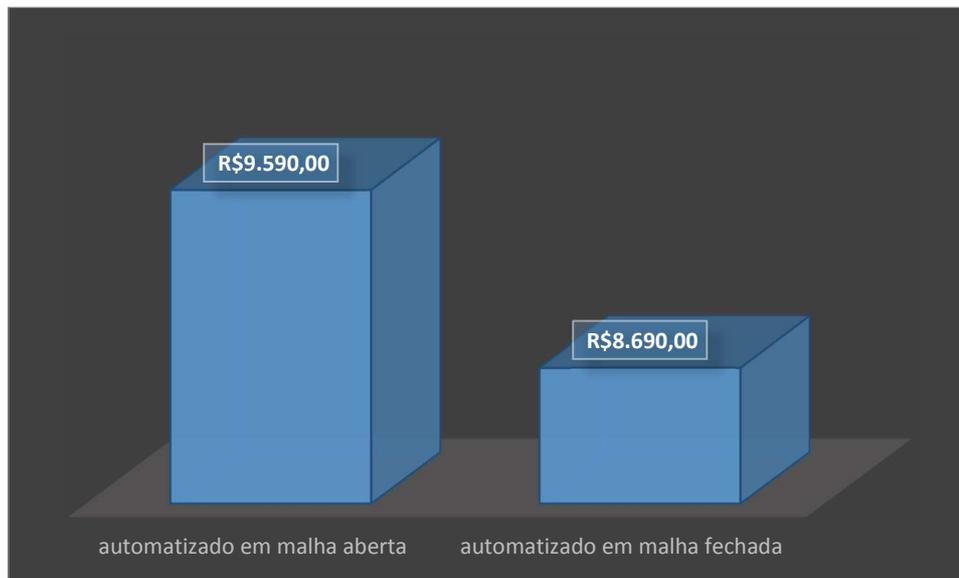
1. Aumento da produtividade: esse benefício é bastante significativo, pois aumentaria a produção de água na cidade de Novo Oriente de Minas, melhorando assim a distribuição para a população.
2. Redução de Custos: com a automação haverá um aumento na produtividade e eficiência, pois não ser mais necessários empregados para realizar atividades extras.
3. Melhoria da Qualidade: essa melhoria é evidente, até porque máquinas automatizadas fornecem resultados consistentes e repetíveis. Eliminando assim, os problemas causados por erro humano.
4. Segurança: no quesito segurança, pode-se destacar que em uma máquina que tem seu manuseio manualmente, o operador pode cometer erros. Já no sistema automatizado não há erros, pois este é controlado por um computador, o que naturalmente evitaria acidentes.
5. Precisão: esse é um dos principais pontos positivos, pois será um sistema controlado por um programa que assegura precisão.
6. Monitoramento remoto: esse tipo de sistema permite ao operador monitorar e controlar a produção.

É evidente que a automação trará inúmeras vantagens para o sistema de abastecimento de água da cidade de Novo Oriente de Minas, pois ao tornar um sistema independente, as atividades exercidas desse sistema tornam-se mais qualificadas e livres de erros.

4.3.1 Vantagem Financeira

Tendo em vista que a automação via rádio irá otimizar os gastos com encargos salariais da empresa, foi elaborado o Gráfico 2, que é uma relação entre os dois sistemas, onde é notório que depois dessa automação os valores gastos com encargos salariais irão diminuir, pelo fato de diminuir consideravelmente o pagamento de horas extras para os empregados.

Gráfico 2 - Relação de encargos salariais entre um sistema de automação com malha aberta e com malha fechada no ano de 2017.



Fonte – Acervo da própria pesquisa

Como exposto no gráfico 02 a implantação da automação pela concessionária possibilitaria uma economia financeira de R\$ 900,00 mensais, pois a empresa não iria pagar nenhum valor referente a horas extras executadas por funcionários da localidade.

4.3.2 Vantagem sócio ambiental

Atualmente a empresa precisa que o funcionário se desloque até a captação de água para acompanhar o nível do reservatório. A automação iria controlar esse nível, sem a participação humana, o que além de diminuir custos com horas extras, também melhoraria a distribuição de água para a população. Essa melhora na distribuição iria evitar o desperdício de água, algo relevante para as questões ambientais, já que a água é o recurso natural mais importante para o ser humano.

Em âmbito sócio ambiental, a diminuição no desperdício de água trará para a concessionária uma economia de consumo de água, que melhorará a imagem da empresa passando uma ideia sustentável.

Uma gestão sustentável nos dias atuais é de extrema importância, para não comprometer as necessidades humanas das próximas gerações. Pois sustentabilidade está ligada ao desenvolvimento econômico sem que haja agressão à natureza. Então um desenvolvimento sustentável dá-se quando se realiza sem provocar escassez de recursos.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa mostra o funcionamento de dois sistemas automatizados, em que um é automatizado por um sistema de malha aberta e o outro é feito uma automação com um controlador lógico através de um sistema de malha fechada, utilizando comunicação por rádio frequência.

Baseado em estudos realizados, percebe-se que a captação de água de Novo Oriente de Minas, que é automatizada através de malha aberta, deve ser automatizada através de malha fechada que utilizará um CLP para fazer o controle e um sistema de rádio para a comunicação. Pois com esse tipo de automação, o sistema terá uma precisão de como se encontra e terá um monitoramento constante para detectar falhas.

Por esses motivos a pesquisa sugere que seja implantada uma automação com malha fechada na captação de água da cidade de Novo Oriente de Minas para que, assim, a distribuição de água seja feita com maior eficácia.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA REGULADORA. *Objetivo operacional e competências legais*. 2014. Disponível em: <<http://www.arsae.mg.gov.br/institucional/objetivo-operacional>>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

ALFA INSTRUMENTOS. *Linha 2711 - Transmissores de pesagem*. Disponível em: <<http://www.alfainstrumentos.com.br/produto/transmissores-de-pesagem/>>. Acesso em: 11 de setembro de 2017.

ATTIÉ, S. S. *Automação hidráulica e pneumática empregando a teoria de sistemas a eventos discretos*. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. Disponível em: http://laship.ufsc.br/site/wp-content/uploads/1998/04/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Atti%C3%A9_1998.pdf. Acesso em: 10 de setembro de 2017.

ASSIS, G. D. *Automação de sistemas de abastecimento de água*. 2012. 100p. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Rio Grande do sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65447/000858078.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 17 de setembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Normalização*. 2017. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/normalizacao/lista-de-publicacoes/abnt/category/190-normas-publicadas-2017>>. Acesso em: 15 de setembro de 2017.

ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL AMÉRICA LATINA. *PROFIBUS - Descrição Técnica*. São Paulo: 2000. Disponível em: <<https://daniellnunes1.files.wordpress.com/2012/11/profibus.pdf>>. Acesso em: 14 de outubro de 2017.

ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL AMÉRICA LATINA. *Descrição Técnica PROFIBUS*. São Paulo: 2012. Disponível em: <http://www.profibus.org.br/files/DescricaoTecnica/PROFIBUS_DESC_TEC_2012.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

BEZERRA, M. A. A. *Protocolos de comunicação aplicados em fpgas*. 2013. Monografia (Graduação em Engenheiro Eletricista). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <<http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2013.2/MARCUS%20ANDERSON%20ALMEIDA%20BEZERRA.pdf>>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*, promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília: Planalto. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de saneamento*. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de saúde, 2004. 408p. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf>. Acesso em: 06 de outubro de 2017.

BRASIL. *LEI Nº 11.445*, promulgada em 5 de janeiro de 2007. Brasília: Planalto. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 28 de setembro de 2017.

BRASIL. *PORTARIA N.º 1469*, promulgada em 29 de dezembro de 2000. Brasília: Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/docs/portarias/portaria-ms-1469-00.pdf>>. Acesso em: 19 de setembro de 2017.

CAETANO, S. S. *Cabeamento Estruturado*. 2010. Instituto Federal de Santa Catarina. São José. Disponível em: <http://www.sj.ifsc.edu.br/~tisemp/CBE/cabeamento_2010.pdf>. Acesso em: 07 de outubro de 2017.

CAPANEMA, S. P. *Instrumentação e controle em uma estação de tratamento de água*. 2004. 97p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/HSAA-6B6PU3/490m.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 de outubro de 2017.

COPASA. *Saneamento tratamento e abastecimento de água*. 2017. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Agua.pdf>. Acesso em: 12 de outubro de 2017.

CASILLO, D. *Automação e Controle*. Universidade Federal Rural do Semiárido. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/166/arquivos/Automacao%20e%20Controle%202011_1/Aula%2005%20-%20Introdu%20C3%A7%C3%A3o%20ao%20CLP.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

CARVALHO NETO, J. T. de. *Controladores lógicos programáveis*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: <<https://www.dca.ufrn.br/~joaoteixeira/ApostilaCLPFinal.pdf>>. Acesso em: 08 de outubro de 2017.

CUNHA, J. M. *Protótipo de rede industrial utilizando o padrão serial rs485 e protocolo modbus*. 2000. Monografia (Graduação em Ciências da Computação). Centro de ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2000. Disponível em: <<http://www.inf.furb.br/departamento/arquivos/tccs/monografias/2000-2judsonmichelcunhafv.pdf>>. Acesso em: 15 de setembro de 2017.

DIAS, M. S. O. *Sistema de esgotamento sanitário no município de Belém: proposta de concepção para universalização do atendimento até 2030*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém/Pará, 2009. Disponível em: <http://www.ufpa.br/ppgec/data/producaocientifica/Monique%20Dias.pdf>. Acesso em: 20 de setembro de 2017.

FIGUEIREDO, T. de B. *Aplicações das tecnologias sem fio na logística*. 2004. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5387/5387_4.PDF>. Acesso em: 08 de outubro de 2017.

FLORENCIO, L; BASTOS, R. K. X; AISSE M. M. *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 427p. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Esgoto-Prosab_-_final.pdf. Acesso em: 09 de outubro de 2017.

Fonseca, F. R. da. *Modelo de sistema de automação aplicado à setorização de redes de abastecimento hídrico*. 2011. 155p. Tese (Doutorado em engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-24062011-000852/es.php>>. Acesso em: 17 de setembro de 2017.

FOROUZAN, B. A. *Comunicação de Dados e Redes de Computadores*. 4. ed. São Paulo: AMGH Editora, 2009. 1134p. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=FlaDr9ZtwXgC&oi=fnd&pg=PR29&dq=meios+de+transmissão+dados&ots=2LZH5A0rNS&sig=wMkFWoGuGlgwRkT8SrF5yf-BWxs#v=onepage&q=meios%20de%20transmiss%C3%A3o%20dados&f=false>>. Acesso em: 11 de setembro de 2017.

GONÇALVES, J. A. F. *Sistema de Gestão Técnica Aplicados a Projetos de Automação Industrial – Estágio na RC Automação*. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2015. Disponível em: <http://files.isec.pt/DOCUMENTOS/SERVICOS/BIBLIO/Teses/Tese_Mest_Jose-Alvaro-Goncalves.pdf>. Acesso em: 09 de setembro de 2017.

GONÇALVES, R. F. *Uso racional de água e energia: conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água*. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352p. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

GUIMARÃES NETO, D. *Progresso técnico e automação: processo de trabalho como instrumento de análise da história da empresa*. 1982. Dissertação (Mestrado em Administração). Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1982. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/10728/1198301205.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 09 de setembro de 2017.

GUEDES, L. A. *Redes de comunicação para aplicações industriais*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~affonso/PET0303/redes_industriais.pdf>. Acesso em: 21 de novembro de 2017.

JAMHOUR, E. *Modelo em camadas arquitetura TCP/IP/Ethernet*. Disponível em: <https://www.ppgia.pucpr.br/~jamhour/Download/pub/RSS/POS_RSS/ApostilaArquiteturaTCPIP.pdf>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

LOMBARDI, R. R. R. *Controle remoto infravermelho para automação*. 2006. Monografia (Graduação Engenharia de Computação). Faculdade de Ciências exatas e Tecnologia, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <http://repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3120/2/20126521.pdf>>. Acesso em: 28 de outubro de 2017.

LUGLI, A. B.; SOBRINHO, D. G. *Tecnologia wireless para automação industrial: wireless_hart, bluetooth, wi-fi, zigbee e sp-100*. Disponível em: <<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6idqO-NXXAhWEhJAKHUNHD-4QFggpMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.inatel.br%2Fbiblioteca%2Fartigos-cientificos%2F2012%2F6088-tecnologias-wireless-para-automacao-industrial-wireless-hart-bluetooth-wisa-wi-fi-zigbee-e&usg=AOvVaw2FbvgGF4cxIYhef7JJgjWK>>. Acesso em: 12 de setembro de 2017.
MINAS GERAIS. *Legislação mineira*, LEI Nº 18.309, promulgada em 03 de agosto de 2009. Minas Gerais. Disponível em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?ano=2009&num=18309&tipo=LEI>>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

MEDEIROS FILHO, C. F. de. *Abastecimento de água*. Campina Grande. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>>. Acesso em: 06 de outubro de 2017.

MELO, NETO, A. de. *Sistema de controle*. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~adao/SR2y.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2017.

NASCIMENTO, L. T. do. *Avaliação da utilização de tecnologia de comunicação sem fio em redes PROFIBUS e FOUNDATION Fieldbus™*. 2008. 61p. Monografia (Especialista em Engenharia de Instrumentação). Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008. Disponível em: <http://www2.ee.ufpe.br/instrumentacao/monografias/Leonardo_Monografia_PROMI_NP_I.pdf>. Acesso em: 11 de setembro de 2017.

NASCIMENTO, J. M. A. do; LUCENA, P. B. de. *Protocolo modbus*. UFRN - Redes para Automação Industrial – DCA2401/ Julho de 2003. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho3/trabalho3_13.pdf>. Acesso em: 12 setembro. 2017.

PINTO, O. E.; CHERBAKIAN, E. H.; INOUE, M. M.; SILVA G. F. da. *Automação de estação de tratamento de água*. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1996. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes97/automacao.pdf>>. Acesso em: 05 de setembro de 2017.

ROSS, B. Z. L.; CARNEIRO, C.; POSSETTI G. R. C. *Eficiência energética no saneamento: trabalhos contemplados no Prêmio Sanepar de Tecnologias Sustentáveis e no Prêmio Inova Sanepar – edição 2016*. 1º ed. Curitiba: Sanepar, 2017. 130 p.

SABESP. *Meio ambiente*. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/subHome.aspx?secaold=62>>. Acesso em: 14 de outubro de 2017.

SEIXAS FILHO, C. *Capítulo R5: Industrial Ethernet*. UFMG – Departamento de Engenharia Eletrônica. Disponível em: <<http://alvarestech.com/temp/smar/www.delt.ufmg.br/seixas/PaginaSDA/Download/DownloadFiles/Ethernet.PDF>>. Acesso em: 04 de outubro de 2017.

SMAT. *Manual de instruções, operação e manutenção*. Transmissor de Posição WirelessHART. 2013. Disponível em: <<http://www.smar.com/PDFs/manuals/TP400WMP.pdf>>. Acesso em: 16 de agosto de 2017.

SILVA D. S. da; NASCIMENTO, J. M. A. do. *Automação industrial*. UFRN - Redes para Automação Industrial – DCA2401/ Maio de 2003. Disponível em: <https://www.dca.ufrn.br/~affonso/FTP/DCA447/trabalho1/trabalho1_4.pdf>. Acesso em: 10 de outubro de 2017.

SINUS. *Organização Mundial da Saúde (OMS): guia de estudos*. [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://sinus.org.br/2014/wp-content/uploads/2013/11/OMS-Guia-Online.pdf>>. Acesso em: 15 de setembro de 2017.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Coleta de Dados do SNIS*. 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso em: 25 de setembro de 2017.

SPOLAOR, A. S. *Automação nos sistemas de abastecimento de água. Caso do controle da reservação de distribuição*. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/258162/1/Spolaor_AntonioSergio_M.pdf>. Acesso em: 15 de setembro de 2017.

TAVARES, T. S. *Gestão de operações: melhoria dos processos produtivos utilizando ferramenta de custeio em laticínios*. 2013. 72 p. Monografia (Graduação em Engenharia). Universidade de São Paulo, Lorena, 2013. Disponível em: <<http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2013/MIQ13010.pdf>>. Acesso em: 21 de novembro de 2017.

TROJAN, F.; KOVALESKI, J. L. *Automação no abastecimento de água: Uma ferramenta para redução de perdas e melhoria nas condições de trabalho*. XII SIMPEP, Bauru – SP, 2005. Disponível em: <www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_12/copiar.php?arquivo=Trojan_F...pdf> Acesso em: 20 de outubro de 2017.

VALGAS, J. A. de. *Protótipo de um sistema para transmissão de dados em um ambiente wireless utilizando a rádio frequência*. 1999. Monografia (Graduação em Ciências da Computação). Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 1999. Disponível em: <<http://dsc.inf.furb.br/arquivos/tccs/monografias/1999-1jairoandersondevalgasvf.pdf>>. Acesso em: 09 de setembro de 2017.

VASCONCELLOS, E. B. C. MOREIRA, M. Z. CAMARGO, P. B. de HERMES, L. C. ARAUJO, G. G. L. de. *Caracterização isotópica em água de poço e tanques de piscicultura no município de Petrolina, PE- Semiárido brasileiro*. IV Simpósio Científico dos Pós-Graduandos do CENA/USP, Piracicaba, 2011. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/956349/1/RAHermesLCIVSi.mpomioCientifPosGradCENA.pdf>>. Acesso em: 09 de setembro de 2017.

VASCONCELOS, V. M. M; SOUZA, C. F. *Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil*. Ambiente e Água, v. 6, n. 2, p.305-324, 31 ago. 2011. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/928/92819767021/>>. Acesso em: 17 outubro 2017.

VELKI. *Especificações Técnicas*. São Paulo. Disponível em: <<http://velki.com.br/manual/vkl-214---sonda-de-ni%CC%81vel---tipo-hidrosta%CC%81tico.pdf>>. Acesso em: 20 de novembro de 2017.

VILLANUEVA, J. M. M. *Controladores Lógicos Programáveis*. Paraíba: 2016. 40p. Disponível em: <<http://www.cear.ufpb.br/juan/wp-content/uploads/2016/08/Aula-3a-CLP-Introdução.pdf>>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

WEG. *Manual da Comunicação DeviceNet*. 2008. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h44/ha3/WEG-ssw07-comunicacao-devicenet-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 01 de novembro de 2017.

ZAMPIERI, J. C. *Proposta de sistema de controle e monitoração via rádio para estações de bombeamento de efluentes*. 2012. Monografia (Graduação em Automação Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/1858/1/CT_CEAUT_III_2012_11.pdf>. Acesso em 10 de outubro de 2017.

ZANCAN, M. D. *Controladores programáveis*. 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011. 54p. Disponível em: <http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_automacao/setima_etapa/controladores_programaveis_2012.pdf>. Acesso em: 15 de outubro de 2017.

ZANIBONI, N. *Equipamentos e metodologias para o controle e redução de perdas reais em sistemas de abastecimento de água*. 2009. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-11082009-172644/pt-br.php>>.

Acesso em: 10 de outubro de 2017.

BARBOSA, Gustavo Franco. Desenvolvimento de um modelo de análise para implantação de automação na manufatura aeronáutica, orientado pelos requisitos das metodologias de projeto para excelência (dfx - design for excellence) e produção enxuta (lean manufacturing). **2012**. 332 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em:

www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18145/tde.../GustavoFrancoBarbosa.pdf.

Acesso em: 06 nov. 2017.

GOMES, J. L.; BARBIERI, J. C. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo: um novo modelo de política pública. Caderno EBAPE.BR. vol. 2, n3. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-39512004000300002

Acesso em: 06 nov. 2017.