



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAHIA

Campus: Salvador

ALANE CÁSSIA SILVA SANTANA SANTOS

CAUÃ WILL QUADROS SILVA DO SACRAMENTO

**APLICAÇÃO DE CLP EM UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA, ORIUNDO
DE COLETA DE ÁGUA DE CHUVA**

Salvador, BA

2024

ALANE CÁSSIA SILVA SANTANA SANTOS
CAUÃ WILL QUADROS SILVA DO SACRAMENTO

**APLICAÇÃO DE CLP EM UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA, ORIUNDO
DE COLETA DE ÁGUA DE CHUVA**

Projeto apresentado como Trabalho de conclusão de Curso Técnico de Ensino Médio em Eletrotécnica, na forma integrada, apresentado à Coordenação de Eletrotécnica, Campus Salvador, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do certificado de conclusão do curso.

Orientadora: Prof^a Dra. Elenise Barreto Barbosa Anunciação.

Salvador, BA

2024

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DO IFBA, COM OS
DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

S237a Santos, Alane Cássia Silva Santana

Aplicação de CLP em um sistema de tratamento de água, oriundo de coleta de água de chuva / Alane Cássia Silva Santana Santos; Cauã Will Quadros Silva do Sacramento; orientadora Elenise Barreto Barbosa Anunciação -- Salvador, 2024.

50 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Eletrotécnica) -- Instituto Federal da Bahia, 2024.

1. Automação elétrica. 2. CLP. 3. Função bloco lógico. I. Sacramento, Cauã Will Quadros Silva do, colab. II. Anunciação, Elenise Barreto Barbosa, orient. III. TÍTULO.

CDU 681.5



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA
DEPARTAMENTO DE ELETROTÉCNICA - Campus Salvador

ALANE CÁSSIA SILVA SANTANA SANTOS

CAUÃ WILL QUADROS SILVA DO SACRAMENTO

**APLICAÇÃO DE CLP EM UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA, ORIUNDO
DE COLETA DE ÁGUA DE CHUVA**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso Profissionalizante Técnico de Ensino Médio em Eletrotécnica, na forma integrada, apresentado a Coordenação de Eletrotécnica do Campus Salvador do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do certificado de conclusão do curso.

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dra. Elenise Barreto Barbosa Anunciação - Orientadora - IFBA

Prof.^o Ms. Carlos d'Alexandria Bruni - IFBA

Prof.^o Dr. Renato da Anunciação Filho - IFBA

Salvador, _____

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradecemos a Deus, que, durante toda a caminhada, nos guiou, provendo-nos de força, inteligência e perseverança. Sua sabedoria foi essencial para trilharmos este caminho tão estreito.

Aos nossos familiares, aqueles que nos são mais próximos, que nos incentivaram e apoiaram nos momentos mais difíceis, expressamos nossa profunda gratidão. Sua presença foi de suma importância e, certamente, nos motivou a concluirmos este trabalho.

Aos professores, que nos acompanharam nesta jornada acadêmica, gostaríamos de demonstrar nossa gratidão por todos os ensinamentos, pelo apoio e por sempre acreditar em nosso potencial. Relembramos, aqui, as sábias palavras do educador Paulo Freire: “O educador se eterniza em cada ser que educa”. Essa eternização se manifesta não só nos ensinamentos transmitidos, mas também na inspiração para seguir ensinando e aprendendo, perpetuando assim, o ciclo do conhecimento.

À nossa orientadora, Professora Elenise Barreto Barbosa Anunciação, que, com sua generosidade e conhecimento, nos encaminhou durante a produção deste trabalho. Sua orientação foi essencial e, em cada reunião, em cada detalhe, notamos sua dedicação e a vontade de tornar este trabalho uma realidade. Por esses e mais outros motivos, expressamos, à senhora, nossa mais profunda gratidão.

Aos amigos e colegas, que, de alguma forma, nos ofereceram qualquer tipo de apoio ou assistência, transmitimos nossos agradecimentos.

Àqueles que nos acompanharam durante o percurso, direta ou indiretamente, sem a sua colaboração, este trabalho não seria possível. Com isso, agradecemos a cada apoio dado.

Resumo

Este trabalho é um estudo sobre a aplicação de um Controlador Lógico programável (CLP) para realizar o comando do sistema elétrico dos elementos componentes de um sistema de tratamento de água. A água é proveniente da coleta de água da chuva de uma edificação com telhado e calhas que direcionam o fluxo de água para um reservatório instalado na área externa. No desenvolvimento do tema, foram abordados os tipos de linguagens para a programação do controlador lógico programável e a forma de implementar a programação solução para o problema proposto. A metodologia pensada foi dividida em duas etapas: a análise documental com busca de artigos, livros, ebooks, revistas técnicas e jornais científicos sobre o sistema de tratamento de água e a automação prática feita em simulador de CLP, com programação em função Bloco Lógico. Foi utilizado um simulador de programação e pulsos para validar o programa elaborado. Como resultado foi obtido o diagrama função Bloco Lógico capaz de atender a demanda de dosagem de cloro por meio de uma bomba elétrica comandada pelo CLP. Todos os atuadores de comando elétrico foram controlados por meio do circuito elétrico de controle, feito pelo CLP.

Palavras-chave: Automação elétrica; CLP; Função Bloco Lógico

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Variantes LOGO!.....	12
Figura 2 - Especificações do LOGO!.....	12
Figura 3 - CLP LOGO!.....	13
Figura 4 - Componentes do ciclo hidrológico.....	17
Figura 5 - Temperaturas e Precipitação: Novembro 2022/ Salvador-BA.....	20
Figura 6 - Tendências de Precipitação em Salvador nos Últimos Quatro anos.....	21
Figura 7 - Tipos de localização do reservatório no terreno.....	23
Figura 8 - Exemplo de aplicação da chave bóia.....	26
Figura 9 - Bomba de deslocamento positivo e não-positivo.....	27
Figura 10 - Programação em Linguagem Ladder.....	35
Figura 11 - Funções gerais do LOGO!.....	36
Figura 12- Especificações da função weekly timer.....	36
Figura 13 - Funcionamento da função gerador de pulso assíncrono.....	37
Figura 14 - Simbologia e comportamento para uma situação em que o limiar de ligação (On) é maior que o limiar de desligamento (Off).....	37
Figura 15 - Sistema de tratamento de água, oriundo de coleta de água de chuva.....	39
Figura 16 - Diagrama solução para automação do sistema de tratamento de água, oriundo de coleta de água de chuva.....	42

TABELAS

Tabela 1 - Temperaturas características dos condutores.....	28
Tabela 2 - Seção mínima dos condutores.....	28
Tabela 3 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.....	29
Tabela 4 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.....	30
Tabela 5 - Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito.	30
Tabela 6 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D.....	31
Tabela 7 - Seção reduzida do condutor neutro.....	32
Tabela 8 - Seção mínima do condutor de proteção.....	32
Tabela 9 - Identificação de correspondência das entradas.....	40
Tabela 10 - Identificação dos elementos atuadores de correspondência das saídas.....	40
Tabela 11 - Identificação das entradas e seus respectivos elementos de comando.....	41

SUMÁRIO

1 Introdução.....	9
1.1 Objetivo geral.....	10
1.2 Objetivos específicos.....	10
2 Metodologia.....	11
2.1 Controlador lógico programável LOGO!.....	11
2.1.1 Módulos básicos LOGO!.....	12
2.1.2 Aspectos construtivos e lógicos do LOGO 230 RC.....	13
3 Referencial Teórico.....	15
3.1 A escassez de água no mundo.....	15
3.2 Sistemas de tratamento de água.....	15
3.2.1 Coagulação e floculação.....	15
3.2.2 Decantação.....	16
3.2.3 Filtração.....	16
3.2.4 Desinfecção.....	16
3.2.4.1 Determinação de Cloro e Dosagem no Tratamento de Água (PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021).....	16
3.3 Ciclo hidrológico.....	17
3.4 Aproveitamento de água da chuva de coberturas para fins não potáveis.....	18
3.5 Índice pluviométrico em Salvador.....	19
3.6 Reservatórios.....	21
3.6.1 Definição.....	21
3.6.2 Tipos de reservatórios.....	21
3.6.2.1 Localização do reservatório no sistema.....	21
3.6.2.2 Localização do reservatório no terreno.....	22
3.6.2.3 Forma do reservatório.....	23
3.6.3 Reservatórios de acordo com a NBR 15527:2019.....	23
3.6.3.1 Dimensionamento de Reservatório.....	24
3.6.4 Medição de nível.....	24
3.6.4.1 Chave bóia.....	25
3.7 Bombas.....	26
3.7.1 Bomba Dosadora.....	27
3.7.2 Projeto de instalação elétrica de bomba d'água.....	27
3.7.2.1 Condutores.....	27
3.7.2.1 Dispositivos de proteção.....	32
3.8 Controlador lógico programável.....	33
3.9 Linguagem Ladder.....	34
3.10 Diagramas de blocos funcionais.....	35
3.10.1 Conectores, funções básicas e funções especiais.....	35
3.10.2 Funções especiais.....	36
3.10.2.1 Função especial weekly timer.....	36

3.10.2.2 Função especial asynchronous pulse generator.....	37
3.10.2.3 Função especial analog threshold trigger (Ax, Par).....	37
3.11 Sensores.....	38
4 Resultados e Discussões.....	39
4.1 Diagrama em função bloco lógico para automatização do sistema de captação de água da chuva.....	40
4.2 Discussões do diagrama solução.....	42
4.2.1 Estados lógicos das variáveis de entrada.....	42
4.2.2 Funcionamento do Diagrama.....	44
5 Conclusões.....	48
6 Referências Bibliográficas.....	49

1 Introdução

A água é um recurso precioso para a vida. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), até 2023, haverá uma coluna de 40% entre a oferta e a demanda pela água no mundo. Devido à crise climática e ao mau uso de recursos hídricos, dois terços da população mundial podem sofrer com escassez até 2025.

De acordo com o relatório da ONU, dados obtidos em 2020 apontam que 2 bilhões de pessoas não possuem acesso a serviços de água potável gerenciados com segurança, o que representa 26% da população mundial. Enquanto isso, 3,6 bilhões de pessoas (46% da população) não têm acesso a saneamento básico.

De acordo com a Organização das Nações Unidas, cada pessoa necessita de 3,3 mil litros de água por mês (cerca de 110 litros de água por dia para atender as necessidades de consumo e higiene), no entanto, no Brasil, o consumo por pessoa pode chegar a mais de 200 litros/dia.

Diante desse cenário, a captação de água da chuva é uma importante contribuição para o ambiente. A água da chuva pode ser coletada e destinada ao uso, porém, inicialmente, deve ser definida a destinação desse uso para se determinar o tipo de tratamento de água a ser adotado. A água para o consumo humano requer um tratamento mais rigoroso do que a água a ser utilizada para lavagem de varandas, irrigação e em descargas de vasos sanitários.

No estudo foi determinada a utilização da água da chuva captada para tarefas de limpeza e irrigação de jardim, em uma edificação. Assim, a água de fornecimento da rede de distribuição de água do estado só será utilizada para atender a demanda de higiene e uso na cozinha, estima-se a necessidade de 440 litros de água por dia para atender a demanda de higiene.

Para o tratamento da água da chuva são feitas algumas etapas, inicialmente a filtragem e depois a sanitização da água por meio da injeção de cloro. O sistema que permite a passagem de cloro para o reservatório é composto por uma bomba dosadora. O Controlador Lógico Programável (CLP) pode comandar a bomba dosadora de forma automática, trazendo otimização ao processo e evitando a necessidade de um operador para realizar essa tarefa. O uso de cloro na desinfecção da água é excelente, pois o composto residual previne futuras contaminações, evitando, dessa forma, a proliferação de algas.

A automação permite fazer o comando de bombas, realizando o acionamento e desligamento delas de acordo com a programação desejada e de forma ininterrupta. O CLP tem funções que permitem o comando local e remoto, possibilitam o comando por temporização, o comando com segurança e, ainda, o teste e manutenção de forma mais

simplificada. A utilização da lógica em controladores faz com que o sistema necessite o mínimo possível da intervenção humana.

A bomba dosadora suga o cloro de um reservatório e o despeja diretamente no reservatório de armazenamento da água da chuva. O CLP permite manter a bomba em funcionamento injetando cloro no reservatório em função da vazão estabelecida em litros por hora.

1.1 Objetivo geral

Avaliar o uso do CLP para um sistema de tratamento de água, oriundo de coleta de água de chuva em uma edificação.

1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a viabilidade do sistema de coleta e tratamento da água para as condições pluviométricas vistas na cidade de Salvador;
- Avaliar o tipo de reservatório de captação de água de chuva e tratamento;
- Avaliar a viabilidade técnica e a aplicabilidade do uso de CLP's em sistemas de tratamento de água;
- Estudar a aplicação do CLP em sistema de tratamento de água residencial;
- Programar CLP em linguagem de Bloco Lógico;
- Elaborar diagrama de comando em Função Bloco Lógico (FBL) para atender as condições de comando do sistema de tratamento de água;
- Avaliar o tipo de bomba a ser utilizada no sistema de tratamento de água.

2 Metodologia

A metodologia foi dividida em duas etapas: a etapa teórica com a análise documental, com busca em: artigos, livros, ebooks, revistas técnicas e jornais científicos, e a etapa prática feita em simulador de CLP, com programação em função Bloco Lógico.

No referencial teórico foi feita a busca por autores que possuem trabalhos com abordagem sobre a escassez da água, sistema de tratamento da água, captação de água, etapas para armazenamento de água, dentre outros. Na área da elétrica realizou-se o estudo sobre a estrutura do CLP, tipos de linguagens, condições de comandos, instalação, classificação dos elementos de entrada de sinais.

Na prática foram realizadas várias programações na linguagem função bloco lógico e, por meio de chaves, os sinais de entrada foram simulados com pulsos, permitindo assim, a avaliação das condições de comando e controle dos elementos atuadores.

O CLP utilizado foi o LOGO 230 RC, alimentação em 127 volts. As entradas são identificadas pela letra I e o número correspondente: I1, I2, I3, I4, I5 e ... In. As saídas são identificadas pela letra Q e o número correspondente: Q1, Q2, Q3 e Q4. Para a criação do programa em bloco lógico, o LOGO dispõe de 24 entradas e 16 saídas digitais, além de 8 entradas e 2 saídas analógicas. Além disso, o CLP contou com a expansão do número de entradas, através da utilização de módulos de expansão.

No simulador foi possível fazer a programação, testar e acionar as chaves correspondentes a cada elemento de entrada de sinal. Foram realizadas várias simulações de pulsos para testar as entradas e saídas. A saída, quando acionada, é sinalizada por indicação luminosa enquanto as entradas são sinalizadas por ícones e cores. Com relação às funções com dependência do tempo, foram avaliadas a partir do instante de tempo do acionamento, isso permitiu a percepção da lógica de programação implantada e a ordem de precedência dos blocos no diagrama.

2.1 Controlador lógico programável LOGO!

O controlador lógico programável LOGO da SIEMENS auxilia em pequenos projetos de automação, sejam eles residenciais, comerciais ou industriais. Apresenta módulos básicos para atender as diversas situações e um software que permitirá a automatização do sistema de tratamento de água.

2.1.1 Módulos básicos LOGO!

O controlador lógico programável (CLP) a ser utilizado é oriundo da marca SIEMENS e, para fins práticos, serão, aqui, descritas suas características inerentes e as precauções que devem ser observadas para a não danificação do equipamento. Dentre as opções disponíveis, temos as seguintes opções, conforme a figura abaixo:

Figura 1 - Variantes LOGO!

Símbolo	Designação	Alimentação	Entradas	Saídas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24VDC	8 digitais (1)	4 relés cada 10A	
	LOGO! 24	24 V DC	8 digitais (1)	4 transistorizadas 24V / 0,3A	sem relógios
	LOGO! 24RC (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitais	4 relés cada 10A	
	LOGO! 230RC (2)	115...240 V AC/DC	8 digitais	4 relés cada 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24VDC	8 digitais (1)	4 relés cada 10A	sem indicação sem teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitais (1)	4 transistorizadas 24V / 0,3A	sem indicação sem teclado sem relógios
	LOGO! 24RCo (3)	24 V AC / 24 V DC	8 digitais	4 relés cada 10A	sem indicação sem teclado
	LOGO! 230RCo (2)	115...240 V AC/DC	8 digitais	4 relés cada 10A	sem indicação sem teclado

(1): das quais podem ser usados em alternativa: 2 entradas analógicas (0 ... 10V) e 2 entradas rápidas.

(2): variantes de 230V: entradas em dois grupos de 4. Dentro do grupo existe apenas uma fase igual, entre os grupos são possíveis várias fases.

(3): as entradas digitais podem ser do tipo P-liga ou N-liga.

Fonte: Manual de instruções do LOGO!

Dentre as variantes apresentadas, o CLP escolhido foi o LOGO 230 RC, alimentação em 127V, 8 entradas e 4 saídas. Caso haja a necessidade de expansão, a SIEMENS possui, também, ofertas de módulos de expansão para o modelo LOGO 230 RC:

Figura 2 - Especificações do LOGO!

Símbolo	Designação	Alimentação	Entradas	Saídas
	LOGO! DM 8 12/24R	12/24VDC	4 digitais	4 relés 5A cada
	LOGO! DM 8 24	24 V DC	4 digitais	4 transistorizadas 24V / 0,3A
	LOGO! DM 8 24R (3)	24 V AC/DC	4 digitais	4 relés 5A cada
	LOGO! DM 8 230R	115...240 V AC/DC	4 digitais (1)	4 relés 5A cada
	LOGO! AM 2	12/24VDC	2 analógicas 0 ... 10V ou 0 ... 20mA (2)	nenhum
	LOGO! AM 2 PT100	12/24 V DC	2 Pt100 -50 °C até +200 °C	nenhum

(1): não são permitidas fases diferentes dentro das entradas.

(2): 0 ... 10V, 0 ... 20 mA podem ser ligados opcionalmente.

(3): as entradas digitais podem ser do tipo P-liga ou N-liga.

Fonte: Manual de instruções LOGO

A partir da análise da marca do CLP LOGO, tornou-se possível escolher o controlador que seria mais adequado tecnicamente. O CLP LOGO 230 RC possui:

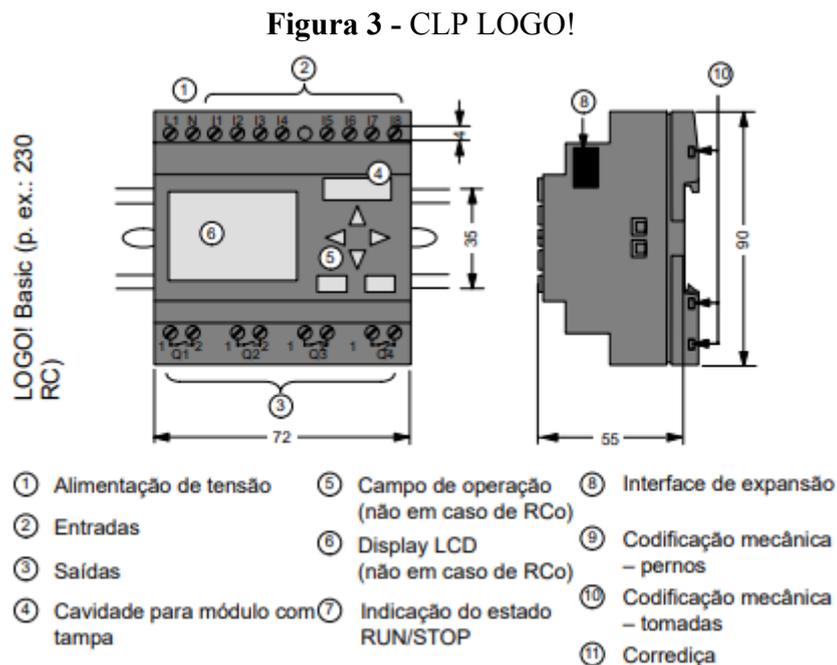
- 230: Alimentação na faixa de 115 a 240 V;
- R: Saídas a relé;
- C: Relógio semanal integrado.

Essas características permitirão o uso do CLP, pois a faixa de tensão é condizente com a tensão utilizada na rede de baixa tensão baiana (220/127 V), e as saídas a relé e a presença do relógio semanal integrado permitirão o acionamento de diferentes atuadores e maiores possibilidades de programação, respectivamente.

Além disso, este modelo de CLP permite, ainda, a sua expansão através de módulos e, portanto, é possível acrescentar a ele módulos que contenham mais entradas digitais ou que contenham entradas analógicas, a depender da situação problema.

2.1.2 Aspectos construtivos e lógicos do LOGO 230 RC

O LOGO 230 RC é um equipamento pequeno e sensível e, portanto, devemos ter o conhecimento de como realizar corretamente a montagem deste CLP ao sistema, pois a instalação incorreta pode, facilmente, trazer danos ao equipamento. Além disso, deve-se ter uma informação prévia acerca do software e da programação, para evitar confusões na hora da cablagem. Podemos ver a estrutura física do CLP escolhido na figura abaixo:



Fonte: Adaptado de Manual de instruções do LOGO!

Os bornes são devidamente separados e padronizados pela SIEMENS. Aqueles em que se tem a letra “I” são as entradas e estão colocados na parte superior. Aqueles em que se faz presente a letra “Q” são as saídas e estão colocadas na parte inferior. O manual de instruções da LOGO! recomenda o uso de cabos com seções de $2,5\text{mm}^2$ ou $2 \times 1,5\text{mm}^2$ para as conexões.

3 Referencial Teórico

3.1 A escassez de água no mundo

Segundo o relatório da UNESCO (2023), a disponibilidade de água por pessoa varia de maneira significativa de acordo com a região, mas vem diminuindo em todo o mundo em função das taxas de crescimento populacional.

A captação global de água doce foi de cerca de 3.800 km³/ano em 2017 (United Nations, 2021; Aquastat, s.d.), o que representa cerca de 10% da disponibilidade de recursos hídricos renováveis. Contudo, essa estatística mundial é particularmente enganosa, pois esconde problemas reais, no âmbito local ou regional, relacionados ao estresse hídrico físico (WRI, 2019), uma expressão usada para descrever o uso da água como uma proporção da disponibilidade do recurso. O estresse hídrico físico é determinado por uma combinação de fatores, incluindo a disponibilidade da água superficial e/ou subterrânea – que pode ser muito influenciada por diferentes condições climáticas –, requisitos ecológicos e retiradas humanas.

3.2 Sistemas de tratamento de água

Segundo a Companhia de abastecimento de água da Bahia (2023), o tratamento da água pode ser realizado para atender aspectos higiênicos, estéticos e econômicos, dentre outros. Por higiênico, entende-se o uso do tratamento para a remoção de bactérias, protozoários, vírus e outros microorganismos, de substâncias nocivas, redução do excesso de impurezas e dos teores elevados de compostos orgânicos. Por estético, entende-se o seu uso para a correção da cor, sabor e odor. Por econômicos, a redução de corrosividade, cor, turbidez, ferro e manganês. Um tratamento convencional é composto das seguintes etapas: coagulação e floculação, decantação, filtração e desinfecção.

3.2.1 Coagulação e floculação

Nestas etapas, as impurezas presentes na água são agrupadas pela ação do coagulante, em partículas maiores (flocos) que possam ser removidas pelo processo de decantação. Os reagentes utilizados são denominados de coagulantes, que normalmente são o Sulfato de Alumínio e o Cloreto Férrico. Nesta etapa também poderá ser necessária a utilização de um alcalinizante (Cal Hidratada ou Cal Virgem) que fará a necessária correção de pH para uma atuação mais efetiva do coagulante. Na coagulação ocorre o fenômeno de agrupamento das impurezas presentes na água e, na floculação, a produção efetiva de flocos.

3.2.2 Decantação

Os flocos formados são separados da água pela ação da gravidade em tanques normalmente de formato retangular.

3.2.3 Filtração

A água decantada é encaminhada às unidades filtrantes onde é efetuado o processo de filtração. Um filtro é constituído de um meio poroso granular, normalmente areia, de uma ou mais camadas, instalado sobre um sistema de drenagem, capaz de reter e remover as impurezas ainda presentes na água.

3.2.4 Desinfecção

Para efetuar a desinfecção de águas de abastecimento utiliza-se um agente físico ou químico (desinfetante), cuja finalidade é a destruição de microrganismos patogênicos que possam transmitir doenças através das mesmas. A desinfecção com cloro e seus compostos é muito utilizada no tratamento de água para eliminar as bactérias que são invisíveis a olho nu, o processo consiste na adição controlada de cloro à água, o produto reage com compostos orgânicos e microorganismos presentes na água destruindo sua estrutura celular e impedindo sua reprodução. Isso ajuda a prevenir a propagação de doenças transmitidas pela água, como cólera, hepatite A e diarreia.

3.2.4.1 Determinação de Cloro e Dosagem no Tratamento de Água (PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021)

O cloro deve estar presente em toda a rede de abastecimento evitando a contaminação e garantindo, assim, que a água chegue com qualidade até o consumidor. Considerando a importância do cloro no tratamento da água, é essencial respeitar as diretrizes legais que regem sua utilização. A legislação estabelece tanto as quantidades mínimas necessárias para garantir a qualidade da água quanto limites para evitar excessos prejudiciais à saúde pública.

Dentre outras especificações, a PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021, define as seguintes medidas de cloro para controle da qualidade da água:

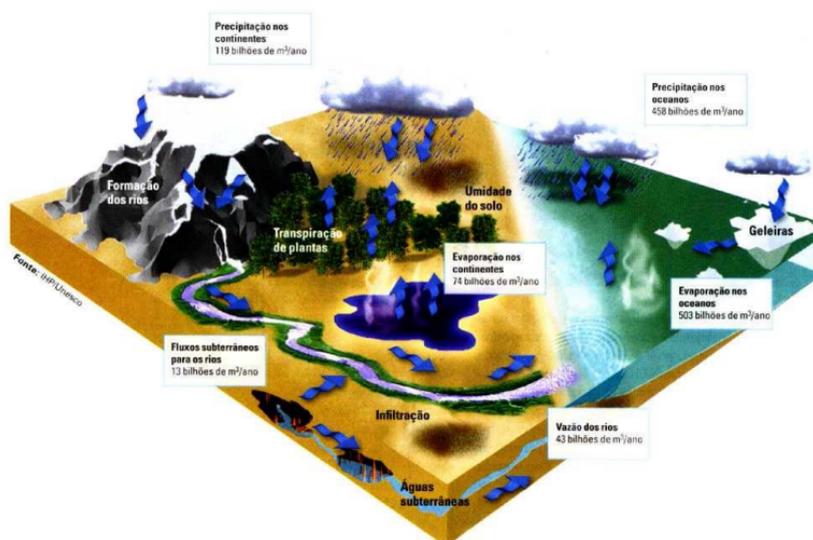
- Após o processo de desinfecção, a água deve conter no mínimo 0,5 mg/L de cloro residual livre.
- Em qualquer ponto da rede de distribuição, é necessário manter pelo menos 0,2 mg/L de cloro residual livre.

- Quanto ao máximo permitido de cloro na água tratada, a legislação estabelece o limite de 2,0 mg/L em qualquer ponto do sistema de abastecimento.

3.3 Ciclo hidrológico

Segundo Fonseca e Duarte (2006), o conceito de ciclo hidrológico (representado na Figura 4), também conhecido como ciclo das águas, está associado ao movimento e à troca de água em seus diferentes estados físicos, ocorrendo na Hidrosfera, que engloba os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. Esse fluxo contínuo é impulsionado pelo Sol, que proporciona a energia para a evaporação da água da superfície terrestre para a atmosfera, e pela gravidade, que provoca a precipitação da água condensada de volta à superfície na forma de chuva ou neve. Uma vez na superfície, a água circula através de cursos d'água que se combinam em rios, fluindo em direção aos oceanos (escoamento superficial), ou se infiltra nos solos e rochas por meio de poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo).

Figura 4 - Componentes do ciclo hidrológico



Fonte: IHP/Unesco

Nem toda a água precipitada atinge diretamente a superfície terrestre, uma vez que parte dela pode ser interceptada pela vegetação durante sua queda e evaporar novamente. Além disso, a água que se infiltra no solo é sujeita a evaporação direta para a atmosfera e é absorvida pela vegetação, que através da transpiração, a devolve à atmosfera.

Segundo Jacobi (2005), a compreensão de que a precipitação é responsável por trazer a água de volta à superfície terrestre na forma de chuva ou neve destaca a importância de captar e utilizar essa água de forma sustentável. O uso de água da chuva representa uma

estratégia promissora para a gestão sustentável dos recursos hídricos, contribuindo para reduzir a demanda sobre as fontes convencionais de água e minimizar os impactos da escassez hídrica.

Segundo Jacobs (1961), a etapa da precipitação no ciclo hidrológico desempenha um papel fundamental no contexto da utilização da água da chuva, como abordado neste trabalho. Em áreas urbanas, onde a impermeabilização do solo é comum, a gestão adequada da água da chuva é essencial para lidar com desafios de escoamento superficial excessivo. O asfalto e o concreto têm um efeito de isolamento. Eles fazem o solo impermeável, o que significa que menos água da chuva é absorvida e mais acaba como escoamento.

Dessa forma, o uso da água da chuva não apenas contribui para a conservação dos recursos hídricos, mas também ajuda a mitigar problemas como enchentes e alagamentos urbanos, além de promover a adaptação das áreas urbanas frente às mudanças climáticas. Portanto, ao integrar estratégias de uso da água da chuva, não só se promove a sustentabilidade hídrica, mas também se enfrentam desafios específicos do meio urbano.

3.4 Aproveitamento de água da chuva de coberturas para fins não potáveis

O aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis tem ganhado destaque como uma prática sustentável e eficiente na gestão dos recursos hídricos. A Norma Brasileira NBR 15527:2019 estabelece diretrizes para sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações para fins não potáveis, fornecendo um referencial técnico fundamental para o desenvolvimento e implementação desses sistemas.

O item 4.1.7 da NBR 15527:2019 estabelece os usos não potáveis que pode-se destinar a água de chuva, sendo eles:

- Sistemas de resfriamento a água;
- Descargas de bacias sanitárias e mictórios, independente do sistema de acionamento;
- Lavagem de veículos;
- Lavagem de pisos;
- Reserva técnica de incêndio;
- Uso ornamental (fontes, chafarizes e lagos);
- Irrigação para fins paiságicos.

Para outros usos devem ser estudados os parâmetros de qualidade específicos e tratamento necessário para cada situação.

3.5 Índice pluviométrico em Salvador

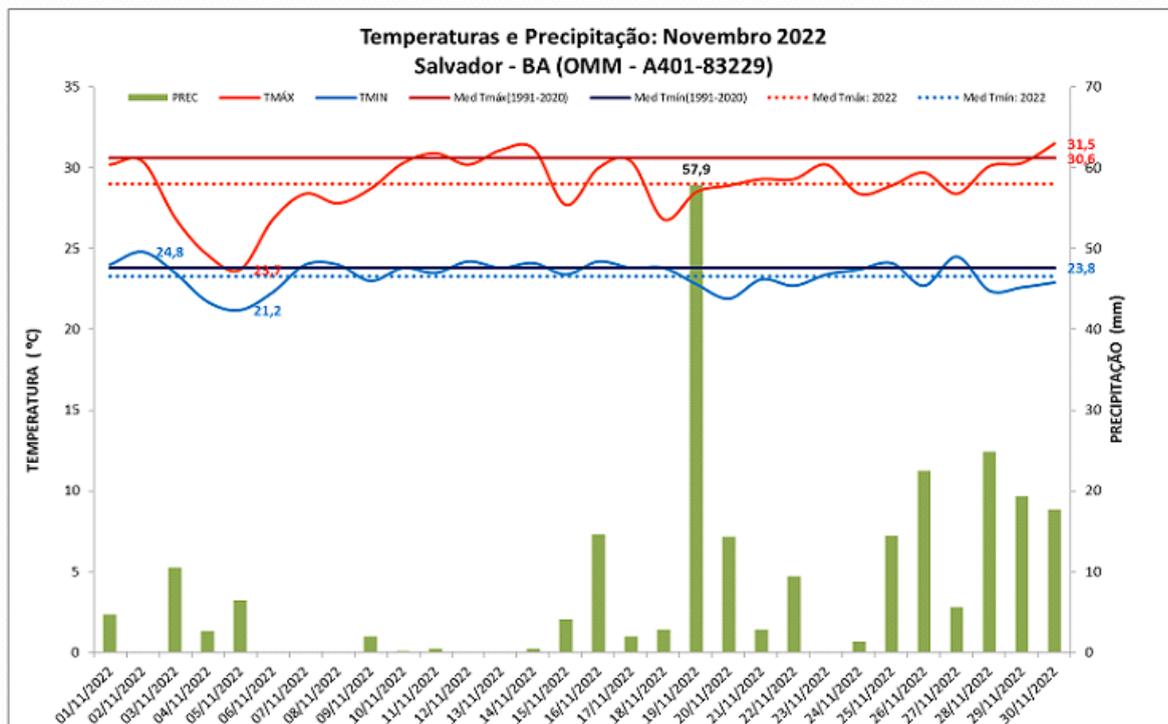
Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia, o Índice pluviométrico é a medição do volume de chuva que cai em uma determinada área (cidade, bairro e região) em certo período de tempo (hora, dia, mês e ano). Sua unidade de medida é em milímetro e o cálculo é feito da seguinte forma: colocamos em uma área externa um recipiente quadrado com 1 metro de cada lado, ao passar 24 horas percebemos uma quantidade de água de chuva dentro dessa caixa, pegamos uma régua e medimos quantos milímetros tem de altura da lâmina de água, então é possível afirmar que: 1mm de chuva = 1L/m².

No ano de 2020, Salvador registrou, entre março e junho, período tradicionalmente mais chuvoso, os maiores índices pluviométricos dos últimos 36 anos. Foram 1.540,8 mm, quando a média histórica é de 977,9 mm. A conclusão foi determinada após reunião com pesquisadores do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, órgão vinculado ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Segundo o INMET (2022), em novembro de 2022 em Salvador (BA) choveu 240,7 milímetros (mm). O valor representa 122% acima da média histórica (1991-2020), que é de 108,2 mm (figura 1), e 75,3 mm a menos do que o total verificado em novembro do ano passado (316,0 mm).

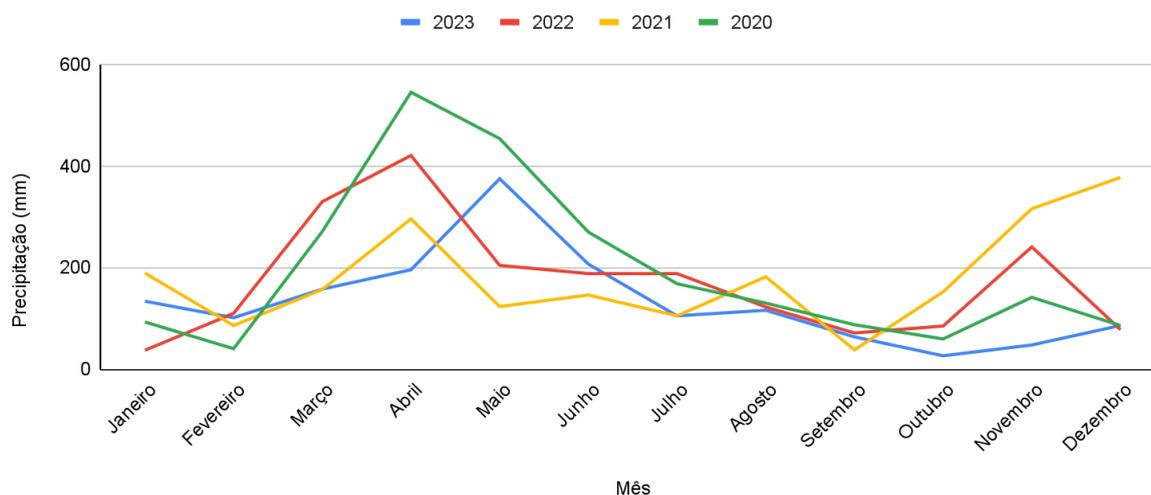
Na figura 5 é apresentado um gráfico de Temperaturas e Precipitação: Novembro 2022/ Salvador-BA, é possível notar que em 19 de novembro atingiu o maior valor de precipitação em milímetros com 57,9.

Figura 5 - Temperaturas e Precipitação: Novembro 2022/ Salvador-BA



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

A cidade de Salvador, localizada no leste da Região Nordeste e situada a $12^{\circ}55'S$ e $38^{\circ}31'W$, apresenta predominância de clima tropical quente e úmido, com uma precipitação anual de 2126,1 mm (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, 2023). De acordo com a meteorologista Cláudia Valéria, do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, devido à sua proximidade com a linha do Equador e à condição de ser uma cidade litorânea, Salvador registra elevadas temperaturas e uma grande disponibilidade de vapor de água. Essa elevada umidade atmosférica intensifica a frequência de chuvas na capital baiana, especialmente durante o período de abril a julho, que é o mais chuvoso do ano, conforme demonstrado no gráfico da figura 6.

Figura 6 - Tendências de Precipitação em Salvador nos Últimos Quatro anos**Tendências de Precipitação em Salvador nos Últimos Quatro Anos**

Fonte: INMET (2023)

A utilização de água de chuva em Salvador é altamente justificável devido à sua abundância de chuvas, especialmente entre abril e julho. Isso oferece uma oportunidade valiosa para captar e armazenar água, reduzindo a demanda sobre os sistemas de abastecimento de água potável e promovendo a conservação dos recursos hídricos locais.

3.6 Reservatórios

3.6.1 Definição

De acordo com Guimarães (2007), os reservatórios são unidades hidráulicas de acumulação e passagem de água, situados em pontos estratégicos do sistema de modo a atenderem a demanda de água solicitada.

3.6.2 Tipos de reservatórios

De acordo com Tsutiya (2004), os reservatórios podem ser classificados de acordo com vários critérios: quanto à localização do reservatório no terreno, quanto à localização no sistema e quanto à sua forma.

3.6.2.1 Localização do reservatório no sistema

Segundo Tsutiya (2004), de acordo com a sua localização no sistema, o reservatório pode ser classificado como a montante, a jusante e intermediário.

- A montante: localiza-se a montante da rede de distribuição e é o reservatório responsável pelo fornecimento de água à rede de distribuição.
- A jusante: localiza-se a jusante da rede de distribuição e é, também, chamado de reservatório de sobras, pois recebe água nos momentos de menor consumo da rede e auxilia o reservatório a montante nos momentos de maior consumo, além de possibilitar uma menor oscilação de pressão nas áreas a jusante da rede. Possui a particularidade da entrada e saída de água ocorrerem por uma tubulação única.
- Intermediário: tem a função de servir de volante de regularização nas transições entre bombeamento e/ou adução por gravidade.

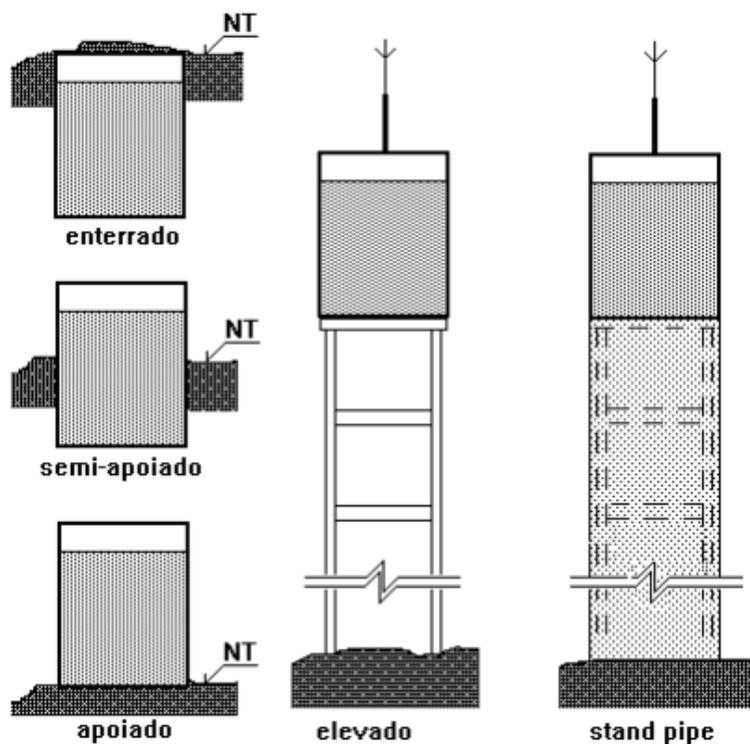
3.6.2.2 Localização do reservatório no terreno

Segundo Tsutiya (2004), de acordo com a localização no terreno, o reservatório pode ser classificado como enterrado, semi enterrado, apoiado ou elevado.

- Reservatório enterrado: é o reservatório que se situa inteiramente em cota inferior à do terreno em que está localizado;
- Reservatório semi enterrado: é aquele que apresenta pelo menos um terço de sua altura total situada abaixo do nível do terreno onde se encontra localizado;
- Reservatório apoiado: é o reservatório cujo fundo se encontra a uma profundidade correspondente a menos que um terço de sua altura total abaixo do nível do terreno em que se localiza;
- Reservatório elevado: é o reservatório cuja cota de fundo é superior à cota do terreno onde se localiza.

Segundo Guimarães (2007), há, ainda, mais um tipo de classificação de reservatório: stand pipe, um reservatório elevado com a estrutura de elevação embutida de modo a manter contínua o perímetro da seção transversal da edificação.

Figura 7 - Tipos de localização do reservatório no terreno



Fonte: IT 179 - Saneamento Básico

3.6.2.3 Forma do reservatório

Segundo Tsutiya (2004), o formato do reservatório deve proporcionar a máxima economia global em fundação, estrutura, utilização de área disponível, equipamentos de operação e interligação das unidades. O formato dos reservatórios enterrados, semi enterrados e apoiados são, normalmente, retangulares ou circulares.

Segundo Guimarães (2007), a forma mais econômica é a forma circular, por gastar menos material de construção. Como alternativa à construção circular, a construção retangular é a de mais fácil execução.

3.6.3 Reservatórios de acordo com a NBR 15527:2019

A NBR 15527:2019, norma responsável pelas diretrizes para aproveitamento de água da chuva, estabelece, no item 4.4, critérios que devem ser levados em consideração na escolha do reservatório, sendo os principais:

- O volume do reservatório deve ser dimensionado levando em conta a área de captação, o regime pluviométrico e a demanda não potável a ser atendida;

- O reservatório deve ser seguro e possuir extravasor, dispositivo de esgotamento, inspeção e ventilação;
- O esgotamento deve ser feito por gravidade ou bombeamento;
- O reservatório deve ser fechado e prever mecanismos que evitem a entrada de insetos, roedores ou outros animais;
- Deve ser minimizado o turbilhonamento, dificultando a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes;
- A retirada de água do reservatório deve ser feita próxima à superfície. Recomenda-se que a retirada seja feita em torno de 15 cm abaixo da superfície;
- A água de chuva reservada deve ser protegida contra incidência direta da luz solar e demais fontes de calor;
- O reservatório de água da chuva deve ser devidamente identificado.

3.6.3.1 Dimensionamento de Reservatório

A NBR 15527:2019 estabelece alguns métodos para determinação do volume de reservatórios utilizados para armazenamento de água captada da chuva. Dentre os apresentados pela norma, utilizaremos o Método Prático Inglês, onde o volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad (\text{eq. 1})$$

V - valor numérico do volume de água da chuva aproveitável e o volume de água aproveitável, expresso em litros (L);

P - valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

A - valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²).

3.6.4 Medição de nível

A medição de nível é o procedimento de determinar a altura de um material líquido ou sólido contido em um reservatório. Em processos industriais é uma prática crucial pois permite monitorar com precisão o volume de líquidos e sólidos contidos nos tanques.

Segundo Alves (2010), essa medição serve a dois propósitos principais: avaliar os estoques em tanques de armazenamento e controlar processos contínuos. Existem diversas tecnologias para medição de nível, dentre as quais podemos citar:

- **Medidores de flutuador:** Estes dispositivos consistem em um flutuador que se move para cima e para baixo com o nível do líquido. O movimento do flutuador é então transmitido a um indicador ou transmissor;
- **Medidores de radar de onda guiada:** Utilizam ondas de radar para medir a distância até a superfície do líquido. O tempo que leva para o sinal de radar ser refletido de volta é usado para calcular a altura do líquido;
- **Medidores de visão direta:** Simplesmente envolvem a visualização direta do nível por meio de uma janela transparente no recipiente;
- **Medidores de Pressão:** Medem a pressão hidrostática gerada pela altura do líquido no tanque. Um sensor de pressão na parte inferior do tanque detecta a pressão e a converte em uma leitura de nível.

Além das supracitadas, outras tecnologias também são implementadas para a medição de nível. Em reservatórios de armazenamento e distribuição residenciais, a medição é feita a partir de bóias (flutuadores) que acompanham o nível do reservatório, conforme será abordado no capítulo seguinte.

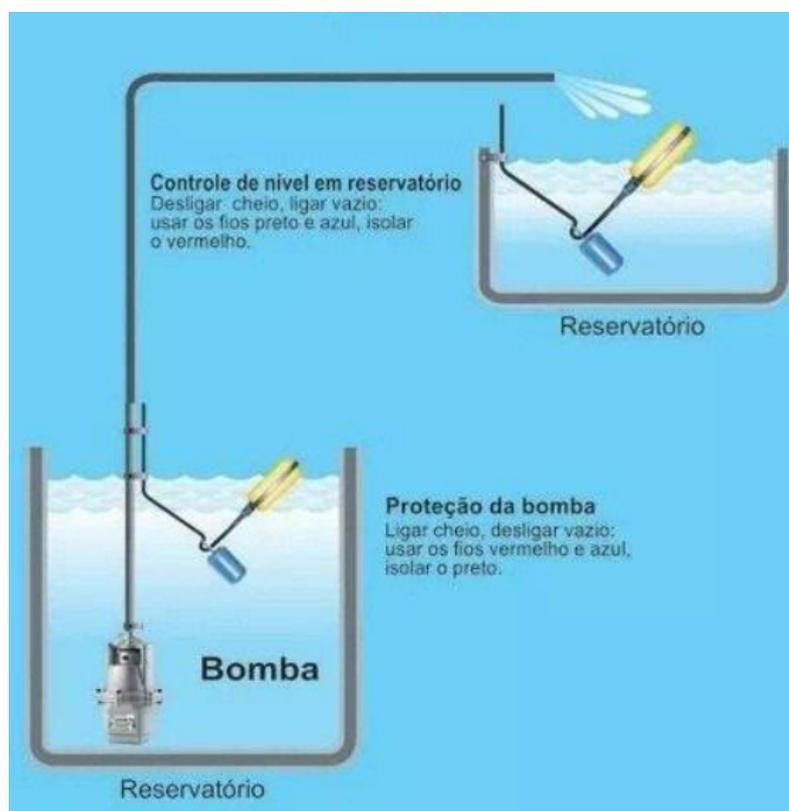
3.6.4.1 Chave bóia

De acordo com a FAME (2024), uma das maiores fabricantes de materiais elétricos do Brasil, a chave bóia é um dispositivo utilizado para o controle automático de nível de líquidos em poços ou reservatórios com muita precisão. A chave bóia atua como um interruptor que fecha o contato, acionando a bomba, quando o reservatório está cheio e abre o contato, desligando a bomba, quando o mesmo encontra-se vazio, evitando, assim, que a bomba trabalhe sem água e queime.

A chave bóia é amplamente utilizada para o controle de nível em residências que possuem dois reservatórios, um inferior (armazenamento) e outro superior (distribuição). O controle da bomba se dá com base no nível de ambos os reservatórios. Nessa situação deseja-se evitar o transbordamento dos reservatórios e a queima da bomba, dito isso, a bomba só é ligada se o reservatório inferior estiver cheio e o superior estiver vazio.

Na figura 8 é apresentada uma aplicação da chave bóia, para tanque superior e inferior.

Figura 8 - Exemplo de aplicação da chave bóia



Fonte: Site Fabricante

3.7 Bombas

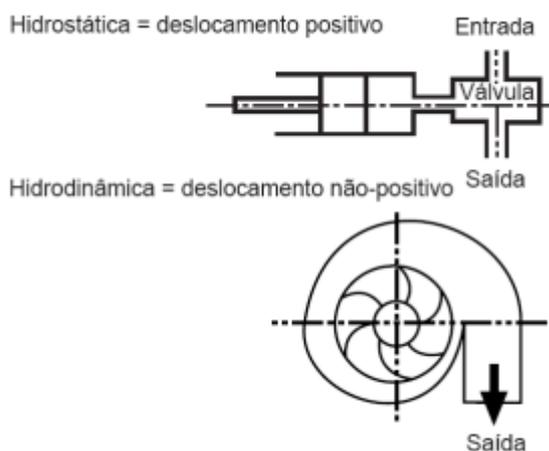
Segundo o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) (2009, p. 17), bomba é uma máquina operatriz hidráulica que transfere energia ao fluido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro. Recebe energia de uma fonte motora qualquer e cede parte dessa energia ao fluido sob forma de energia de pressão, energia cinética ou ambas. Isso significa que ela aumenta a pressão e a velocidade do líquido.

Segundo Alex N. Brasil (2010), as bombas podem ser classificadas em dois grandes grupos: bombas de deslocamento positivo (hidrostáticas) e turbobombas (hidrodinâmicas). As bombas de deslocamento positivo fornecem determinada quantidade de fluido a cada rotação ou ciclo. A movimentação geral do fluido nas bombas hidrostáticas dá-se na mesma direção das forças a ele transmitidas.

Segundo Alex N. Brasil (2010), As turbobombas ou, ainda, bombas de deslocamento não positivo, são aquelas em que a movimentação do fluido se dá pela ação de forças que se

desenvolvem nas massas do próprio fluido, em consequência da rotação de um eixo no qual é acoplado um disco dotado de pás, o qual recebe o fluido em seu centro e o expulsa para a periferia. Na figura 9 é apresentado um exemplo de bomba de deslocamento positivo e não positivo.

Figura 9 - Bomba de deslocamento positivo e não-positivo



Fonte: Máquinas termohidráulicas de fluxo

3.7.1 Bomba Dosadora

As bombas dosadoras são bombas que possuem como função a dosagem de um líquido, ou seja, a adição de líquidos em quantidades precisas, normalmente com vazões ajustáveis manualmente ou remotamente. A bomba dosadora pode ser construída a partir de diversos tipos de bombas de deslocamento positivo.

3.7.2 Projeto de instalação elétrica de bomba d'água

Para a instalação e dimensionamento de um circuito elétrico em baixa tensão, devem ser seguidas as instruções dadas na NBR 5410:2004, norma que trata das instalações elétricas de baixa tensão.

3.7.2.1 Condutores

Segundo o item 6.2.3.1 da NBR 5410:2004, todo condutor deve ser provido, no mínimo, de isolação, a não ser quando o uso de condutores nus ou providos apenas de cobertura for estritamente permitido (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p.88).

Segundo Creder (2016), os condutores utilizados nas instalações residenciais, comerciais ou industriais de baixa tensão poderão ser de cobre ou de alumínio, com

isolamento de PVC (cloreto de polivinil) ou de outros materiais previstos por normas, como EPR ou XLPE.

Conforme a NBR 5410:2004, a corrente transportada por qualquer condutor, durante períodos prolongados em funcionamento normal, deve ser tal que a temperatura máxima para serviço contínuo dada na tabela 35 (da norma) não seja ultrapassada.

Tabela 1 - Temperaturas características dos condutores

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: Tabela 35 da ABNT NBR 5410:2004

Para o dimensionamento do condutor, é necessário escolher, inicialmente, a maneira de instalar, seu isolamento e a sua potência de utilização. Dessa forma, determinaremos a seção nominal do condutor de acordo com dois critérios disponibilizados pela NBR 5410: critério da seção mínima, critério da capacidade de condução de corrente.

Tabela 2 - Seção mínima dos condutores

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁴⁾
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu

¹⁾ Seções mínimas dadas por razões mecânicas
²⁾ Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.
³⁾ Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².
⁴⁾ Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Fonte: Tabela 47 da NBR 5410

O dimensionamento pelo critério da máxima condução de corrente é feito calculando-se, inicialmente, a corrente de projeto, que pode ser calculada por:

$$I_B = P_{(W)} / (\cos(\varphi) * V) \quad (eq. 2)$$

I_B : Corrente de projeto

$P_{(w)}$: Potência ativa

$\cos(\varphi)$: Fator de potência

V: Tensão de alimentação

Isto é, para circuitos monofásicos ou bifásicos. Caso o circuito seja trifásico, deve-se adicionar a constante $\sqrt{3}$ ao denominador de $P_{(w)}$.

Calculada a corrente de projeto, devem ser feitas as correções previstas pelas tabelas 40 e 42 da NBR 5410, as quais tratam sobre os fatores de correção para temperaturas diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas, diferentes de 20°C para linhas subterrâneas e para condutores agrupados.

Tabela 3 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Fonte: Tabela 40 da NBR 5410

Tabela 4 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: Adaptado da tabela 42 da NBR 5410

Para obter-se a corrente corrigida, I_C , devem ser feitas as correções, de acordo com as tabelas anteriores, com o seguinte cálculo:

$$I_C = I_B / (f_1 * f_2 * f_3) \quad (eq. 3)$$

I_C : Corrente corrigida

I_B : Corrente de projeto

f_1 : fator de correção por temperatura

f_2 : fator de correção para linhas subterrâneas

f_3 : fator de correção por agrupamento

Realizada a correção, observa-se o método de referência e o número de condutores carregados do circuito, de acordo com o número de condutores vivos do circuito. Essa informação pode ser vista na tabela 46 da NBR 5410.

Tabela 5 - Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4 ¹⁾

Fonte: Tabela 46 da NBR 5410

Assim, podemos determinar a seção do condutor a partir das tabelas 36 a 39 da NBR 5410, de acordo com o tipo de isolamento e método de referência. Segue um exemplo, para condutores de cobre com isolamento de PVC, adaptado da tabela 36 da norma:

Tabela 6 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652

Fonte: Adaptado da tabela 36 da NBR 5410

A NBR 5410 determina as seções dos condutores neutro e proteção de acordo com as seguintes tabelas:

Tabela 7 - Seção reduzida do condutor neutro

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

¹⁾ As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.

Fonte: Tabela 48 da NBR 5410

Tabela 8 - Seção mínima do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Fonte: Tabela 58 da NBR 5410

3.7.2.1 Dispositivos de proteção

Segundo Creder (2016, Instalações elétricas, 16° ed.), “numa instalação elétrica residencial, comercial ou industrial, deve-se garantir o bom funcionamento do sistema em quaisquer condições de operação, protegendo as pessoas, os equipamentos e a rede elétrica contra acidentes provocados por alteração de correntes (sobrecorrentes ou curto circuito)”.

Os disjuntores são equipamentos de proteção e manobra. Segundo Creder (2016, Instalações elétricas, 16° ed.), para o dimensionamento de dispositivo de proteção contra correntes de sobrecarga, as seguintes condições devem ser satisfeitas:

- 1) $I_B \leq I_N$
- 2) $I_N \leq I_Z$
- 3) $I_2 \leq 1,45 I_Z$

em que:

I_B : corrente de projeto do circuito;

I_N : corrente nominal do dispositivo de proteção;

I_Z : capacidade de condução de corrente de condutores vivos, de acordo com o tipo de instalação;

I_2 : corrente convencional de atuação dos dispositivos de proteção em função de I_N

Outro dispositivo importante é o dispositivo diferencial residual (DR). Segundo Creder (2016), os dispositivos DR devem garantir o seccionamento de todos os condutores vivos do circuito. Para a proteção de pessoas, a sensibilidade do DR deve ser de 30mA e deve ser instalado, obrigatoriamente, nos seguintes locais:

- circuitos que sirvam pontos em locais providos de banheira ou chuveiros;
- circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam alimentar equipamentos no exterior;
- circuitos de tomadas de corrente de cozinhas, copas cozinhas, lavanderias, garagens, áreas de serviço e qualquer outro ambiente sujeito a lavagem.

3.8 Controlador lógico programável

Segundo a ONU (2023), a utilização de tecnologia IoT com monitoramento constante do uso de água, também ajuda na sua otimização e na identificação e rápida correção de desperdícios e vazamentos. Esse é um exemplo da automação sendo utilizada para preservar um recurso humano tão precioso à vida.

Na área de automação, temos outras tecnologias que podem contribuir para a preservação da água, por exemplo o CLP.

Um Controlador Lógico Programável (CLP) é um dispositivo eletrônico, que controla máquinas e processos. Utiliza uma memória programável, para armazenar instruções e executar funções específicas, como o controle de energização/desenergização, temporização, contagem, sequenciamento, operações matemáticas e manipulação de dados (SANTOS, 2007).

Dispositivos analíticos apresentam uma importância vital no que condiz ao monitoramento de processos. A atuação de um (CLP) de forma eficaz garante análise de produtividade, controle e automatização em processos industriais. Sendo muito utilizado para o meio industrial o controlador lógico programável (CLP), atua em outras vertentes além do que é determinado no controle de máquinas.

Apresentado como um computador especial, robusto, designado para seu meio de atuação o (CLP) compartilha características de um PC - Personal Computer – comum: Contém CPU (Central Processing Unit ou processador), memória para leitura e gravação (memória RAM), memória específica de leitura (memória ROM) e portas de comunicação (COMs).

Atuando no processo de comandar e monitorar máquinas, o controlador lógico funciona recebendo notificações de sensores, processando dados e controlando atuadores e dispositivos de saída conforme for programado. De acordo com suas leituras, o controlador pode apresentar dados em tempo real, como: Temperatura de operação, produtividade da máquina, interromper um processo ou estabelecer um alarme de mau funcionamento.

Desta forma o (CLP) atua como um sistema de controle sobre processos. No qual para que o controle seja eficaz é preciso que o processo seja monitorado, esta ação ocorre com base nos sensores. Assim o controlador lógico programável atua com base nas leituras de sensores, emitindo comando aos atuadores.

O LOGO! é um CLP, criado para aplicações de automação, não só na área industrial, como também na construção civil, comércio e até mesmo residências. Este CLP é utilizado em situações, onde há necessidade de acionar ou desativar dispositivos automáticos, como lâmpadas, portas, válvulas, sistemas de refrigeração dentre outros. (SANTOS, 2007).

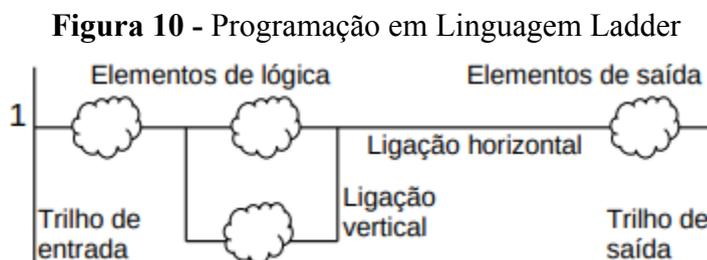
O LOGO!, assim como qualquer CLP de outros fabricantes, possui um microprocessador, que realiza quatro funções básicas (SANTOS, 2007):

- Processamento de programas definidos;
- Varredura das entradas no processo;
- Programação das memórias externas;
- Comunicação entre o computador e o CLP.

3.9 Linguagem Ladder

A linguagem Ladder, programação mais utilizada nos (CLPs) é uma linguagem que se baseia em diagramas na lógica dos relés, ou seja, assemelha-se com o diagrama esquemático de um painel de relés. A programação Ladder se baseia em interruptores simples que se conectam através das linhas com bobinas de maneira a compor circuitos lógicos. Assim, cada entrada recebe uma identificação, assim como as saídas. Também é possível utilizar memórias internas, temporizadores, comparadores e blocos lógicos.

Segundo MENDES (2021), um programa em Ladder permite que o teste e modifique os dados por meio de símbolos gráficos padronizados. Esses símbolos são dispostos em redes de maneira semelhante a uma “linha” de um diagrama de lógica de relé.



Fonte: Programação de CLPs Métodos e Técnicas

3.10 Diagramas de blocos funcionais

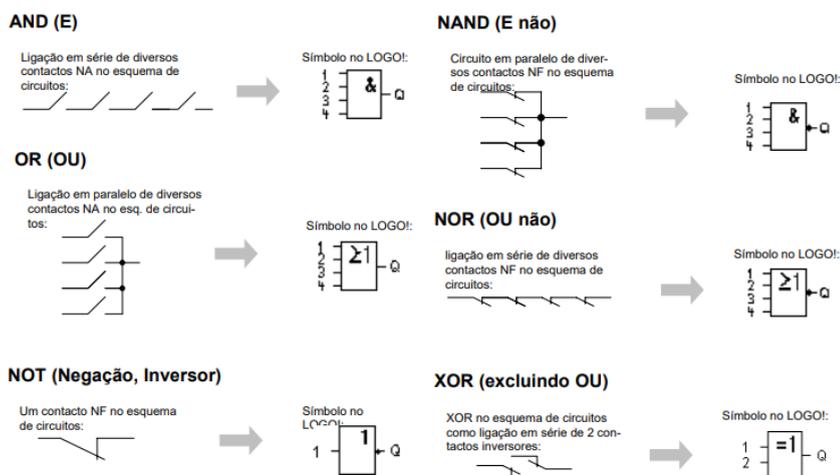
O diagrama de blocos funcionais ou, ainda, function block diagram (FBD), trata-se de uma das linguagens gráficas determinadas para programação de CLP's pela norma IEC 61131-1. A linguagem FBD pode ser utilizada, segundo o LOGO! soft confort online Help, por usuários que já estão familiarizados com as caixas lógicas da álgebra booleana.

Essa linguagem, no LOGO, é formada por bornes e blocos. Por borne, entende-se todas as ligações e estados que encontram utilização no LOGO. Os blocos, segundo o manual de instruções LOGO, representam uma função, que converte informações de entrada em informações de saída.

3.10.1 Conectores, funções básicas e funções especiais

Entre os conectores, temos as entradas e as saídas. Podem assumir dois estados lógicos diferentes: 0 ou 1. O estado lógico igual a 0 pressupõe a ausência de tensão, e, diferentemente, o estado lógico igual a 1 a presença de tensão. Dentro da programação, pode ser encontrado dois conectores, HI e LO, que assumem, respectivamente, os estados lógicos 1 e 0. Existem, também, as entradas e saídas analógicas, que recebem ou enviam informações de acordo com uma faixa de valores.

As funções básicas são as seguintes: AND, NAND, OR, NOR, XOR, NOT. Essas funções podem ter seu comportamento estudado através da representação de circuitos chaveados, onde cada chave representa uma entrada.

Figura 11 - Funções gerais do LOGO!

Fonte: Adaptado de Manual de instruções LOGO!

3.10.2 Funções especiais

As funções especiais, segundo o manual de instruções LOGO [s. d.], diferenciam-se à primeira vista das funções básicas devido às designações diferentes das suas entradas. As funções especiais contêm funções de tempo, remanência e diferentes possibilidades de parametrização para a adaptação do programa de comutação às necessidades individuais.

3.10.2.1 Função especial weekly timer

A função weekly timer, ou, ainda, temporizador semanal, é uma função especial que possui como parâmetro o tempo. A parametrização da função é feita com base nos dias da semana e nos horários em que se deseja que a função esteja ativa.

Figura 12- Especificações da função weekly timer

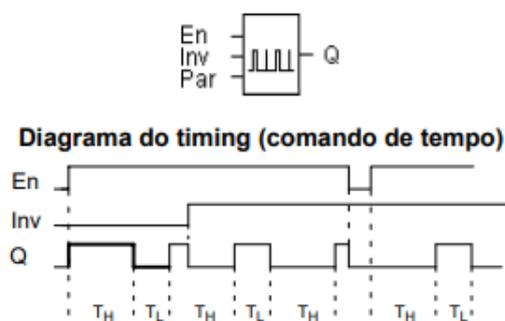
Símbolo no LOGO!	Conexão	Descrição
	Parâmetro No 1, No 2 No 3	Através do parâmetro No ajuste as datas nas quais deve ser ligado ou desligado para cada (came) do temporizador. Durante o qual parametrize também os dias e a hora.
	Saída Q	Q liga se o came parametrizável estiver ligado.

Fonte: manual de instruções LOGO!

3.10.2.2 Função especial asynchronous pulse generator

A função asynchronous pulse generator (Gerador de impulso assíncrono), possui duas entradas, EN e INV, e duas opções de parametrização por tempo, T_H e T_L . A entrada EN liga e desliga o gerador de impulso, enquanto a entrada INV, quando acionada, nega a saída do gerador de impulso. Quando parametrizamos T_H (time high), estamos determinando por quanto tempo a função deverá possuir estado lógico 1, enquanto acionada. Quando parametrizamos T_L , determinamos por quanto tempo a função deverá possuir estado lógico 0, enquanto acionada.

Figura 13 - Funcionamento da função gerador de pulso assíncrono

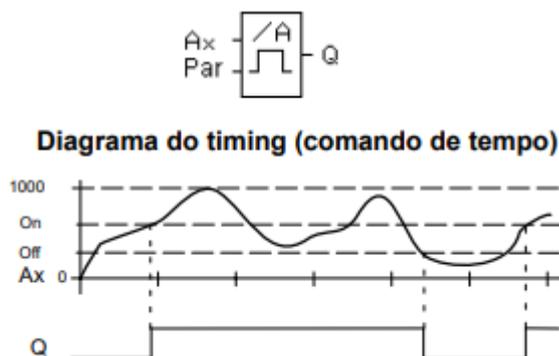


Fonte: Adaptado de Manual de instruções LOGO!

3.10.2.3 Função especial analog threshold trigger (A_x , Par)

A função analog threshold trigger (Interruptor de valor limiar analógico), é uma função que lê o valor analógico do sinal, que se encontra na entrada analógica A_x . A saída Q é colocada ou reposta a zero em função de valores limiares, de ligação e de desligamento, que devem ser definidos. (Manual de instruções do LOGO, [s. d.]).

Figura 14 - Simbologia e comportamento para uma situação em que o limiar de ligação (On) é maior que o limiar de desligamento (Off)



Fonte: Adaptado de Manual de instruções LOGO!

Segundo o Manual de instruções LOGO! [s. d.], na definição dos valores limiares, de ligação (on) e de desligamento (off), podem ocorrer duas situações:

- Se o limiar de ligação (On) \geq limiar de desligamento (Off), então: $Q = 1$, se o valor atual $Ax > On$, ou $Q = 0$, se o valor atual $Ax \leq Off$.
- Se o limiar de ligação (On) $<$ limiar de desligamento (Off), então $Q = 1$, se: $On \leq$ valor atual $Ax < Off$.

3.11 Sensores

Segundo Roggia e Fuentes (2016), sensores são elementos sensíveis a uma forma de energia do ambiente (energia cinética, térmica, sonora, entre outras), que relaciona informações sobre uma grandeza que deve ser medida, como pressão, vazão, temperatura, nível, entre outras. Esses elementos podem ser divididos em dois grandes grupos de acordo com o sinal de saída que produzem: sensores digitais (ou discretos) e sensores analógicos (ou contínuos).

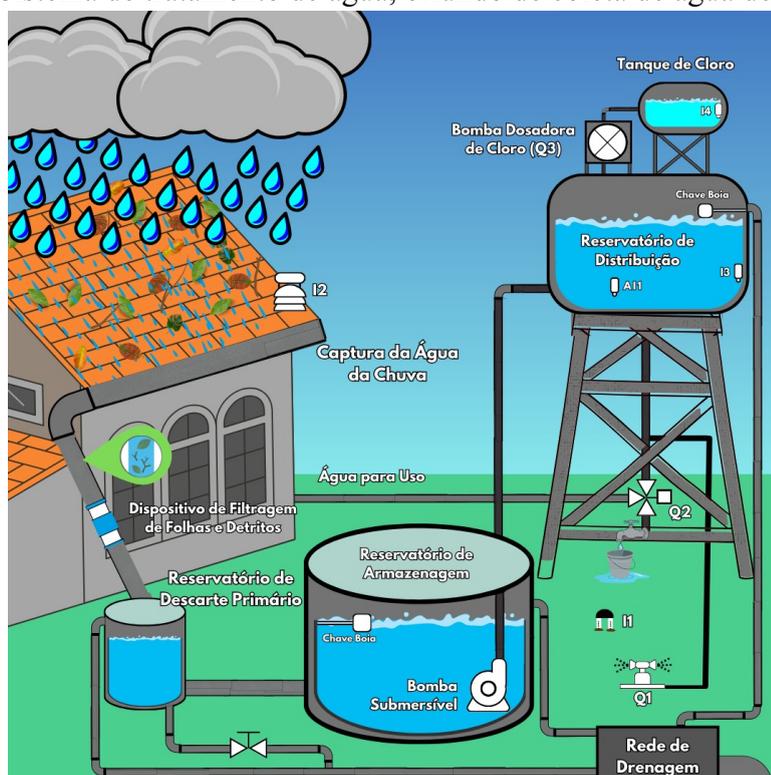
Roggia e Fuentes (2016) afirmam, ainda, que os sensores digitais são utilizados para monitorar a ocorrência ou não de um determinado evento, possuindo em sua saída somente dois estados distintos: ligado (on) ou desligado (off). Os sensores analógicos, em contrapartida, são aqueles utilizados para monitorar uma grandeza física em uma faixa contínua de valores estabelecidos entre o mínimo e máximo, apresentando, em sua saída, uma resposta proporcional à grandeza física monitorada.

4 Resultados e Discussões

O sistema de captação para água da chuva foi pensado para uma edificação com área de cobertura de telhado com a infraestrutura necessária para a coleta de água da chuva. O sistema é composto por algumas etapas, inicialmente obtém-se a captação da água da chuva, no telhado, por meio de calhas e tubulações, que direcionam a água para o reservatório de descarte primário, que, na primeira coleta de água da chuva, deve, devido às grandes quantias de impurezas, ser esvaziado. Feito o primeiro descarte, podemos utilizar as demais coletas de água. Essa água é transportada para o reservatório de armazenagem, onde, através de uma bomba submersa comandada por chave bóia, é, então, levada para o reservatório de distribuição. Com a água no reservatório de distribuição é, finalmente, feita a tão necessária desinfecção da água, por meio da injeção controlada de cloro.

Na figura 15, é apresentado um esboço do sistema de captação, tratamento e usos da água coletada e tratada. Nesse sistema são colocados os elementos atuadores que foram automatizados no sistema elétrico, sendo eles a bomba dosadora de cloro, responsável por liberar uma quantidade de cloro proporcional a quantidade de água, a eletroválvula, responsável por controlar a vazão de água da chuva tratada destinada ao uso não potável e um irrigador de jardim.

Figura 15 - Sistema de tratamento de água, oriundo de coleta de água de chuva



Fonte: Autores

4.1 Diagrama em função bloco lógico para automatização do sistema de captação de água da chuva

Para a elaboração do diagrama foi necessário realizar a identificação dos elementos de entrada de sinais, sensores e chaves, e os atuadores, elementos das saídas. Os elementos foram associados aos módulos de entradas e saídas do CLP. As tabelas 9 e 10, apresentam os elementos de entrada e saída de sinal ao seu respectivo elemento correspondente na programação do CLP, enquanto a tabela 11 indica qual elemento de comando deve ser utilizado para as entradas que dependem da operação humana (comando manual, chave teste, desliga manutenção e desliga geral).

Tabela 9 - Identificação de correspondência das entradas

Elemento de entrada de sinal	Entrada
Sensor de Concentração de Cloro	A11
Sensor de Umidade do solo	I1
Sensor de Chuva	I2
Sensor de Nível (água)	I3
Sensor de Nível (cloro)	I4
Chave Teste (irrigação)	I5
Comando Manual (irrigação)	I6
Desliga manutenção (irrigação)	I7
Comando manual (eletroválvula)	I8
Desliga manutenção (eletroválvula)	I9
Chave Teste (eletroválvula)	I10
Comando Manual (bomba)	I11
Desliga Manutenção (bomba)	I12
Chave Teste (bomba)	I13
Desliga geral	I14

Fonte: Autores

Tabela 10 - Identificação dos elementos atuadores de correspondência das saídas

Elemento Atuador	Saída
Irigador de Jardim	Q1
Eletroválvula	Q2
Bomba Dosadora	Q3
Sinalização Luminosa	Q4

Fonte: Autores

Tabela 11 - Identificação das entradas e seus respectivos elementos de comando

Entrada	Elemento de entrada de sinal	Elemento de comando correspondente
I5	Chave Teste (irrigação)	Botão de pulso
I6	Comando Manual (irrigação)	Botão com retenção
I7	Desliga manutenção (irrigação)	Alavanca
I8	Comando manual (eletroválvula)	Botão com retenção
I9	Desliga manutenção (eletroválvula)	Alavanca
I10	Chave Teste (eletroválvula)	Botão de pulso
I11	Botão liga (Bomba)	Botão com retenção
I12	Desliga Manutenção (bomba)	Alavanca
I13	Chave Teste (bomba)	Botão de pulso
I14	Desliga geral	Botão tipo cogumelo

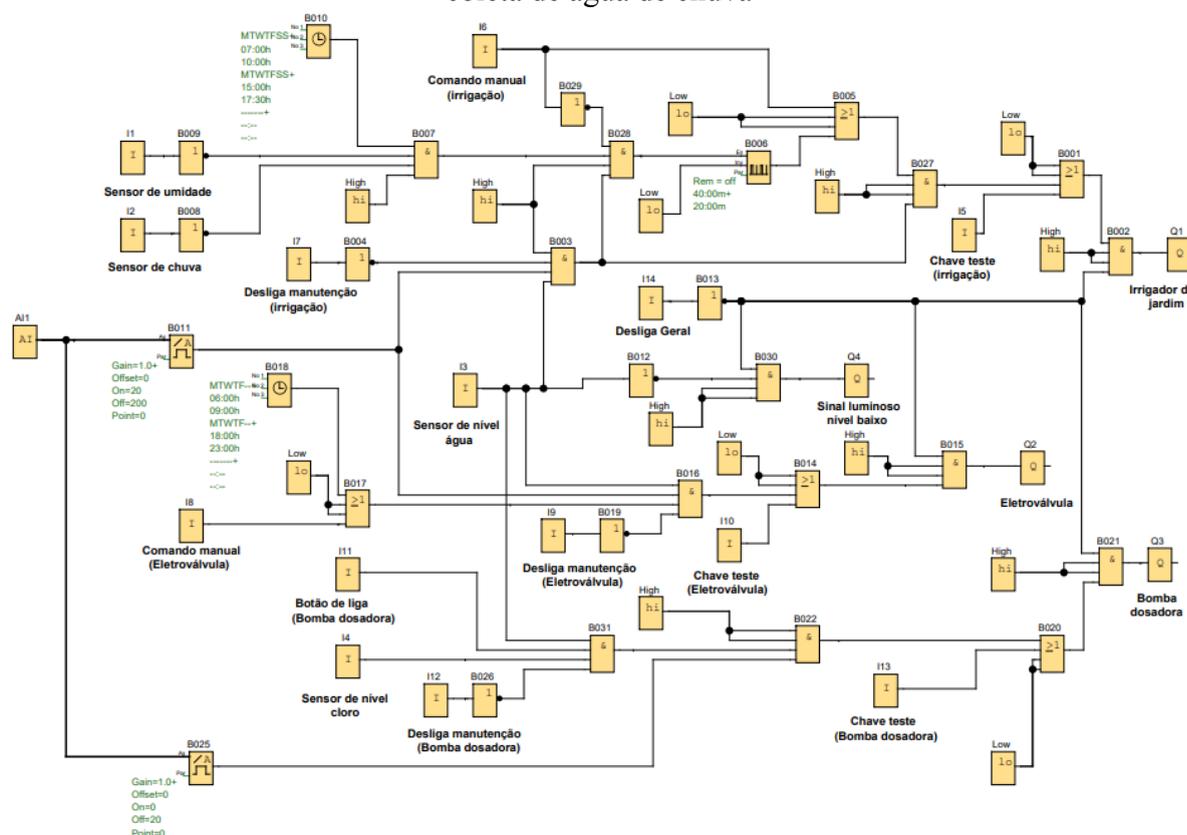
Fonte: Autores

A escolha dos elementos de comando correspondentes para cada elemento de entrada de sinal foi realizada através do que cada elemento de entrada necessita em seu comando. Temos, por exemplo, as diferenças entre o que se espera de um botão de chave teste e um botão de comando manual: na chave teste, necessita-se de somente um pulso para que se possa averiguar o funcionamento do elemento atuador, em contrapartida, no comando manual se espera que o elemento atuador continue funcionando mesmo após a retirada do operador. Logo, o botão para o comando manual e para o desligamento do sistema devem possuir retenção e o botão para chave teste deve ser de pulso.

Foi escolhida a linguagem função bloco lógico para a programação do CLP. Esta decisão não implica, de forma alguma, que o uso de outra linguagem seja ineficiente ou pior para a situação problema em questão. A escolha da linguagem função bloco lógico deu-se pela facilidade de reutilizar blocos de funções e pela facilidade de análise que esta linguagem traz para os que estão familiarizados com a álgebra booleana e com os fluxos de processo.

É apresentado pela figura 16 o diagrama solução em função bloco lógico e as condições de comando de todas as saídas dirigidas pelo controlador lógico programável. Para o diagrama apresentado foram estabelecidas condições iniciais e condições de comando. O diagrama permitiu fazer a avaliação do acionamento das saídas a partir dos estados lógicos das entradas de sinais.

Figura 16 - Diagrama solução para automação do sistema de tratamento de água, oriundo de coleta de água de chuva



Fonte: Autores

4.2 Discussões do diagrama solução

4.2.1 Estados lógicos das variáveis de entrada

Para analisar o diagrama em função do bloco lógico e suas saídas, foi necessário estabelecer os estados lógicos das variáveis de entrada.

A entrada AI1 é a única entrada analógica do sistema e é responsável pelo monitoramento da concentração de cloro na água do reservatório de distribuição. O Ministério da Saúde permite que a água tenha um teor mínimo de 0,2 mg/L e máximo de 2 mg/L de cloro residual livre. Nesse caso, um sensor de concentração irá monitorar a quantidade de cloro e caso o teor de cloro encontre-se fora da faixa estabelecida pelo Ministério da Saúde, a entrada analógica enviará para o bloco em que está conectada, um sinal correspondente ao estado lógico 0 das entradas digitais, e, caso o teor de cloro esteja dentro da faixa estabelecida, o sinal enviado será equivalente ao estado lógico 1 das entradas digitais.

A entrada I1 recebe informação de entrada de sinal do sensor responsável pelo monitoramento da umidade do solo, assim, assume estado lógico 1 quando existe presença de umidade, e, consequentemente, assume estado lógico 0 quando detecta que o solo está seco;

A entrada I2 muda de estado lógico através de informações enviadas pelo sensor meteorológico. Quando o sensor detecta a presença de chuva, a entrada assume estado lógico 1 e, quando não há presença de chuva, ela assume estado lógico 0;

As entradas I3 e I4 recebem dos sensores de nível informações a respeito da altura da coluna de líquido presente nos reservatórios de armazenamento de água e cloro, respectivamente. Foi estabelecido um nível mínimo em ambos os reservatórios, e, abaixo desse, ambas as saídas devem assumir estado lógico 0, caso o nível encontre-se acima da referência, as entradas terão estado lógico 1;

As entradas I5, I10 e I13 são chaves para teste de cada saída individualmente. A chave teste tem como função verificar o funcionamento do elemento comandado pela saída, quebrando todas as condições de comando estabelecidas para o acionamento da saída em questão. Por questão de segurança, a chave teste deve ser um botão de pulso (possui retorno por mola), pois como foi dito anteriormente, ela quebra todas as condições de comando, inclusive as estabelecidas para que o sistema opere com segurança. As entradas destinadas a serem chave teste assumem estado lógico 1 quando o botão de pulso é pressionado e estado lógico 0 quando o mesmo não está sendo acionado;

As entradas I6, I8 e I11 são responsáveis pela realização do comando manual das saídas, ou seja, são uma alternativa ao comando automático. Cada saída possui uma chave de comando manual que pode assumir estado lógico 1 independente de todas as condições estabelecidas para que o comando seja realizado automaticamente. Diferente da chave teste, o comando manual é realizado por um botão que possui trava ou chave seletora, pois deseja-se que a entrada permaneça com estado lógico 1 após o primeiro pulso. Se o botão ou a chave forem acionados, a entrada do comando manual assume estado lógico 1 permanece assim até que alguém destrave o botão, ou no caso da chave, até que alguém coloque a mesma em sua posição de repouso (desacionada) novamente;

As entradas I7, I9 e I12 foram inseridas no diagrama para que ambas as saídas possuam, individualmente, um botão que desabilite as saídas para que a manutenção seja feita nos elementos comandados pelas saídas, nesse caso, o irrigador, a eletroválvula e a bomba dosadora. O botão de desliga possui trava para garantir a segurança de quem está realizando a manutenção. As entradas assumem estado lógico 1 quando seus respectivos botões são pressionados e estado lógico 0 quando os mesmos encontram-se em seu estado de repouso;

A entrada I14 foi habilitada como desliga geral do sistema, ou seja, quando a mesma assume estado lógico 1 todas as saídas assumem estado lógico 0 instantaneamente, mesmo em casos em que a chave teste for pressionada. Caso a entrada do desliga geral esteja em estado

lógico baixo, as saídas podem ou não serem habilitadas, dependendo de suas condições de comando.

4.2.2 Funcionamento do Diagrama

A saída Q1 é responsável por acionar o irrigador de jardim automático dentro de condições de comando específicas. Primeiramente, o irrigador de jardim só deve funcionar duas vezes ao dia, pela manhã das 07:00h às 10:00h e pela tarde das 15:00h às 17:30h, o irrigador não deve funcionar em torno do meio-dia pois é um período muito quente e a água evapora rapidamente, essa condição é garantida pela função especial relógio em tempo real, que corresponde ao bloco B010. Essa condição foi estabelecida, pensando, também, nas plantas que não devem ser irrigadas no horário de maior insolação para, assim, evitar ferver as raízes e matar a planta. A saída do bloco B010 somente será 1 se o horário estiver entre os valores programados, dia da semana, horário liga e horário desliga. A próxima condição é que não esteja chovendo e que o solo não esteja úmido, para isso, o sensor meteorológico (I2) e o sensor de umidade (I1) devem assumir estado lógico 0, indicando tal condição. No entanto, as entradas dos sensores, I1 e I2, foram negadas através da função not invertendo, assim, o sinal de saída, pois os mesmos estão ligados ao bloco B007 (função geral and), que só habilita a saída se todas as entradas possuírem estado lógico 1. A lógica negada foi utilizada em função dos valores estabelecidos como condições iniciais para as entradas I1 e I2. Se todas as condições citadas anteriormente forem atendidas, a saída do bloco B007 será 1 e irá habilitar a função especial gerador de frequência, bloco B006, que fará com que a irrigação do jardim se dê por ciclos de 40 minutos acionada e 20 minutos desacionada durante os intervalos de tempo que o relógio em tempo real foi parametrizado. Essa associação lógica permite atender a condição de irrigação em intervalos, para otimizar o sistema e evitar desperdícios. O bloco B006 é antecedido pelo bloco B028 (função geral and), para habilitar B028, é necessário que o comando manual I6 esteja com estado lógico 0.

Foi pensado na solução, o bloco B005 (função geral or), o qual possibilita o acionamento do irrigador de jardim de duas maneiras: a primeira é automaticamente através das condições citadas anteriormente que levam a saída do bloco B006 a assumir estado lógico 1, ou, através de uma chave de comando manual, que não depende de nenhuma condição de comando que foi previamente estabelecida. Essa entrada manual permite uma ordem de precedência prioritária e é utilizada quando o operador percebe que a irrigação é necessária, mesmo fora da temporização pensada na programação da função relógio de tempo real. Além disso, essa entrada permite também a reinicialização do ciclo automático.

Para que a saída do bloco B003 (função geral and) assuma estado lógico 1, todas as entradas desse bloco devem assumir estado lógico igual a 1. Portanto, a saída de B005 deverá ter estado lógico igual a 1, a entrada de desliga para manutenção está negada através da função not e por isso deverá ter sinal 0, a concentração de cloro deverá estar entre 0,2 mg/L e 2 mg/L (recomendação do Ministério da Saúde) para que a entrada analógica AI1 envie um sinal ao bloco B011 e ele assuma um sinal equivalente ao sinal estado lógico igual a 1, e, por fim, o nível do tanque deverá estar acima do mínimo para que a entrada I3 assuma estado lógico 1 e o bloco seja habilitado. Essa condição evita que seja liberado cloro em tanque vazio. A saída do bloco B003 assumindo estado lógico 1, o bloco B002 (função geral and) fica dependendo apenas da entrada I14, desliga geral do sistema, que deverá ter estado lógico 0, e a função not está negando a entrada, pois, para a condição de desliga é I14 igual a estado lógico 1 - acionamento da chave. Por fim, o bloco B002 (função geral and) assume estado lógico 1, habilitando a saída Q1, quando B001, por meio do acionamento automático ou manual ou por chave teste, assume sinal 1, lembrando que a chave teste é para verificar apenas o funcionamento do elemento comandado pela saída e não para testar todo o diagrama. Caso as entradas assumam estados lógicos diferentes dos pré-estabelecidos que foram supracitados, a saída Q1 assumirá estado lógico 0.

O bloco B017 estabelece as primeiras condições para que a saída Q2, responsável pela eletroválvula, seja habilitada. Para que a saída do bloco B017 seja 1 o comando poderá ser feito manualmente através da entrada I8 assumindo estado lógico 1 ou através do bloco B018 (função relógio em tempo real), que estabelece que a eletroválvula somente deverá ser acionada das 06:00h às 09:00h e das 18:00h às 23:00, esses horários foram estabelecidos na programação, considerando que a maior ocupação na residência ocorre após o horário comercial, em que pessoas que trabalham estão em casa, logo a válvula deve ter possibilidade de acionamento para que a saída do bloco assuma estado lógico 1. Além disso, a eletroválvula não deve funcionar de madrugada para evitar problemas com possíveis vazamentos. A próxima condição foi estabelecida através do bloco B016 (função geral and) que precisa que o bloco B017 tenha sinal 1, que a entrada I9, responsável por desligar a saída para manutenção esteja com sinal 0, pois a mesma está negada através da função geral not. Ademais, para o bloco B016 ser habilitado as entradas AI1 e I3 precisam indicar que a concentração de cloro está na faixa recomendada e que o nível do tanque está acima do mínimo, essas condições permanecem as mesmas da saída Q1. O próximo bloco, bloco B014 (função geral or) deverá receber estado lógico igual a 1 do B016 ou da chave teste. E, por fim, para que Q2 somente será habilitado se o bloco B015 (função geral and) receber estado lógico igual a 1 do B014 e

se a entrada I14, desliga geral do sistema, estiver desacionada, condição indicada quando a mesma assume sinal 0. Caso as condições de comando não sejam atendidas, a saída Q2 assumirá estado lógico 0.

A saída Q3 é responsável pelo acionamento da bomba dosadora de cloro e o bloco B031 (função geral and) possibilita o acionamento da bomba. Para que o acionamento seja efetuado, a entrada I11 deverá assumir estado lógico igual a 1 e, assim, o bloco B031 (função geral and) ficará dependente das entradas I3, I4 e I12. I3 e I4 deverão ter estado lógico igual a 1, indicando que os níveis dos reservatórios, de água e de cloro, estão acima do mínimo. I12, responsável pelo desligamento para manutenção, deverá estar desacionada, logo, com estado lógico 0. Com tais condições atendidas, B031 terá estado lógico igual a 1 e o bloco B022 ficará dependente da entrada analógica AI1. AI1 deverá enviar um sinal ao bloco B025 que deverá enviar um sinal equivalente ao estado lógico 1 se a concentração de cloro estiver abaixo de 0,2 mg/L, valor mínimo recomendado pelo Ministério da Saúde. O bloco B021 (função geral and) será habilitado se a entrada I4, desliga geral do sistema, estiver desacionada. Por fim, Q3 assumirá estado lógico 1 se B021 for habilitado e possuir estado lógico igual a 1. Caso a chave teste, entrada I13, esteja com estado lógico igual a 1, devido ao acionamento da chave, é possível realizar uma quebra de comando e acionar a saída Q3 se, e somente se, I14, desliga geral do sistema, estiver desacionada. Caso as condições supracitadas (condições de comando) não sejam atendidas, a saída Q3 assumirá estado lógico 0 e a bomba permanecerá desligada.

A saída Q4 tem como função sinalizar, através de uma indicação luminosa, quando o nível do tanque estiver abaixo do mínimo. Se I3, sensor de nível tiver sinal 0, indicando que o nível do tanque está baixo, a sinalização luminosa assumirá estado lógico 1, caso contrário, permanecerá assumirá estado lógico 0. Caso a entrada I14, desliga geral do sistema, esteja acionada, a saída Q4 será 0, independentemente do estado lógico de I3. A indicação luminosa permite que se tenha informação a respeito da água disponível para o uso contida no reservatório.

O funcionamento do diagrama foi descrito a partir das condições que levam as saídas a assumirem estado lógico 1. É importante mencionar que as entradas que desligam para manutenção desativam apenas a saída do bloco em que estão associadas, enquanto a entrada de desliga geral desativa todo o sistema assim que assume estado lógico 1. E, além disso, impede o acionamento das saídas através das chaves teste.

O comando manual é uma opção de acionamento, caso o operador deseje fazer a intervenção no sistema, caso contrário utiliza-se a alternativa ao comando automático, ou seja, o comando pode ser escolhido segundo sua forma de acionamento.

5 Conclusões

Este trabalho fez, de forma eloquente, uma extensa análise sobre a viabilidade da aplicação de um controlador lógico programável a um sistema de tratamento de água, oriundo da coleta de água da chuva. Com a análise documental, estabeleceu-se toda uma base teórica convincente para a reutilização, armazenamento e uso de água da chuva, bem como para o uso de um CLP para a automação dos componentes do sistema em questão. O presente trabalho é relevante no âmbito social, visto que contribui para a utilização consciente da água e, a utilização de água da chuva, proporciona a diminuição de problemas urbanos causados pelo excesso de impermeabilização do solo, a exemplo dos alagamentos. Com isso, comparando-se os objetivos estabelecidos no início do trabalho e os resultados obtidos, têm-se:

1. A utilização do controlador lógico programável CLP LOGO é viável para realizar a automação de um sistema de tratamento de água, oriundo de coleta de água de chuva. Podendo também, ser aplicado em sistemas de tratamento de água de poços e similares;
2. O diagrama solução foi testado e validado pelo simulador, se mostrando eficiente para a tarefa;
3. Foi possível fazer inclusão de novas condições de comando, desde que se observe a ordem de precedência da lógica programada;
4. Foi visto no simulador que para as funções com condição de temporização, houve a possibilidade de testagem e ainda acompanhamento do tempo instantâneo no simulador. A exemplo da função gerador de pulsos assimétricos;
5. Foi possível fazer a testagem de parte da programação em momentos diferentes para verificar o atendimento das condições de comando;
6. O diagrama solução em função bloco lógico permite associar as condições do circuito elétrico de controle com as condições de armazenamento, tratamento da água e a distribuição para o uso.

Dessa forma, estabelecemos que, a aplicação de um controlador lógico programável, torna-se viável para a automatização de um sistema de tratamento, armazenamento e distribuição de água.

6 Referências Bibliográficas

AQUASTAT. n.d. **Aquastat: FAO's Global Information System on Water and Agriculture**. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponível em: <www.fao.org/aquastat/en/> Acesso em nov. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15527: Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis**. 10 páginas. São Paulo: ABNT, 2007. Acesso em fev. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. 209 páginas. São Paulo: ABNT, 2004. Acesso em fev. 2024.

BÁSICO, I. T. 179. **Os reservatórios são unidades hidráulicas de acumulação e passagem de água, situados em pontos estratégicos do sistema de modo a atenderem diferentes situações**. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%204%20parte%203.pdf>>. Acesso em fev. 2024.

Bem vindo ao LOGO! Disponível em: <https://cache.industry.siemens.com/dl/files/904/1711904/att_57526/v1/logo_port.pdf>. Acesso em fev. 2024.

BOMBAS: GUIA BÁSICO. Procel Indústria. 2009. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2014/04/22/6281/Bombas.pdf>. Acesso em fev. 2024

CAPÍTULO 2. CICLO HIDROLÓGICO. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>. Acesso em fev. 2024.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 16. ed. LTC, 2016.

CHAVE BÓIA. Disponível em: <<https://fame.com.br/material-eletrico/chave-boia>>. Acesso em fev. 2024.

EMBASA . Publicações de serviço público. 2023. Acesso em fev. 2024.

Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/noticias/balan%3%A7o-salvador-ba-teve-chuva-e-temperaturas-acima-da-m%3%A9dia-em-dezembro-2023>>. Acesso em fev. 2024.

Jacobs, J. (1961). **Morte e Vida de Grandes Cidades**. São Paulo: Martins Fontes. Acesso em fev. 2024.

Jacobi, P. (2005). **Gestão Ambiental e Sustentabilidade: Novos Desafios para a Educação Superior**. São Paulo: Annablume. Acesso em fev. 2024.

JUNIOR, Jailton Muniz Mendes. Et al. **Reutilização de água da chuva**. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 05, Ed. 06, Vol. 05, pp. 66-90. Junho de 2020. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/reutilizacao-de-agua>> Acesso em fev. 2024.

MIRANDA DA RÓS, V. **VARIAÇÕES CLIMATOLÓGICAS LOCAIS A PARTIR DE UMA ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DE SALVADOR - BA.** Disponível em: <<https://geografia.ufba.br/VINICIUS%20MIRANDA%20DA%20ROS%20-%20MONOGRAFIA.pdf>>. Acesso em fev. 2024.

ONU. **Relatório sobre a crise no fornecimento de água potável.** Ano 2023. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_por>. Acesso em fev. 2024.

POR, V. **Bomba D'água com acionamento automático com bóia elétrica.** Disponível em: <<https://tecnicovanderlei.com.br/bomba-dagua-automatica/>>. Acesso em 18 fev. 2024.

MENDES, R. M.. Programação de CLPs. Métodos e Técnicas. SCIENZA. São Carlos, 2021.

ROGGIA, Leandro; CARDOZO FUENTES, Rogério. **Automação Industrial.** Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/06_automacao_industrial.pdf>. Acesso em fev. 2024.

SANEAMENTO BÁSICO. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em fev. 2024.

SANTOS, A. H. M. dos. **Eventos extremos de chuva em Salvador, Bahia: condições atmosféricas e impactos ambientais.** 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Programa de Pós-graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2008. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3763>>. Acesso em fev. 2024.

SANTOS, Renato Cardoso dos. **LOGO2VHDL: modelos descritos em VHDL a partir da linguagem do LOGO!Soft Comfort da Siemens.** 2007. 87 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/87254>> Acesso em fev. 2024.

TEORIA GERAL DAS MÁQUINAS DE FLUXO. 2006. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM120/APOSTILA_MH/capitulo2_teoriageral__MAQUINAS%20DE%20FLUXO.PDF>. Acesso em fev. 2024.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE; Pedro. **Sensores Industriais: Fundamentos e aplicações.** 9. ed. ÉRICA, 2020.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água.** 3. ed. São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Acesso em fev. 2024.

UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2023: parcerias e cooperação para a água; fatos, dados e exemplos de ação.** 2023. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659_por> Acesso em fev. 2024.