



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GIA DE GOIÁS - IFG
CAMPUS FORMOSA
TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

DERECK BRIAN SOUSA DE ARAUJO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
LIMPEZA E MANUTENÇÃO DE PISCINAS**

DERECK BRIAN SOUSA DE ARAUJO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LIMPEZA E
MANUTENÇÃO DE PISCINAS

Orientador: Prof. M° Afrânio Furtado de
Oliveira Neto

RESUMO

A crescente aplicação de tecnologias de automação em ambientes residenciais tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas voltados à otimização de tarefas cotidianas. Neste contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado para limpeza e manutenção de piscinas residenciais, fundamentado em princípios de automação residencial e na Internet das Coisas (IoT).

sistema integra sensores, atuadores e controladores microprocessados com o objetivo de realizar o monitoramento e o tratamento automatizado da água, reduzindo a necessidade de intervenção manual.

A proposta busca oferecer maior eficiência no uso de recursos, segurança na manipulação de produtos químicos e sustentabilidade no consumo de água e energia. A pesquisa abrangeu a revisão de normas técnicas, o estudo dos componentes mecânicos e eletrônicos empregados, bem como o desenvolvimento de um protótipo funcional.

Os resultados obtidos demonstram que a automação do processo de limpeza e tratamento de piscinas é viável e pode minimizar falhas humanas, otimizar o tempo de manutenção e garantir padrões adequados de qualidade da água. O sistema desenvolvido apresenta-se, portanto, como uma solução prática e acessível, alinhada às tendências tecnológicas de domótica e automação inteligente.

Palavras-chave: Automação residencial. IoT. Piscinas residenciais. Manutenção automatizada.

ABSTRACT

The growing application of automation technologies in residential environments has driven the development of systems aimed at optimizing everyday tasks. In this context, this work proposes the development of an automated system for the cleaning and maintenance of residential swimming pools, based on home automation principles and the Internet of Things (IoT).

The system integrates sensors, actuators, and microprocessed controllers to perform automated water monitoring and treatment, reducing the need for manual intervention.

The proposal seeks to improve resource efficiency, ensure safety in handling chemical products, and promote sustainability in water and energy consumption. The research included the review of technical standards, the study of mechanical and electronic components, and the development of a functional prototype.

The results demonstrated that automating the cleaning and treatment process of swimming pools is feasible and can minimize human errors, optimize maintenance time, and ensure appropriate water quality standards. Therefore, the developed system presents itself as a practical and accessible solution aligned with current trends in domotics and smart automation.

Keywords: Home automation. IoT. Residential swimming pools. Automated maintenance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	11
Figura 2 –	12
Figura 3 –	13
Figura 4 –	13
Figura 5 –	14
Figura 6 –	14
Figura 7 –	16
Figura 8 –	18
Figura 9 –	19
Figura 10 –	23
Figura 11 –	23
Figura 12 –	26
Figura 13 –	27
Figura 14 –	28
Figura 15 –	35
Figura 16 –	37
Figura 17 –	38
Figura 18 –	39
Figura 19 –	40
Figura 20 –	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução das tecnologias de automação residencial ao longo dos anos. . .	22
Tabela 2 – Evolução das tecnologias de automação residencial ao longo dos anos. . .	32
Tabela 3 – Requisitos Funcionais do Sistema de Automação de Piscinas.	34
Tabela 4 – Requisitos Não Funcionais do Sistema de Automação de Piscinas.	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Objetivos	9
1.1.1	Objetivo Geral	9
1.1.2	Objetivos Específicos	9
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1	PISCINAS e sua manutenção	10
2.1.1	HISTÓRICO E POPULARIZAÇÃO DAS PISCINAS	10
2.1.2	COMPONENTES BÁSICOS DE UMA PISCINA	11
2.1.3	NORMAS E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DE LIMPEZA MANUAL	15
2.1.4	PRODUTOS QUÍMICOS E ACESSÓRIOS USADOS NA LIMPEZA DE PISCINAS	17
2.2	FUNDAMENTOS DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	20
2.2.1	HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	21
2.2.2	CONCEITOS TÉCNICOS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	22
2.2.2.1	COMPONENTES BÁSICOS	24
2.3	FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA AUTOMAÇÃO	25
2.3.1	COMPONENTES FÍSICOS E DE CONTROLE (HARDWARE)	25
2.3.2	FERRAMENTAS DE SOFTWARE E METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO	28
3	TRABALHOS CORRELATOS	32
4	DESENVOLVIMENTO	33
4.1	Tipo de Pesquisa e Etapas de Construção	33
4.2	Processo de Desenvolvimento de Software	33
4.3	Fase de Concepção (<i>Inception</i>)	34
4.4	Fase de Elaboração (<i>Elaboration</i>)	35
4.5	Fase de construção (<i>Construction</i>)	41
4.6	Fase de Transição (<i>Transition</i>)	42
4.7	Integração entre o Raspberry Pi e os Sensores	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico consolidou a automação como elemento essencial na otimização de processos produtivos. Originada na Primeira Revolução Industrial, no século XVIII, essa prática evoluiu até o atual paradigma da Indústria 4.0, marcado pela integração entre sistemas ciberfísicos e soluções digitais ([GENYO, 2024](#)). De acordo com a Confederação Nacional da Indústria ([CNI, 2022](#)), cerca de 72% das empresas que implementaram tecnologias digitais registraram aumento de produtividade, enquanto 60% relataram redução de custos operacionais, evidenciando o impacto positivo da automação na eficiência e economia de recursos.

A automação extrapolou o ambiente industrial e passou a integrar o cotidiano doméstico, por meio de dispositivos inteligentes, assistentes virtuais, sistemas de iluminação e controle de temperatura, além de equipamentos autônomos para limpeza e monitoramento. Essa ampliação resultou no conceito de automação residencial, que visa promover conforto, segurança e eficiência energética. O setor apresenta crescimento acelerado: no Brasil, o mercado de automação residencial expandiu-se 21,8% entre 2023 e 2024 ([REPORT, 2024](#)), e, em escala global, estima-se um aumento médio anual de 27,9% até 2032 ([ELÉTRICO, 2023](#)).

colocar pelo menos mais uns três parágrafos para ir transitando

Apesar do avanço no campo da automação doméstica, a limpeza e manutenção de piscinas residenciais ainda dependem predominantemente de processos manuais. Essa limitação acarreta desperdício de água e energia, uso inadequado de produtos químicos e aumento dos custos de manutenção. Além disso, o manejo incorreto dessas substâncias pode gerar riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

Nesse contexto, identifica-se o seguinte problema de pesquisa: como desenvolver um sistema automatizado que realize a limpeza e a manutenção de piscinas residenciais, reduzindo a necessidade de intervenção manual e promovendo eficiência, segurança e sustentabilidade no processo?

Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado de limpeza e manutenção de piscinas residenciais, fundamentado em princípios de automação e tecnologias da Internet das Coisas (IoT). A proposta busca demonstrar que a integração entre sensores, atuadores e controladores inteligentes pode tornar o processo de manutenção mais eficiente, sustentável e economicamente viável.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema automatizado para limpeza e manutenção de piscinas residenciais, com capacidade de reduzir a intervenção manual, otimizar o uso de produtos químicos e promover economia de água e energia.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Minimizar erros operacionais durante o processo de limpeza por meio da automação e do controle preciso de dosagem química.
- Proporcionar maior praticidade e segurança nas etapas de limpeza e monitoramento da piscina.
- Desenvolver uma solução de baixo custo que viabilize o acesso à automação para diferentes perfis socioeconômicos.
- Implementar a automação dos processos de filtragem, aquecimento, medição de pH, verificação de temperatura e análise de turbidez da água.
- Reduzir a dependência de serviços terceirizados de manutenção por meio da automação residencial inteligente.
- Projetar e testar um módulo de monitoramento de pH com sensores IoT integrados ao sistema de controle.
- Desenvolver e implementar um algoritmo de acionamento automático da bomba de filtragem com base nas variáveis de qualidade da água.

Com base nessa contextualização, observa-se que a automação aplicada à manutenção de piscinas representa uma área em expansão, mas ainda pouco explorada no campo acadêmico. A seguir, apresenta-se a fundamentação teórica, que aborda os princípios técnicos relacionados à manutenção de piscinas, aos processos de automação residencial e às tecnologias envolvidas na integração de sensores e controladores inteligentes. Essa base conceitual é essencial para compreender as etapas metodológicas e o desenvolvimento do sistema proposto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que embasam o desenvolvimento do sistema automatizado proposto. São abordados inicialmente aspectos conceituais e técnicos sobre piscinas e seus processos de manutenção, contemplando histórico, estrutura e procedimentos de limpeza manual e química. Em seguida, discorrem-se os princípios da automação residencial, destacando sua evolução, principais componentes e tecnologias aplicáveis. Essa base teórica é essencial para compreender as decisões tomadas para a construção do trabalho e a metodologia de implementação adotada nos capítulos seguintes.

2.1 PISCINAS E SUA MANUTENÇÃO

A compreensão dos processos de automação voltados à limpeza e manutenção de piscinas requer, primeiramente, o entendimento de sua estrutura física, funcionamento e métodos tradicionais de conservação da qualidade da água. Este tópico apresenta um panorama sobre o surgimento e a popularização das piscinas, seus componentes essenciais, bem como as técnicas manuais e químicas de limpeza empregadas para assegurar a salubridade e o equilíbrio químico da água. Essas informações fornecem o suporte técnico necessário para fundamentar a proposta de automação apresentada posteriormente.

2.1.1 HISTÓRICO E POPULARIZAÇÃO DAS PISCINAS

O termo piscina, que vem do latim *piscis* (“peixe”), pode ser definido como um tanque cheio de água destinado a diversos fins, sejam eles natação, mergulho, saltos ornamentais ou simplesmente recreação([PISCINAS](#),). Há registros de piscinas desde 2600 a.C., como “Os Grandes Banhos de Mohenjodaro”, considerado um dos primeiros tanques públicos de água, construído em tijolos e revestido com gesso. Contudo, acredita-se que esse tanque tenha sido feito apenas para fins religiosos.

Figura 1



Fonte: ([FIBRATEC, 2021](#))

Com o avanço da tecnologia no século XX, as piscinas passaram a incorporar novos sistemas, como os de cloração e filtração, que permitiram manter a água limpa sem a necessidade de trocas completas, prática que antes era essencial. No Ocidente, as piscinas começaram a se popularizar com a invenção do gunite (mistura de cimento, areia e água), um material que facilitava a instalação, possibilitava projetos mais flexíveis e reduzia consideravelmente o custo de construção([FIBRATEC, 2021](#)).

2.1.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UMA PISCINA

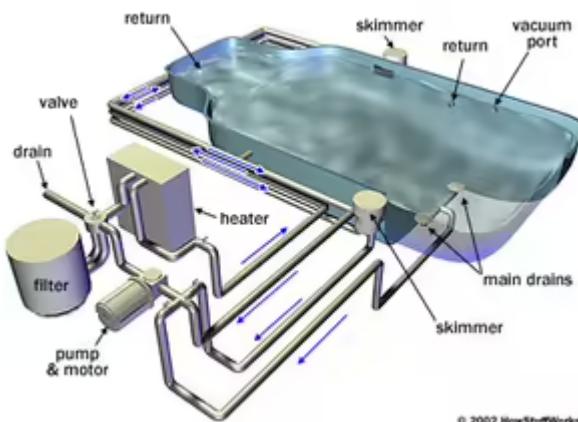
De acordo com ([HARRIS, 2025](#)), as piscinas podem ser compreendidas, de forma conceitual, como estruturas simples destinadas ao armazenamento de grandes volumes de água para uso recreativo. Podem apresentar diferentes tipologias, como piscinas de ondas em parques aquáticos, particulares ou públicas, entre outras. No entanto, de modo geral, todas compartilham componentes fundamentais que asseguram o adequado processo de filtração e tratamento químico da água.

Diante disso, torna-se essencial compreender os principais componentes estruturais de uma piscina, os quais garantem o funcionamento adequado do sistema de circulação e tratamento da água. Entre eles, destacam-se a bomba motorizada, o filtro de água, o alimentador químico, os drenos, as devoluções e os encanamentos de PVC¹. Em algumas instalações, inclui-se ainda um aquecedor, cuja função é manter a temperatura da água em níveis controlados e confortáveis.

¹ Sigla para Poli(cloreto de vinila), um polímero termoplástico versátil, conhecido por sua durabilidade, resistência química e ampla utilização em tubos, conexões e revestimentos.

- Bomba Motorizada: Responsável por circular toda a água, puxando-a da bacia e conduzindo-a até os demais processos.
- Filtro de Água: Remove parte das impurezas da água, como folhas, poeira e micro-organismos.
- Drenos: Removem a água utilizada em processos de limpeza, escoamento ou manutenção.
- Devoluções: Pontos de reabastecimento da água na piscina.
- Encanamentos de PVC: Interligam todos os componentes da piscina, permitindo o transporte adequado da água.

Figura 2



Componentes básicos de uma piscina

Fonte: ([HARRIS, 2025](#))

Todos esses componentes têm como finalidade manter a circulação da água em um ciclo contínuo, conduzindo-a por todo o sistema de filtração e tratamento químico. Além disso, há dispositivos complementares destinados a auxiliar na limpeza física da piscina, os quais serão detalhados nas seções seguintes.

Aspirador de escova

Segundo ([BENEDITO et al., 2024](#)), o aspirador de escova é um dos itens mais importantes na limpeza física da piscina, tendo como função a aspiração da sujeira acumulada no fundo.

Figura 3



Aspirador de escova

Fonte: ([BENEDITO et al., 2024](#))

Peneira

A peneira é responsável pela coleta de resíduos, como insetos, plásticos e pequenas folhas que ficam flutuando na superfície da piscina ([BENEDITO et al., 2024](#)).

Figura 4



Peneira

Fonte: ([BENEDITO et al., 2024](#))

Escova

De acordo com o ([BENEDITO et al., 2024](#)), a escova é um dos principais equipamentos utilizados na limpeza da piscina. É responsável pela remoção de poeira e algas das paredes, podendo também ser utilizada na limpeza do fundo.

Figura 5



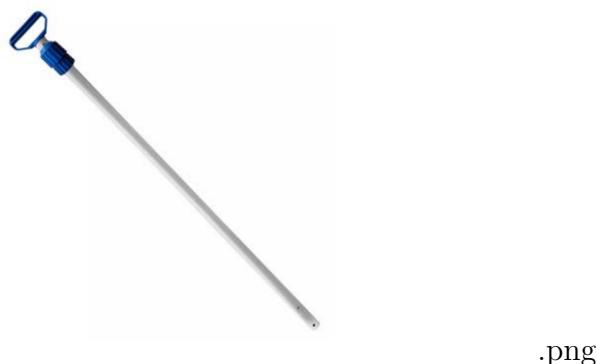
Escova

Fonte: ([BENEDITO et al., 2024](#))

Cabo de alumínio

O cabo de alumínio tem a função de se encaixar nos equipamentos citados anteriormente. Está disponível em diversos tamanhos, garantindo melhor conforto e praticidade no momento do manuseio ([BENEDITO et al., 2024](#)).

Figura 6



.png

Cabo de alumínio

Fonte: ([BENEDITO et al., 2024](#))

Portanto, é entendível que a manutenção de uma piscina envolve diversos componentes essenciais para uma limpeza eficiente. Cada componente possui um papel fundamental para garantir a circulação, filtração e tratamento adequados da água.

Esses elementos, aliados a boas práticas de operação e manutenção, constituem a base para o funcionamento eficiente do sistema. Entretanto, a eficiência desse processo não se restringe aos equipamentos mecânicos, dependendo também da aplicação correta dos procedimentos técnicos e químicos que asseguram a qualidade da água.

Dessa forma, o próximo tópico abordará as normas e os procedimentos técnicos de limpeza manual, indispensáveis para a preservação da saúde do usuário.

2.1.3 NORMAS E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DE LIMPEZA MANUAL

Segundo ([IDEIA](#),), a falta de um procedimento correto de limpeza pode acarretar sérios problemas de saúde para os usuários da piscina, como dermatite, micose e outras infecções. O tratamento deve ser constante e realizado de forma eficiente, de modo que os resultados estejam sempre em conformidade com as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT. De acordo com ([ATCLLOR, 2021](#)), existem diversos fatores poluentes presentes em uma piscina, como suor e urina, pelos e cabelos, óleos da pele, insetos, folhas, formação de algas, entre outros.

Esses poluentes podem comprometer diretamente os parâmetros químicos da piscina, como o pH (Potencial Hidrogênico), e o nível de cloro. O pH, conforme definido por ([LEITE, 2020](#)), é um parâmetro que indica o nível de acidez ou alcalinidade de um fluido, com pH 7 sendo considerado neutro. Quanto maior o valor do pH, mais alcalino será o fluido, enquanto valores menores indicam uma maior acidez.

Segundo ([ATCLLOR, 2021](#)), ao realizar apenas a limpeza física, por meio de escovas ou redes, é possível remover somente a parte visível dos resíduos, como folhas, insetos e lodo. Por essa razão, torna-se necessária a aplicação de um tratamento químico eficaz, uma vez que poluentes como suor e urina se misturam à água, e os sistemas de filtragem são incapazes de removê-los completamente.

É de fundamental importância que a água de uma piscina limpa atenda a determinados pré-requisitos, tais como: ausência de bactérias do grupo coliforme ou *Staphylococcus aureus*², boa visibilidade do fundo, superfície livre de sujeiras e pH dentro da faixa ideal, entre 7,2 e 7,8.

Para que esses parâmetros sejam alcançados, é essencial que a água apresente três princípios básicos:

- **Água Limpa:** Água transparente e sem a presença de sedimentos.
- **Água Balanceada:** Segundo todos os parâmetros prescritos, sem risco de prejudicar o banhista.
- **Água Saudável:** Livre de micro-organismos que podem vir a prejudicar o banhista.

² Bactéria coco Gram-positiva, frequentemente encontrada na pele e nas fossas nasais humanas, responsável por infecções de gravidade variável.

Figura 7



Fonte: ([ATCLLOR, 2021](#))

Antes do processo de limpeza, é fundamental conhecer a área e o volume da piscina, a fim de determinar a quantidade adequada de produtos químicos e garantir uma higienização eficiente, sem desperdícios.

O cálculo da área e do volume pode variar conforme o formato da piscina, sendo possível aplicar diferentes fórmulas geométricas para cada tipo de estrutura.

Piscina Retangular

$$A = \text{comprimento} \times \text{largura}$$

$$V = \text{comprimento} \times \text{largura} \times \text{profundidade}$$

Piscina Circular

$$A = \pi r^2$$

$$V = \pi r^2 h$$

Piscina Oval (Elíptica)

$$A = \pi \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2}$$

$$V = A \cdot h$$

Nos casos em que a piscina possui fundo inclinado, a profundidade considerada deve ser a média entre a parte mais rasa e a mais funda:

$$h_m = \frac{h_{\text{maior}} + h_{\text{menor}}}{2}$$

Segundo (SILVA, 2021), o processo de limpeza é semelhante ao empregado em indústrias, como nas estações de tratamento de água, e segue uma sequência composta por cinco etapas principais:

- **Oxidação:** tapa em que ocorre a adição de cloro, com o objetivo de oxidar metais, como ferro e manganês, facilitando a remoção da matéria orgânica.
- **Coagulação e Floculação:** consiste na adição de sulfato de alumínio e, ocasionalmente, cloreto férrico, para promover o desequilíbrio das partículas. Em seguida, a circulação da água possibilita a formação dos flocos.
- **Decantação:** ocorre quando as partículas coaguladas e floculadas se depositam no fundo da piscina, em razão da circulação lenta do fluido. Dependendo do produto utilizado, essa etapa pode durar aproximadamente seis horas.
- **Filtragem:** responsável pela retenção das impurezas acumuladas nas etapas anteriores, geralmente realizada por meio de um filtro de areia.
- **Correção de pH:** envolve a análise e o ajuste do pH da água, normalmente com o auxílio de um medidor, procedimento essencial para evitar a deterioração das tubulações e dos equipamentos, bem como prevenir possíveis doenças em banhistas.

Em virtude do exposto, torna-se evidente que a aplicação correta dos procedimentos técnicos estabelecidos é indispensável para a manutenção da qualidade da água. Nesse contexto, a precisão e a segurança exigidas pelo processo dependem diretamente da seleção e do manuseio adequado dos produtos químicos, tema que será abordado na seção seguinte.

2.1.4 PRODUTOS QUÍMICOS E ACESSÓRIOS USADOS NA LIMPEZA DE PISCINAS

O tratamento adequado e corretamente executado durante a limpeza de uma piscina, tanto físico quanto químico, é essencial para assegurar a qualidade da água e prevenir infecções ou doenças de origem hídrica. Dessa forma, é fundamental compreender quais produtos utilizar, como aplicá-los corretamente e qual o método mais eficiente para a realização do tratamento físico.

O principal objetivo desta seção é apresentar os produtos e ferramentas recomendados para assegurar a qualidade da água e preservar a saúde dos usuários.

- **Procedimento Químico:** segundo (ATCLLOR, 2021), o procedimento químico compreende todas as etapas relacionadas à adição de substâncias químicas à água, com o objetivo de assegurar sua qualidade e prevenir riscos à saúde dos banhistas. Esses produtos são responsáveis por ajustar a alcalinidade e o pH, além de promover

a desinfecção da água por meio da eliminação de micro-organismos e bactérias, utilizando cloro e outros compostos destinados ao controle dos parâmetros químicos.

Figura 8

TABELA DE DOSAGEM	PRODUTO	APLICAÇÃO	DOSAGEM 1.000 Litros	VOLUME PISCINA (LITROS)							
				10	20	30	40	50	60	70	80
AJUSTE	Elevador Alcalinidade (Bicarbonato)	Sempre que Necessário	20 grs	200	400	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600
	pH + (Líquido) pH 6.8 – 7.0		15 ml	150	300	450	600	750	900	1.050	1.200
	pH + (Líquido) pH abaixo 6.8		20 ml	200	400	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600
	Elevador pH (Barrilha) pH 6.8 – 7.0		10 grs	100	200	300	400	500	600	700	800
	Elevador pH (Barrilha) pH abaixo 6.8		20 grs	200	400	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600
	pH- (Líquido)		10 ml	100	200	300	400	500	600	700	800
SANITIZAÇÃO	Cloro Tradicional 65%	2x a 3x Semana	4 grs	40	80	120	160	200	240	280	320
	Dicloro Estabilizado 50% - 55%		4 grs	40	80	120	160	200	240	280	320
	Cloro 3x1/ Multiação 40%- 42%		5 grs	50	100	150	200	250	300	350	400
	Cloro Líquido 12%		100 ml	1 L.	2 L.	3 L.	4 L.	5 L.	6 L.	7 L.	8 L.
CLARIFICAÇÃO DECANTAÇÃO	Clarificante Líquido	1x Semana	4 ml	40	80	120	160	200	240	280	320
	Sulfato de Alumínio		30 grs	300	600	900	1.200	1.500	1.800	2.100	2.400
ÁGUA VERDE OU METAIS	Sulfato de Cobre	1x Semana	2 grs	20	40	60	80	100	120	140	160
	Algicida Manutenção		5 ml	50	100	150	200	250	300	350	400
	Algicida Choque	Sempre que Necessário	7 ml	70	140	210	280	350	420	490	560
	Genquest / Sol. Água Poço		20 ml	200	400	600	800	1.000	1.200	1.400	1.600

Tabela de Dosagem de Produtos

Fonte: ([ATCLLOR, 2021](#))

- **Elevador de Alcalinidade:** a alcalinidade da água está relacionada à sua capacidade de neutralizar ácidos, atuando como uma barreira química que mantém o pH estável. O produto utilizado tem como finalidade elevar a alcalinidade até o nível ideal, que deve permanecer entre 80 e 120 ppm.
- **Barrilha, Elevador de pH, pH+:** Produtos de composição alcalina, empregados para elevar o pH da água quando este se encontra abaixo do nível ideal.
- **Redutor de pH, pH-:** produtos de composição ácida que têm a função de diminuir o pH da água.
- **Hipoclorito de Sódio, Cloro, Dicloro, Multiação 3x1:** agentes sanitizantes, cuja finalidade é eliminar micro-organismos presentes na água, garantindo sua desinfecção e potabilidade.
- **Sulfato de Alumínio, Clarificantes:** provocam o processo de decantação, no qual as partículas de impurezas são aglomeradas e conduzidas ao fundo da piscina, facilitando as etapas subsequentes de aspiração e filtração.

- **Sulfato de Cobre, Algicida:** utilizados, quando a piscina apresenta coloração esverdeada, esses produtos atuam na eliminação de algas e na remoção de lodo, restabelecendo a qualidade visual e sanitária da água.
- **Genquest, Solução Água de poço:** empregados para remover manchas e colorações decorrentes da presença de metais dissolvidos na água, contribuindo para a manutenção do aspecto estético e da pureza visual do reservatório.
- **Medição de Parâmetros e Ajuste do pH:** para a avaliação dos parâmetros da água, utilizam-se estojos de análise específicos para cada variável a ser monitorada. O ajuste adequado desses parâmetros é fundamental para garantir um processo de tratamento eficiente e seguro.

Figura 9



Estojo para Análise de Parâmetros

Fonte: ([GENCO®](#), Accessed: 02/10/2025)

Os produtos a serem aplicados variam conforme os resultados obtidos nas análises químicas da água. Caso o pH apresente valores inferiores a 7,0, deve-se utilizar o elevador de pH ou barrilha. Se a alcalinidade estiver abaixo do nível ideal, recomenda-se a aplicação do elevador de alcalinidade. Por fim, quando o nível de cloro estiver reduzido, é necessário adicionar cloro líquido ou granulado, conforme indicado na tabela apresentada anteriormente.

- **Limpeza química:** Com base nas informações apresentadas, compreende-se que a turbidez da água, caracterizada pela presença de partículas em suspensão, é um dos principais indicadores da necessidade de tratamento químico. Para corrigir esse problema, recomenda-se o uso de um decantador, que aglomera as partículas e as leva ao fundo da piscina, permitindo sua posterior aspiração.

- **Clarificação:** utilizada quando a água está opaca e sem brilho; realiza-se com produtos clarificantes específicos.
- **Flocação ou decantação:** aplicadas quando a água se encontra turva ou suja; para isso, adiciona-se floculante líquido ou decantador em pó (geralmente, sulfato de alumínio).

Após a aplicação dos produtos, recomenda-se aguardar entre 6 e 12 horas antes de iniciar o processo de aspiração do fundo da piscina.

Com todos os dados e informações apresentados, é possível compreender o processo necessário para realizar uma limpeza eficiente de piscina. Entretanto, esse procedimento pode se mostrar complexo para algumas pessoas, motivo pelo qual surgem alternativas tecnológicas, especialmente por meio da automação residencial, que será abordada na próxima seção.

2.2 FUNDAMENTOS DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Após compreender os aspectos estruturais e os métodos tradicionais de manutenção de piscinas, torna-se necessário examinar os princípios da automação residencial, uma vez que o sistema proposto se insere nesse contexto tecnológico. Este tópico aborda a evolução histórica da automação aplicada ao ambiente doméstico, seus conceitos técnicos, componentes essenciais e protocolos de comunicação, que viabilizam o controle remoto e inteligente de diferentes dispositivos. Essa fundamentação permite compreender como as tecnologias emergentes podem ser aplicadas para aprimorar processos cotidianos, incluindo a manutenção automatizada de piscinas.

A automação residencial consiste na integração de sistemas tecnológicos voltados ao controle e à otimização de funções domésticas, como segurança, iluminação, climatização e comunicação. Essa integração, também conhecida como domótica, tem como propósito aprimorar o conforto, a segurança e a eficiência energética das residências ([MURATORI; BÓ, 2011](#)).

O principal objetivo da automação residencial é proporcionar comodidade e segurança aos usuários, por meio da operação remota e da integração de dispositivos inteligentes ([DAGOSTIM; JORGE, 2022](#))

A automação residencial é composta por um conjunto de benefícios fundamentais que estruturam o conceito de casa inteligente. Entre seus principais pilares, destacam-se:

- **Conforto:** sendo um dos pilares centrais, tem como objetivo facilitar as tarefas cotidianas. A automação proporciona maior comodidade ao usuário, permitindo o

controle remoto de lâmpadas, ar-condicionados, sistemas de irrigação, entre outros (DAGOSTIM; JORGE, 2022).

- **Segurança:** a integração de câmeras, fechaduras eletrônicas e sensores de luz e presença torna a segurança um dos principais benefícios da automação. Isso possibilita o monitoramento remoto da residência, reforçando os aspectos de proteção, praticidade e conforto (DAGOSTIM; JORGE, 2022).
- **Economia:** a automação também contribui para o uso racional de energia, por meio de sistemas que desligam lâmpadas automaticamente e ajustam a climatização conforme a necessidade. Dessa forma, evita-se o desperdício e promove-se maior eficiência energética (DAGOSTIM; JORGE, 2022).

Para que a automação funcione de forma adequada, é necessário o uso de dispositivos com conectividade, acesso à internet e um sistema central de controle capaz de realizar a coleta e troca de informações entre os equipamentos.

Praticamente todos os aparelhos eletrônicos que possuem algum tipo de acionamento podem ser automatizados, como sistemas de iluminação, portões, climatização e segurança. Esses dispositivos são conectados a uma central de controle, que pode ser acessada por meio de um display touch³, localizado na própria central, aplicativos para smartphones ou comandos de voz (DAGOSTIM; JORGE, 2022).

2.2.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Embora recente, a automação residencial tem evoluído rapidamente. Na década de 1970, surgiram nos Estados Unidos os primeiros módulos inteligentes baseados em transmissão de dados pela rede elétrica doméstica, utilizando a tecnologia PLC (*Power Line Communication*) (MURATORI; BÓ, 2011).

O avanço da informática e da internet possibilitou a criação de sistemas residenciais inteligentes, capazes de monitorar e controlar equipamentos à distância, consolidando o conceito moderno de casa conectada.

A seguir, apresenta-se uma tabela que ilustra a evolução de algumas das principais tecnologias utilizadas na automação residencial:

³ O display touch é uma superfície sensível ao toque que permite a interação direta do usuário

Tecnologia	2003	2004	2005	2006	2015(*)
Cabeamento estruturado	42%	61%	49%	53%	80%
Monitoramento de segurança	18%	28%	29%	32%	81%
Multiroom audio	9%	12%	15%	16%	86%
Home Theater	9%	8%	11%	12%	86%
Controle de iluminação	1%	2%	6%	8%	75%
Automação integrada	0%	2%	6%	6%	70%
Gerenciamento de energia	1%	5%	11%	11%	62%

Tabela 1 – Evolução das tecnologias de automação residencial ao longo dos anos.

Fonte: ([MURATORI; BÓ, 2011](#)).

Dessa forma, ao compreender a evolução histórica e o crescimento das tecnologias aplicadas à automação residencial, torna-se evidente a importância de conhecer os fundamentos técnicos que sustentam esse campo.

No próximo tópico, serão abordados alguns dos principais conceitos e componentes que compõem a base dos sistemas automatizados, como controladores, sensores, atuadores e protocolos de comunicação. Esses elementos são essenciais para o entendimento do funcionamento e da integração entre os dispositivos que possibilitam a automação em ambientes residenciais.

2.2.2 CONCEITOS TÉCNICOS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL

Tecnicamente denominada domótica, a automação residencial tem como principal objetivo acionar, monitorar, integrar e controlar diferentes tipos de variáveis ou cargas de uma residência, como iluminação, climatização, áudio e vídeo, com o intuito de gerar eficiência, comodidade e segurança para o usuário ([OLIVEIRA; ALVES, 2019](#)).

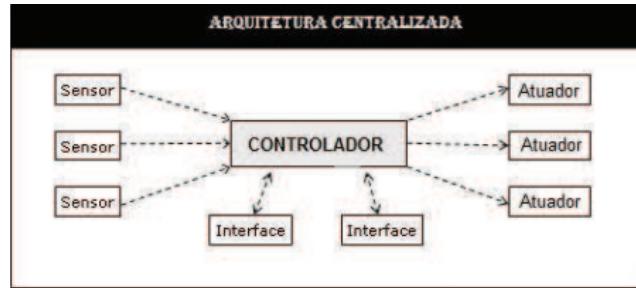
No Brasil, o termo mais comumente utilizado é automação residencial, traduzido diretamente da expressão americana *home automation*. Contudo, essa tradução não abrange totalmente o significado do termo domótica. O uso de novas tecnologias no país vem crescendo exponencialmente; entretanto, o mercado da construção civil ainda não acompanha o mesmo ritmo de evolução tecnológica observado em setores como o automotivo, que já utiliza amplamente tecnologias embarcadas⁴ ([HIPÓLITO; SILVA, 2018](#)).

De acordo com ([ACCARDI; DODONOV, 2012](#)), a forma como os componentes se comunicam está diretamente relacionada à arquitetura adotada, que pode ser centralizada ou descentralizada.

⁴ Computador especializado, composto por hardware e software, que executa uma função dedicada dentro de um sistema maior

Em uma arquitetura centralizada, todos os componentes do sistema respondem a um único dispositivo, que por sua vez, deve ter uma alta inteligência e desempenho.

Figura 10

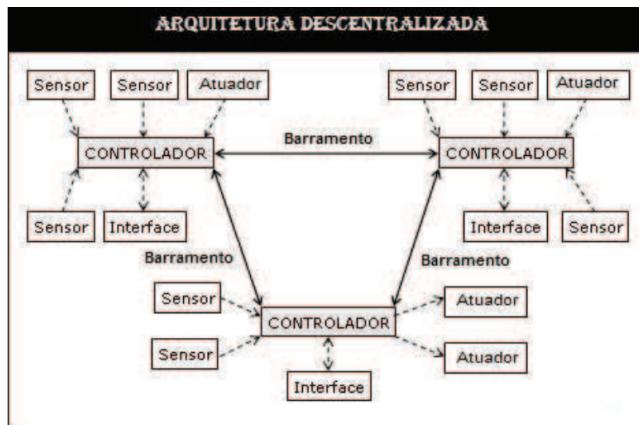


Arquitetura centralizada

Fonte: (HIPÓLITO; SILVA, 2018)

Na arquitetura descentralizada, diversos controladores coexistem e se comunicam entre si por meio de um barramento de dados⁵, compartilhando o controle dos dispositivos interconectados..

Figura 11



Arquitetura descentralizada

Fonte: (HIPÓLITO; SILVA, 2018)

Para que toda a integração dos sistemas ocorra de forma eficiente, é necessário compreender alguns conceitos técnicos fundamentais, que possibilitam a execução bem-sucedida das funções automatizadas.

Nas seções seguintes, serão apresentados esses conceitos e componentes, essenciais para o entendimento do funcionamento da automação residencial.

⁵ Refere-se a um sistema onde a comunicação e a coordenação entre os componentes são distribuídas, sem depender de uma autoridade ou ponto central

2.2.2.1 COMPONENTES BÁSICOS

A automação residencial tem seu funcionamento composto por diversos componentes, que variam desde sensores simples até centrais complexas de automação. A seguir, são apresentados alguns dos principais elementos que compõem essa estrutura:

- **Camadas de dispositivos:**

1. **Sensores:** Segundo (LEITE, 2020), um sensor pode ser definido como um dispositivo sensível ao ambiente no qual está inserido, capaz de detectar alterações em variáveis como temperatura, luminosidade ou movimento. Sua principal função é transmitir um sinal a fim de ser convertido por outro dispositivo a fim de transformar grandezas físicas em grandezas elétricas no qual pode ser lido por uma rede de dados.
 2. **Atuadores:** São componentes eletromecânicos acionados pelo sistema para executar uma função específica, como ativar uma sirene, lâmpada, fechadura magnética, motor ou válvula (HIPÓLITO; SILVA, 2018).
 3. **Controladores:** Têm como função monitorar os parâmetros coletados pelos sensores e, de acordo com os dados obtidos, acionar o respectivo atuador vinculado. Podem possuir interfaces próprias ou fazer parte de grandes centrais de controle(HIPÓLITO; SILVA, 2018).
 4. **Interfaces:** Dispositivos que permitem ao usuário interagir com o sistema automatizado, como aplicativos móveis, painéis digitais ou páginas web (ACCARDI; DODONOV, 2012).
- **Camada de comunicação/rede:** Segundo (ACCARDI; DODONOV, 2012), a camada de comunicação, também chamada de protocolo, “é um acordo entre as partes que se comunicam, estabelecendo como se dará a comunicação”. Assim, entende-se que um protocolo é, em resumo, o conjunto de regras e padrões utilizados para que diferentes dispositivos possam se comunicar entre si.
Entre os principais protocolos empregados na automação residencial, destacam-se: Ethernet, X-10, HomePNA e Wi-Fi. Alguns desses protocolos foram desenvolvidos especificamente para a automação residencial, enquanto outros foram adaptados de aplicações industriais e comerciais.
 - **Camada de controle/automação lógica:** A camada de controle, também chamada de central de automação, pode ser considerada o “cérebro” do sistema, sendo responsável por gerenciar todos os dispositivos conectados. Ela processa as informações de entrada e saída e executa as ações necessárias conforme as instruções programadas.

A configuração da central pode ser realizada por meio de um software dedicado, acessado através de um computador ou dispositivo móvel. Essa central é escalável⁶, permitindo que novos dispositivos sejam adicionados ao sistema de forma contínua, conforme a necessidade de expansão.

Nesse contexto, o próximo capítulo abordará o desenvolvimento de um sistema automatizado de limpeza de piscinas, aplicando na prática os conceitos estudados e demonstrando como a integração entre hardware e software pode oferecer uma solução segura, eficiente e inovadora para a manutenção de piscinas residenciais.

2.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA AUTOMAÇÃO

Esta seção tem como objetivo fundamentar as principais ferramentas e tecnologias empregadas no desenvolvimento do sistema de automação, abrangendo desde os componentes físicos de hardware até os frameworks de software e as metodologias aplicadas à engenharia de projetos.

2.3.1 COMPONENTES FÍSICOS E DE CONTROLE (HARDWARE)

O sistema de automação requer hardware dedicado tanto para o processamento central quanto para a interação com o ambiente físico.

Arduino

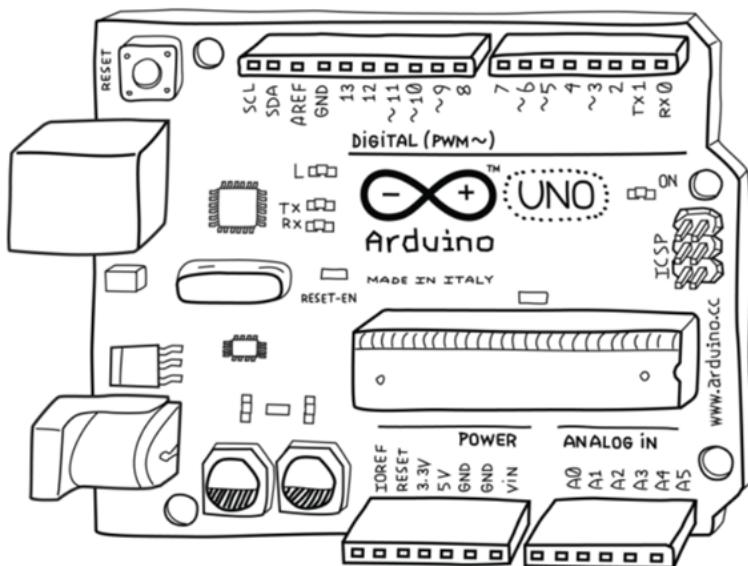
Segundo (SILVA; FERNANDES, 2025), o Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto que permite a criação de diversos tipos de projetos, desde os mais simples até os mais complexos. O grande diferencial da plataforma é sua característica open-source, que possibilitou o surgimento de uma comunidade global de desenvolvedores. Essa característica impulsiona a constante evolução do Arduino, tornando-o um dos principais pilares da cultura maker. Esta cultura, por sua vez, é uma extensão do movimento "faça você mesmo" (*Do It Yourself - DIY*), que busca incentivar pessoas de diferentes idades, especialmente crianças e adolescentes, a criar seus próprios projetos com o uso de ferramentas como impressoras 3D e o próprio Arduino, estimulando a criatividade e a inovação (BROCKVELD; TEIXEIRA; SILVA, 2017).

Para entender melhor o funcionamento do Arduino, é essencial compreender o seu hardware. O Arduino é, essencialmente, o coração do projeto, composto por diversos componentes, sendo o microcontrolador o principal deles. Segundo Massimo Banzi, um dos criadores do Arduino, “este computador é pelo menos mil vezes menos potente que o MacBook que estou usando para escrever isso, mas é muito mais barato e muito útil

⁶ Descreve algo que pode crescer ou ser aumentado em magnitude, seja física ou figurativamente

para construir dispositivos interessantes”. Toda essa versatilidade e acessibilidade do Arduino é possível graças à modularidade de sua placa, que pode ser utilizada tanto por profissionais quanto por amadores, proporcionando uma plataforma de fácil acesso e amplamente aplicável.

Figura 12



Placa arduino

Fonte: ([SILVA; FERNANDES, 2025](#))

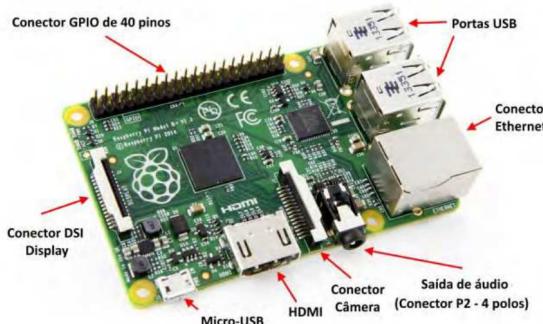
A figura acima apresenta um arduino uno com 14 pinos digitais e 6 pinos analógicos, possibilitando a conexão com uma variedade de sensores e dispositivos como atuadores, criando toda a conexão com o mundo físico.

Raspberry Pi

Segundo ([JUCÁ; PEREIRA, 2018](#)), o Raspberry Pi, com dimensões semelhantes às de um cartão de crédito, é considerado um dos menores computadores do mundo. Possui uma porta HDMI⁷ para conexão com monitores e televisores, além de portas USB, pinos de conexão (GPIO), entrada Ethernet, conector P2 para saída de áudio, placa de rede para conexões Wi-Fi e módulo Bluetooth para comunicação sem fio.

⁷ Interface digital que permite a transmissão de áudio e vídeo em alta definição entre dispositivos eletrônicos.

Figura 13



Raspberry Pi Modelo B+

Fonte: ([JUCÁ; PEREIRA, 2018](#))

Todo o seu funcionamento é integrado em uma única placa, o que torna o custo de hardware reduzido, especialmente quando combinado ao sistema operacional baseado em Linux. O Raspberry Pi é capaz de executar diversas funções de um computador convencional, como acessar a internet, processar textos e reproduzir vídeos em alta definição. Seu principal objetivo, entretanto, é promover o ensino de Ciência da Computação por meio de uma plataforma acessível e versátil. Além disso, o dispositivo pode interagir com o ambiente externo por meio de sensores conectados aos pinos GPIO, possibilitando aplicações em automação e sistemas embarcados.

Sensores Específicos

Como descrito em seções anteriores, os sensores são dispositivos sensíveis ao ambiente, capazes de detectar variações físicas ou químicas e convertê-las em sinais elétricos. Um exemplo simples é o sensor de luminosidade, que aciona automaticamente lâmpadas externas ao detectar a redução da luz natural ao anoitecer.

Entre os sensores utilizados no sistema proposto, destacam-se:

- **Sensor de Temperatura:** segundo ([LEITE, 2020](#)), tem como função identificar a variação de temperatura em um equipamento ou processo, permitindo o controle adequado do funcionamento do sistema.
- **Sensor de pH:** utilizado para medir o nível de acidez ou alcalinidade de recipientes contendo água, como piscinas, lagos ou reservatórios ([LEITE, 2020](#)).
- **Sensor de Turbidez:** responsável pela avaliação do grau de turbidez de um líquido. A medição ocorre por meio de um feixe de luz que atravessa a amostra coletada, sendo comparado com outro feixe de intensidade conhecida, que passa por uma suspensão padrão ([CARDOSO, 2011](#)).

- **Sensor de Nível:** de acordo com (SOUZA, 2018) é utilizado para verificar a altura ou volume de substâncias líquidas, granuladas ou em pó dentro de um reservatório. O sensor é instalado em uma posição fixa e, conforme o nível do material sobe ou desce, ele emite um sinal elétrico indicando a variação.

Atuadores (Motores)

Como dito anteriormente, os atuadores são responsáveis pela execução de determinadas funções, a depender da informações que o sensor coletar ou da preferência do usuário, como por exemplo o sensor de nível mandar a informação a piscina está com água baixar, entrando em ação o atuador que nesse caso é a bomba de água movida por um motor que vai reabastecer a piscina ou o usuário simplesmente acionar a bomba por meio de uma interface. O atuador pode também ser definido com o resultado final de toda a lógica do sistema (FLORÊNCIO, 2015).

Como dito acima a bomba de água é um exemplo de atuador a ser utilizado. As bombas de água, funcionam em sua maioria completamente submersas, geralmente dentro do reservatório de um sistema de filtragem. Suas principais vantagens são: facilidade de instalação, tendem a ser mais silenciosas por estarem debaixo da água (LUCIFABIO et al., 2023).

Figura 14



Bomba de água (Aquário)

Fonte: (LUCIFABIO et al., 2023)

2.3.2 FERRAMENTAS DE SOFTWARE E METODOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO

Linguagens de programação, segundo (JESUS, Acessado em: 2025), podem ser definidas como uma forma de padronizar a comunicação de instruções para um computador. Elas são compostas por um conjunto de regras semânticas e sintáticas, que permitem o desenvolvimento de programas de computador, sites ou aplicações móveis. Essas

linguagens possibilitam que o desenvolvedor especifique quais dados o computador deve utilizar, onde e como esses dados serão armazenados, e quais ações o computador deve executar, dependendo das condições e situações apresentadas.

Nos cenários mais comuns de desenvolvimento, destacam-se dois tipos principais: front-end e back-end. O front-end refere-se à parte visual com a qual o usuário interage diretamente no programa. Pode ser desenvolvido utilizando linguagens como HTML, CSS e JavaScript, além de frameworks como o React, que têm como objetivo facilitar e agilizar o desenvolvimento (JÚNIOR et al., Acessado em: 2025). Segundo (CALÇA, 2022) o back-end é responsável por toda a infraestrutura da aplicação, ou seja, tudo o que sustenta as ações realizadas pelo usuário no front-end, como logins, registros, interação com bancos de dados e outras funcionalidades.

Java

Atualmente, Java é amplamente utilizada no desenvolvimento de aplicações web. Classificada como uma linguagem orientada a objetos e multiplataforma, Java é reconhecida por sua rapidez, segurança e confiabilidade na criação de diversos tipos de aplicações, incluindo aplicações móveis, software empresarial, big data e tecnologias de servidor (CALÇA, 2022).

Framework e SpringBoot

Segundo (CALÇA, 2022), um framework é um conjunto de códigos prontos que facilita o desenvolvimento de aplicações, funcionando basicamente como um modelo pré-configurado, que elimina a necessidade de começar o código do zero. Esse modelo agiliza o processo de desenvolvimento, permitindo que o desenvolvedor foque nas partes específicas da aplicação.

O Spring Boot, por sua vez, é um framework Java projetado para proporcionar agilidade no desenvolvimento de aplicações back-end, reduzindo o tempo necessário para configurações iniciais. Além disso, o Spring Boot oferece maior segurança por meio da integração com o Spring Security, simplificando a implementação de medidas de segurança em aplicações.

React

Segundo Sousa (SOUSA, 2025), React é uma biblioteca JavaScript desenvolvida pelo Facebook, projetada para ser utilizada no front-end de aplicações web. Assim como o Spring, o React visa otimizar o processo de desenvolvimento, utilizando módulos reutilizáveis, partes do código que podem ser reaproveitadas ao longo do projeto, eliminando a necessidade de reescrever código previamente desenvolvido.

Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino

O Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) do Arduino é o cérebro de toda a placa, sendo responsável pela programação da mesma e permitindo que ela funcione de acordo com as instruções do usuário. Isso pode variar desde acionar um LED até controlar uma bomba de água com base nas medições de um sensor de nível. Sua interface é extremamente intuitiva, possibilitando que usuários com diferentes níveis de conhecimento na área consigam desenvolver seus projetos de forma simples e eficiente.

O funcionamento da IDE do Arduino, assim como o de outras IDEs, é traduzir o código escrito em uma linguagem de alto nível para uma linguagem comprehensível pelo microcontrolador. No caso do Arduino, isso significa transformar o código em instruções que o microcontrolador possa executar diretamente. Em outros contextos, como no Java, seria equivalente a traduzir o código para uma linguagem que o computador consiga entender, como o binário. Com a IDE, o usuário é capaz de escrever, compilar e enviar o código para o Arduino, que se conecta a uma das portas USB, criando uma ponte entre o mundo digital e o físico ([SILVA; FERNANDES, 2025](#)).

BANCO DE DADOS

Um banco de dados pode ser definido como um sistema responsável pela manutenção de registros computacionais, funcionando como um guarda-roupa eletrônico, ou seja, tendo a função de armazenar diversos tipos de informações geradas pelo sistema. O utilitário do sistema pode fazer uso do banco de dados de diversas formas, como recuperar informações salvas, salvar novas informações e atualizar ou excluir dados previamente adicionados ([DATE, 2004](#)).

ENGENHARIA DE SOFTWARE

A engenharia de software tem como objetivo produzir softwares de alta qualidade, de maneira eficaz e econômica, utilizando princípios de engenharia. A engenharia de software não abrange apenas o desenvolvimento do software, mas também toda a documentação necessária para a instalação, manutenção e uso. Esse processo envolve diversas etapas, denominadas "ciclo de vida do software", que englobam todas as fases do projeto, desde a concepção inicial até a implementação.

Os engenheiros de software devem adotar abordagens sistemáticas e organizadas, utilizando as ferramentas apropriadas de acordo com o problema a ser resolvido, as restrições do desenvolvimento e os recursos disponíveis. Além disso, é essencial que os engenheiros possuam conhecimento em técnicas variadas, como gestão de software, a fim de aumentar as probabilidades de produzir um software que atenda às necessidades do usuário, dentro do prazo e do orçamento estabelecidos ([VASCONCELOS et al., 2006](#)).

RUP

Segundo (PISKE, 2003), o Rational Unified Process (RUP) é uma metodologia voltada ao desenvolvimento de software, caracterizada por uma estrutura bem definida, composta por conceitos, práticas e regras específicas. Um de seus principais pilares é o conceito de best practices (melhores práticas), que tem como objetivo reduzir riscos e tornar o desenvolvimento do projeto mais eficiente, por meio da aplicação de regras e métodos sistemáticos.

Em síntese, o RUP é um processo de software disciplinado, que busca garantir alta qualidade no desenvolvimento por meio da padronização e do controle de suas etapas (GOMES, 2009). Além disso, segundo (MOREIRA, Acessado em: 2025), o RUP é considerado iterativo, pois o produto pode ser desenvolvido em várias iterações, e incremental, já que a cada iteração novas funcionalidades são adicionadas ao sistema.

De acordo com (VASCONCELOS, Acessado em: 2025), o RUP é composto por etapas bem definidas, sendo elas: Concepção, em que ocorre a identificação do problema e a definição dos objetivos do sistema; Elaboração, etapa em que é realizada a modelagem dos casos de uso; Construção, que consiste na fase de codificação e integração; e, por fim, a Transição, momento em que são conduzidos testes práticos em ambiente simulado ou controlado, bem como a avaliação de desempenho e os ajustes finais.

Linguagem UML

Segundo (CASTRO; CRUZ; ODDONE, 2013), a UML (*Unified Modeling Language* ou Linguagem de Modelagem Unificada) pode ser definida como uma linguagem desenvolvida para a modelagem de softwares. Sua principal função é auxiliar os engenheiros de software no momento de definir as características do sistema, como, por exemplo, sua estrutura lógica. A utilização da UML no desenvolvimento de softwares torna-se necessária, pois algumas aplicações podem se tornar bastante complexas.

O uso dessa modelagem serve como um intermediário de comunicação entre analistas e usuários, facilitando o entendimento do sistema para ambas as partes. Dentre as diversas formas de modelagem, o Diagrama de Casos de Uso é a mais utilizada, especialmente nas fases iniciais de levantamento e análise de requisitos.

Diante de todos os dados e fundamentos apresentados, fica evidente que a automação residencial encontra-se em constante evolução, impulsionada pela integração de sensores, controladores, motores e protocolos de comunicação. Esses elementos, quando aplicados corretamente, possibilitam o desenvolvimento de sistemas inteligentes, capazes de automatizar e otimizar tarefas rotineiras.

3 TRABALHOS CORRELATOS

Tecnologia	2003	2004	2005	2006	2015(*)
Cabeamento estruturado	42%	61%	49%	53%	80%
Monitoramento de segurança	18%	28%	29%	32%	81%
Multiroom audio	9%	12%	15%	16%	86%
Home Theater	9%	8%	11%	12%	86%
Controle de iluminação	1%	2%	6%	8%	75%
Automação integrada	0%	2%	6%	6%	70%
Gerenciamento de energia	1%	5%	11%	11%	62%

Tabela 2 – Evolução das tecnologias de automação residencial ao longo dos anos.

Fonte: ([MURATORI; BÓ, 2011](#)).

4 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo descreve o processo de desenvolvimento do sistema automatizado proposto, detalhando desde a caracterização da pesquisa até as etapas de concepção, elaboração, construção e validação do protótipo. São apresentados os procedimentos adotados para fundamentação teórica, as estratégias de desenvolvimento de software com base no modelo de processo RUP (Rational Unified Process) e as etapas de integração entre os componentes de hardware e software. A estrutura segue uma abordagem iterativa e incremental, que permitiu aperfeiçoar o sistema em ciclos contínuos de análise, projeto, implementação e testes, garantindo coerência entre os objetivos definidos e a solução técnica desenvolvida.

4.1 TIPO DE PESQUISA E ETAPAS DE CONSTRUÇÃO

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem mista, com natureza exploratória e experimental. Inicialmente, foi conduzido um estudo teórico sobre os princípios da automação residencial, sensores e controladores IoT, buscando embasar a proposta de automação de piscinas. As informações foram coletadas em artigos científicos, manuais técnicos e normas da ABNT e ANVISA, possibilitando compreender os processos de tratamento e manutenção da água, bem como os requisitos técnicos para integração de hardware e software.

4.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

No desenvolvimento deste projeto, foi utilizada a metodologia de desenvolvimento RUP (Rational Unified Process), que, conforme descrito nas seções anteriores, trata-se de um processo de engenharia de software com estrutura bem definida, cujo objetivo é reduzir riscos e tornar o desenvolvimento do projeto mais eficiente, por meio de sua abordagem iterativa e incremental.

A escolha do RUP deve-se à sua documentação clara, à validação contínua de requisitos, à prototipagem incremental e aos testes progressivos, características ideais para projetos acadêmicos. O modelo é composto por quatro etapas principais: Fase de Concepção, Fase de Elaboração, Fase de Construção e Fase de Transição, que serão detalhadas nas seções subsequentes.

4.3 FASE DE CONCEPÇÃO (INCEPTION)

Foi identificada uma dificuldade na limpeza e manutenção manual de piscinas. O problema ocorre devido à complexidade na coleta das informações sobre a qualidade da água e na identificação dos produtos adequados para o tratamento, exigindo do usuário um conhecimento prévio sobre diversos parâmetros e cálculos. Além disso, há o risco de desperdício de produtos químicos, decorrente da falta de precisão nas dosagens e da ausência de um controle automatizado.

O sistema de automação para limpeza e manutenção de piscinas surge como uma solução para esses desafios, possibilitando a coleta automatizada dos dados, a análise das informações e a indicação precisa dos produtos e quantidades adequadas. Dessa forma, o sistema busca facilitar o processo, otimizar o uso de recursos e reduzir o desperdício de insumos.

Diante do exposto, foi realizado o levantamento dos requisitos iniciais para o desenvolvimento do sistema. São eles: monitoramento automático de pH, turbidez, temperatura e nível da água; acionamento automático da bomba; e uma interface web integrada aos componentes, permitindo a visualização dos parâmetros coletados.

As ferramentas e tecnologias utilizadas incluem o Raspberry Pi como microcontrolador, os sensores mencionados, o React como framework front-end, o PostgreSQL para armazenamento de dados, e o Spring Boot para o desenvolvimento do back-end da aplicação. Logo após foi definido os requisitos funcionais e não funcionais do sistemas:

Tabela 3 – Requisitos Funcionais do Sistema de Automação de Piscinas.

Código	Descrição
RF01	O sistema deve monitorar automaticamente os níveis de pH, turbidez, temperatura e nível da água.
RF02	O sistema deve acionar automaticamente a bomba de filtragem e o aquecedor conforme os parâmetros definidos ou coletados pelos sensores.
RF03	O sistema deve disponibilizar uma interface web para visualização dos parâmetros monitorados.
RF04	O sistema deve permitir o cadastro e armazenamento dos dados coletados no banco de dados.
RF05	O sistema deve permitir o cadastro de piscinas vinculadas a usuários.
RF06	O sistema deve emitir alertas quando algum parâmetro ultrapassar o limite ideal.
RF06	O sistema deve emitir gráficos de acordo com os últimos dados de determinadas parâmetros coletados.

Tabela 4 – Requisitos Não Funcionais do Sistema de Automação de Piscinas.

Código	Descrição
RNF01	O sistema deve utilizar o banco de dados PostgreSQL para armazenamento das informações.
RNF03	A interface web deve ser responsiva e acessível em dispositivos móveis e desktops.
RNF04	A comunicação entre o microcontrolador e o servidor deve ocorrer de forma segura, utilizando protocolos HTTP.
RNF05	O sistema deve ser desenvolvido com o framework Spring Boot no back-end e React no front-end.

4.4 FASE DE ELABORAÇÃO (*ELABORATION*)

Para facilitar a compreensão do funcionamento do sistema, foi elaborado um diagrama de caso de uso com a utilização da UML (Linguagem de Modelagem Unificada). Esse diagrama é essencial para oferecer uma visão clara e objetiva da estrutura do sistema, permitindo que qualquer leitor compreenda, de maneira rápida e eficiente, as funcionalidades envolvidas e a forma como seus componentes se relacionam. A seguir, apresentam-se o diagrama desenvolvido.

Figura 15

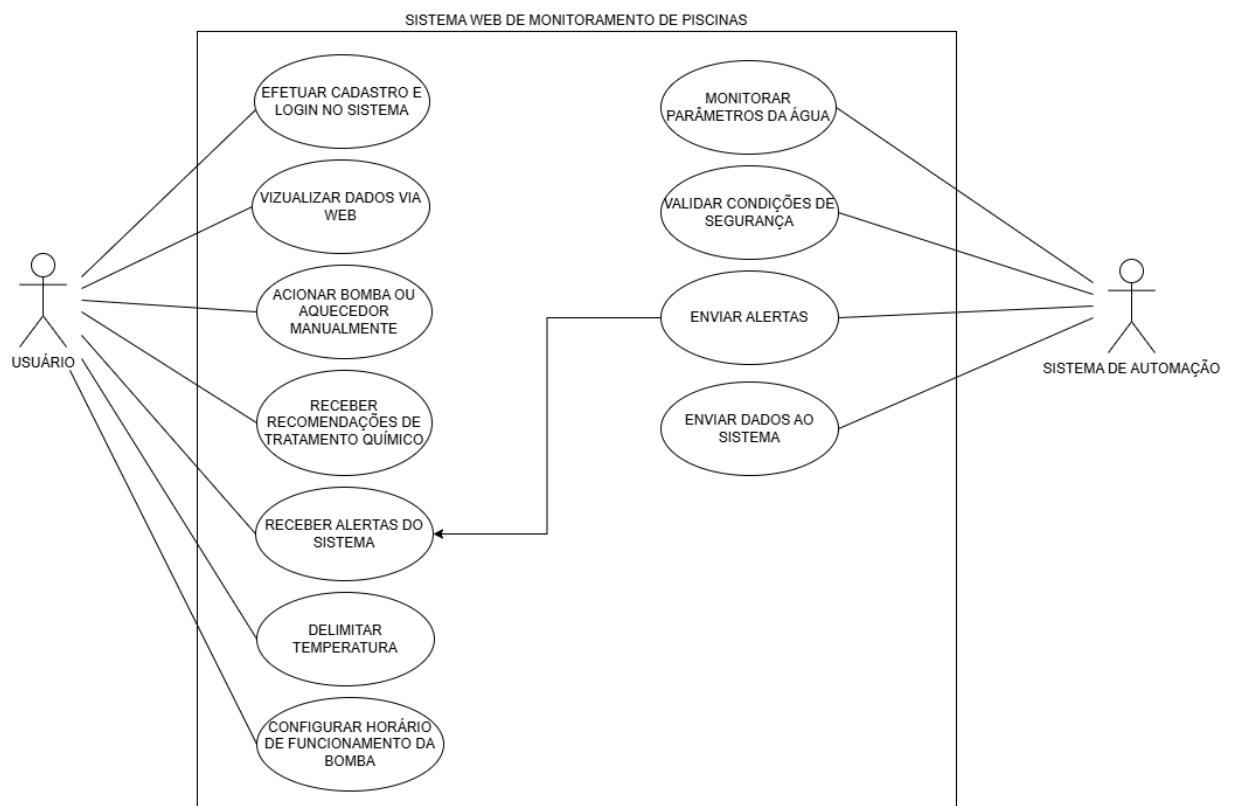


Diagrama de Caso de Uso

Fonte: Autor

Logo após, iniciou-se o processo de definição do fluxo de dados do sistema. Todo o funcionamento começa na coleta de informações realizada pelos sensores instalados na piscina. Esses sensores são conectados a um Arduino, responsável pela leitura inicial dos dados e pelo envio dessas informações ao Raspberry Pi. O Raspberry, por sua vez, mantém a comunicação constante com o *back-end* por meio de requisições HTTP, enviando periodicamente os valores coletados, como a temperatura medida a cada cinco minutos ou alterações no nível da água, e também recebendo comandos vindos do servidor, como a instrução para ligar a bomba.

Além disso, o sistema conta com um front-end que permite ao usuário acompanhar os dados coletados pelos sensores. A interface oferece, por exemplo, gráficos que exibem a média de temperatura diária ou cartões que são atualizados automaticamente conforme novas leituras são realizadas. O usuário também pode enviar comandos pelo *front-end*, como: ligar a bomba d'água, acionar o filtro, ativar o aquecedor ou a cascata.

Os sensores utilizados no sistema incluem um sensor de temperatura, um sensor de nível e um sensor de pH. Além disso, duas bombas submersas de 5cv¹ serão responsáveis pelas funções de enchimento, filtragem e acionamento da cascata.

Para complementar a compreensão do funcionamento do sistema, será inserido um fluxograma do fluxo de dados, ilustrando desde a coleta pelo Arduino até a comunicação final com o *back-end* e a visualização pelo usuário.

Também serão apresentadas fotos dos componentes utilizados, cada uma acompanhada de uma breve explicação sobre sua função e sobre como se conecta ao Arduino. A estrutura sugerida é a seguinte:

¹ É uma unidade de medida de potência para motores

Sensor de Temperatura

Figura 16



Sensor de Temperatura

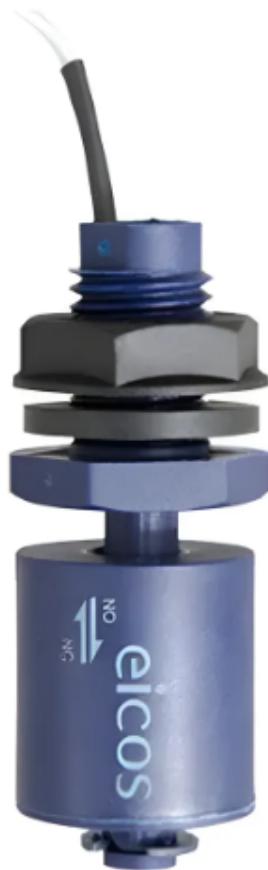
Fonte: ([INFINITO](#), Accessed: 02/12/2025)

O sensor utilizado para a medição da temperatura da água foi o modelo MF58 (NTC 10K à prova d'água). Trata-se de um termistor do tipo NTC (*Negative Temperature Coefficient*), cuja resistência elétrica diminui à medida que a temperatura aumenta.

A interface com o microcontrolador é realizada de forma analógica. O sensor é conectado em uma configuração de divisor de tensão em série com um resistor de $10\text{k}\Omega$. Dessa forma, a variação de resistência do sensor gera uma variação de tensão correspondente, que é lida por uma das portas de conversão analógico-digital (ADC) do sistema.

Sensor de Nível

Figura 17



Sensor de Nível

Fonte: ([EICOS](#), Accessed: 02/12/2025)

Para a detecção do nível de líquido no reservatório, foi selecionado o sensor modelo LC26M-40 da fabricante Eicos. O dispositivo é fabricado em Polipropileno (PP) e opera na vertical, sendo instalado através de um orifício de 16mm.

O princípio de funcionamento baseia-se na interação entre um flutuador magnético e um contato elétrico interno (*Reed Switch*). Conforme o nível da água movimenta o flutuador, o campo magnético atua sobre o contato, alterando seu estado lógico.

Ele atua como uma chave elétrica do tipo SPST (*Single Pole Single Throw*), fornecendo um sinal digital binário (*ON/OFF*) ao microcontrolador, indicando se o nível de líquido atingiu o ponto de montagem do sensor.

Sensor de pH

Foto do sensor: Este sensor mede o nível de acidez da água. Os dados coletados são tratados inicialmente pelo Arduino e, em seguida, enviados ao back-end para que o sistema avalie possíveis recomendações químicas.

Bombas Submersas

Figura 18



Bomba Submersa

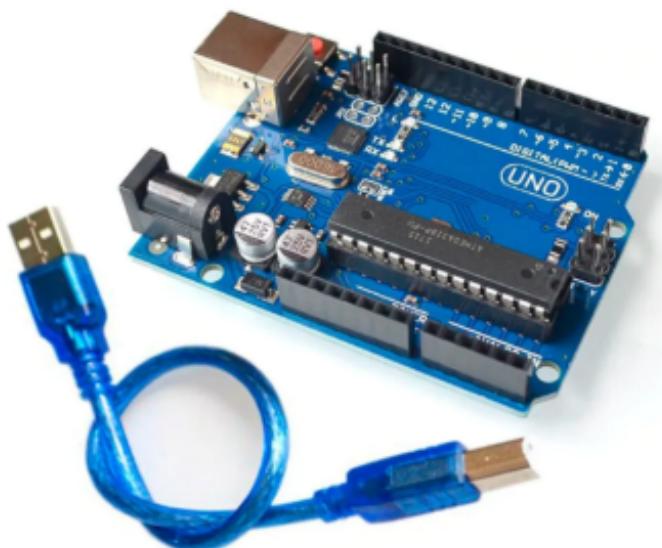
Fonte: ([INFINITO](#), Accessed: 02/12/2025)

Foram utilizadas duas bombas submersas de 3 a 5 cv, modelo JT100, para transportar a água até a piscina, realizar a filtragem e conduzir a água até a cascata. Essas bombas possuem a capacidade de impulsivar de 1000 ml a 1500 ml por minuto e têm um alcance de impulso de até 1 metro de altura. A escolha dessa bomba se deu pela sua facilidade de montagem e integração direta com o Arduino, o que facilita a implementação no sistema de automação.

A entrada de água ocorre pela frente da bomba, e a saída ocorre por cima, geralmente conectada a uma mangueira de silicone que transporta a água até o local desejado. A entrada possui um diâmetro de 5,5 mm, enquanto a saída tem 4,5 mm. A bomba também conta com um fio à prova d'água, que pode ser ligado a uma fonte externa para fornecer energia.

Arduino

Figura 19



Arduino

Fonte: ([LIVRE](#), Accessed: 04/12/2025)

A utilização do Arduino Uno R3 (Modelo ATmega328 e Atmega16U2) como controlador central do sistema se justifica pela sua facilidade de montagem, baixo custo e grande capacidade de integração com sensores e atuadores. Esse modelo foi escolhido para a automação do sistema de manutenção da piscina, pois oferece a robustez necessária para garantir um funcionamento contínuo e eficiente, além de ser altamente compatível com as bibliotecas open source e sistemas de controle que facilitam o desenvolvimento do projeto.

A Placa Arduino Uno R3, equipada com o microcontrolador Atmega328 (tipo DIP) e o *chip* de interface serial Atmega16U2, opera com uma tensão de 5V e é recomendada para uma tensão de entrada entre 7V e 12V. Possui um total de 14 pinos de entrada/saída, dos quais 6 são PWM, e 6 pinos de entrada analógica, proporcionando flexibilidade para interagir com uma ampla gama de sensores e atuadores. A placa também oferece uma corrente DC de 20mA por pino I/O e uma corrente de 50mA para o pino 3,3V.

Em termos de memória, o Arduino Uno R3 conta com 32KB de memória *flash*, sendo que 0,5KB são utilizados pelo bootloader. A placa possui 2KB de SRAM e 1KB de EEPROM, o que proporciona um bom espaço para armazenar variáveis temporárias e dados importantes do sistema. O *clock* da placa opera a 16MHz, garantindo um processamento eficiente para executar as funções de controle da automação.

Raspberry Pi

Figura 20



Raspberry Pi

Fonte: ([PI](#), Accessed: 04/12/2025)

Foi tomada a decisão de utilizar o *Raspberry Pi 3 Model B* como o microcontrolador responsável por transferir as informações coletadas pelo arduino para o *back-end*. Esse modelo foi escolhido devido à sua eficiência e custo-benefício, atendendo bem às necessidades do projeto sem comprometer o desempenho.

Com um processador *Quad-core* de 1.2 GHz e 1 GB de RAM, o *Raspberry Pi* é capaz de executar os processos necessários para coletar dados dos sensores, realizar requisições HTTP e comunicar-se com o *back-end*. Embora não seja um modelo de alta performance, sua capacidade de processar dados em tempo real e interagir com o sistema é adequada ao escopo do projeto, atendendo aos requisitos da fase de construção.

Além disso, sua compatibilidade com o sistema operacional Linux e a linguagem de programação Python são recursos essenciais que facilitam a implementação das funcionalidades necessárias, como o controle de parâmetros da água e a interação com dispositivos como bombas e aquecedores.

A escolha do *Raspberry Pi* também reflete uma estratégia de otimização de custos, já que ele oferece baixa manutenção e alta flexibilidade para o desenvolvimento do sistema de automação da piscina.

4.5 FASE DE CONTRUÇÃO (*CONSTRUCTION*)

Durante esta fase, foi realizada a implementação do sistema, integrando sensores que antes estavam isolados e conectando-os ao Arduino, garantindo que funcionassem em conjunto. Primeiramente, foi implementado e codificado o sensor de temperatura, seguido

pela introdução do sensor de nível, que foi conectado à bomba submersa para que ambos trabalhassem de forma coordenada. A lógica implementada foi a seguinte: caso o nível da água desça, o sensor de nível envia um alerta para acionar a bomba; quando o nível da água sobe, o sensor avisa à bomba para desligá-la.

O código responsável pelo funcionamento dos sensores e atuadores foi desenvolvido utilizando a IDE do Arduino, que é altamente compatível com a linguagem C-like reconhecida pela plataforma. O Arduino foi conectado a uma das portas USB do Raspberry Pi, que, por meio de um código em Python, captura as informações dos sensores e atuadores. Em seguida, essas informações são enviadas ao back-end através de requisições HTTP, para serem salvas no banco de dados e exibidas no front-end. A seção subsequente detalhará melhor o funcionamento do código.

As linguagens e frameworks escolhidos para o desenvolvimento deste projeto foram selecionados por sua curva de aprendizado rápida. Para o front-end, foi utilizado React, e para o back-end, SpringBoot. A aplicação funciona de maneira que o front-end faz requisições ao back-end via HTTP, e o back-end responde com as informações solicitadas. Em termos práticos, o fluxo de dados funciona da seguinte forma: a temperatura é coletada e enviada ao back-end a cada 5 minutos, sendo salva no banco de dados. Um card no front-end, responsável por exibir essa informação, faz requisições constantes ao back-end para obter a temperatura mais recente, e o back-end responde com os dados atualizados.

Paralelamente à codificação, foram executados testes unitários e de integração. Foi realizada a calibração do sensor de temperatura comparando-o com um termômetro de mercúrio padrão para ajustar o *offset* no código. Além disso, foram conduzidos testes de estresse no acionamento da bomba para validar a resposta do sistema frente a variações rápidas no nível da água, garantindo a confiabilidade do atuador antes da implantação final.

A documentação técnica, incluindo os diagramas de classe, esquemáticos de ligação e trechos detalhados do código-fonte comentado, encontra-se detalhada na seção de Resultados e no Apêndice A deste trabalho.

4.6 FASE DE TRANSIÇÃO (*TRANSITION*)

4.7 INTEGRAÇÃO ENTRE O RASPBERRY PI E OS SENsoRES

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

REFERÊNCIAS

- ACCARDI, A.; DODONOV, E. Automação residencial: elementos básicos, arquiteturas, setores, aplicações e protocolos. *Revista TIS*, v. 1, n. 2, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 24.
- ATCLLOR. *Guia de Tratamento de Piscinas*. [S.l.], 2021. Disponível em: <<https://atcllor.com.br/download/Guia-do-Tratamento.pdf>>. Citado 4 vezes nas páginas 15, 16, 17 e 18.
- BENEDITO, J. N. F. J. N. F. et al. Projeto: expansão de uma empresa prestadora de serviços em tratamento e limpeza de piscinas. 238, 2024. Disponível em: <<http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/28057/1/Empresa%20prestashop%20de%20servi%C3%A3os%20em%20tratamento%20e%20limpeza%20de%20piscinas%20-%20Expans%C3%A3o.pdf>>. Citado 3 vezes nas páginas 12, 13 e 14.
- BROCKVELD, M. V. V.; TEIXEIRA, C. S.; SILVA, M. d. A cultura maker em prol da inovação: boas práticas voltadas a sistemas educacionais. In: *Anais da Conferência ANPROTEC*. [s.n.], 2017. Disponível em: <<https://via.ufsc.br/wp-content/uploads/2017/11/maker.pdf>>. Citado na página 25.
- CALÇA, J. V. J. Análise comparativa entre os frameworks django e spring boot. 121, 2022. Disponível em: <http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/24770/1/informaticanegocios_2022_2_joaovictorjustocalca_analisecomparativaentreosframeworksdjangoesprin.pdf>. Citado na página 29.
- CARDOSO, T. G. Sensor de turbidez para análise de amostras de água. 2011. Disponível em: <<https://files.core.ac.uk/download/pdf/185254372.pdf>>. Citado na página 27.
- CASTRO, F. R.; CRUZ, F. M. da; ODDONE, N. E. O paradigma da orientação a objetos, a linguagem unificada de modelagem (uml) e a organização e representação do conhecimento: um estudo de caso de um sistema para bibliotecas. *Informação & Informação*, v. 18, n. 1, p. 82–105, 2013. Disponível em: <<https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/9547/pdf>>. Citado na página 31.
- CNI. *INDÚSTRIA 4.0 CINCO ANOS DEPOIS*. 2022. Accessed: 27/05/2025. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/cd/a2/cda22223-5c33-4a5f-af4e-f5a5d64b3d85/sondespecial_industria40_cincoanosdepois_abril2022.pdf?utm_source=chatgpt.com>. Citado na página 8.
- DAGOSTIM, N. E.; JORGE, G. B. Automação residencial: Aliando tecnologia e praticidade. 2022. Disponível em: <<https://www4.fag.edu.br/anais-2022/Anais-2022-53.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- DATE, C. J. *Introdução a sistemas de bancos de dados*. Elsevier Brasil, 2004. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-PT&lr=lang_pt&id=xBeO9LSIK7UC&oi=fnd&pg=PP23&dq=banco+de+dados&ots=xdRymZv99M&sig=BOK0UOyvoOOC1r7LyndCUFDFiEM#v=onepage&q&f=false>. Citado na página 30.
- EICOS. Accessed: 02/12/2025. Disponível em: <<https://www.eicos.com.br/sensor-de-nivel/montagem-vertical/LC26M-40/>>. Citado na página 38.

- ELÉTRICO, R. M. *Mercado de automação residencial segue em forte crescimento*. 2023. Accessed: 27/05/2025. Disponível em: <<https://www.revistamundoelectrico.com.br/tecnologia/tecnologia-tecnologia/mercado-de-automacao-residencial-segue-em-forte-crescimento/>>. Citado na página 8.
- FIBRATEC. *Conheça a história das piscinas*. 2021. Accessed: 01/07/2025. Disponível em: <<https://fibratecpiscinas.com.br/blog/historia-das-piscinas>>. Citado na página 11.
- FLORÊNCIO, G. Central microcontrolada para automação residencial: controle sem fio para sensores e atuadores. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ifsp.edu.br/server/api/core/bitstreams/d3970e46-37d0-4aac-a5c6-57b8db1952d4/content>>. Citado na página 28.
- GENCO®. Accessed: 02/10/2025. Accessed: 02/10/2025. Disponível em: <<https://www.genco.com.br/estojo-ot>>. Citado na página 19.
- GENYO. *O que é e como colher os benefícios na sua empresa*. 2024. Accessed: 25/05/2025. Disponível em: <https://genyo.com.br/automacao/?utm_source=chatgpt.com>. Citado na página 8.
- GOMES, A. L. S. Proposta de integração rup + pmbok na gerência de escopo no processo de desenvolvimento de software. http://www.angusyoung.org/arquivos/artigos/trabalho_rup.pdf. Último acesso em, 2009. Disponível em: <<https://tede2.pucrs.br/tede2/bitstream/tede/5199/1/444180.pdf>>. Citado na página 31.
- HARRIS, T. *Como funcionam as Piscinas*. 2025. Accessed: 12/09/2025. Disponível em: <<https://home.howstuffworks.com/swimming-pool.htm>>. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 12.
- HIPÓLITO, J. G.; SILVA, M. d. J. d. Automação residencial com arduino. Centro Universitário UNIFAFIBE, 2018. Disponível em: <<https://unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistaeletrica/sumario/69/06022019135904.pdf>>. Citado 3 vezes nas páginas 22, 23 e 24.
- IDEIA, P. *Limpeza e Manutenção de Piscinas*. Acessado em: 24 jul. 2025. Disponível em: <<https://portalidea.com.br/cursos/e643d94d6e685cffa352bd7370bf84a7.pdf>>. Citado na página 15.
- INFINITO, H. Accessed: 02/12/2025. Disponível em: <<https://www.huinfinito.com.br/sensores/1595-sensor-de-temperatura-mf58-ntc-10k-prova-d-agua.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 39.
- JESUS, W. S. C. de. Introdução a lógica e a linguagem de programação. Universidade do Vale do Paraíba, Acessado em: 2025. Disponível em: <https://www1.univap.br/wagner/Logica_Prog-1.pdf>. Citado na página 28.
- JUCÁ, S.; PEREIRA, R. Aplicações práticas de sistemas embarcados linux utilizando raspberry pi. *PoD Editoria*, 2018. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60918451/Livro-Aplicacoes-Praticas-Rpi20191016-13857-1jp2kma-libre.pdf?1571223807=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DAplicacoes_Praticas_de_sistemas_embarcad.pdf&Expires=1761677643&Signature=>

SzVXRH-SUaodC0J119Zq1x6j6e-Uq80w~Cy4~QxiSVJDWVM5YgOx-fOYdLwFyDu7mZLRtSB6XC7I
_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA>. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.

JÚNIOR, P. F. da S. et al. Desenvolvimento de front-end e back-end para nós sensores sem fio. Acessado em: 2025. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Paulo-Silva-Junior/publication/376763873_DESENVOLVIMENTO_DE_FRONT-END_E_BACK-END_PARA_NOS_SENsoRES_SEM_FIO/links/6592aede6f6e450f19bc87af/DESENVOLVIMENTO-DE-FRONT-END-E-BACK-END-PARA-NOS-SENSORES-SEM-FIO.pdf>. Citado na página 29.

LEITE, M. Y. F. Plataforma de monitoramento da qualidade d'água utilizando sistemas embarcados. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/7313f04b-7ce8-4c36-b737-bd7e64caab7d/content>>. Citado 3 vezes nas páginas 15, 24 e 27.

LIVRE, M. Accessed: 04/12/2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/uno-r3-atmega328-atmega16u2-compativel-com-arduino--cab-usb/up/MLBU1971029436?pdः_filters=item_id:MLB2696986084&matt_tool=44747869&matt_internal_campaign_id=&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=22603531439&matt_ad_group_id=183641039649&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=758138322197&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=614220056&matt_product_id=MLB2696986084&matt_product_partition_id=2424646252682&matt_target_id=aud-1966490908987:pla-2424646252682&cq_src=google_ads&cq_cmp=22603531439&cq_net=g&cq_plt=gp&cq_med=pla&gad_source=1&gad_campaignid=22603531439&gclid=Cj0KCQiA_8TJBhDNARIAPX5qxTFFrnFSaupCXUFPgzbKacpcXV8KTq2u-UvU-H4bR6HVldZO6Xbd4aAndwcB>. Citado na página 40.

LUCIFABIO, E. M. et al. Aquário automatizado. 091, 2023. Disponível em: <<http://ric-cps.eastus2.cloudapp.azure.com/bitstream/123456789/13360/1/TCC%20-%20AQUÁRIO%20AUTOMATIZADO-2023.pdf>>. Citado na página 28.

MOREIRA, W. A. Processos tradicionais de desenvolvimento de software. Acessado em: 2025. Disponível em: <https://www.cin.ufpe.br/~processos/TAES3/Livro/00-LIVRO/01-PTDS-v7_CORRIGIDO_Versao_Final_OK.pdf>. Citado na página 31.

MURATORI, J. R.; BÓ, P. H. D. Capítulo i automação residencial: histórico, definições e conceitos. *O Setor elétrico*, p. 70–77, 2011. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2011/04/Ed62_fasc_automacao_capI.pdf>. Citado 4 vezes nas páginas 20, 21, 22 e 32.

OLIVEIRA, G. F.; ALVES, M. C. O. Domótica: substituição da fiação de retorno nas instalações elétricas por cabeamento de dados e sistemas microcontrolados. SITEFA, v. 2, n. 1, p. 391–403, 2019. Disponível em: <<https://publicacoes.fatecsertaozinho.edu.br/sitefa/article/view/61/66>>. Citado na página 22.

PI, R. Accessed: 04/12/2025. Disponível em: <<https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b/>>. Citado na página 41.

- PISCINAS, E. *A História da Piscina*. Accessed: 01/07/2025. Disponível em: <<https://www.engevilpiscinas.com.br/historia-da-piscina/>>. Citado na página 10.
- PISKE, O. R. Rup-rational unified process. *http://www. angusyoung.org/arquivos/artigos/trabalho_rup.pdf*. Último acesso em, v. 16, n. 11, p. 2009, 2003. Disponível em: <https://www.angusyoung.org/arquivos/artigos/trabalho_rup.pdf>. Citado na página 31.
- REPORT, M. *Automação residencial cresceu 21,8%*. 2024. Accessed: 27/05/2025. Disponível em: <<https://www.moneyreport.com.br/negocios/automacao-residencial-cresceu-218/>>. Citado na página 8.
- SILVA, E. L. S.; FERNANDES, S. C. *Automação de telescópio dobsoniano para a democratização do ensino da astronomia*. 104 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas)) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Formosa, 2025. Departamento de Áreas Acadêmicas. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 30.
- SILVA, S. M. Estudo de caso sobre o processo de tratamento de água em uma piscina industrial de testes hidrostáticos. *Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)-Instituto Politécnico, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé*, 2021. Disponível em: <<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/16271/1/TCCSMSilva.pdf>>. Citado na página 17.
- SOUZA, M. V. A. d. Desenvolvimento em react: a influência de clean code e design patterns na visão dos desenvolvedores. 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/80355/1/2025_tcc_mvasousa.pdf>. Citado na página 29.
- SOUZA, M. O. Sensor de nível tipo deslocador com autocompensação da densidade do líquido. Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2018. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/9568/2/MATHEUS_OLIVEIRA_SOUSA.pdf>. Citado na página 28.
- VASCONCELOS, A. L. M. Concepção de um sistema para a metodologia sala de aula aberta da universidade de pernambuco. Acessado em: 2025. Disponível em: <<https://www.ecomp.poli.br/ListaTCC/20182/Artur%20Luiz%20Mendonca%20Vasconcelos.pdf>>. Citado na página 31.
- VASCONCELOS, A. M. L. D. et al. Introdução à engenharia de software e à qualidade de software. *Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras*, 2006. Disponível em: <http://nti.facape.br/jocelio/es/apostilas/Mod.01.MPS_Engenharia&QualidadeSoftware_V.28.09.06.pdf>. Citado na página 30.