



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

Observando o trabalho repetitivo envolvido na construção do Plano Individual de trabalho Docente (PIT) no Instituto Federal de Mato Grosso do Sul (IFMS), foi proposto um método para construir e otimizar o plano de trabalho semanal dos professores usando o paradigma de programação por restrições.

O método, implementado utiliza a biblioteca Google OR-Tools - que é baseado em restrições obrigatórias e preferências do professor que são descritas em formulários na interface.

A interface gráfica utiliza JavaScript, JQuery, HTML e CSS para tornar o sistema mais amigável ao usuário.

O método foi avaliado utilizando a situação de professores, onde a eficiência e velocidade do método pode ser avaliada. Resultados mostraram que o método conseguiu construir o horário de acordo com as regras e preferências do docente, minimizando as trocas de atividades e o tempo livre entre estas.

Palavras-chave: Programação por restrições, escalonamento, otimização.

ABSTRACT

Considering the repetitive work involved in the development of the Teacher Work Plan (TWP) in the Federal Institute of Mato Grosso do Sul (IFMS), an automated method is proposed for building an optimized TWP by using constraint programming.

The method is implemented with the Google OR-Tools library and is modeled after built in mandatory constraints and teacher preferences that are described as the program input.

A graphical interface was developed using JavaScript, JQuery, HTML and CSS to make the system more user-friendly.

The method was evaluated using a real teacher situations, where an idea of the efficiency and performance of the method could be evaluated. Results showed that the method was able to build the timetable according to the rules and preferences of the teacher, minimizing the exchange of activities and free time between them.

Keywords: constraint programming, scheduling, optimization.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
1.1	Objetivos	7
1.1.1	Objetivo Geral	7
1.1.2	Objetivos Específicos	7
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	8
2.1	PISCINAS e sua manutenção	8
2.1.1	HISTÓRICO E POPULARIZAÇÃO DAS PISCINAS	8
2.1.2	COMPONENTES BÁSICOS DE UMA PISCINA	9
2.1.3	NORMAS E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS DE LIMPEZA MANUAL	13
2.1.4	PRODUTOS QUÍMICOS E ACESSÓRIOS USADOS NA LIMPEZA DE PISCINAS	15
2.2	FUNDAMENTOS DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	18
2.2.1	HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	19
2.2.2	CONCEITOS TÉCNICOS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	20
2.2.2.1	COMPONENTES BÁSICOS	22
2.3	FERRAMENTAS UTILIZADAS PARA AUTOMAÇÃO	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	AUTOMAÇÃO DE PISCINAS	24
3.1.1	CONCEITO E FUNCIONAMENTO GERAL	24
3.1.2	DIFERENÇAS ENTRE PROCESSOS MANUAIS E AUTOMATIZADOS	24
3.1.3	TECNOLOGIAS ESPECÍFICAS USADAS NA AUTOMAÇÃO DE PISCINAS	24
3.1.4	ASPECTOS SANITÁRIOS E SAÚDE PÚBLICA	24
3.1.5	ACESSIBILIDADE E DEMOCRATIZAÇÃO DA AUTOMAÇÃO	25
3.2	INTERNET DAS COISAS (IoT) APLICADA A AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL	25
3.3	SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA NA AUTOMAÇÃO DE PISCINAS	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
	REFERÊNCIAS	27

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](#)). 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 ([CNI, 2022](#)), 72% das empresas que implementaram tecnologias digitais registraram aumento de produtividade, e 60% relataram redução de custos operacionais, o que confirma o impacto positivo da automação na eficiência e na 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](#)).

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

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

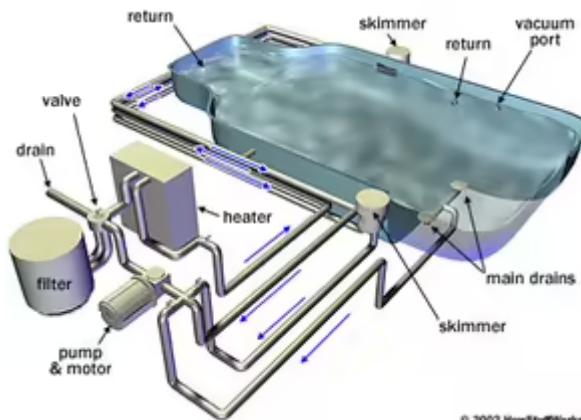
Segundo ([HARRIS, 2025](#)), as piscinas, de forma abstrata, são estruturas extremamente simples, consistindo basicamente em grandes reservatórios de água destinados ao uso recreativo. Podem existir diferentes tipos, como piscinas de ondas de parques aquáticos, particulares, públicas, entre outras. Contudo, em sua maioria, todas as piscinas possuem alguns componentes básicos necessários para o processo de filtração e tratamento químico.

Diante disso, é importante ter uma noção mínima dos componentes que compõem uma piscina. São eles: bomba motorizada, filtro de água, alimentador químico, drenos, devoluções e encanamentos de PVC¹. Em alguns casos, pode haver também um aquecedor, com o objetivo de manter a temperatura da água em níveis mais elevados.

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.
- Alimentador Químico: Distribui os produtos químicos responsáveis pela limpeza e manutenção da qualidade da água.
- 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 objetivo bombear a água em um ciclo contínuo, fazendo-a passar por todos os sistemas, como filtragem e tratamento químico. Além disso, existem também componentes responsáveis por auxiliar na limpeza física da piscina, que serão abordados a seguir.

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



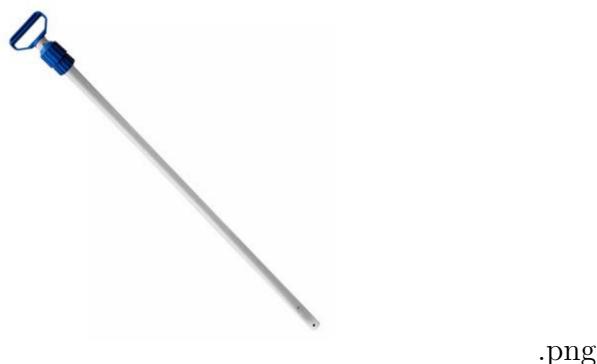
Escova

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, formam a base para o funcionamento eficiente do sistema. Contudo, a eficiência desse processo não depende apenas dos equipamentos mecânicos, mas também dos procedimentos técnicos e químicos que asseguram a qualidade da água.

Sendo assim, 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 ABNT². 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 afetar diretamente os parâmetros químicos da piscina, como o pH e o nível de cloro. Segundo o mesmo autor, ao realizar apenas a limpeza física, utilizando 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.

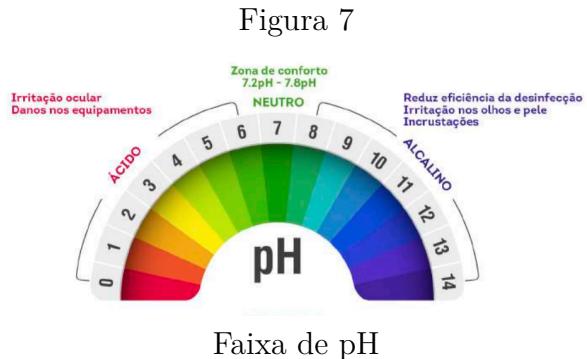
É de suma importância que a água de uma piscina limpa atenda a determinados pré-requisitos, tais como: ausência de bactérias do grupo coliforme ou *Staphylococcus aureus*³, boa visibilidade do fundo, superfície livre de sujeiras e pH dentro da faixa ideal, entre 7,2 e 7,8.

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 Associação Brasileira de Normas Técnicas, responsável por estabelecer as diretrizes de padronização para trabalhos acadêmicos no Brasil.

³ Bactéria coco Gram-positiva, frequentemente encontrada na pele e nas fossas nasais humanas, responsável por infecções de gravidade variável.



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

Antes do processo de limpeza, é fundamental conhecer a área e o volume da piscina, para que seja utilizada a quantidade correta de produtos e se obtenha uma higienização eficiente, sem desperdícios.

O cálculo da área e do volume pode variar de acordo com o formato da piscina, sendo possível aplicar diferentes fórmulas geométricas para cada caso.

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 utilizado em indústrias, como nas estações de tratamento de água, seguindo uma sequência de cinco etapas:

- **Oxidação:** ocorre a mistura do cloro com o objetivo de oxidar metais como ferro e manganês, facilitando a remoção de matéria orgânica.
- **Coagulação e Floculação:** consiste na adição de sulfato de alumínio e, ocasionalmente, cloreto férrico, para promover o desequilíbrio das partículas, seguido da circulação da água, o que possibilita a formação de flocos.
- **Decantação:** acontece quando as partículas coaguladas e floculadas se depositam no fundo da piscina devido à circulação lenta do fluido. Dependendo do produto utilizado, essa etapa pode durar cerca de seis horas.
- **Filtragem:** etapa responsável pela retenção do acúmulo de sujeira proveniente das etapas anteriores, geralmente realizada por meio de um filtro de areia.
- **Correção de pH:** consiste na análise e no ajuste do pH da água, normalmente com o uso de um medidor para identificar o valor. Esse procedimento é essencial para evitar a deterioração das tubulações e equipamentos.

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 sentido, a precisão e a segurança demandadas pelo processo dependem diretamente da escolha e do manuseio adequado dos produtos químicos, tema que será abordado na próxima seção.

2.1.4 PRODUTOS QUÍMICOS E ACESSÓRIOS USADOS NA LIMPEZA DE PISCINAS

O tratamento correto e bem executado durante a limpeza de uma piscina, tanto físico quanto químico, é essencial para garantir a qualidade da água, evitando possíveis infecções ou doenças de origem hídrica. Por isso, é fundamental compreender quais produtos utilizar, como utilizá-los e qual a melhor forma de realizar o 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 envolve todas as etapas relacionadas à adição de substâncias químicas à água, com o intuito de garantir sua qualidade e prevenir riscos à saúde dos banhistas. Esses produtos ajustam a alcalinidade, o pH e realizam a desinfecção da água, eliminando

micro-organismos e bactérias por meio do uso de 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, funcionando como uma barreira para manter o pH estável. O produto tem como função elevar a alcalinidade para o nível ideal, entre 80 e 120 ppm.
- **Barrilha, Elevador de pH, pH+:** produtos de composição alcalina utilizados para elevar o pH quando ele está abaixo do 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 que têm como objetivo eliminar micro-organismos presentes na água
- **Sulfato de Alumínio, Clarificantes:** provocam o processo de decantação, em que as partículas de sujeira são aglomeradas e levadas ao fundo da piscina, facilitando as etapas de aspiração e filtração.
- **Sulfato de Cobre, Algicida:** utilizados quando a piscina apresenta coloração esverdeada, auxiliando na eliminação de algas e lodo.

- **Genquest, Solução Água de poço:** empregados para remover manchas e colorações provocadas por metais dissolvidos na água.
- **Medição de Parâmetros e Ajuste do pH:** Para medir os parâmetros da água, utilizam-se estojos de análise específicos para cada variável a ser verificada. O ajuste correto desses parâmetros é essencial para um tratamento eficiente e seguro.

Figura 9



Estojo para Análise de Parâmetros

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

Os produtos a serem aplicados dependem dos resultados obtidos nas análises químicas. Caso o pH esteja abaixo de 7,0, deve-se utilizar o elevador de pH ou barrilha. Se a alcalinidade estiver inferior ao valor ideal, aplica-se o elevador de alcalinidade. Por fim, se o nível de cloro estiver baixo, é necessário adicionar cloro líquido ou granulado, conforme a tabela apresentada anteriormente.

- **Limpeza química:** Com base nas informações apresentadas, comprehende-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 touch⁴, 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:

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](#)).

⁴ O display touch é uma superfície sensível ao toque que permite a interação direta do usuário

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).

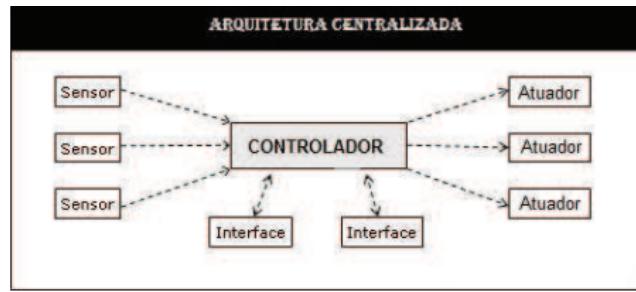
No Brasil, o termo mais comumente utilizado é automação residencial, traduzido diretamente da expressão americana *home automation*. Contudo, essa tradução não abrange totalmente o significado do termo domótica. O uso de novas tecnologias no país vem crescendo exponencialmente; entretanto, o mercado da construção civil ainda não acompanha o mesmo ritmo de evolução tecnológica observado em setores como o automotivo, que já utiliza amplamente tecnologias embarcadas⁵ (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.

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.

⁵ Computador especializado, composto por hardware e software, que executa uma função dedicada dentro de um sistema maior

Figura 10

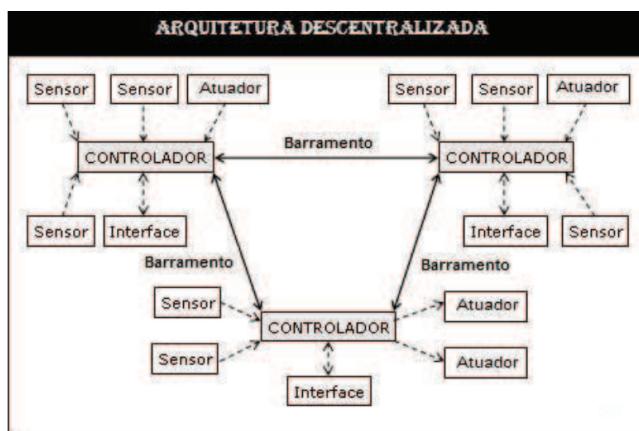


Arquitetura centralizada

Fonte: (HIPÓLITO; SILVA, 2018)

Já na arquitetura descentralizada, diversos controladores coexistem e se comunicam entre si por meio de um barramento de dados⁶, compartilhando o controle dos dispositivos conectados.

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.

⁶ 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 (HIPÓLITO; SILVA, 2018), 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. (2) Atuadores: são componentes eletromecânicos acionados pelo sistema para executar uma função específica, como ativar uma sirene, lâmpada, fechadura magnética, motor ou válvula. (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. (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 escalável⁷, permitindo que novos dispositivos sejam adicionados ao sistema de forma contínua, conforme a necessidade de expansão.

Diante de todos os dados e fundamentos apresentados, fica evidente que a automação residencial encontra-se em constante evolução, impulsionada pela integração de

⁷ Descreve algo que pode crescer ou ser aumentado em magnitude, seja física ou figurativamente

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.

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

3 METODOLOGIA

3.1 AUTOMAÇÃO DE PISCINAS

Contexto mais geral sobre a automação de piscinas, como ela funciona e como surgiu as ideias e as primeiras e como se encontra o mercado hoje

3.1.1 CONCEITO E FUNCIONAMENTO GERAL

Aqui eu colo o processo de limpeza de uma piscina automatizada, listando vários tipo de automação e incluindo o do meu projeto(talvez).

3.1.2 DIFERENÇAS ENTRE PROCESSOS MANUAIS E AUTOMATIZADOS

Desenvolver com base em estudos técnicos (aproductos existentes como sodramar, nautilus, etc.) Citar exemplos de bombas inteligentes, ozonizadores, sensores de pH automatizados.

Aqui como mais acima eu já expliquei sobre a automação manual e automatizada, eu rapidamente relembro e depois discorro pontos positivos e negativos de ambas com o fim de comparação, sempre tentando enaltecer a automatizar, afinal é de fato melhor e é isso que eu pretendo provar.

3.1.3 TECNOLOGIAS ESPECÍFICAS USADAS NA AUTOMAÇÃO DE PISCINAS

Novo subtópico importante, aqui o aluno pode falar sobre: Sensores de ph e orp medidores de turbidez bombas peristalticas para dosagem automática controladores (espn32, raspberry Pi, etc...)

3.1.4 ASPECTOS SANITÁRIOS E SAÚDE PÚBLICA

Ampliar com base na vigilância sanitária e riscos da má manutenção de piscinas. Sugestão: normas ANVISA ou artigos sobre dermatites, otites, doenças bacterianas e parasitárias

3.1.5 ACESSIBILIDADE E DEMOCRATIZAÇÃO DA AUTOMAÇÃO**3.2 INTERNET DAS COISAS (IOT) APPLICADA A AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

Justificativa: se o projeto utiliza sensores e dados monitoráveis remotamente, é essencial explicar conceitos como: comunicação wifi ou blacktooth sensores inteligentes integração com aplicativos segurança de dados

3.3 SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA NA AUTOMAÇÃO DE PISCINAS

justificativa: reforça os benefícios da automação, incluindo: economia de água e energia, dosagem precisa de químicos, redução de impacto ambiental

4 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 20 e 22.

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 13, 14, 15 e 16.

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%20serviços%20em%20tratamento%20e%20limpeza%20de%20piscinas%20-%20Expansão.pdf>>. Citado 3 vezes nas páginas 10, 11 e 12.

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 6.

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 18 e 19.

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 6.

FIBRATEC. *Conheça a história das piscinas*. 2021. Accessed: 01/07/2025. Disponível em: <<https://fibratecpiscinas.com.br/blog/historia-das-piscinas>>. Citado na página 9.

GENCO®. Accessed: 02/10/2025. Accessed: 02/10/2025. Disponível em: <<https://www.genco.com.br/estojos-ot>>. Citado na página 17.

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 6.

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 9 e 10.

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 20, 21 e 22.

- IDEIA, P. *Limpeza e Manutenção de Piscinas*. Acessado em: 24 jul. 2025. Disponível em: <<https://portalidea.com.br/cursos/e643d94d6e685cffa352bd7370bf84a7.pdf>>. Citado na página 13.
- 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 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- 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 20.
- PISCINAS, E. *A História da Piscina*. Accessed: 01/07/2025. Disponível em: <<https://www.engevlpiscinas.com.br/historia-da-piscina/>>. Citado na página 8.
- 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 6.
- 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 15.