**Desenvolvimento dos Sistemas de Automação Industrial a partir da Segunda Metade do Século XX**

**Introdução**

A automação industrial passou por um grande desenvolvimento a partir da segunda metade do século XX, impulsionada por avanços em eletrônica, computação e engenharia de controle. Esse progresso resultou na modernização da produção industrial, aumento da eficiência e redução de custos operacionais. Este documento apresenta um panorama detalhado dessa evolução, explorando os principais marcos e tecnologias que transformaram a indústria ao longo das décadas.

**Anos 1950-1960: Primeiros Passos e Automação Rigidamente Programada**

Durante a década de 1950, o uso de relés e temporizadores eletromecânicos era predominante nos processos industriais. Sistemas de controle eram desenvolvidos com circuitos elétricos dedicados para cada função, limitando sua flexibilidade e tornando qualquer modificação no processo algo extremamente complexo e demorado.

A automação nesses primeiros tempos era baseada na lógica de relés, onde os sistemas eram projetados para realizar tarefas específicas, sem possibilidade de adaptação rápida. O principal desafio era a dificuldade na manutenção, já que a falha de um relé poderia exigir grandes revisões na fiação e no sistema.

Nos anos 1960, surgiram os primeiros sistemas de controle automático baseados em dispositivos eletrônicos, incluindo transistores e circuitos integrados. A introdução da eletrônica permitiu sistemas mais confiáveis e menores em tamanho, mas ainda assim as configurações continuavam sendo fixas, com pouca flexibilidade.

A automação nesse período era amplamente utilizada em processos como manufatura de automóveis, siderurgia e indústria química, onde operações sequenciais poderiam ser programadas por meio de contatos elétricos e sensores rudimentares.

**Anos 1970: Surgimento do Controlador Lógico Programável (CLP)**

A década de 1970 marcou um grande avanço com a introdução do Controlador Lógico Programável (CLP), desenvolvido para substituir os painéis de relés tradicionais. O primeiro CLP, o Modicon 084, foi criado pela empresa Bedford Associates, atendendo à necessidade de maior flexibilidade e programabilidade na indústria.

Os CLPs permitiram que os sistemas de automação fossem programados via software, facilitando a adaptação e manutenção dos processos industriais. Entre os principais benefícios do CLP estavam:

* Redução do tempo de configuração e reprogramação de processos;
* Maior confiabilidade devido à eliminação de falhas mecânicas dos relés;
* Facilidade de integração com sensores e atuadores eletrônicos;
* Capacidade de realizar diagnósticos e monitoramento dos processos em tempo real.

Empresas como Allen-Bradley, Siemens e General Electric começaram a desenvolver seus próprios CLPs, ampliando sua adoção em setores como automobilístico, petroquímico e manufatura em geral.

O **CLP (Controlador Lógico Programável)** é um dispositivo eletrônico utilizado na automação industrial para controlar máquinas e processos. Ele substitui sistemas de controle tradicionais baseados em relés e temporizadores, proporcionando maior flexibilidade, confiabilidade e eficiência.

**História do CLP**

O CLP surgiu na década de 1960, nos Estados Unidos, a partir da necessidade da indústria automotiva de substituir os sistemas de controle eletromecânicos complexos e difíceis de modificar. A General Motors liderou essa demanda e, em 1968, a empresa Bedford Associates desenvolveu o primeiro CLP, chamado **Modicon 084**. Desde então, o CLP evoluiu significativamente, incorporando novas tecnologias, como redes industriais, programação avançada e integração com sistemas de TI.

**Características do CLP**

Os CLPs possuem diversas características que os tornam ideais para aplicações industriais:

1. **Modularidade** – Alguns modelos permitem adicionar módulos de entrada e saída conforme a necessidade.
2. **Programabilidade** – Pode ser programado em diferentes linguagens, como Ladder (Linguagem de Contatos) e texto estruturado.
3. **Alta confiabilidade** – Projetado para operar em ambientes industriais severos.
4. **Rapidez no processamento** – Responde rapidamente a mudanças no processo.
5. **Facilidade de manutenção e modificação** – Alterações no programa podem ser feitas sem necessidade de refazer o sistema de controle físico.

**Uso do CLP**

Os CLPs são utilizados em diversas aplicações industriais, incluindo:

* **Automação de linhas de produção** (como na indústria automobilística e alimentícia).
* **Controle de máquinas** (prensas, tornos, robôs, etc.).
* **Monitoramento de sistemas elétricos** (subestações, redes de energia).
* **Controle de processos contínuos** (refinarias, tratamento de água, indústrias químicas).
* **Edificações inteligentes** (controle de iluminação, climatização e segurança predial).

**Importância do CLP**

O CLP desempenha um papel essencial na automação industrial e no aumento da produtividade das fábricas. Sua importância está relacionada a:

1. **Redução de custos** – Diminui a necessidade de fiação e manutenção de relés.
2. **Flexibilidade** – Permite ajustes rápidos no processo sem necessidade de alterações físicas.
3. **Segurança** – Melhora a confiabilidade dos sistemas de controle e reduz falhas operacionais.
4. **Eficiência energética** – Otimiza o consumo de energia em processos industriais.
5. **Integração com outras tecnologias** – Pode ser conectado a sistemas SCADA, IoT e redes industriais para maior controle e monitoramento.

O uso de CLPs continua crescendo com a **Indústria 4.0**, tornando-se cada vez mais integrado a sistemas digitais inteligentes para otimização da produção.

**Anos 1980: Integração de Computadores e Redes Industriais**

Na década de 1980, os computadores começaram a ser amplamente utilizados na automação industrial. Os Sistemas Supervisórios (SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition) foram introduzidos, permitindo o monitoramento remoto e o controle de processos industriais em tempo real.

Além disso, surgiram as primeiras redes industriais, como a MAP (Manufacturing Automation Protocol) e o protocolo Modbus, que facilitaram a comunicação entre CLPs e computadores. Essa integração possibilitou um nível mais alto de automação e otimização dos processos produtivos.

Os principais avanços desse período incluíram:

* Desenvolvimento de sistemas SCADA para monitoramento e supervisão de grandes plantas industriais;
* Introdução dos primeiros sistemas de Controle Distribuído (DCS - Distributed Control System);
* Expansão das redes industriais, permitindo a comunicação entre diferentes dispositivos e sistemas de controle;
* Crescimento do uso de microprocessadores nos CLPs, tornando-os mais rápidos e eficientes.

## **O que é SCADA?**

SCADA (**Supervisory Control and Data Acquisition**) é um sistema de controle e aquisição de dados utilizado em processos industriais e de infraestrutura crítica — a exemplo de setores como energia elétrica, água, gás e petróleo.

**Sua função é coletar, monitorar e controlar dados em tempo real**de diferentes dispositivos, sensores e equipamentos em uma rede. Ele fornece uma interface gráfica para os operadores e engenheiros de controle visualizarem e gerenciarem esses dados.

Com base nas informações coletadas e na [indústria 4.0](https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/industria-4-0/), permite que os usuários monitorem e controlem os processos em tempo real, além de detectar e corrigir falhas rapidamente.

## **Como funciona um sistema SCADA?**

O sistema SCADA funciona por três componentes principais: **uma rede de comunicação, um conjunto de equipamentos e sensores, assim como um software de supervisão.**

A rede de comunicação é responsável por transmitir dados entre os equipamentos e o software de supervisão.

Os equipamentos e sensores coletam dados e enviam para o software de supervisão, que processa e exibe as informações para os usuários.

Mas como esses componentes se integram para controlar e monitorar processos industriais?

Bem, basicamente, os equipamentos e sensores coletam informações sobre as condições de operação, como nível de pressão, temperatura e vazão, e enviam esses dados para o software de supervisão.

O software processa as informações e as exibe em uma interface gráfica para os operadores e engenheiros de controle.

Eles podem então monitorar o processo em tempo real e tomar ações para controlá-lo — como ajustar a temperatura ou a vazão.

A supervisão permite que os usuários definam alarmes e limites de operação, de modo que sejam notificados caso ocorra uma falha ou uma condição fora dos limites definidos.

Isso pode ser útil na hora de detectar problemas rapidamente e tomar ações corretivas, garantindo a segurança e a eficiência dos processos industriais.

Para o funcionamento do sistema SCADA, é necessário um conjunto de equipamentos e dispositivos que possam coletar e transmitir dados para o software de supervisão.

Entre os equipamentos mais comuns estão os sensores, que são responsáveis por coletar informações sobre variáveis como temperatura, pressão, vazão, entre outras.

Também são **necessários dispositivos como controladores lógicos programáveis (PLCs) e controladores de processo**, que são responsáveis por controlar os equipamentos de [chão de fábrica](https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/chao-de-fabrica/) e processos a partir das informações coletadas pelos sensores.

Outros equipamentos importantes para o funcionamento do sistema SCADA são os computadores e a rede de comunicação, a qual permite a transmissão de dados entre os equipamentos e o software de supervisão.

Essa rede pode ser formada por diferentes tecnologias, como Ethernet, Wi-Fi, rádio ou fibra óptica, dependendo das necessidades de cada processo.

## **Sistema supervisório SCADA: vantagens e desvantagens do uso na indústria**

O sistema supervisório SCADA é uma tecnologia fundamental para garantir a eficiência e segurança de processos industriais.

Ele permite que os operadores monitorem e controlem dados em tempo real, detectem e corrijam falhas rapidamente e aumentem a produtividade.

No entanto, assim como qualquer tecnologia, esse sistema apresenta vantagens e desvantagens no seu uso na indústria. Entenda a seguir.

### **Vantagens**

Uma das principais vantagens do sistema supervisório SCADA é a **capacidade de controlar e monitorar processos em tempo real.**

E o grande ganho disso é que permite que os operadores possam detectar e corrigir falhas rapidamente, aumentando a eficiência e reduzindo os custos operacionais.

O sistema também fornece uma interface gráfica amigável para os operadores visualizar e gerenciar dados de forma clara e intuitiva. E qual negócio não vai se beneficiar disso?

Nesse sentido, as vantagens acabam sendo: melhorar a produtividade e reduzir o tempo de treinamento necessário para o pessoal de operação.

Ainda, existe a possibilidade de integrar diferentes sistemas e dispositivos em uma única plataforma. Isso permite uma visão holística dos processos, facilitando a identificação de oportunidades de melhoria e otimização.

### **Desvantagens**

Apesar das muitas vantagens, o sistema supervisório SCADA também apresenta algumas dificuldades. Uma delas é a necessidade de**investimentos significativos em infraestrutura e equipamentos para sua implementação e manutenção.**

Para ser mais claro, o investimento inicial nele pode ser bem alto — ele inclui a compra de equipamentos, software e a implantação do sistema.

Outra desvantagem é a necessidade de proteger a rede de comunicação e os dados coletados contra ameaças cibernéticas. Como qualquer outra situação, isso requer uma estratégia robusta de segurança da informação e monitoramento constante.

Embora não seja necessariamente um problema, para empresas menos analógicas, há um terceiro ponto que acaba se tornando um outro desafio também.

A SCADA é uma tecnologia relativamente complexa e que demanda um alto grau de especialização, o que pode levar a uma dependência excessiva da tecnologia e dificuldade em encontrar profissionais capacitados.

## **Exemplos de aplicação desse software**

O sistema SCADA tem uma ampla gama de aplicações em diferentes setores da indústria. Aqui estão alguns exemplos de como esse software é utilizado:

* **indústria química**: o sistema é amplamente utilizado na indústria química para monitorar e controlar processos complexos, como a produção de produtos químicos. Ele torna possível monitorar variáveis como temperatura, pressão e fluxo de materiais, bem como controlar equipamentos, como bombas e válvulas;
* **energia**: ele é uma tecnologia fundamental nesse setor. Em usinas, por exemplo, ele é utilizado para monitorar o fluxo de energia elétrica, a temperatura dos geradores, a pressão do vapor, entre outras variáveis críticas. Isso ajuda a prevenir falhas e maximizar a eficiência da usina.
* **água e tratamento de esgoto**: também pode servir nos sistemas de abastecimento e tratamento. Com ele, é possível monitorar variáveis como níveis de água, qualidade, pressão, vazão, entre outras, permitindo o controle eficiente do processo e garantindo a segurança e eficácia do sistema.

## **Qual a diferença entre um sistema SCADA e HMI?**

Muitas pessoas confundem os termos SCADA e HMI, mas eles são sistemas diferentes com funcionalidades distintas. E o que significa essa distinção?

Enquanto o primeiro sistema é responsável por controlar e monitorar processos industriais e de infraestrutura crítica,**o HMI (Interface Homem-Máquina) é uma interface gráfica que permite a interação dos operadores com o sistema.**

O HMI é uma parte essencial da plataforma SCADA, pois é por meio dele que os operadores acessam e gerenciam os dados coletados pelos sensores e controladores.

Ele fornece uma interface amigável para a visualização de dados em tempo real, permitindo que os operadores possam tomar decisões de forma mais rápida e precisa.

## **A tecnologia como aliada nos processos industriais**

O sistema SCADA é um exemplo de como a tecnologia pode ser utilizada para melhorar a eficiência e a produtividade dos processos.

Ao ser capaz de coletar dados em tempo real de diferentes dispositivos e sensores, isso permite que os operadores possam tomar decisões mais rápidas e precisas, melhorando a eficiência e reduzindo os custos operacionais.

Os softwares em geral têm essa capacidade de aumentar a produtividade das organizações e tornar seus negócios mais escaláveis.

**Anos 1990: Automação Flexível e Sistemas Baseados em Redes**

Nos anos 1990, o conceito de automação flexível ganhou força com o desenvolvimento de sistemas que permitiam a personalização e adaptação rápida das linhas de produção. Tecnologias como os sistemas de Controle Distribuído (DCS - Distributed Control System) e os avanços em redes industriais (como o protocolo Profibus e DeviceNet) melhoraram a conectividade e a eficiência dos processos industriais.

O avanço na computação também permitiu a implementação de sistemas de manufatura integrada por computador (CIM - Computer Integrated Manufacturing), que unificaram diferentes processos industriais sob um mesmo sistema digital. Empresas começaram a investir em manufatura enxuta, adotando filosofias como Just-in-Time (JIT) e produção baseada em demanda.

**Anos 2000: Surgimento da Indústria 4.0**

No início dos anos 2000, a automação industrial começou a se transformar com o advento da Internet das Coisas (IoT), Big Data e Inteligência Artificial. Surgiu o conceito de Indústria 4.0, caracterizado pela digitalização total da manufatura e pelo uso de tecnologias como sensores inteligentes, aprendizado de máquina e análise de dados em tempo real.

Os principais avanços tecnológicos incluem:

* Implantação de sensores IoT para monitoramento contínuo de processos industriais;
* Desenvolvimento de algoritmos de aprendizado de máquina para prever falhas e otimizar processos;
* Uso de robótica avançada, incluindo robôs colaborativos (cobots);
* Manufatura aditiva (impressão 3D) para prototipagem e produção personalizada;
* Integração de sistemas baseados em computação em nuvem para controle remoto.

As fábricas começaram a adotar o conceito de "gêmeos digitais", onde uma versão virtual de um processo industrial é criada para simular e prever o comportamento do sistema real.

**Anos 2010 e Atualidade: Automação Inteligente e Autônoma**

Nos últimos anos, a automação industrial evoluiu para sistemas autônomos baseados em inteligência artificial e aprendizado de máquina. A conectividade baseada em 5G e computação em nuvem facilitou a implementação de sistemas distribuídos e altamente eficientes, permitindo a automação em níveis nunca antes alcançados.

Entre os principais avanços desta década, destacam-se:

* Expansão do uso de robôs autônomos em armazéns e linhas de produção;
* Implementação de blockchain para rastreabilidade e segurança de dados industriais;
* Desenvolvimento de sistemas de manutenção preditiva utilizando IA;
* Maior investimento em cibersegurança para proteger redes industriais contra-ataques cibernéticos.

As fábricas inteligentes do futuro prometem ser altamente flexíveis, autônomas e sustentáveis, utilizando fontes de energia renovável e minimizando desperdícios por meio de otimização contínua baseada em dados.