



ANA PAULA DE XISTO SOUZA ANDRADE

**ESTUDO COMPARATIVO DE PLATAFORMAS DE
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS SCADA DISPONÍVEIS
NO MERCADO BRASILEIRO: UMA NOVA CONTRIBUIÇÃO**

LAVRAS – MG

2021

ANA PAULA DE XISTO SOUZA ANDRADE

**ESTUDO COMPARATIVO DE PLATAFORMAS DE DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS SCADA DISPONÍVEIS NO MERCADO BRASILEIRO: UMA NOVA
CONTRIBUIÇÃO**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Curso de Engenharia de Controle e
Automação, para a obtenção do
título de Bacharel.

Profa. Alessandra Rose Crosara Rios Campos

Orientadora

Prof. Dr. Dimitri Campos Viana

Coorientador

LAVRAS – MG

2021

ANA PAULA DE XISTO SOUZA ANDRADE

**ESTUDO COMPARATIVO DE PLATAFORMAS DE DESENVOLVIMENTO DE
SISTEMAS SCADA DISPONÍVEIS NO MERCADO BRASILEIRO: UMA NOVA
CONTRIBUIÇÃO**

**A BRIEF SURVEY ABOUT SCADA SYSTEM PLATFORMS AVAILABLE IN
BRAZIL: A NEW CONTRIBUTION**

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Curso de Engenharia de Controle e
Automação, para a obtenção do
título de Bacharel.

Aprovada em 11 de junho de 2021.

Profa. Alessandra Rose Crosara Rios Campos UFMG

Prof. Dr. Dimitri Campos Viana UFLA

Prof. Dr. Leonardo Silveira Paiva UFLA

Profa. Alessandra Rose Crosara Rios Campos

Orientadora

Prof. Dr. Dimitri Campos Viana

Coorientador

LAVRAS – MG

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a minha família por todo apoio, carinho e suporte em todas as etapas da minha vida.

Aos meus professores orientadores, Alessandra Rose Crosara Rios Campos e Dimitri Campos Viana, que me acompanharam, dando todo o auxílio necessário para elaboração do trabalho. Agradeço todo apoio e tempo que estiveram à minha disposição e interesse.

Aos professores do curso, em especial Leonardo Silveira Paiva, Belisario Nina Huallpa e Fábio Domingues de Jesus por todo ensinamento, orientação, amizade e paciência durante todos esses anos. Assim como a Universidade Federal de Lavras, todos seus funcionários e professores que de alguma forma estiveram presentes na minha jornada.

Vocês foram, e são, fundamentais nas etapas da minha vida. Tanto na minha vida pessoal, acadêmica e profissional.

Um agradecimento especial aos meus colegas de turma, à equipe TROIA, que construíram junto comigo a concretização deste sonho. A amizade foi um pilar importante nesta jornada que contou com pessoas de diferentes personalidades e anseios, mas que tinham um objetivo comum.

Obrigado por terem feito, de uma forma tão especial, parte de momentos tão importantes e por estarem presentes nas mudanças que ocorreram em minha vida. Não tenho palavras para descrever o quão importante vocês são para mim. Obrigada Deus, meus pais, Cleber e Maria José, Alessandra, Dimitri e Leonardo!

A todos vocês, um muito obrigado!

RESUMO

O presente trabalho reúne informações relevantes e utiliza de comparativos para apresentar algumas das principais plataformas de desenvolvimento de sistemas de supervisão e controle disponíveis no mercado brasileiro, buscando complementar e estender trabalhos anteriores, mais especificamente, registrados em uma monografia apresentada a esta mesma universidade e em um artigo científico, que comparam outros softwares. Tais sistemas evoluíram ao longo dos últimos cinquenta anos, partindo de soluções que se comunicavam ponto-a-ponto até o estágio atual, no qual pode-se encontrá-los totalmente integrados com os mais diversos elementos dos cinco níveis da pirâmide de automação, encaixando-se sem dificuldade nos conceitos da quarta revolução industrial. As plataformas analisadas neste trabalho vêm se consolidando mundialmente dentro dos processos industriais devido às suas constantes atualizações e ferramentas, que auxiliam as empresas que as utilizam na operação de seus processos produtivos, nas tomadas de decisão e na redução de custos. Os oito softwares apresentados pertencem a quatro fabricantes: AVEVA (divisão da Schneider Electric para softwares industriais), Aquarius (parceira da General Electric para comercialização de softwares industriais), Fernhill e Rapid. Estes fabricantes desempenham um papel importante no aprimoramento dos sistemas industriais, pois entre várias outras coisas, fornecem soluções para coleta de informações através de equipamentos de aquisição de dados, armazenam e disponibilizam recursos para sua análise por parte dos usuários.

Palavras-Chave: SCADA. Sistemas de Supervisão. Estudo Comparativo.

ABSTRACT

The present work gathers relevant information and uses comparisons to present some of the main development platforms for supervisory and control systems available in the Brazilian market, seeking to complement and extend previous works, more specifically, registered in a monograph presented to this same university and in a scientific article, which compare other software. Such systems have evolved over the past fifty years, from solutions that communicated point-to-point to the current stage, in which one can find them fully integrated with the most diverse elements of the five levels of the automation pyramid, fitting without difficulty into the concepts of the fourth industrial revolution. The platforms analyzed in this paper have been consolidating worldwide within the industrial processes due to their constant updates and tools, which help the companies that use them in the operation of their production processes, in decision making, and in cost reduction. The eight software packages presented belong to four manufacturers: AVEVA (Schneider Electric's division for industrial software), Aquarius (General Electric's partner for marketing industrial software), Fernhill and Rapid. These manufacturers play an important role in the improvement of industrial systems, because among other things, they provide solutions to collect information through data acquisition equipment, store it, and provide resources for analysis by users.

Keywords: SCADA. Supervisory Systems. Survey.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pirâmide de Automação.	12
Figura 2 – Elementos de um sistema SCADA.	17
Figura 3 – Aquisições da empresa Schneider Electric ao longo dos anos.	21
Figura 4 – Configuração AVEVA Edge.	30
Figura 5 – Arquitetura Fernhill.	53
Figura 6 – Valores das chaves de licença do Fernhill SCADA.	54
Figura 7 – Cores por severidade dos alarmes do Fernhill SCADA.	56
Figura 8 – Tela inicial Live Demo Rapid SCADA.	57
Figura 9 – Exemplo de relatório elástico, do Rapid SCADA, salvo em formato PDF.	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação dos alarmes AVEVA Enterprise SCADA.....	36
Tabela 2 – Exemplos de clientes softwares AVEVA por Setor Industrial.	40
Tabela 3 – Principais Clientes iFIX e Cimplicity por Setor Industrial.	51
Tabela 4 – Valores dos pacotes adicionais disponíveis para o Rapid SCADA.....	58

LISTA DE SIGLAS

ADO	<i>ActiveX Data Objects</i>
ANCAP	<i>Administración Nacional De Combustibles, Alcohol Y Portland</i>
Anvisa	<i>Agência Nacional De Vigilância Sanitária</i>
APM	<i>Asset Performance Management</i>
CLPs	<i>Controladores Lógicos Programáveis</i>
CLR	<i>Common Language Runtime</i>
COM	<i>Component Object Model</i>
CPM	<i>Compressor Performance Monitoring</i>
CSS	<i>Cascading Style Sheet</i>
DCS	<i>Distributed Control System</i>
DDE	<i>Dynamic Data Exchange</i>
DGR	<i>Digital Graphical Replay</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
FDA	<i>Food And Drug Administration</i>
GE	<i>General Electric</i>
GIS	<i>Geographic Information Systems</i>
IDE	<i>Integrated Development Environment</i>
IED	<i>Intelligent Electronic Device</i>
IHM	<i>Interface Homem Máquina</i>
IIoT	<i>Industrial Internet of Things</i>
JDBC	<i>Java Database Connectivity</i>
LDAP	<i>Lightweight Directory Access Protocol</i>
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
NTFS	<i>New Technology File System</i>
OCX	<i>Ole Control Extension</i>
ODBC	<i>Open Database Connectivity</i>
OLE	<i>Object Linking And Embedding</i>
OPC	<i>Open Platform Communications</i>
PEOs	<i>Painéis Eletrônicos de Operação</i>
RSA	<i>Rivest-Shamir-Adleman</i>
RTUs	<i>Remote Terminal Units</i>
SAGW	<i>Shanghai Automobile Gear Works</i>
SCADA	<i>Supervisory Control And Data Acquisition</i>
SOAP	<i>Simple Object Access Protocol</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SSL	<i>Secure Sockets Layer</i>
TLS	<i>Transport Layer Security</i>
VBA	<i>Visual Basic Applications</i>
VBE	<i>Visual Basic Editor</i>
VMS	<i>Virtual Memory System</i>
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
XML	<i>Extensible Markup Language</i>

SUMÁRIO

1. Introdução	8
1.1 Justificativa	9
1.2 Objetivo	9
1.3 Estrutura do Trabalho	10
2. Desenvolvimento	11
2.1 Fundamentos	11
2.1.1 Automação	11
2.1.2 SCADA.....	14
2.2 Plataformas de Desenvolvimento AVEVA/ Schneider.....	21
2.2.1 AVEVA InTouch HMI	22
2.2.2 AVEVA Plant SCADA.....	25
2.2.3 AVEVA Edge	29
2.2.4 AVEVA Enterprise SCADA	33
2.2.5 Indicações de Uso.....	38
2.3 Plataformas de Desenvolvimento GE/ Aquarius.....	41
2.3.1 Proficy iFIX.....	43
2.3.2 Proficy Simplicity.....	46
2.3.3 Indicações de Uso.....	49
2.4 Plataformas de Desenvolvimento Livres.....	52
2.4.1 Fernhill.....	52
2.4.2 Rapid SCADA.....	57
2.4.3 Indicações de Uso.....	62
3. Conclusão	63
4. Referências.....	64

1. Introdução

O principal objetivo da interface homem máquina (IHM) é ajudar o operador a criar e manter uma imagem mental fiel e operacional do processo e seus componentes (FILHO, 2002). Segundo Rosário (2005), o sistema de supervisão industrial pode ser definido como uma IHM amigável, com tecnologia que permite a supervisão e/ou controle de sistemas automatizados. A IHM torna a comunicação entre pessoas e máquinas mais efetiva. Antigamente todo o controle dos sistemas era realizado através de botoeiras e dispositivos de resposta, distribuídos em painéis elétricos.

Os Sistemas de Supervisão e Controle (SSCs), também conhecido no inglês como *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA), surgiram devido aos avanços da tecnologia nos setores industriais, uma vez que se fez necessário a monitoração e controle dos processos de forma remota e mais eficiente (MONTEIRO, 2004).

Os SSCs são componentes vitais das infraestruturas críticas da maioria das nações. Eles controlam dutos, sistemas de água e transporte, refinarias, fábricas de produtos químicos e uma ampla variedade de operações de manufatura (ABBAS, 2014).

Trata-se de uma arquitetura de sistema de controle que tem por objetivo monitorar, controlar e armazenar variáveis de um processo industrial, na qual todo o monitoramento e controle é feito a partir de uma central de operação, também conhecida como sala de supervisão e controle. Estes sistemas auxiliam na IHM. Os sistemas atuais permitem o acesso aos dados de uma fábrica em tempo real e de qualquer lugar, através de um browser de Internet ou de dispositivos móveis com sistemas operacionais Android ou iOS.

Segundo Souza (2016), na década de 80, algumas empresas pioneiras, como a Heuristics e seu *software* Onspec, marcaram a época. Diversas empresas internacionais lançaram suas primeiras versões de *softwares* SCADA, como a Intellution (que atualmente oferece a plataforma iFIX), PC Soft (Wizcon), Iconics (Genesis), US Data (Factory Link) e CI Technologies (Citect) obtiveram destaque nesse período.

Após o lançamento da plataforma Windows, na década de 80, as empresas se viram obrigadas a migrar seus sistemas. A Wonderware (In Touch) foi a pioneira em supervisórios com essa plataforma, se beneficiando do momento e conseguindo uma importante participação no mercado. Duas empresas brasileiras também obtiveram destaque nessa época, a Elipse, que concedia acesso livre aos seus códigos e a Indusoft (SOUZA, 2016).

Os SSC são ofertados por diversas empresas atualmente e esse mercado pretende alcançar o valor de 26 bilhões de dólares até 2024. A demanda crescente obriga o mercado de desenvolvedores a se modificar e se adaptar continuamente. Prova disso são as fusões entre a Invensys (Indusoft) e a Schneider Electric em 2014, seguida, em 2018, da união de sua área de *software* industrial com a da empresa AVEVA, criando uma nova líder mundial no segmento. Outro exemplo é a ampliação da parceria entre a Aquarius Software e a General Electric (GE) Digital, para oferecer, além dos SSCs, soluções de *Asset Performance Management* (APM) para o gerenciamento integral do desempenho dos principais ativos da indústria.

1.1 Justificativa

Alguns trabalhos recentes seguem a mesma linha do aqui apresentado como o trabalho de Machado (2019), apresenta uma análise comparativa de sistemas de gestão e automação de processos gratuitos. Já Faria *et al* (2012), expõe a importância dos sistemas SCADA seguido de um comparativo entre as ferramentas Eclipse SCADA e ScadaBR. Além disso, Scholl (2015), disponibiliza uma comparação dos softwares Eclipse, ScadaBR, Indusoft e Mango.

O trabalho visa ser uma extensão do texto apresentado por Júnior (2018), visto que este discorreu sobre algumas plataformas de desenvolvimento e suas principais características. O autor detalhou as características dos *softwares* das empresas Siemens (Simatic WinCC V7, Simatic WinCC V14, Simatic WinCC Open Architecture), Rockwell (RSView32, FactoryTalk View Site Edition, FactoryTalk View Machine Edition), Eclipse (Eclipse SCADA, Eclipse E3) e Scada BR.

O intuito deste trabalho é auxiliar no direcionamento do público em relação a outros modelos de SCADA. Serão apresentados outros fabricantes e *softwares* atuais, descritas a seguir.

1.2 Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é fornecer aos profissionais que trabalham com sistemas SCADA uma nova referência sobre alguns dos principais produtos atualmente disponíveis no mercado e, em conjunto com trabalhos anteriores, fornecer embasamento para que tais profissionais possam escolher corretamente os softwares a serem especificados em

propostas comerciais ou mesmo utilizados por uma equipe de desenvolvimento dentro de uma indústria. Para atingir esse objetivo maior, foram escolhidos os seguintes objetivos específicos:

- Reunir informações relevantes e utilizar de comparativos para melhorar a compreensão da utilização dos *softwares* AVEVA Enterprise SCADA, AVEVA Plant SCADA, AVEVA Intouch HMI e AVEVA Edge das empresas AVEVA e Schneider Electric; do iFIX e Cimplicity das empresas Aquarius e General Electric; do Fernhill SCADA da empresa Fernhill Software e do software Rapid SCADA da empresa Rapid Software LLC.
- Elencar as principais características das plataformas para desenvolvimento de sistemas SCADA, dos desenvolvedores elencados no item anterior.
- Fazer indicações de uso dos softwares comerciais de cada um dos fabricantes descritos anteriormente, bem como indicações de uso dos softwares gratuitos analisados, resumindo em seções concisas as características que facilitam a escolha de uma determinada plataforma de desenvolvimento para determinada situação.

1.3 Estrutura do Trabalho

No capítulo 1 é apresentada a introdução do assunto, fornecendo uma visão breve e geral do trabalho. O capítulo 2 refere-se a uma fundamentação teórica sobre sistemas SCADA, seguida de um estudo a respeito de cada um dos oito *softwares* apresentados. Iniciando pelas plataformas da AVEVA e Schneider Electric, seguidas pelas da Aquarius e GE, finalizando com os *softwares* livres, da Fernhill e Rapid. Por fim, no capítulo final 3, são feitas as considerações finais sobre o trabalho realizado

2. Desenvolvimento

2.1 Fundamentos

2.1.1 Automação

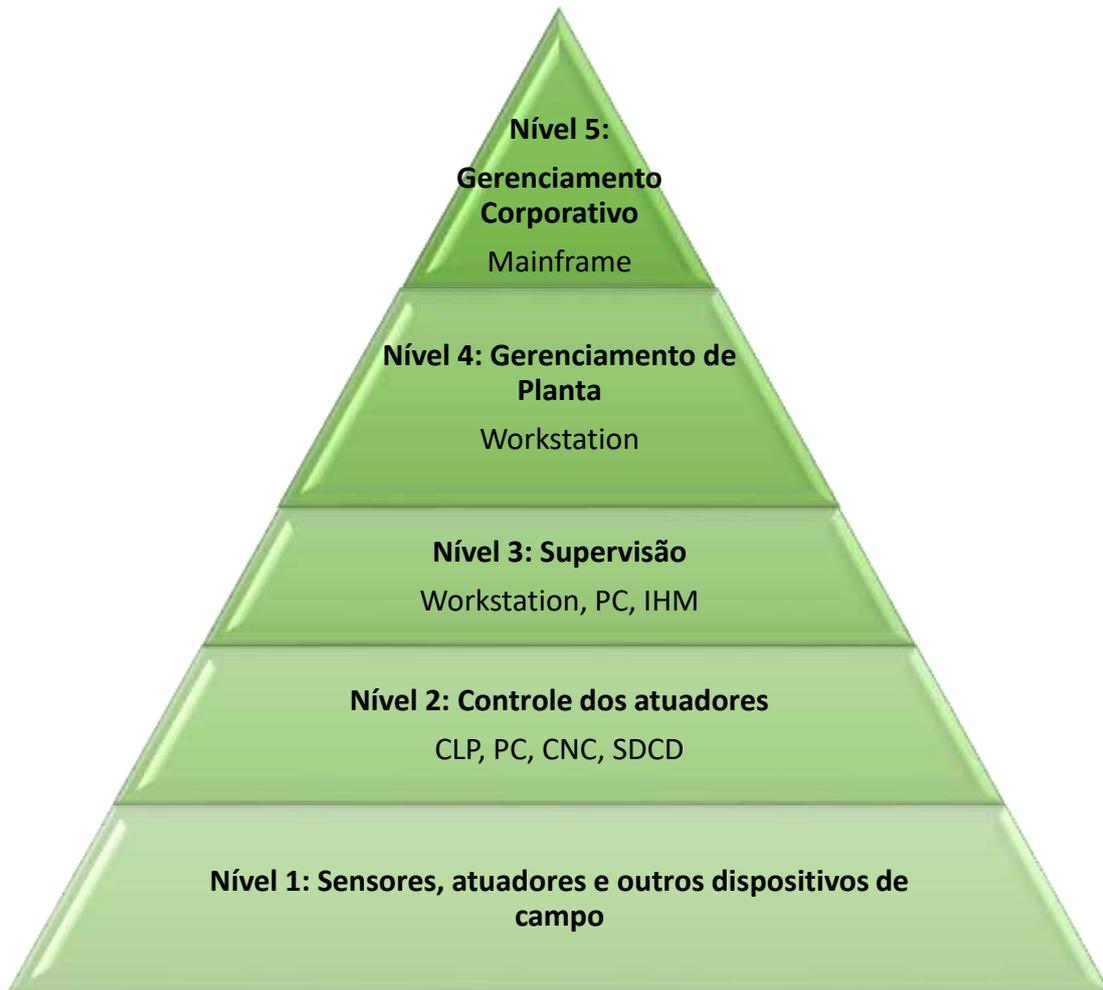
A automação é um conjunto de técnicas, por meio das quais se constroem sistemas ativos capazes de atuar com alta eficiência pelo uso de informações recebidas do ambiente. A partir destas informações o sistema calcula uma ação corretiva em função da necessidade do processo; esta é uma característica de sistemas em malha fechada, mais conhecidos como sistemas com realimentação, ou seja, aqueles que relacionam o valor da saída ao da entrada do processo. Esta relação funciona corrigindo eventuais valores na saída que estejam fora dos valores desejados. Para tanto, são utilizados controladores que, a partir de algoritmos, circuitos digitais ou analógicos, comparam o valor atual da saída com o valor desejado (SILVEIRA; SANTOS, 1998).

Sobre outro ponto de vista, a automação é uma forma de se referir ao controle automático, ou seja, ações que não dependem da intervenção humana. No setor industrial, as práticas relacionadas à automação vêm sendo constantemente utilizadas desde o início, aplicadas principalmente na melhora da produtividade e qualidade de processos repetitivos, estando presentes no dia-a-dia das empresas para apoiar conceitos de produção tais como os sistemas flexíveis de manufatura (SANTIAGO, 2014).

Segundo Schmidt (2008), a automação industrial objetiva a substituição do homem no controle das máquinas por controles informatizados, aumentando a eficiência, qualidade e produtividade, com a redução de custos. Este processo de automação das indústrias contribui para o desenvolvimento da própria tecnologia, no sentido de que foram desenvolvidos equipamentos cada vez mais eficientes cujas ações seriam impossíveis de serem realizadas pela ação humana, de forma direta.

Para Rosário (2005), a automação industrial é o que poderia se chamar de tecnologia integradora de três áreas: a eletrônica, em que se tem o uso de um *hardware*; a mecânica, na forma de atuadores, e a informática, onde são feitas as programações das operações, o gerenciamento e a comunicação entre alguns elementos via rede de dados. Pode-se dizer que automação industrial oferece e gerencia as soluções, pois sai do nível do chão de fábrica e vai até o gerenciamento da informação (SILVEIRA; SANTOS, 1998).

Figura 1 – Pirâmide de Automação.



Fonte: Do Autor (2021).

O conjunto dessas áreas definem os sistemas automatizados que, para Moraes e Castrucci (2007), podem ser classificados em cinco níveis hierárquicos, conforme a Figura 1.

- **Nível 1: Sensores, atuadores e outros dispositivos de campo** - refere-se aos dispositivos e componentes encontrados no chão de fábrica, onde começa a coleta dos dados. Os dados aferidos ou detectados, como temperatura, posição, estado dos dispositivos, podem ser digitais ou analógicos, compartilhados horizontalmente, entre os dispositivos de campo, ou verticalmente, com o nível acima. As velocidades de transmissão de dados são de milissegundos. Exemplos desse nível são sensores digitais e analógicos, bombas, válvulas, motores e outros.

- Nível 2: Controle dos atuadores - engloba os controladores digitais, dinâmicos e lógicos, como os Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e as Unidades Terminais Remotas (do inglês *Remote Terminal Units* - RTUs). Os dispositivos do nível 2 são responsáveis por controlar, analisar e manipular os equipamentos do nível 1 e seus respectivos dados, sendo um dos principais integrantes da indústria 4.0. É útil armazenar informações na ordem de milissegundo ou segundos, para análises e relatórios complexos. No entanto, o nível 2 atualmente não tem grandes capacidades de armazenamento, por isso, os dados são transmitidos ao nível 3, no qual se decide onde armazená-los.
- Nível 3: Supervisão - nesse nível, os operadores monitoram, controlam e, se necessário, alteram os dados do processo por meio de interfaces de usuário. Os dados são armazenados em bancos de dados manipulados pela plataforma. Inclui sistemas SCADA, Painéis Eletrônicos de Operação (PEOs) e similares. Um *software* SCADA é capaz de monitorar, em tempo real, todos os controladores presentes no nível abaixo, podendo enviar pedidos e coordená-los, bem como solicitar dados para serem apresentados em tempo real ou para armazenamento.
- Nível 4: Gerenciamento de Planta – também chamado de nível de planejamento, este nível utiliza um ou mais sistemas de gerenciamento, conhecido em inglês como *Manufacturing Execution Systems* (MES) ou Sistemas de Execução de Manufatura. O MES monitora todo o processo de manufatura em uma planta ou fábrica, desde a matéria-prima até o produto acabado. Inclui informações sobre operações produtivas, logística, manutenção, qualidade e segurança. Também pode mostrar informações sobre produtos e processos. Ele ajuda os responsáveis por determinados setores da produção em sua tomada de decisão, fornecendo, por exemplo, análise de produção e gerenciamento de tempo de inatividade, para medir a eficácia geral do equipamento. Isso permite que a administração veja exatamente o que está acontecendo, e permite que eles tomem decisões com base nessas informações.
- Nível 5: Gerenciamento Corporativo - este nível consiste no sistema de gestão integrada da empresa, conhecido em inglês como *Enterprise Resource Planning* (ERP). Um sistema ERP rastreia recursos de negócios - matéria-prima, capacidade de produção, fluxo de caixa - bem como compromissos de negócios, como pedidos de compra e folha de pagamento. Nesse ponto, o sistema possui grande parte dos dados de todo o negócio, sendo geralmente composto por um conjunto de diferentes aplicativos que podem

acompanhar tudo o que está acontecendo dentro de uma empresa. Ele se beneficia de toda a tecnologia dos níveis anteriores, e mais alguns *softwares*, para realizar esse nível de integração. Isso permite que a empresa seja capaz de monitorar todos os níveis do negócio, desde a fabricação, vendas, compras, finanças e folha de pagamento, entre muitos outros, promovendo eficiência e transparência dentro de uma empresa.

2.1.2 SCADA

A Interface Homem Máquina é a interface entre o operador e o sistema controlado e supervisionado. Apresenta um sinóptico do sistema com os dados do processo e, geralmente, inclui controles onde o indivíduo pode interagir com a planta. É uma maneira fácil de padronizar o monitoramento de vários elementos que estão espalhados pelo chão de fábrica.

O termo SCADA se define como um sistema que permite supervisionar e controlar um processo produtivo ou instalação física, através da troca de informação entre às estações centrais e as estações remotas. Os sistemas SCADA melhoram a eficácia do processo de monitoramento e controle, fornecendo a informação oportuna para tomada de decisões operacionais apropriadas (PINHEIRO, 2006). Permitem a aquisição de dados dos processos industriais, com uma interface gráfica para interação entre o operador e o processo. As variáveis de processos podem ser acessadas em tempo real, armazenadas para fins de registro histórico e modificadas de forma a controlar a execução do processo (MORAES E CASTRUCCI, 2007).

O acrônimo SCADA foi utilizado pela primeira vez no início dos anos 70, para se referir aos sistemas de telemetria e controle, utilizados originalmente para medição de dados em sistemas ferroviários. Eram utilizados *switches* eletrônicos, junto às linhas ferroviárias, que permitiam a comunicação e envio das informações para a estação central (MOREIRA, 2011). À medida que as capacidades técnicas dos computadores, sistemas operacionais e redes melhoravam, o gerenciamento organizacional pressionava por um maior conhecimento do status em tempo real das operações da planta. Além disso, em organizações com várias operações geograficamente separadas, a aquisição, o controle e a manutenção remota de dados tornaram-se cada vez mais atraentes do ponto de vista de gerenciamento e custo.

Atualmente, os sistemas SCADA fornecem gerenciamento com dados em tempo real sobre as operações de produção; implementam paradigmas de controle mais eficientes, melhoram a segurança da planta e do pessoal e reduzem os custos de operação. Esses benefícios são possíveis pelo uso de *hardware* e *software* padrão em sistemas SCADA, combinados com

protocolos de comunicação aprimorados e maior conectividade com redes externas, incluindo a Internet. No entanto, esses benefícios possuem em contrapartida o aumento da vulnerabilidade a ataques ou ações errôneas de uma variedade de fontes externas e internas.

Segundo Moraes e Castrucci (2007), as etapas que devem compor o desenvolvimento de um Sistema Supervisório são: entendimento do processo a ser automatizado; escolha do sistema operacional, Windows ou Linux; elaboração da base de dados (variáveis); planejamento do banco de dados; planejamento dos alarmes; planejamento da hierarquia de navegação entre telas; desenho de telas; gráficos de tendências dentro das telas e planejamento de um sistema de segurança. Em geral, esta metodologia permite que a empresa consiga desenvolver e integrar um sistema SCADA a todas as áreas envolvidas no processo produtivo de forma eficaz.

2.1.2.1 Requisitos e desafios

Os principais desafios enfrentados pelos sistemas SCADA modernos, segundo Abbas (2014), são complexidade, escalabilidade, segurança, confiabilidade, flexibilidade, interoperabilidade e robustez.

- A complexidade tende a ser usada para caracterizar algo com muitas partes em um arranjo intrincado, ou seja, na qualidade de estar intrinsecamente combinado. O aumento do tamanho e da complexidade dos atuais sistemas SCADA, formado por várias estações em rede, levou à disponibilidade de uma grande quantidade de dados e informações de vários tipos. A complexidade do SCADA vem da adição de novos componentes, como computadores, estações de operação, redes e outros tipos de recursos.
- Escalabilidade é a capacidade de um sistema, rede ou processo de lidar com uma quantidade crescente de trabalho, ou seja, sua capacidade de ser ampliado sem dificuldades. Existe uma relação entre escalabilidade e complexidade: quanto maior o sistema, mais complexo ele será. Os sistemas SCADA historicamente se distinguem de outros sistemas de controle industrial por serem processos de grande escala que podem incluir vários locais e grandes distâncias. Os *softwares* SCADA devem ser escalonáveis, no sentido de que novos componentes ou interfaces de cliente, dispositivo que solicita comunicação com o servidor e exibe as telas, possam ser adicionados dinamicamente, sem afetar significativamente o desempenho do sistema ou necessidade de desligá-lo.

- Segurança é o grau de resistência ou proteção contra danos. Os sistemas SCADA enfrentam ameaças e geralmente possuem vulnerabilidades significativas. A mudança de tecnologias proprietárias para soluções mais padronizadas e abertas, juntamente com o aumento do número de conexões entre sistemas SCADA, redes de escritórios e a Internet, os tornou mais vulneráveis as ameaças que são relativamente comuns na informática convencional e suas redes associadas. Os sistemas SCADA não foram inicialmente planejados para operar dentro do ambiente corporativo, por isso estão em constante atualização para lidar com a exposição a vírus, *worms* e *malwares*.
- Confiabilidade é a probabilidade de um componente ou sistema, sob certas condições e tempo predefinido, realizar satisfatoriamente suas tarefas. O principal motivo da falha de um sistema SCADA é a falha da rede de comunicação. A confiabilidade do *software* deve ser aumentada no estágio de projeto, porque o custo para melhorar a confiabilidade após a implantação geralmente é mais alto.
- O aumento da flexibilidade do sistema de informação pode ser alcançado com uma infraestrutura flexível e sistemas de aplicativos adaptáveis. Flexibilidade significa que o sistema SCADA não é uma conexão ponto a ponto, de caminho fixo, mas que pode ocorrer entre quaisquer dois (ou mais) pontos a qualquer momento.
- Interoperabilidade é uma propriedade que se refere à capacidade de diversos sistemas e organizações trabalharem juntos. A capacidade de comunicar, executar programas ou transferir dados entre várias unidades funcionais, de uma maneira que requer que o usuário tenha pouco, ou nenhum conhecimento das características únicas dessas unidades. A interoperabilidade pode ser alcançada através do uso de padrões e especificações acordados.
- Robustez é a capacidade de um sistema computacional de lidar com erros durante a execução ou a capacidade de um algoritmo de continuar a operar, apesar de anormalidades na entrada, cálculos, etc. Nunca se deve tomar qualquer equipamento eletrônico como sendo livre de falhas, de forma que é importante garantir que os sistemas sejam projetados com o máximo de redundância possível, incluindo alguns níveis adicionais de tolerância a falhas.

2.1.2.2 Principais elementos de um sistema SCADA

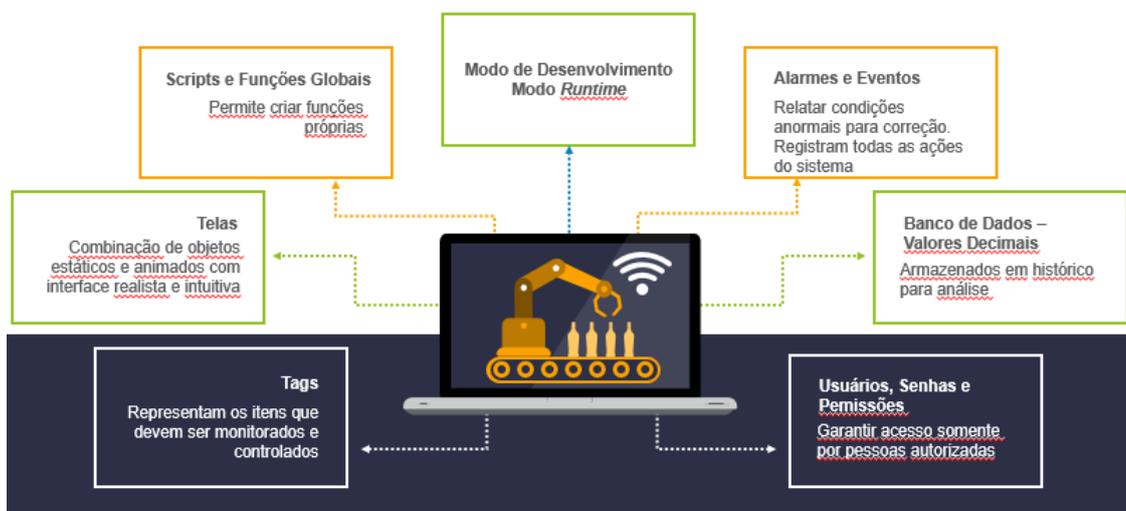
Moraes e Castrucci (2007) afirmam que a maioria dos *softwares* de supervisão trabalham em dois modos: Modo de Desenvolvimento – é o ambiente no qual criam-se as telas, os objetos, as animações e desenvolve-se toda a lógica operacional; Modo *runtime* – é o ambiente no qual aparecem as animações, que foram criadas no ambiente de desenvolvimento e no qual se dará a comunicação com os CLPs ou componentes de campo, durante o funcionamento da planta.

O objetivo principal dos sistemas SCADA é propiciar uma interface de alto nível entre o operador e o processo, informando-o em tempo real de todos os eventos de importância da planta. Incluem todas as funções de monitoramento do processo tais como objetos animados, gráficos de tendência de variáveis analógicas e digitais, relatórios em tela e impressos, etc.

Para Salvador e Silva (2005), o *software* de supervisão é o responsável por receber as informações dos módulos de controle e aquisição de dados em campo, distribuindo e coordenando o fluxo dessas informações para os demais módulos, ou seja, uma boa comunicação com equipamentos de campo é fundamental para um bom funcionamento de um sistema de supervisão.

A seguir, estão algumas características e funcionalidades presentes nestes *softwares* (Figura 2).

Figura 2 – Elementos de um sistema SCADA.



Fonte: Do Autor (2021).

2.1.2.2.1 Tags

As variáveis em um *software* de supervisão são denominadas tags. Elas armazenam os dados recebidos da comunicação com os dispositivos de chão de fábrica, os resultados de cálculos e funções ou mesmo dados inseridos pelos próprios usuários. São um componente central do projeto, por representarem os itens cujas propriedades devem ser monitoradas e controladas. Podem ser usadas para exibir informações em telas, páginas da Web, para manipular objetos, controlar tarefas, plotar gráficos e criar alarmes. Cada tag possui uma variedade de atributos, um nome único e um tipo de dado. As tags podem armazenar dados como o nível de um tanque, temperatura, status de uma comunicação, posição de uma chave, abertura de uma válvula ou outros valores, em tempo real.

2.1.2.2.2 Telas

As telas são usadas para criar e definir janelas, gráficos, animações, layout e a aparência dos elementos que representam o processo produtivo. Elas possuem diversos objetos que são atualizados dinamicamente. Esses objetos são construídos a partir de elementos gráficos como retas, círculos, retângulos, elipses, bitmaps, *freelines*, *polylines*, textos, símbolos, tubos, etc. Uma vez prontos, costumam ser armazenados em bibliotecas para serem usados em todas as áreas da planta. Posteriormente, podem ser animados para mudar de aparência de acordo com as mudanças no valor de sua tag, representando as informações do processo. Cada tela geralmente é formada por uma combinação de objetos estáticos e animados. As capacidades gráficas do sistema SCADA são um fator crítico em sua usabilidade geral, pois as telas devem permitir uma interface de operação realista e intuitiva.

2.1.2.2.3 Scripts e Funções globais

Muitos sistemas de supervisão apresentam linguagens de programação que permitem aos engenheiros criar suas próprias funções, associando sua execução à ocorrência de algum tipo de evento, aumentando a flexibilidade do *software*. É um recurso avançado para tratar algum cenário incomum ou qualquer outro comportamento exclusivo que as configurações tradicionais não possam alcançar.

2.1.2.2.4 Alarmes e Eventos

O objetivo principal de um alarme é informar o operador sobre um problema ou condição anormal ocorrida durante o funcionamento do processo, para que se realize ações corretivas, geralmente representando avisos de condições que podem causar problemas e exigem uma resposta do operador. Um alarme típico é disparado quando um valor de processo excede um limite definido pelo usuário, como um valor analógico excedendo um limite máximo, ou quando ocorrem erros de comunicação, por exemplo cada mensagem de alarme possui quatro estados: 1) normal, quando não há condição anormal e o alarme não está ativo; 2) ativo, quando a condição anormal foi detectada; 3) reconhecido, quando a mensagem foi reconhecida por um usuário (a condição anormal ainda está presente) e 4) eliminado, quando a condição anormal não está mais presente, mas a condição anormal anterior ainda não foi reconhecida. Por sua vez, os eventos representam mensagens normais de status do sistema e não requerem uma resposta do operador. Em geral, as plataformas do desenvolvimento permitem que todas as ações iniciadas ou atividades internas sejam registradas através de eventos. Um evento pode ser qualquer alteração de tag, geração de relatórios ou receitas, abertura e fechamento de telas, *logon* e *logoff* do sistema de segurança e assim por diante. Os eventos podem ser usados, por exemplo, para monitorar os ciclos de *start-stop* em um equipamento, para determinar o período de manutenção. Inclusive, o editor de eventos pode fornecer ferramentas para definir as ações a serem executadas em resposta a eventos. Em geral, evento pode invocar várias ações ou uma ação pode ser invocada por vários eventos.

2.1.2.2.5 Banco de Dados - Valores Decimais

O sistema de tendência é usado para melhor entender o desempenho da planta. As tendências são baseadas em data, hora e valores amostrados, oferecendo a flexibilidade de exibir as informações que melhor se adaptam à aplicação. Com o histórico de tendência configurado para coletar dados do processo, é possível revisar o desempenho de seus elementos, permitindo avaliação para tomadas de decisão, prevenção de futuras falhas, o arquivamento de variáveis para atender às regulamentações federais, o monitoramento da eficiência dos atuadores, controle das manutenções, etc. Quando uma tendência é exibida pela primeira vez, os valores em tempo real são apresentados sendo as curvas posteriormente atualizados a medida em que novos valores são amostrados.

O usuário pode definir quais variáveis devem ser amostradas pelo sistema e, para cada situação, quais das variáveis registradas devem ser exibidas simultaneamente em uma mesma tela, sendo que o número de tags possíveis em cada uma depende da plataforma de desenvolvimento. Um cursor gráfico vertical geralmente pode ser movimentado, fornecendo a leitura dos pontos onde o cursor intercepta as curvas. Outros recursos interessantes são a paginação horizontal do gráfico, para visualização dos pontos passados, e também o zoom horizontal e vertical para ampliação de parte do gráfico selecionada por uma janela de edição.

Outra funcionalidade relacionada à capacidade de armazenar dados é produzir relatórios de produção ao final de um turno, dia ou mês. Os relatórios de produção, incluindo os de balanço de massa ou energia, demonstram quanto uma determinada planta produziu, quanto consumiu de insumos, etc. Os relatórios de monitoramento de equipamentos dizem quando cada um parou, por que parou e por quanto tempo ficou parado.

O usuário deve definir as variáveis que farão parte do relatório e o seu período de abrangência. A armazenagem de um dado pode estar vinculada a um evento e não apenas a um horário. Por fim, deverá ser definido o formato do relatório e o instante de sua impressão (final do turno, dia, etc.).

2.1.2.2.6 Usuários, Senhas e Permissões

Os procedimentos de segurança devem garantir que o sistema seja confiável e controlável e que uma falha de segurança não resulte em consequências desastrosas. Os procedimentos de segurança nos sistemas corporativos são implementados com o objetivo de garantir que as informações e o comando dos atuadores só serão compartilhados por pessoas autorizadas.

Diversas são as providências que podem ser tomadas para evitar os efeitos que as explorações das vulnerabilidades de segurança podem causar. Pode-se citar o desenvolvimento e a implementação de uma política de segurança; a instalação de mecanismos contra códigos maliciosos; armazenamento e análise de login; utilização de criptografia; realização de treinamentos dos funcionários; backups; utilização de firewall; utilização de sistemas de detecção de intrusos, e criação de uma equipe de análise e resposta a incidentes de segurança.

Os acessos dos usuários podem ser configurados para que haja limite de acesso a telas e informações. Geralmente essas restrições/ privilégios são associadas ao login e senha criados para cada operador.

2.2 Plataformas de Desenvolvimento AVEVA/ Schneider

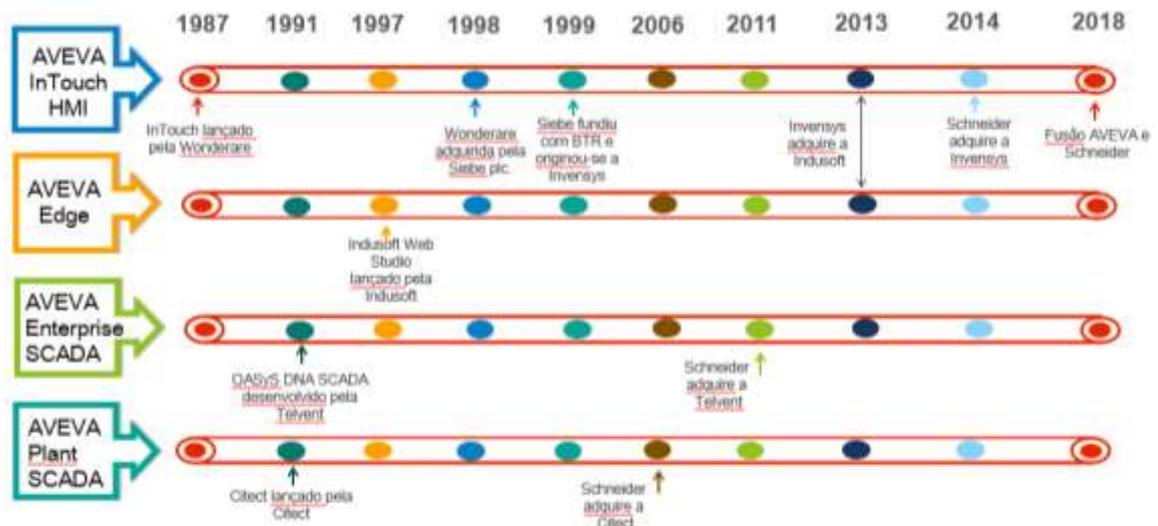
A AVEVA Group é uma multinacional de *softwares* com sede em Cambridge, Inglaterra, fundada em 1967. Desenvolve programas para organizações industriais que gerenciam processos operacionais complexos, com a finalidade de permitir uma tomada de decisão rápida e precisa, ajudando as indústrias a impulsionar a produção e a sustentabilidade.

Seu portfólio abrange soluções de desempenho industrial, com especialidade em engenharia, operações e performance. Possui 4.400 funcionários em 80 localidades em mais de 40 países. Faz parte do Financial Times Stock Exchange 100 Index, também chamado de FTSE 100 Index. Um índice de ações das 100 empresas com o maior mercado de capitalização listadas na Bolsa de Valores de Londres.

Em 2018, a AVEVA e a Schneider Electric, multinacional francesa de produtos e serviços para distribuição elétrica, controle e automação, realizaram a fusão de seus ativos de *software* (Figura 3). O objetivo desta fusão foi criar um novo líder mundial em *software* para digitalização de instalações industriais, englobando desde a simulação até o gerenciamento de operações de fabricação em tempo real.

Em março de 2021, a AVEVA anunciou a aquisição da empresa OSIsoft, para acelerar a transformação digital no mundo industrial. A combinação ajudará as empresas a serem mais sustentáveis, a reduzirem custos e a obterem insights mais aprofundados baseados em dados.

Figura 3 – Aquisições da empresa Schneider Electric ao longo dos anos.



Fonte: Do Autor (2021).

2.2.1 AVEVA InTouch HMI

O AVEVA InTouch HMI, conhecido no passado somente como InTouch, é um *software* SCADA originalmente criado pela empresa californiana Wonderware. A ideia inicial era auxiliar os operadores a monitorarem a planta, a partir de uma interface semelhante à de um videogame: divertida e interativa. O sistema foi lançado no mesmo ano em que a empresa foi fundada, em 1987, sendo o primeiro sistema IHM desenvolvido para Windows.

Em 1998, a Wonderware foi adquirida pela Siebe plc., uma empresa britânica, fundada em 1819. Seus primeiros negócios eram voltados para engenharia naval e trajes de mergulho. Em 1999, a empresa Siebe se fundiu com o grupo BTR, dando origem a Invensys.

A Invensys atuava com *softwares*, automação industrial, controles de energia e *appliance*. Seu portfólio contava com produtos como o Triconex, Skelta e SimSci. Em setembro de 2013, com o objetivo de ampliar sua oferta de *softwares* HMI e SCADA, a Invensys, adquiriu a Indusoft, uma empresa de Austin, Texas, fundada em 1997. Em janeiro de 2014, a empresa foi adquirida pela Schneider Electric e seu nome foi encerrado. Com a compra, o então, Indusoft Web Studio, se tornou AVEVA Edge.

O AVEVA InTouch HMI abrange mercados como indústria de alimentos, automotiva, petróleo e gás, farmacêutica e outras. Inclui controles ActiveX, *Object Linking and Embedding* (OLE), gráficos, tendência, relatórios e acesso via web. Ele fornece interfaces *Open Platform Communications* (OPC) nativas, como OPC UA (Cliente / Servidor), OPC DA (Cliente / Servidor), OPC XML (Cliente), OPC .NET (Cliente) e OPC HDA (Servidor), sendo que as tecnologias OPC UA e OPC DA também oferecem configuração de redundância.

O produto conta com opções ilimitadas de clientes Web, por meio das extensões InTouch Web Client, um aplicativo móvel para tablets e smartphones Android ou iOS, disponível em diversos idiomas; e InTouch Access Anywhere, que fornece acesso aos aplicativos InTouch por meio de qualquer navegador compatível com HTML5, ideal para monitores ao redor das instalações da planta. Tais extensões permitem aos usuários remotos obter, com segurança, a visibilidade dos dados da planta (gráficos, desempenho, alarmes, tendências) de qualquer local. Os recursos de segurança incluem integração com autenticação do Microsoft Windows, *Active Directory*, Criptografia, *Secure Sockets Layer* (SSL) e Firewall.

2.2.1.1 Módulo de Gerenciamento de Tags

As tags do AVEVA InTouch HMI são definidas como do tipo “memória” ou do tipo “E/S”. As tags do tipo “memória” são usadas nos processos internos do sistema, e as tags “E/S” são as que leem ou escrevem valores de ou em uma fonte externa. O Tagname Dictionary (banco de dados *runtime*) contém o valor atual de todas as tags. As tags E/S podem ser reais, booleanas, analógicas e de mensagem. O *software* também conta com tags indiretas, que servem como ponteiro para outras tags; as tags HistTrend, que armazenam os dados para tendência; tags de ID, usadas para monitorar eventos, e SuperTags, modelo para criação de tags com as mesmas características. O AVEVA InTouch HMI oferece conexão com CLPs dos fabricantes OMRON, GE FANUC, Siemens, Allen-Bradley, Modbus, Profibus, Device Net, ControlNet, Interbus, Beckhoff e outros.

2.2.1.2 Módulo de Desenvolvimento de Telas

WindowViewer é a interface usada para os usuários visualizarem e controlarem os processos no InTouch. Ele executa scripts, faz interface com o gerenciador de alarme, com o sistema de recuperação e armazenamento de dados históricos, cria animações, vincula e exibe dados de tags, exibe gráficos e textos. Os menus do WindowViewer e a barra de título podem ser ocultados, oferece diferentes idiomas e opção de criação de pastas para gerenciar e agrupar os processos. É permitida a incorporação de assistentes e a importação de funcionalidades como navegadores, reprodutores de mídia, bitmaps, streaming ao vivo de câmeras e outros controles ActiveX e .NET. A biblioteca do WindowViewer conta com mais de 1.000 objetos animados que podem ser girados dinamicamente com os pontos de rotação personalizados. Outros elementos gráficos também podem ser armazenados na biblioteca, para uso futuro. Os projetos podem ser desenvolvidos em vários idiomas como inglês, português, alemão, francês, russo, chinês e espanhol, ou com o uso de ferramentas de tradução para mudar o *runtime* para qualquer idioma.

2.2.1.3 Módulo de Gerenciamento de Scripts e Funções Globais

QuickScript é a linguagem de script usada no AVEVA InTouch HMI, muito semelhante à linguagem Texto Estruturado (*Structured Text – ST*), similar ao Pascal, que segue a norma IEC611-31. Os códigos produzidos com o QuickScript são orientados a evento. A linguagem VBScript também é aceita. As duas podem ser usadas juntas, nos scripts. Os scripts são divididos com base no que o faz ser executado, algumas possibilidades são: scripts do aplicativo, de janela, de teclas, de ação e de eventos. Os scripts do AVEVA InTouch HMI podem incluir objetos embarcados, do tipo OLE e controles ActiveX. Os objetos OLE podem ser usados para produzir números aleatórios, criar caixas de diálogo, ler e gravar nos registros e outros. Widgets personalizados escritos em JavaScript, HTML5 e *Cascading Style Sheet* (CSS) podem ser integrados ao projeto.

2.2.1.4 Módulo de Armazenamento de Mensagens de Alarmes e Eventos

O AVEVA InTouch HMI Alarm Client oferece a opção para que os operadores adicionem comentários aos alarmes quando reconhecidos e pode exigir um reconhecimento quando a condição do alarme já passou. Isto garante que um operador esteja ciente dos eventos que causaram um estado de alarme temporário, mas que retornou ao normal. O Alarm Client exibe e reconhece alarmes de qualquer estação AVEVA InTouch HMI em uma rede e permite que vários grupos de alarmes, em diferentes computadores, sejam acessados por meio de um único nome. Seus objetos de exibição são configuráveis e é possível rastrear os itens que entraram em condição de alarme por meio de uma lista desses itens, exibindo também o histórico dos alarmes e eventos registrados no banco de dados com opção de filtro. Os alarmes podem ser agrupados e identificados por hierarquias e, assim como os eventos, podem ser enviados por e-mail ou impressos. O AVEVA InTouch HMI usa o SQL Server como banco de dados de alarme.

2.2.1.5 Módulo de Armazenamento de Valores Decimais

O AVEVA InTouch HMI oferece dois tipos de exibição de tendência: tempo real e histórico. Ambas podem ser configuradas para exibir representações gráficas de tags ao longo do tempo. As tendências em tempo real permitem a representação gráfica de até quatro tags e as tendências históricas de até oito tags. Se necessário, um pacote opcional com 16 tags está disponível e pode ser adquirido separadamente. É possível configurar as tendências por

intervalo de tempo, intervalo de valor, resolução de grade e outros, e não há limite para a quantidade de janelas de tendência exibidas em uma mesma tela. É possível aplicar zoom, exibir a média, o desvio padrão e valores de máximo e mínimo. Também conta com o HistData, sistema que permite exibir informações de diversos bancos de dados sob a forma de histórico, em uma só janela de tendência. Ele pode converter do tipo arquivos *Log Históricos Criptografados* (.LGH) em arquivos separados por vírgula (.CSV), tornando possível exportar os dados para arquivos de texto ou Excel. As tags podem ser configuradas para que seus valores sejam armazenados em histórico se houver mudança de data, hora, frequência ou acionamento. E esses dados podem ser usados para se criar relatórios de diversos tipos, sendo possível exportá-los nos formatos RTF, XML, PDF, HTML e CSV.

2.2.1.6 Módulo de Gerenciamento de Usuários, Senhas e Permissões

AVEVA InTouch HMI fornece três modelos de segurança: Archestra, InTouch e segurança do sistema operacional. A diferença entre eles é onde os usuários e senhas são definidos. No modo InTouch, os usuários são configurados no WindowMaker – tela de desenvolvimento do projeto. No Archestra, os usuários são configurados no *software* Archestra *Integrated Development Environment* (IDE). Se usada a segurança do sistema operacional, os usuários e senhas serão os mesmo do Windows. Todos os usuários são classificados com ranges de níveis de acesso de 0-9999. Todos os modelos oferecem opções de bloqueio e restrição de visualização de telas, objetos, scripts, relatórios e todas as funções do InTouch. A plataforma também cria projetos em conformidade com a 21 CFR Parte 11, com rastreabilidade e assinaturas eletrônicas. Essa ferramenta é importante, principalmente para setores que trabalham com a regulamentação governamental 21 CFR (Código de Regulamentações Federais) Parte 11 da *Food and Drug Administration* (FDA) dos Estados Unidos, equivalente a norma RDC 301/2019 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) do Brasil. Além das características descritas, vale ressaltar que o sistema conta com comunicações criptografadas na web para SSL e HTTPS.

2.2.2 AVEVA Plant SCADA

O AVEVA Plant SCADA, no passado conhecido como Citect SCADA, é uma solução usada para gerenciar e monitorar processos de manufatura, produção primária, utilitários de

entrega e gerenciamento de instalações. A empresa Citect começou como uma subsidiária da Alfa Laval em 1973 e foi adquirida pelo grupo Schneider Electric em 2006.

Os 5 principais módulos do *software* são: o gerenciamento das comunicações dos dispositivos de E/S; monitoramento das condições de alarme; geração de relatórios; gráficos de tendência e, por fim, o módulo de exibição da interface da planta. O AVEVA Plant SCADA também inclui a instalação do servidor OPC da Schneider Electric, o *software* OFS.

O AVEVA Plant SCADA está disponível em uma arquitetura cliente-servidor, para configurações que variam de 75 tags a um número ilimitado. As licenças dos servidores são adquiridas de acordo com a quantidade de tags a serem processados e existe uma oferta de expansão para as licenças. Estações Client estão inclusas nas licenças ou podem ser inseridas. Elas são divididas em Control Client, que acessa o servidor por meio de uma conexão local; View-only Client (cliente somente visualização), visualiza o aplicativo, mas não controla o sistema; Web Client, controla por meio de um navegador da Web e Web View-only Clients (cliente somente visualização web).

2.2.2.1 Módulo de Gerenciamento de Tags

No AVEVA Plant SCADA existem as tags variáveis, de tendência e de controle estatístico de processo (*Statistical Process Control - SPC*). Elas precisam ser definidas com um tipo específico de dado. Os tipos mais comuns suportadas por dispositivos de E/S são binárias e inteiras, porém também são suportados tipos de dados real, string, byte, bcd, long e longbcd. Não há um número limite de tags e o *software* pode se comunicar com uma variedade de dispositivos de E/S, incluindo CLPs, controladores de malha única e sistemas de controle distribuído (*Distributed Control System – DCS*). Os dispositivos de E/S podem ser locais ou remotos. Os *drivers* permitem a comunicação com dispositivos por meio de vários protocolos, como Ethernet, TCP/IP e Serial. Exemplo de *drivers* disponíveis são Allen Bradley, Modicon, Siemens, Modbus, SNMP, Profibus, OPC, BACNet, EIB, IEC870-5.

2.2.2.2 Módulo de Desenvolvimento de Telas

O editor de telas gráficas do AVEVA Plant SCADA permite um desenvolvimento rápido, devido à variedade de objetos disponíveis. Associado a todos os objetos está um

conjunto comum de propriedades, permitindo que 28ao comportamento de todos seja diretamente vinculado às variáveis da planta. O movimento, rotação, tamanho, cor, preenchimento e visibilidade de qualquer objeto pode ser usado para representar de forma realista as condições do chão de fábrica, com uma variedade de cores que tornam a interface intuitiva e de fácil manuseio.

O *software* permite a importação de uma ampla variedade de tipos de arquivo, incluindo Windows 3.0 bitmaps (*.BMP, *.DIB, *.RLE), PCX format bitmaps (*.PCX), Text files (*.TXT), AutoCAD DXF Files (*.DXF), Windows metafiles (*.WMF), Encapsulated Postscript (*.EPS), Fax Image (*.FAX), Ventura Image (*.IMG), JPEG (*.JPG, *.JIF, *.JFF, *.JGE), Photo CD (*.PCD), Portable Network Graphic (*.PNG), Targa (*.TGA), Tagged Image Format (*.TIF), WordPerfect (*.WPG), ActiveX objects. Uma vez que o objeto foi importado, o *software* o vê como um objeto nativo, com todos os recursos de configuração e flexibilidade disponíveis.

2.2.2.3 Módulo de Gerenciamento de Scripts e Funções Globais

O ambiente de configuração do AVEVA Plant SCADA é formado por quatro programas independentes: Citect Explorer, Editor de Projetos, Editor Gráfico e Editor do Cicode/ Visual Basic Applications (VBA). O Citect Explorer permite criar e gerenciar os projetos. Ele é o aplicativo que controla a configuração do projeto, de onde se executa o Editor de Projeto, o Editor Gráfico e o Editor do Cicode/VBA.

O AVEVA Plant SCADA oferece as linguagens de programação Cicode e CitectVBA para controlar e manipular seus componentes. O Cicode é uma linguagem de programação simples, projetada para aplicações de monitoramento e controle de plantas. É semelhante ao Visual Basic ou 'C', oferecendo suporte a recursos avançados como multitarefa preventiva, multithreads e chamadas de procedimento remoto. O CitectVBA é uma linguagem de script básica, compatível com VBScript. Multithread, fornece suporte nativo para objetos ActiveX, CitectSCADA Variable Tags e Alarm Tags, tornando a manipulação de objetos ActiveX mais fácil e permitindo a interação direta com aplicativos de terceiros, como Word, Excel, etc. Os compiladores, editores de código-fonte e depuradores do Cicode e CitectVBA são integrados.

2.2.2.4 Módulo de Armazenamento de Mensagens de Alarmes e Eventos

No AVEVA Plant SCADA, existem os alarmes de *hardware*, que estão totalmente integrados e são executadas na rotina contínua de diagnóstico realizada pelo *software* para verificar a sua própria operação e equipamentos periféricos, como dispositivos de E/S. E existem os alarmes que necessitam de configuração e servem para relatar condições indesejáveis na planta.

A precisão de milissegundos ajuda a determinar as relações de causa e efeito entre os alarmes. O AVEVA Plant SCADA exibe alarmes em telas dedicadas e, os alarmes mais recentes, são visíveis em todas as telas. Qualquer Citect Control Client pode exibir e reconhecer alarmes. Isso elimina o processamento duplicado, garantindo que os alarmes sejam reconhecidos em todo o sistema. Os alarmes podem ser organizados por cor, origem, de acordo com as prioridades, categorias ou horário de ocorrência. São divididos entre digitais, analógicos, avançados, multi-digitais, e Time Stamped (com hora registrada).

Outras características do AVEVA Plant SCADA relacionado a este mérito são:

- Alarmes analógicos, digitais, controle estatístico de processo e personalizados;
- *Hardware* integrado / alarmes de diagnóstico;
- Resolução em milissegundos;
- Formatos de exibição configuráveis;
- Resumo / registro de histórico;
- O filtro é personalizável usando propriedades de alarmes;
- Reconhecimento a partir de vários computadores da rede;
- Exporta e importa dados nos formatos ODBC, DBF, CSV e ASCII;
- Suporte para alarmes baseados em RTUs.

2.2.2.5 Módulo de Armazenamento de Valores Decimais

O AVEVA Plant SCADA possui a tela Process Analyst, para análise visual dos dados. O usuário pode filtrar os dados desejados e salvar a configuração usada para uso posterior. As análises podem ser geradas periodicamente ou quando ocorre um evento. Essa análise é importante para identificar a causa de possíveis distúrbios no processo. O *software* contém uma série de modelos de tendências já salvos. Os dados podem ser salvos em arquivos RTF ou ASCII, ou em bancos de dados no formato dBASE e SQL. Duas tendências podem ser exibidas em telas separadas, ou sobrepostas em uma mesma tela, para comparação. Um grupo de

tendência (*trend groups*) pode mostrar um conjunto de dados de até 8 tags. Os relatórios gerados podem ter os formatos RTF, TXT e DBF.

2.2.2.6 Módulo de Gerenciamento de Usuários, Senhas e Permissões

A segurança do AVEVA Plant SCADA é baseada em alguns conceitos como: áreas - uma seção da planta; privilégios - nível de acesso aplicado aos elementos do projeto; funções - conjunto definido de permissões (privilégios e áreas) que são atribuídas aos usuários e, por último, usuários - uma pessoa ou grupo que precisa acessar o sistema. É possível definir até 255 áreas separadas e fornecer aos operadores o controle de uma, de várias ou de todas as áreas da planta. Para proteger os projetos de modificações por pessoal não autorizado, o AVEVA Plant SCADA permite que estes sejam executados como "somente leitura". O View-only Client (cliente somente visualização) é capaz de visualizar todas as informações dentro do sistema SCADA, mas não grava ou altera qualquer variável ou objeto. O servidor Web é protegido por firewall e senhas criptografada, sendo que a AVEVA indica que a rede SCADA seja isolada, para evitar ataques cibernéticos, juntamente com VPN (*Virtual Private Network* – Rede Privada Virtual).

2.2.3 AVEVA Edge

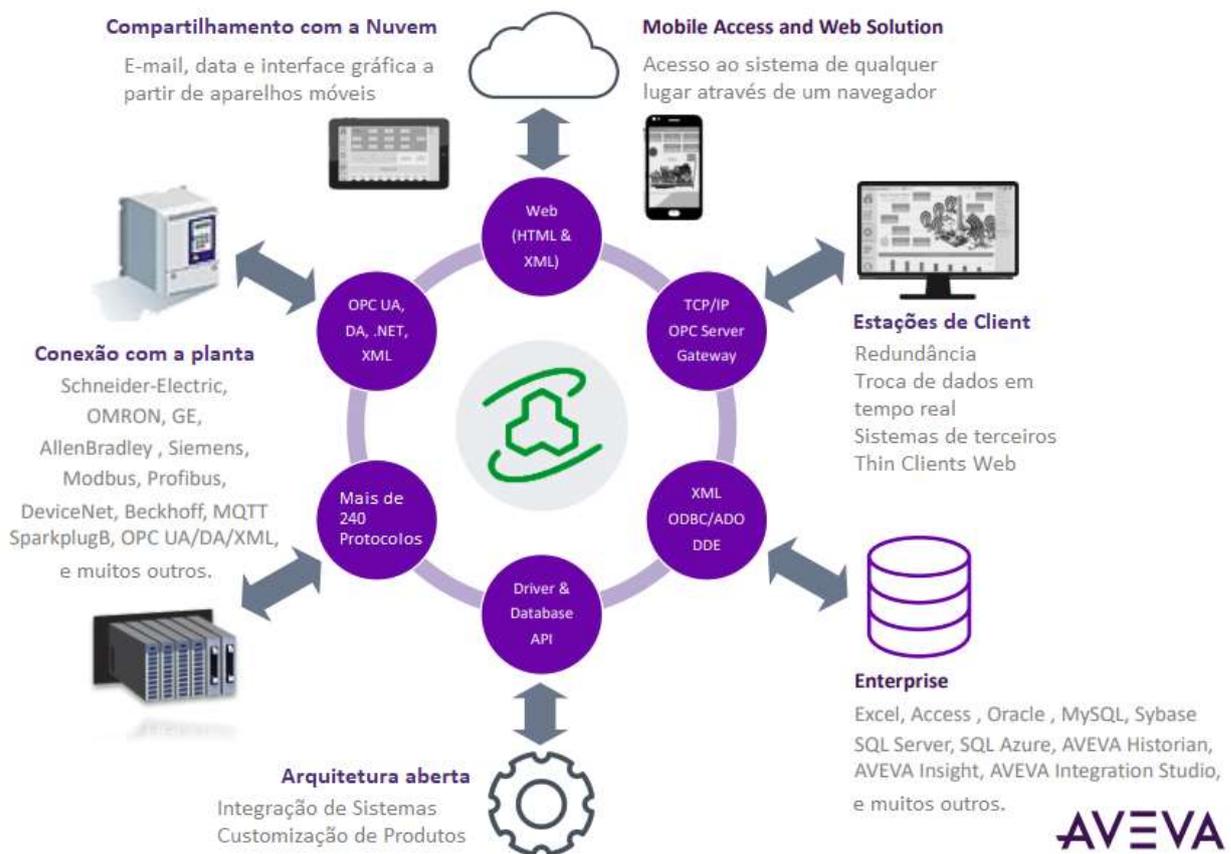
O AVEVA Edge foi criado pela empresa Indusoft, em 1997, com nome original Indusoft Web Studio. Um *software* SCADA para o desenvolvimento de aplicações em automação industrial, instrumentação e sistemas embarcados, em Windows, Linux e VxWorks. De 2010 a 2013 e de 2016 a 2020, o *software* levou o prêmio *Software HMI* da *Engineers 'Choice Awards*, da revista *Control Engineering*. Em 2013, além dessa categoria, ele também recebeu o prêmio principal em Aplicativos de *Software* e Monitoramento (concedido ao InduSoft *Business Intelligence Dashboard Template*) e Aplicativos Móveis para Controle, Automação, Instrumentação (concedido ao InduSoft Mobile Access).

O pacote de *software* compreende vários componentes individuais que podem ser instalados em diferentes plataformas para executar diferentes funções. É projetado para diversos clientes como InduSoft Web SCADA, InduSoft Web *Embedded* HMI (para sistemas embarcados), InduSoft Web *Compact* HMI (para sistemas operacionais Windows CE), InduSoft Web IoT View (para dispositivos Linux), e *Mobile Access Thin Clients* (para sistema

com conexão TCP/IP). Até 1000 *Thin Clients* simultâneos são suportados. Cada um pode fazer login como um usuário diferente, em uma tela diferente e em um idioma diferente (Figura 4).

Possui opção para arquitetura redundantes e inclui mais de 240 *drivers* embutidos para os principais fabricantes de CLPs. Além do suporte por meio dos *drivers* mencionados, o produto também oferece suporte a OPC. As licenças estão disponíveis por número de tags e sistema operacional usado. Para Windows, as tags variam de 150 até 10 milhões de unidades. Para sistemas Windows IoT, Windows *Embedded Compact* e Linux, as tags variam de 150 até 4 mil unidades.

Figura 4 – Configuração AVEVA Edge.



Fonte: AVEVA (2021) – MODIFICADA.

2.2.3.1 Módulo de Gerenciamento de Tags

As tags do AVEVA Edge são divididas nas categorias “projeto”, “banco de dados” e “sistema”. As tags da categoria “projeto” são criadas pelo usuário, como tags de controle ou tags auxiliares, para executar cálculos matemáticos. As tags da categoria “banco de dados” são

tags importadas de outro banco de dados, criadas em outro sistema. E, as tags da categoria “sistema” são tags somente leitura, com funções predeterminadas, como tags com a data atual ou hora. O sistema registra qualquer alteração que ocorra no valor de uma tag, juntamente com a data e a hora da alteração. As tags podem ser do tipo binária, inteira, real e string, formar classes e *arrays* ou serem utilizadas de forma indireta, funcionando como ponteiros, ou seja, apontando para o valor de outra tag. Uma mesma tag pode ser usada para mais de um objeto ou atributo. O *software* permite comunicação com os *drivers* e protocolos da Allen-Bradley, Siemens, GE-Fanuc *Open Database Connectivity* (ODBC), *Dynamic Data Exchange* (DDE), NetDDE, OPC, TCP/IP, Modbus, Profibus, interbus, ASCII e Device Net.. Fornece integração com pacotes de controle como ISaGRAF, SteepleChase, Think & Do, OpenControl, FP Control e ASAP.

2.2.3.2 Módulo de Desenvolvimento de Telas

O AVEVA Edge permite criar projetos para monitorar processos usando telas coloridas de elevada resolução. Pode-se usar animações para criar objetos gráficos dinâmicos ou símbolos. A sua biblioteca conta com 100 objetos disponíveis. Objetos que aparecem repetidamente em diversas telas podem ser modificados uma única vez, bastando agrupar as janelas e editar o objeto. O AVEVA Edge conta com Editor de Gráficos Industriais Integrado, sendo possível editar e importar Gráficos Industriais de outros produtos AVEVA e integrá-los no projeto. O AVEVA Edge aceita que sejam adicionados funcionalidades como navegadores, reprodutores de mídia, gráficos e outras ferramentas nos padrões de interface ActiveX e .NET. Os widgets personalizados JavaScript, HTML5 e CSS podem ser usados para expandir e aprimorar a interface gráfica.

2.2.3.3 Módulo de Gerenciamento de Scripts e Funções Globais

Três linguagens de script são suportadas no AVEVA Edge: funções integradas do AVEVA, *Industrial Graphics Quick Script* e VBScript padrão. As linguagens podem ser usadas simultaneamente para fornecer a funcionalidade desejada, sendo que a linguagem do AVEVA possui mais de 400 funções para construção do projeto e permite programar as animações gráficas, os atributos da tela, as funções matemáticas e a agenda. A linguagem VBScript permite

comandos ActiveX e .NET e também a programação das variáveis globais de uma tela e suporta comunicação *Component Object Model* (COM).

2.2.3.4 Módulo de Armazenamento de Mensagens de Alarmes e Eventos

Os alarmes no AVEVA Edge podem ser separados por grupos de alarmes (planilhas) e configurados com características independentes, como cores de mensagem e registro em histórico. O cabeçalho da planilha informa as configurações aplicadas a todas as tags desse grupo e as ações a serem tomadas, e no corpo da planilha as mensagens são configuradas e as condições de alarme associadas às tags. Existe a opção de enviar uma mensagem por e-mail, automaticamente, usando formatos multimídias como PDF. Permite aos usuários acrescentar notas após o reconhecimento do alarme, sendo que a AVEVA Edge salva todos esses eventos em um arquivo de log.

2.2.3.5 Módulo de Armazenamento de Valores Decimais

O AVEVA Edge armazena as amostras de dados de alarmes, eventos e de outras configurações em um arquivo de histórico binário (* .hst) para posterior análise de tendência. Se preciso, pode-se importar/exportar os dados de/para qualquer banco de dados SQL, como o Microsoft Access, Excel ou de/para sistemas ERP (como o SAP). Os relatórios e receitas também podem ser importados e exportados no formato *Extensible Markup Language* (XML). O *software* suporta tendências verticais e horizontais, há opções de pintar ou preencher tendências, como elementos gráficos, para auxiliar na interpretação dos dados e ferramentas de zoom e escala automática. Não há limite de dados para formação de um gráfico.

2.2.3.6 Módulo de Gerenciamento de Usuários, Senhas e Permissões

O *software* atribui aos itens do projeto um nível de acesso de segurança dentro do intervalo entre 0-255 possíveis. Quase todos os itens em um projeto - objeto de tela, animação de objeto, tela de projeto, planilha de tarefa - podem ser atribuídos a um nível. Cada grupo de usuários é configurado com intervalos de níveis para acesso ao sistema. Também é necessário inserir login e senha a cada acesso. É possível importar usuários e grupos predefinidos de outros projetos que tenham servidor compatível com *Lightweight Directory Access Protocol* (LDAP).

Assinaturas eletrônicas podem ser requeridas para autenticação. O AVEVA Edge oferece suporte a quatro modos de segurança:

- *Local Only* (modo padrão para a maioria dos projetos): usuários e grupos são criados no ambiente de desenvolvimento do projeto. Se aplicam apenas ao projeto para o qual foram criados.
- *Distributed (Server)*: usuários e grupos têm acesso, além do modo Local Only, a outros servidores na mesma rede.
- *Distributed (Client)*: O projeto obtém toda a configuração do sistema de segurança de outro projeto na mesma rede. O projeto armazena em cache essa configuração e pode continuar a ser executado.
- *Domínio (LDAP)*: Quando este modo é selecionado, o projeto obtém seus usuários e grupos de um servidor de domínio compatível com LDAP, como o Microsoft *Active Directory* (para Windows) ou OpenLDAP (para Linux). Apenas os nomes de usuário, senhas e associações de grupo são obtidos do domínio; direitos específicos para cada grupo devem ser configurados dentro do projeto.

2.2.4 AVEVA Enterprise SCADA

O *software* AVEVA Enterprise SCADA, originalmente OASyS DNA SCADA, foi desenvolvido em 1991, pela Telvent. A Telvent era uma empresa espanhola de tecnologia da informação e automação industrial para dutos, concessionárias de energia, tráfego, agricultura e indústrias de monitoramento ambiental. Fundada em 1940 e encerrada após a aquisição pela Schneider, em 2011.

O AVEVA Enterprise SCADA é uma plataforma de controle em tempo real com arquitetura aberta e possibilidade de redundância. É indicada para supervisionar dutos, que operam na distribuição de petróleo e gás. Esse sistema de gerenciamento de dutos combina funcionalidades de um sistema SCADA com aplicativos em tempo real específicos para a indústria de petróleo e gás, detecção de vazamento baseada em host e fluxo e histórico medição. Tal combinação fornece aos operadores controle e supervisão em tempo real das operações de dutos; medição precisa de fluxo, volume e níveis, para garantir a contabilidade do produto; detecção e localização de vazamentos de dutos, incluindo tempo, volumes e distâncias; sistemas de segurança integrados para pessoal, meio ambiente e infraestrutura, usando sistemas de

vigilância por vídeo, controle de acesso e detecção de intrusão; operações seguras por meio de sistemas de instrumentação e segurança e sistema de gerenciamento de energia para visualizar e otimizar seu consumo.

Por padrão, o AVEVA Enterprise SCADA, oferece conectividade ODBC, XML, *ActiveX Data Objects* (ADO), *Java Database Connectivity* (JDBC), OLEDB, SQL, TCP/IP, COM, JAVA e *Simple Object Access Protocol* (SOAP). Oferece também medição e totalização de fluxo atualizados por minuto; calcula e monitora o volume conduzido nos dutos, valores armazenados em tanques, os perfis hidráulicos e o desempenho dos compressores e das bombas. Detecta e localiza vazamentos que podem ser causados por fadiga, corrosão, falha de equipamento e roubo, usando uma combinação de métodos, cálculos de balanço de massa ou cálculos de queda de pressão.

Responde a diversos órgãos e leis federais e municipais dos Estados Unidos e da China, que pressionam por padrões mais elevados de qualidade da água, energia acessível e distribuição bem administrada para sustentar o ambiente natural. Alguns exemplos de órgãos reguladores são a Administração de Segurança de Materiais Perigosos e Tubulações (PHMSA) dos Estados Unidos, Grupo de Trabalho de Gerenciamento de Alarmes API 1167 do comitê americano, comitê americano de gerenciamento de alarmes AGA, certificação TCSP da China, lei de tubulações, práticas recomendadas de exibição API 1165 e gerenciamento da sala de controle e alarmes API RP 1168 do comitê americano.

2.2.4.1 Módulo de Gerenciamento de Tags

A plataforma inclui uma coleção de protocolos de comunicação mais populares, oferecendo conectividade com diversos dispositivos como RTUs, CLPs e Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (em inglês *Intelligent Electronic Device* – IED). O *Tag Expiry* permite a criação de tags e a atribuição de prioridades, podendo ser permanentes ou com data e hora de expiração. Quando a tag atinge seu tempo de expiração configurado, um alarme é gerado para notificação. Pode-se então estender, tornar permanente ou excluir a tag expirada.

2.2.4.2 Módulo de Desenvolvimento de Telas

As telas são desenvolvidas no *Extended Editor* (XE) e visualizadas no *Extended Operator Station* (ezXOS). O XE conta com recurso arrasta e solta, combinações de cores,

gráficos, biblioteca de símbolos para indústria, animações e formatação de dados em tempo real. A plataforma possui objetos para criação de telas que estão em conformidade com as diretrizes da *American Petroleum Institute (API) Recommended Practice (RP) 1165* e da *Abnormal Situation Management (ASM) Consortium*. A prática recomendada RP 1165 trata sobre o projeto e implementação das telas usadas para exibição, monitoramento e controle dos dutos nos *softwares* SCADA. A intenção é fornecer exemplos e melhores práticas para técnicas de exibição, sendo uma complementação, não substituindo outras técnicas e procedimentos ou padrões já usados pelas empresas. Ela auxilia as empresas de pipeline, e os desenvolvedores de sistemas SCADA, na identificação de itens como *hardware*, navegação, cores, fontes, símbolos, entrada de dados e técnicas de controle e seleção para que sejam universalmente compreensíveis. Todos os sistemas SCADA desse tipo devem utilizar os Sistemas de Informação Geográfica (do inglês *Geographic Information Systems – GIS*) para coletar, gerenciar e analisar os dados que são apresentados. O *software* permite salvar telas de exibição preferidos para uso pessoal durante um turno ou compartilhados com outros usuários.

2.2.4.3 Módulo de Gerenciamento de Scripts e Funções Globais

A plataforma oferece suporte para sripts nos frameworks .NET, VB.net, ActiveX e Visual Studio. Além disso, duas funções de destaque do AVEVA Enterprise SCADA são a *Jitter Smoothing* e a *RealTime Flow Total*. A função *Jitter Smoothing* calcula o valor médio das entradas analógicas e das taxas processadas. É possível configurar o número de até 16 leituras para usar no cálculo da média aritmética. Se o número de leituras disponíveis for menor que a definida, o aplicativo continua a calcular a média usando as leituras até que todas as leituras necessárias estejam acessíveis. A função *RealTime Flow Total* oferece a possibilidade de calcular automaticamente a soma de valores específicos, como pontos analógicos, taxas, medidores de gás ou qualidade do gás. Cada soma é armazenada em um elemento de cálculo, e após registrada no *flowTotalConfig*, que pode manter simultaneamente até quatro somas separadas. Essas funções especiais são de fundamental importância na identificação de vazamentos nos dutos, ou em alguma parte do processo.

2.2.4.4 Módulo de Armazenamento de Mensagens de Alarmes e Eventos

A plataforma fornece um conjunto de ferramentas de gerenciamento de notificações para o monitoramento do processo. A configuração de alarmes do sistema permite ajustes para que apenas ocorrências realmente importantes sejam apresentadas na tela principal. Todos os alarmes são armazenados na lista de alarmes ou alertas, para posterior análise. A funcionalidade de monitoramento de uma estação consiste em acompanhar as condições de alarme de maior gravidade nas estações, locais e regiões e manter uma contagem de alarmes de cada nível para cada local. Quando ocorre um alarme, é possível fazer uma busca detalhada sobre sua origem. Se um dos pontos configurados como crítico entra em alarme, uma notificação de Alarme Crítico Ativo é enviada. A janela de notificação permanece em primeiro plano e não pode ser fechada manualmente: a janela fecha automaticamente depois que se reconhece todos os alarmes críticos. As notificações de alarmes críticos, ou de condições de alarme específicas configuradas pelo usuário, podem ser enviadas por e-mail ou por SMS, para uma pessoa ou um grupo. A função *Alarm Parking* permite "estacionar" um alarme por um período de tempo definido pelo usuário, sendo que na janela "Resumo do alarme", um alarme estacionado muda de piscante não reconhecido para não piscante confirmado. Ele permanece estacionado até que o período de tempo definido pelo usuário expire ou o ponto entre em um novo estado de alarme. Se o período de tempo definido pelo usuário expirar e a condição de alarme ainda estiver presente, o aplicativo desestaciona o alarme e o altera de não-piscante reconhecido para piscante não-reconhecido. Alarmes que não exigem resposta e são considerados secundários, são anexados à lista de Alertas, conforme Tabela 1, evitando distrações na tela principal.

Tabela 1 – Classificação dos alarmes AVEVA Enterprise SCADA.

Nível de Severidade	Cor	Janela de Exibição
Crítico	Magenta	Alarme
Alto	Vermelho	Alarme
Maior	Laranja	Alarme
Médio	Amarelo	Alarme
Menor	Ciano	Alerta
Baixo	Verde	Alerta

Fonte: Do Autor (2021).

A opção Lembretes do Operador permite configurar avisos personalizados e programar sua ocorrência. Os lembretes podem ser avisos únicos, condicionais ou recorrentes em uma hora ou data específicas. Na função *On Call*, pode-se criar contatos e associá-los a determinadas estações, ou a todas as estações do sistema. Quando qualquer ponto de uma estação entra em condição de alarme, todos os contatos de plantão associados à estação recebem um e-mail ou, se estiver usando um e-mail fornecido pelo cliente para um gateway SMS, uma mensagem de texto. O aplicativo “Notificação de alarme por e-mail” permite criar destinatários de notificação por e-mail e adicioná-los às listas de distribuição (*alertGroups*). Esses *alertGroups* são então associados a pontos selecionados de telemetria. Quando um desses pontos telemétricos entra em um estado de alarme configurado para notificação, todos os destinatários pertencentes ao *alertGroup* recebem o alarme.

2.2.4.5 Módulo de Armazenamento de Valores Decimais

Dados configurados para serem armazenados em histórico são gravados em um banco de dados. Isso permite que os dados sejam importados, ou exportados, livremente de, e para, fontes externas, ou acessados usando ferramentas comuns da área de trabalho, como Excel, Lotus, Crystal Reports, SAP. O aplicativo *Compressor Performance Monitoring* (CPM) monitora o desempenho dos compressores de gases, com o objetivo de garantir uma operação eficiente, evitando danos, planejando a manutenção e registrando problemas. Possui de componentes que exibem, através da tela *Compressor Performance Plot*, as curvas de desempenho atuais (velocidade x eficiência); geram e exibem os valores operacionais atuais e históricos (taxa de vazão x pressão máxima); geram alarmes para avisar que um compressor pode estar se aproximando de um estado indesejável; mantém um histórico do ponto operacional com base na telemetria disponível e mantém e exibe valores para a equipe de manutenção, como tempo de funcionamento do compressor e o número de partidas. Os dados históricos podem ser usados para detectar a degradação do compressor. O gráfico é atualizado automaticamente quando um novo ponto operacional é amostrado ou calculado.

2.2.4.6 Módulo de Gerenciamento de Usuários, Senhas e Permissões

A segurança é construída em torno do *Active Directory*, do Windows, e suporta configurações padrões de políticas de grupos; autenticação Kerberos; listas de controle de

acesso do *New Technology File System* (NTFS); criptografia; confidencialidade de dados e gerenciamento de usuários e acessos - reforçada através de zonas de segurança e autenticação forte. Possui também a função *On Call*, que fornece funcionalidades para organizar e configurar contatos e associá-los à determinadas áreas ou a todas as áreas do sistema. As “áreas de responsabilidades” (em inglês *Area of Responsibilities* - AORs) ajudam a gerenciar as funções e responsabilidades definidas de um contato, limitando o que eles podem visualizar e controlar.

2.2.5 Indicações de Uso

Conforme apresentado nos tópicos anteriores, o AVEVA InTouch HMI abrange mercados como indústria de alimentos, automotiva, petróleo e gás, farmacêutica, de construção e energia, entre outras. Ele está presente em mais de 100.000 plantas e fábricas em todo o mundo, ajudando no desempenho, a reduzir custos e a melhorar a qualidade dos produtos. Por contar com as exigências do CRF 11, é indicado principalmente para as indústrias que exigem esses requisitos. Sua biblioteca possui botões, luzes piloto, tanques, controles deslizantes, medidores, motores, tubos, agitadores, interruptores, barras de saída, válvulas e outros objetos comuns dos diversos setores industriais. Está presente em muitas empresas da lista da Fortune 500 e, de forma geral, algumas empresas que utilizam esse *software* são Viterra, Premex, Suministros y Servicios Integrales Especializados, PCS Nitrogen Fertilizer, US Magnesium e Stantect Consulting Services.

Por sua vez, o AVEVA Plant SCADA está presente nos setores automotivo, farmacêutico, de mineração, em companhias elétricas, de cimento, alimentos e bebidas, água e esgoto, óleo e gás, etc. Algumas empresas que utilizam a plataforma são Vitol Tank Terminals International, DeNovo, Zaklad Przemyslowych, IEEPL, Adarsha Control & Automation, Industrix, ASI, US Federal Government, *Compañía Nacional de Fuerza y Luz*, *Laser Electrical Ballarat*, Preflex, Fields Contracting Engineers.

Já o AVEVA Edge, possui mais de 500.000 licenças implantadas em todo o mundo nos mais diversos setores como petróleo e gás, alimentos e bebidas, farmacêutico, automotivo, automação predial, maquinário, água e esgoto, metais, minerais e mineração, energia, infraestrutura, entre outros. Está presente em empresas como SENER, Nita e La Tortilla Factory. Os estudos de caso dessas empresas trazem como resultado uma redução do tempo de inatividade, melhorias de produtividade e do rendimento, tornando a cultura de melhoria contínua das empresas mais fácil de ser alcançada.

Diferentemente das outras três plataformas AVEVA, que são indicadas em diversos setores industriais, o AVEVA Enterprise SCADA é indicado, e desenvolvido, para indústrias que trabalham com dutos, mais especificamente, as de petróleo e gás. As plantas de óleo e gás geralmente estão localizadas em áreas remotas com condições ambientais adversas. Em uma planta de óleo e gás, tanques, compressores, geradores e separadores são monitorados, gerenciados e controlados por um sistema SCADA com a ajuda de sensores implantados em uma rede sem fio (RSSF). O uso dessa tecnologia reduz os custos associados à implementação de uma rede de sensores e, conforme observado, o AVEVA Enterprise SCADA simplifica as redes físicas e virtuais, reduzindo custos e aumentando a capacidade de gerenciamento. No Brasil, está presente na empresa Transpetro.

A Tabela 2 exibe alguns exemplos de empresas que utilizam essas plataformas.

Tabela 2 – Exemplos de clientes softwares AVEVA por Setor Industrial.

Indústria	AVEVA Plant SCADA	AVEVA InTouch HMI	AVEVA Edge	AVEVA Enterprise SCADA
Metalurgia	Zaklad Przemyslowych			
Automação	Max Engineering & Automation/ Novitas Elektronik Ag/ Ecoprojects Ieepl /Adarsha Control & Automation / Industrix / Big Pond	Suministros y Servicios Integrales Especializados	Nita Labeling Equipment / Space Needle / SENER	
Mineração	Sedgman / Northparkes Mine			
Agronomia / Animal		Viterra / Premex		
Alimentos, bebidas e produtos de consumo			La Tortilla Factory	
Química	VTTI	US Magnesium e Stantect Consulting Services / PCS Nitrogen Fertilizer	Aqualgae	
Óleo e gás	Techinservice Mce Automation			Transpetro / Compañía Logística de Hidrocarburos – CLH S.A. Spain
Tratamento de Água e Esgoto			Patti Engineering / Yuba County Water Agency - YCWA	

Setor Elétrico	Vitol Tank Terminals / Laser Electrical / CNFL - Compañía Nacional de Fuerza y Luz laser Electrical ballarat / Preflex / Fields Contracting Engineers
----------------	---

Fonte: Do autor (2021).

2.3 Plataformas de Desenvolvimento GE/ Aquarius

A Aquarius é uma empresa brasileira de desenvolvimento de *software*, fundada em 1984. Os primeiros produtos foram desenvolvidos para os segmentos de Finanças e Publicidade e, a partir de 1996, a empresa passou a atuar na área de Automação Industrial.

Neste segmento, a Aquarius firmou contrato de distribuição do *software* “FIX”, com a Intellution, uma empresa tailandesa, fundada em 1980 por Stephen Rubin, como uma empresa de consultoria para o setor de controle. Em junho de 1995, a Intellution se tornou uma subsidiária integral da Emerson Electric Company de St. Louis, Missouri.

Em 2002, a General Electric (GE) adquiriu a Intellution e o acordo com Aquarius foi mantido. A GE é uma empresa fundada em 1889 por Thomas Edison, ocupando atualmente a 33ª posição na lista Fortune 500 – lista anual das maiores empresas dos Estados Unidos.

Em 2019, a parceria entre Aquarius e GE foi ampliada, para maior engajamento na era digital da Indústria 4.0. Além das soluções já ofertadas, SCADA e MES, as soluções de APM entraram para o portfólio das empresas. O sistema MES, representado pelo produto Proficy Plant Applications, realiza a conexão do planejamento estratégico com o chão de fábrica, desde a emissão de um pedido até o embarque dos produtos acabados. A solução APM, produto Predix APM, permite conexão entre diferentes fontes de dados, desde o chão de fábrica até o ERP, para otimizar o desempenho dos principais ativos das plantas. Por ser o foco deste trabalho, as soluções SCADA serão apresentadas a seguir.

Em 1984, o *The FIX: The Fully Integrated Control System*, foi apresentado pela primeira vez, sendo o primeiro *software* de controle e IHM para a plataforma IBM PC. Durante

os anos, a Intellution desenvolveu os seguintes produtos: FIX ACE, uma placa de coprocessador para segmentar as operações de dados, em tempo real, em um ambiente protegido; FIX DMACS, o primeiro sistema distribuído, que permitiu que os computadores pessoais realizassem a aquisição de dados industriais, e atuasse nas aplicações de controle; e, em 1995, o iFIX, uma plataforma de automação industrial. Com a posterior fusão da Intellution com a Emerson, todos os produtos da nova corporação passaram a iniciar o nome com a letra 'i', para refletir a expansão no suporte à integração de informações, por meio de tecnologias como VBA, ActiveX, OPC, ODBC, DDE, script e Web.

Por sua vez, o Cimplicity foi lançado, pela GE, em 1987, para os sistemas *Virtual Memory System* (VMS) e UNIX. Em 1995, foi reescrito para o sistema Windows, sendo apresentado ao mercado novamente como Cimplicity 1.0.

Ambos *softwares* possuem interface aberta, arquitetura cliente/servidor e a possibilidade de conexão com os programas Proficy WebSpace e Proficy Web HMI.

O Proficy WebSpace foi lançado em 2014, com a versão 4.71, uma opção complementar para os produtos iFIX, CIMPLICITY e Plant Applications. Permite, após o login, a execução e visualização em tempo real das telas projetadas com essas plataformas em uma sessão da web ou pelo aplicativo, disponível para dispositivos Apple iOS e Google Android. A versão 6.0, lançada em 2019, oferece criptografia dos dados.

As telas do WebSpace são transferidas instantaneamente da estação SCADA Server e não requerem interação, conversão, alteração ou desenvolvimento adicional, basta uma conexão HTML5 ou o download do aplicativo. Assim, como nas outras estações, é possível configurar o que será permitido visualizar e alterar na estação WebSpace. Pode-se ter até 70 estações simultâneas.

O Proficy Web HMI, que atualmente está na versão 2.1, é uma opção complementar para os produtos iFIX, CIMPLICITY e Proficy Historian. Ele permite monitorar e controlar os sistemas por meio de um servidor web, sistemas iOS ou Android. A visualização consiste em uma série de diagramas de processo animados, chamados mimics, que refletem os objetos da planta e suas propriedades em um ambiente de produção. Diferentemente do WebSpace, ele não reproduz a mesma tela que aparece nos programas conectados, mas sim cria uma nova, com objetos animados e, com a possibilidade de definir as interações dos usuários.

Outra conexão possível é com o VisiconX, uma solução GE para os produtos Proficy iFIX e Cimplicity. Uma ferramenta de desenvolvimento, orientada a objetos, para acessar dados em qualquer tipo de banco de dados.

2.3.1 Proficy iFIX

O iFIX é um *software* com base em tecnologia aberta, e que foi projetado para permitir fácil integração e interoperabilidade entre o chão de fábrica e os sistemas de negócios. É aplicável a projetos de pequeno à grande porte. Inclui recursos funcionais que reduzem o tempo de desenvolvimento de projetos de automação, permitem atualizações e manutenção simples do sistema, fornecem integração com aplicativos de terceiros e aumentam a produtividade.

A interface usada para organizar todos os componentes do sistema é chamada de “iFix WorkSpace”. Ela permite navegar, acessar e manipular todos os componentes do sistema através de um ambiente integrado e flexível. Com ele é possível integrar documentos do ActiveX, Word e Excel, assim como acessar o editor do Visual Basic para scripts em VBA. É nele que se habilita as restrições de segurança para os operadores. O WorkSpace é dividido em dois ambientes integrados conhecidos como *runtime* (tempo de execução) e configuração. No ambiente *runtime*, os operadores podem ver as telas em tempo real; enquanto que o ambiente de configuração fornece as ferramentas para o desenvolvimento das telas, animações, curvas de tendência, mensagens de alarme, etc.

A arquitetura do iFIX permite que estações distribuídas em uma rede monitorem e controlem uma planta. Uma estação pode ser definida como qualquer computador executando algum pacote de software relacionado ao iFIX e as tarefas atribuídas a ele. Como primeiro tipo específico, uma estação SCADA Server, reúne dados adquiridos dos CLPs e executa o banco de dados, podendo ser, inclusive, do tipo *Blind SCADA Server*, que não exibe os gráficos, mas realiza as outras tarefas. Por sua vez, as estações iClient, são estações de visualização que extraem os dados da estação SCADA Server e os exibem nas telas para os operadores. E, em complemento, uma estação iClient *Read Only* é como as anteriores, mas não pode gravar dados na base de dados ou nos servidores. Uma estação pode ser colocada em off-line sem desativar toda a rede. Estações *Stand Alone* trabalham sozinhas, executando todas as funções. E há estações que não permitem modificar as telas gráficas ou a base de dados, mas podem monitorar e alterar as configurações do processo e reconhecer alarmes; são chamadas de estações *runtime*.

2.3.1.1 Módulo de Gerenciamento de Tags

Cada estação SCADA possui uma base de dados dividida em blocos (*Database Blocks*). A base de dados recebe os valores, manipula, compara e os envia de volta para o

servidor ou para outro bloco. Cada bloco realiza uma função com os dados recebidos. Eles podem ser combinados: um bloco passa os dados para o outro bloco, formando uma cadeia (*chain*) de até 30 blocos. Combinar blocos em cadeias ajuda a automatizar os processos. O intervalo de tempo em que as funções dos blocos serão executadas é configurável. Os blocos podem ser do tipo alarme analógico, entrada analógica, saída analógica, saída digital, registro digital, PID, texto, temporizador, entrada digital e outros.

O iFix é capaz de ler e gravar dados por meio de *drivers*, aplicativos de terceiros e outros bancos de dados. Não há limite de entradas. O *software* coleta dados a intervalos de milissegundos e pode ser usado em conjunto com equipamentos ABB, Allen-Bradley, GE Fanuc, Intermec, Klockner-Moeller, Moore, PLC Direct, Schneider, Siemens, Total Control e outros. Essa capacidade de acessar dados universalmente demonstra sua versatilidade.

2.3.1.2 Módulo de Desenvolvimento de Telas

O WorkSpace permite desenvolver telas dinâmicas com diversos objetos. Ao fornecer um formato ActiveX de ambiente aberto, o iFIX permite incorporar em suas telas controles de extensão OLE *Control Extension* (OCXs), reutilizar elementos de outras fontes (como bitmaps) ou incorporar outros aplicativos (que também sejam baseados em OLE). Usando o iFIX WorkSpace, é possível desenhar e animar qualquer objeto girando, colorindo ou redimensionando-o quando ocorre um alarme, por exemplo. Os objetos criados podem ser agrupados ou duplicados, se necessário. Outra vantagem é a possibilidade de abertura de várias telas em um mesmo monitor.

2.3.1.3 Módulo de Gerenciamento de Scripts e Funções Globais

O iFIX fornece acesso ao Visual Basic Editor (VBE), um editor e depurador que permite criar scripts para todos os objetos, suas propriedades e métodos, criar fórmulas, acessar qualquer fonte de dados e personalizar aplicativos. A linguagem VBA permite automatizar as tarefas do operador e estender o iFIX conforme necessário. Também pode ser usada para escrever scripts para botões da barra de ferramentas e para entradas no Scheduler – ponto onde se agenda os relatórios a serem gerados. O iFIX conta com uma biblioteca com sub-rotinas globais comuns, que podem ser consultadas e alteradas em um só lugar. Também é possível recortar e copiar um objeto com todos os seus módulos e scripts, diminuindo o tempo de desenvolvimento do

projeto. Ele fornece suporte para objetos e controles ActiveX disponíveis comercialmente. Entretanto, o iFIX não suporta projetos VBA multithreaded e assinaturas digitais em VBA.

2.3.1.4 Módulo de Armazenamento de Mensagens de Alarmes e Eventos

O iFIX possui um sistema avançado para geração, exibição e armazenamento de alarmes e mensagens. Esses alarmes podem ser direcionados para qualquer estação da rede, podem ser incluídos em resumos a serem apresentados e adicionados nos bancos de dados. Os alarmes podem ser filtrados por tipo, prioridade, origem e outros. Os alarmes e seu histórico podem ser exportados em formato .CSV ou .XML e também podem ser enviados por e-mail. Se desejado, pode-se criar um *banner* para apresentação dos alarmes mais recentes. O iFIX gera quatro tipos de mensagens que podem ser classificadas em:

- Mensagem de evento (event message) - se ocorrer um evento, as mensagens são enviadas às impressoras e registradas em histórico, porém não aparece na tela do operador e não requer confirmação de leitura;
- Mensagem do operador (operator message) – caso ocorra um evento ou alarme, uma série de ações do operador é requerida, assim como sua assinatura eletrônica;
- Mensagem do sistema (system message) – quando ocorre um alarme, a mensagem é mostrada na tela, mas nenhuma ação é solicitada;
- Mensagem de aplicação (application message) – mensagens geradas por aplicativos do iFIX e que podem ser enviadas às impressoras e ao histórico.

2.3.1.5 Módulo de Armazenamento de Valores Decimais

O iFIX pode acessar dados usando protocolos OLE, OPC, ActiveX e ODBC. Os dados são armazenados no Historical Trending e examinados no Workspace. através de gráficos de tendências e relatórios. Tal recurso é útil para acompanhamento, correção e otimização de processos e para análise de situações críticas. Os gráficos admitem qualquer número de tags em uma mesma exibição, sendo possível adicionar diversos intervalos de tempo, animar o gráfico por meio do VBA, aplicar zoom e inserir cores. Os dados podem ser plotados em tempo real, com rolagem para esquerda e direita. É possível agendar, através do *Scheduler*, para que os relatórios estejam disponíveis no horário desejado, por exemplo, todos os dias após a produção

encerrar. O iFix também permite usar qualquer aplicativo de relatório de terceiros, com suporte ODBC.

2.3.1.6 Módulo de Gerenciamento de Usuários, Senhas e Permissões

A segurança do iFIX é desabilitada por padrão, mas ela pode ser ativada, sendo que o sistema passa a solicitar o login e senha para cada acesso. Os aplicativos ou arquivos desbloqueados para o usuário são gerenciados por meio de um sistema de privilégios. O iFIX permite criar contas e senhas para operadores ou grupos. Se um usuário for associado a um certo grupo, ele herda todos os privilégios desse grupo. Os privilégios fornecem o acesso às funções, banco de dados, objetos, áreas da planta e outros. O login ajuda a identificar o responsável por alterações realizadas no processo e pode ser configurado para login automático, na inicialização do sistema. Além disso, há a possibilidade de que o login e senha sejam herdados do Windows.

O produto ainda conta com a possibilidade de integrar assinaturas e registros eletrônicos seguros, usados para auditorias de segurança. Em suma, o código passa a exigir que alguns requisitos sejam cumpridos para validar o sistema), como: acesso individual com login e senha (para controle de tempo das sessões, dados protegidos, possibilidade de cópia ou impressão dos dados, política de recuperação ou troca de senhas, que permita uma auditoria e assinatura em todos os eventos, ações, alarmes, etc.

2.3.2 Proficy Cimplicity

O Proficy Cimplicity é um sistema SCADA desenvolvido pela empresa GE, disponível para aplicações isoladas, em rede, via web e em dispositivos móveis. Possibilita diferentes arquiteturas, oferece conexão direta a fontes de dados OPC e diversos *drivers* de comunicação. Permite armazenar um histórico de dados para análises básicas, como gráficos de tendência, listas de alarmes e também a apresentação de telas animadas em tempo real. O *software* oferece recursos para relatórios, interface com bancos de dados e scripts, além de operações baseadas em eventos, que se adequam a aplicações que precisam de respostas otimizadas.

O recurso CimView é usado para visualizar as telas, os gráficos, os relatórios, as tendências e os alarmes. O recurso CimLayout permite visualizar mais de uma tela CimView ao mesmo tempo; e o recurso VisiconX permite acessar qualquer tipo de banco de dados.

O servidor pode ser instalado em vários sistemas operacionais Microsoft Windows e o recurso *Host Redundancy* fornece suporte em caso de falha do computador primário.

2.3.2.1 Módulo de Gerenciamento de Tags

No Cimplicity as tags são chamadas de pontos, que podem ser provenientes de um dispositivo ou virtuais. Os pontos virtuais podem ser globais, recebendo valores de outros aplicativos do projeto, como o CimView; ou calculados, derivados de cálculos ou lógicas que combinam um ou mais pontos.

O Cimplicity permite conexão com CLPs por meio dos protocolos Allen Bradley, Honeywell IPC 620, Johnson N2, Marquee Driver Operation, Mitsubishi A-Series Serial, Modbus, OMRON, OPC Client, Siemens TI Serial, Smarteye Electronic Assembly, SNP e SNPX, Toyopuc Ethernet e outros. Não há limite para o número de pontos. Os dados coletados podem ser armazenados no Historian, para posterior análise de tendências.

2.3.2.2 Módulo de Desenvolvimento de Telas

No Cimplicity, o CimEdit é usado para criar e editar telas. Os objetos podem ser inseridos pelo método arrasta e solta, podem ser animados com movimento ou rotação, alteração de cor e serem preenchidos de cima, baixo, esquerda, direita ou de forma bidirecional. Formas padrões, como quadrados e retângulos, círculos e elipses, linhas, poli linhas, arcos, tortas e cordões, estão disponíveis. Bitmaps, vídeos e arquivos de som podem ser incluídos às telas. A biblioteca possui 2.000 símbolos e objetos, que podem ser agrupados, espaçados uniformemente e alinhados, em relação uns aos outros. Um objeto padrão pode ser configurado como um *SmartObjects*, para ser usado em edições de grupo (*Group Editing*) e como variáveis em algumas expressões (*Expression Variables*). No *Group Editing*, as propriedades dos objetos podem ser configuradas, sem a necessidade de desagrupamento. Já nas *Expression Variables*, os objetos podem ser usados como variáveis em expressões algébricas, cálculos e qualquer outra necessidade. O editor permite também, após clique duplo no objeto, a visualização dos atributos mais importantes para configuração, ao invés de apresentar todas as propriedades disponíveis.

Os objetos integrados ActiveX ou OLE podem ser arrastados de um documento para outro; por exemplo, os gráficos do Excel para o CimEdit.

2.3.2.3 Módulo de Gerenciamento de Scripts e Funções Globais

O Cimplicity possui a tela *Basic Control Engine* para desenvolvimento de scripts. Utiliza uma linguagem compatível com Visual Basic, sendo composto por três componentes principais: pelo Editor de Eventos, onde se define as ações quando um evento ocorre; pelo Editor de Programa, onde se desenvolve o script de ações, utilizando linguagem Visual Basic. E pelo Editor CimScriptIDE, ambiente que permite a escrita de scripts com linguagens C# e Visual .NET. Para scripts em Visual Basic, o *software* possui um conjunto de quase 500 funções básicas padrão. Para as duas outras linguagens, fornece recursos projetados especificamente para scripts.

2.3.2.4 Módulo de Armazenamento de Mensagens de Alarmes e Eventos

O Cimplicity contém um conjunto de alarmes já configurado; eles podem ser modificados, mas não devem ser excluídos. O sistema conta com bloqueio de alarmes, que permite configurar uma hierarquia de mensagens para o processo. Assim, os usuários veem os alarmes importantes na primeira tela. Os alarmes podem ser agrupados por classes de 0 a 99, sendo 0 a prioridade mais alta. Os grupos podem ter cores diferentes e conterem áudio. No editor de telas, Alarm Viewer é um objeto ActiveX que pode ser incorporado da mesma forma que os demais, para melhor interpretação da interface.

2.3.2.5 Módulo de Armazenamento de Valores Decimais

As curvas de tendências podem ser exibidas em formatos diferentes. Podem apresentar dados de diferentes períodos de tempo, para comparar diferentes períodos de produção, com diferentes durações. Também é possível exibir dados em formato compactado, em que os valores plotados podem ser a média, o mínimo, o máximo, o primeiro e o último elemento da amostra. É possível importar dados de um arquivo .csv e de *softwares* de terceiros. O Digital Graphical Replay (DGR) permite comparar as tendências atuais com as tendências históricas, para identificar e corrigir possíveis discrepâncias no funcionamento do processo.

2.3.2.6 Módulo de Gerenciamento de Usuários, Senhas e Permissões

No Cimplicity, servidores e clientes podem ser conectados em rede para compartilhar dados, evitando a necessidade de replicar seu banco de dados de estação para estação, sendo uma forma mais coerente de tratar a questão. Os dispositivos, máquinas, estações ou áreas de onde estes dados são coletados, são chamados de recursos. Os usuários têm em suas configurações quais recursos poderão ter acesso, restringindo-se assim, o sistema. O mesmo pode ser realizado com as funções: elas podem ser bloqueadas para certos usuários. Login e senha também podem ser configurados para os usuários no próprio Cimplicity, ou pode-se optar pelo uso do mesmo login e senha do Windows.

2.3.3 Indicações de Uso

As duas plataformas possuem funcionalidades, arquiteturas e características de comunicação parecidas. Estão disponíveis para aplicações isoladas, em rede, via web e em dispositivos móveis. Possuem uma variedade de funções e características, atendendo às diversas necessidades das indústrias, além de apresentarem uma interface intuitiva e simples para os usuários. Ambas possuem grande diversidade de *drivers*, por isso, entre os *softwares* apresentados neste trabalho, estão entre os mais indicados para integração, quando há uma grande diversidade de dispositivos. Estão presentes nos setores automotivo, energia, químico, farmacêutico, alimentício, papel e celulose, hidráulico e outros. Devido à assinatura eletrônica, um dos requisitos solicitados pela regulamentação 21 CRF Parte 11, o iFIX é o mais indicado para os setores farmacêutico e alimentício.

O iFIX está presente em empresas familiares, multinacionais e na automação e melhoramento de sistemas públicos, principalmente os relacionados com recursos hídricos. Os resultados observados, nos projetos de sistemas de água e esgoto, foram o aumento da eficiência e resposta a eventos, modernização dos processos e da infraestrutura e consequente aumento da qualidade da água enviada à população. As empresas brasileiras Sanasa e Sabesp utilizam o iFIX. No setor de óleo e gás, o *software* foi utilizado para otimizar e reunir os dados da *Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland* (ANCAP), empresa responsável por fornecer combustível para quase todo o Uruguai. A automação tornou a emissão dos relatórios, necessários para relatos ao governo, mais rápida e eficiente, assim como envio

automático dos dados para o site do governo, entre outros benefícios. O iFIX também foi utilizado para monitorar e controlar as instalações da Universidade Cornell. O projeto *Lake Source Cooling* (LSC) visava diminuir os gastos com energia e a emissão de gases do efeito estufa, assim como realizar análises estatísticas dos dados coletados. A possibilidade de monitoramento remoto resultou em um aumento de 40% na solução dos problemas em horários fora do expediente.

O Cimplicity pode ser encontrado em empresas de todos os portes, com maior destaque no setor automobilístico. Muitas delas utilizam os *softwares* Cimplicity e Proficy Tracker, adquirido separadamente, para implementação de pedidos “*just-in-time*”. Isso permite uma maior integração com os distribuidores e o para acompanhamento dos pedidos, em tempo real, pelos clientes finais. Além de conseguirem, com a digitalização de processos, como a verificação de soldas, por exemplo, operar com zero perdas ou tempo de inatividade. A empresa Shanghai Automobile Gear Works (SAGW) observou uma redução de 30% dos estoques, uma redução de 80% no espaço necessário para armazenamento e de 40% nos custos de inspeção. Aumentou a eficiência operacional por meio de uma planta mais conectada, que pode operar com menos turnos e pessoal do que operações de tamanho semelhante. Também reduziu custos, com menos eventos de paralisação não planejada e maior eficiência operacional, devido à redundância do sistema.

O Cimplicity também possui um projeto interessante em uma empresa de estacionamento automatizado, a Robotic Parking. Systems Inc. Ela desenvolve instalações de estacionamento automatizado, que dobram a capacidade de armazenamento de um estacionamento convencional de vários andares. Eles podem ser incorporados acima do solo ou no subsolo, dentro de um edifício ou no topo. Não há rampas, tetos altos e nenhum espaço nas laterais do carro para a saída dos ocupantes, gerando uma grande economia de espaço. Todos os componentes da infraestrutura são monitorados e registrados pelo Cimplicity, para fins de manutenção. Quando certos limites de uso são atingidos, a necessidade de manutenção ou substituição é sinalizada em uma tela, para que o trabalho possa ser planejado e executado antes que surjam problemas. Os dados são continuamente arquivados, incluindo imagens de câmeras de vigilância CCTV de todos os carros que entram e saem das instalações. Os dados também são exportados para o Sistema de Gestão de Edifícios, para fornecer informações como a quantidade de veículos no prédio e o uso de cartões de crédito.

A Tabela 3 a seguir, mostra empresas de diferentes setores que utilizam as plataformas descritas nesta seção.

Tabela 3 – Principais Clientes iFIX e Cimplicity por Setor Industrial.

Segmento	iFIX	Cimplicity
Automotiva	Subaru / Pirelli / Brügger / Subaru of Indiana Automotive, Inc.	Volvo Car Engine / Perodua / Global Automotive OEM / Chery Jaguar Land Rover (CJLR) / SAGW / SAIC-GM
Produção de aço	-	Rübig GmbH & Co. KG,
Farmacêutico	Lek Pharmaceuticals / Alcon / Pfizer Newbridge / Genzyme / McNeil / Coloplast / Yuria-Pharm / Aché Laboratory / Reckitt Benckiser / IMA Group / McNeilnd	Pasching
Alimentos, bebidas e produtos de consumo	Gallo Glass Company / GB Glace, part of the Unilever Group / Copersucar / Major Fruit Processor / Beijing Dart Integration Technology Co., Ltd. Zhang Dongyue / Reckitt Benckiser / IMA Group / McNeilnd	Corn Syrup Producer
Química	Toray Plastics (America), Inc / Chinese Tobacco Products	
Óleo e gás	Manufacturer / Jotun ANCAP	
Tratamento de Água e Esgoto	Metropolitan Sewer District of Greater Cincinnati / Region of Waterloo, Canada / City of San Luis Obispo / Estação de Tratamento de Águas Residuais Bloomington-Normal Southeast / City of Carmel / Iowa City / Sanasa / City of Haverhill / Korea Water Resources Corporation / Sabesp / Waterford / MPGK Krosno	Formellino / Mekorot
Setor Elétrico	Tacoma Power / EDP	ENGIE
Papéis e produtos do papel	Gluchołazy Paper Company / Leading Timberland and Wood Products Company	Symeta Colruyt

Fonte: Do autor (2021).

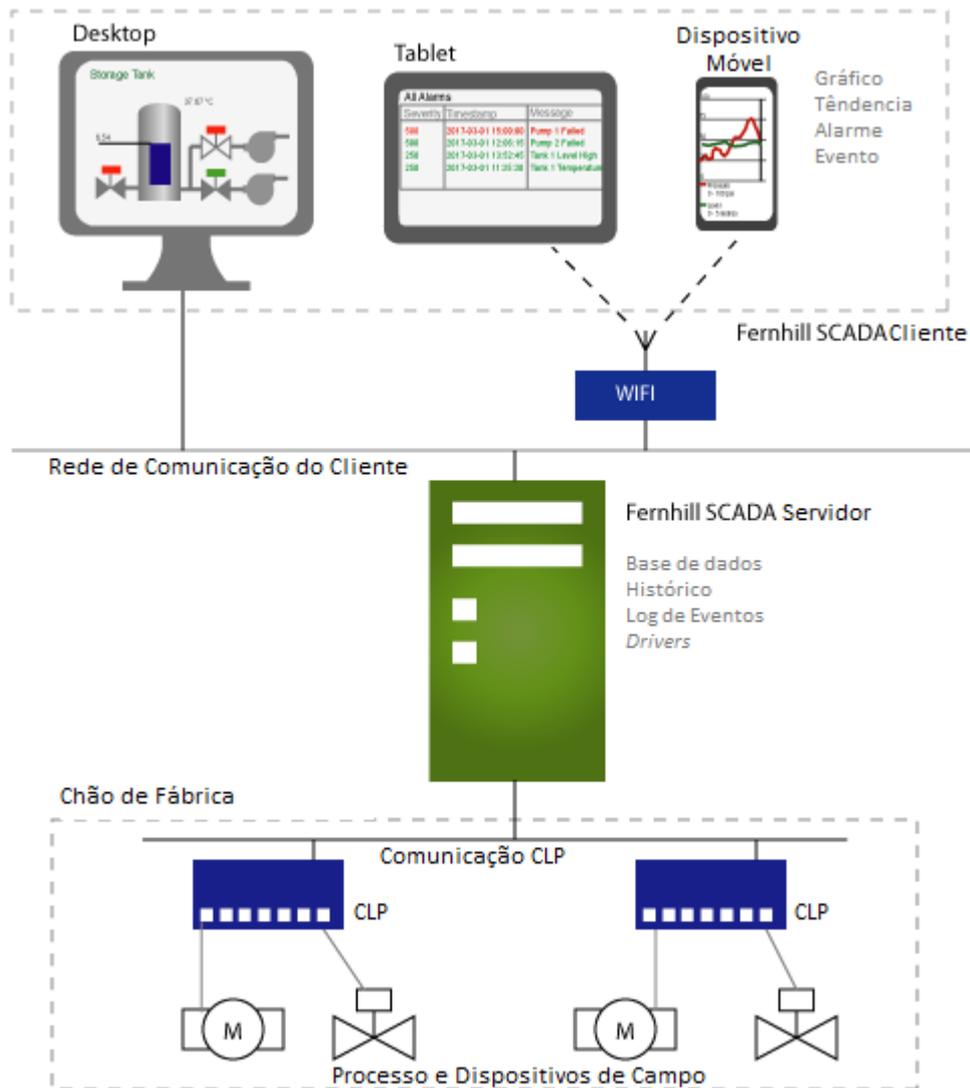
2.4 Plataformas de Desenvolvimento Livres

2.4.1 Fernhill

A *Fernhill Software* Ltda. foi fundada em 2012 e está localizada na zona rural de Warwickshire, Reino Unido. A empresa desenvolve o Fernhill SCADA, um *software* SCADA para aplicações industriais. O objetivo da empresa é fornecer ferramentas para integradores de sistemas a um preço baixo. A proposta é oferecer *runtime* gratuito e apenas solicitar uma taxa de licença modesta para as ferramentas de desenvolvedor.

O *software* trabalha com uma arquitetura cliente-servidor (Figura 5). A interface do operador é um aplicativo leve e gratuito, para exibir gráficos e dados. Fornece telas, gráficos de tendência, lista de alarmes, lista de dados SQL, relatórios, log de eventos, páginas de erro e um gráfico de duração de valor, para mostrar quanto tempo uma medição permaneceu em um valor específico. Várias interfaces de operador podem se conectar ao mesmo servidor. Isso permite que muitos operadores gerenciem em conjunto o mesmo processo de produção. Quando não está conectado ao Fernhill SCADA, a interface do operador mostra uma página inicial. A página inicial fornece links de ajuda, uma lista de conexões recentes e um meio para estabelecer novas conexões com o servidor. A interface do operador está disponível para os sistemas operacionais Windows (Windows 7 e versões posteriores), Linux (Debian, Ubuntu e Raspberry Pi OS), macOS (High Sierra e posterior), Android (Jelly Bean e posterior) e iOS (versão 9.3 e posterior).

Figura 5 – Arquitetura Fernhill.



Fonte: Site Fernhill (2021) - MODIFICADA.

O produto oferece a opção de redundância: um servidor opera como o servidor ativo e o outro servidor opera em espera. O servidor ativo executa o aplicativo SCADA e atualiza automaticamente o servidor em espera com as alterações necessárias. Os dois servidores monitoram um ao outro. Se o servidor ativo estiver off-line, o servidor em espera assume a função de ativo.

O Fernhill SCADA suporta uma série de ferramentas de importação para simplificar a migração de configuração de outras fontes, permitindo importar tags, telas, scripts e grupos de alarmes dos programas AVEVA Plant SCADA, ClearSCADA e AVEVA InTouch HMI.

A ferramenta de configuração permite configurar até 25 tags gratuitamente. Após esse limite, o usuário pode usá-la com certas restrições ou comprar uma chave de licença de acordo com os valores que podem ser observados na Figura 6.

Figura 6 – Valores das chaves de licença do Fernhill SCADA.

Tag Limit	USD	EUR	GBP
250	\$ 170	€ 140	£ 120
1000	\$ 380	€ 310	£ 270
2500	\$ 520	€ 430	£ 370
10000	\$ 730	€ 600	£ 520
25000	\$ 870	€ 710	£ 620
100000	\$ 1080	€ 890	£ 770
250000	\$ 1220	€ 1000	£ 870

Fonte: Site Fernhill (2021).

O Fernhill SCADA utiliza o protocolo *Transport Layer Security* (TLS) para criptografar e proteger as comunicações entre servidores e clientes. Também utiliza uma chave pública *Rivest-Shamir-Adleman* (RSA) para transmissão segura de dados.

2.4.1.1 Módulo de Gerenciamento de Tags

A plataforma aceita *drivers* como Modbus, Cliente OPC, DNP3, SNMP, MQTT e protocolos para comunicação com CLPs Allen Bradley, Mitsubishi, Omron e Siemens. Possui assistentes de detecção automática para identificar tags e pastas vinculadas, evitando equipamentos e tags duplicadas. As tags podem ser configurados para que seus valores sejam armazenados em histórico.

2.4.1.2 Módulo de Desenvolvimento de Telas

O editor permite construir telas usando formas geométricas, textos, cores, símbolos e animações. As formas podem variar de linhas simples, triângulos, retângulos e elipses, a polígonos feitos de muitas linhas e curvas. Imagens externas podem ser importadas para representar de maneira mais fácil equipamentos ou instalações reais. O *software* suporta a importação de imagens e gráficos vetoriais nos formatos DXF, GIF, JPEG, PNG, TIFF e BMP. Além disso, a ferramenta possui uma biblioteca com símbolos elétricos e hidráulicos.

2.4.1.3 Módulo de Gerenciamento de Scripts e Funções Globais

O Fernhill SCADA aceita conexões com os *frameworks* .NET API e Java API. O .NET Framework permite que programas escritos no Ambiente de Execução de Linguagem Comum (Common Language Runtime – CLR) sejam executados no servidor Fernhill. O CLR é capaz de executar as linguagens C#, C++, F#, Pascal, Python, RPG, Ruby, xBase, Visual Basic, Component Pascal, Haskell, Boo, APL e outras. Pode-se consultar as tags, executar comandos e consultar banco de dados. O mesmo pode ser feito com programas escritos na linguagem Java, usando o Java API.

2.4.1.4 Módulo de Armazenamento de Mensagens de Alarmes e Eventos

Cada alarme no Fernhill é atribuído a um valor de severidade que varia de 1 (mais baixa) a 1000 (mais alta), indicada por cores que podem ser alteradas (Figura 7). Alguns tipos de tag geram alarmes automaticamente e é possível definir novos alarmes usando as tags comuns. Existe um recurso que permite que os operadores desabilitem os alarmes até que o problema seja sanado, mesmo que leve alguns dias.

O *software* pode ser configurado para enviar e-mails quando um alarme for ativado. Também é possível acessar os dados de alarme de outros programas, por meio de um *driver* que faz com que o Fernhill seja um cliente OPC AE.

Figura 7 – Cores por severidade dos alarmes do Fernhill SCADA.

Severidade	Propriedade	Cor Padrão
750 - 1000	P1AlarmColor	
500 - 749	P2AlarmColor	
250 - 499	P3AlarmColor	
1 - 249	P4AlarmColor	

Fonte: Site Fernhill (2021) - MODIFICADA.

2.4.1.5 Módulo de Armazenamento de Valores Decimais

O Historian (Historiador) é um recurso integrado do Fernhill SCADA, que oferece dois tipos de armazenamento de dados: o Historic Data (Dados Históricos), que armazena o valor das tags conforme data e hora, e o *Event Log* (Log de Eventos), que realiza um armazenamento acíclico, podendo gerar um relatório das ações tomadas pelos usuários. É possível configurar a zona morta dos valores das tags, o intervalo das amostras e o número de amostras que devem ser armazenadas.

A ferramenta *Trend Plot* mostra na tela como varia ao longo do tempo o valor de uma tag, sendo possível a visualização de até 8 tags ao mesmo tempo. Também pode-se definir os períodos de tempo desejados, adicionar título e alterar fontes e cores, porém não há suporte para propriedades dinâmicas.

Os dados podem ser acessados também por aplicativos de terceiros, usando o servidor OPC Historic Data Access, o ADO.NET Data ou a tecnologia ODBC.

2.4.1.6 Módulo de Gerenciamento de Usuários, Senhas e Permissões

É possível configurar login e senha, ou utilizar os mesmos do Windows. A autorização dos usuários se baseia nos recursos oferecidos pelo sistema operacional em que o Fernhill SCADA está instalado. Eles têm a permissão controlada por zonas e privilégios, por usuário individual ou grupo de usuários. Os privilégios podem ser concedidos globalmente ou à zonas específicas.

2.4.2 Rapid SCADA

Em 2016, Mikhail Shiryaev fundou a *Rapid Software LLC* e desenvolveu o Rapid SCADA, um *software* de código aberto, que pode ser aprimorado com a adição de módulos personalizados, vendidos individualmente. A missão da empresa é criar um *software* excelente e exclusivo, para ajudar seus clientes a desenvolverem suas empresas no mercado. O site fornece uma *live demo*, uma simulação da plataforma de controle de uma planta, mostrando lista de eventos, algumas telas e gráficos. Na Figura 8 é possível observar a tela inicial, onde são apresentados os valores de temperatura, umidade, status da lâmpada e do ventilador, assim como a lista de eventos que ocorreram nas últimas horas.

Figura 8 – Tela inicial Live Demo Rapid SCADA.



Fonte: Live Demo Rapid SCADA (2021).

O Rapid SCADA suporta os padrões de comunicação comumente usados, como o protocolo Modbus e OPC, que permitem o uso de uma grande variedade de dispositivos. A lista de dispositivos suportados pode ser ampliada com o desenvolvimento de *drivers* adicionais. A arquitetura é multicamadas e distribuída, sendo que os aplicativos podem ser executados em um único servidor ou em vários.

A ferramenta é formada por um conjunto de aplicativos e bibliotecas. O Rapid Gate Module (veja Tabela 4 para conhecimento dos valores pagos em pacotes extras) permite configurar um servidor para backup dos dados. O *Webstation* é um aplicativo web, gratuito, que exibe informações via navegador, e está disponível em qualquer computador conectado à rede, sem qualquer instalação de *software*. O acesso é gerenciado por um administrador de sistema que define os direitos do usuário. O *software* é uma plataforma que permite a configuração flexível do sistema para atender às necessidades do cliente.

Tabela 4 – Valores dos pacotes adicionais disponíveis para o Rapid SCADA.

<i>Plugin</i>	Valor
<i>Chart Pro Plugin</i>	U\$ 30,00
<i>Dashboard Plugin</i>	U\$ 30,00
<i>Elastic Report Plugin</i>	U\$ 90,00
<i>Map Plugin</i>	U\$ 180,00
<i>Notification Plugin</i>	U\$ 90,00
<i>Extra Scheme Components Plugin</i>	U\$ 30,00
<i>Automatic Control Module</i>	U\$ 55,00
<i>Rapid Gate Module</i>	U\$ 55,00
<i>Modbus Slave Driver</i>	U\$ 180,00
<i>Telegram Driver</i>	U\$ 30,00
<i>Auto Report Application</i>	U\$ 360,00

Fonte: Do Autor (2021).

2.4.2.1 Módulo de Gerenciamento de Tags

O Rapid SCADA suporta os padrões de comunicação mais comuns do mercado, como Modbus, OPC, SNMP, SMTP, AT, MQTT e M-Bus, permitindo que seja usado em conjunto com uma grande quantidade de dispositivos. Também permite conexão com dispositivos que não utilizam protocolos padrões, como GS828-HV, GS828-NHV, NS828-HV. A lista de dispositivos suportados pode ser ampliada, por meio da implementação de *drivers* específicos.

O limite de tags de comunicação é de 65.535, sendo o intervalo mínimo para registro dos dados, de 1 segundo. Os dados podem ser arquivos por até 10 anos.

2.4.2.2 Módulo de Desenvolvimento de Telas

As telas são criadas e configuradas no Scheme Editor. No programa padrão, estão disponíveis elementos estáticos e dinâmicos, assim como textos, botões, campos para entrada de dados, linhas e polígonos e objetos para embutir no formato jpg. Um módulo extra de imagens está disponível para *download* gratuitamente, incluindo barras progressivas verticais e horizontais, tanques, válvulas, manômetros, motores, polias e *leds*. Os usuários podem enviar imagens para serem adicionadas ao pacote. O módulo *Map Plugin* exibe, em mapas interativos, o status e os parâmetros de locais, definidos pelo usuário, e pode ser adquirido conforme pode ser observado na Tabela 4. Outros módulos disponíveis são o *Dashboard Plugin*, que permite conexão com câmeras de vigilância CCTV, e o *Extra Scheme Components Plugin*, com mais opções de desenhos e formas para tornar as telas mais intuitivas (veja Tabela 4).

2.4.2.3 Módulo de Gerenciamento de Scripts e Funções Globais

Os recursos de integração com *software* de terceiros estão entre os principais recursos do Rapid SCADA. Seu código base foi escrito na linguagem C#, mas trata-se de um *software* de código aberto e sua biblioteca utiliza o framework .NET e Java para desenvolvimento, portanto os scripts escritos pelos usuários devem uma dessas duas tecnologias. O Microsoft Visual Studio 2010 ou superior é necessário para o desenvolvimento. Essa possibilidade de integração com scripts do usuário ou com *softwares* de terceiros permite atender às necessidades dos sistemas a serem desenvolvidos. Existe um fórum para dúvidas no site da empresa, e, uma comunidade no site GitHub, onde os usuários podem compartilhar os códigos escritos para melhorias e consultar os códigos base do *software*. Além disso, o *Automatic Control Module*, um módulo para execução de scripts disparados por gatilhos (como mudança nos valores de uma tag, ocorrência de eventos, data e hora específicas, entre outros) está disponível para aquisição (conforme Tabela 4).

2.4.2.4 Módulo de Armazenamento de Mensagens de Alarmes e Eventos

Quando um elemento entra na condição de alarme, a cor do texto é alterada, mas nenhuma mensagem ou evento é disparado. Para isso é necessário a aquisição (Tabela 4) do módulo *Notification Plugin*, que gera notificações com base em eventos, de acordo com regras especificadas. Um módulo gratuito para emissão de som, quando um alarme é gerado, também está disponível para download. Por sua vez, o módulo Telegram Driver (Tabela 4) envia notificações de alarme para o aplicativo de mensagens Telegram. As vantagens desse *plugin* extra são a rapidez no recebimento das notificações, e a facilidade de gerenciamento do grupo de notificações.

2.4.2.5 Módulo de Armazenamento de Valores Decimais

O Rapid SCADA permite a exportação de dados, em tempo real, para bancos de dados Oracle, Microsoft SQL Server, PostgreSQL MySQL e OLE DB. Esta funcionalidade está inclusa no pacote de instalação Rapid SCADA e não requer a aquisição de um módulo de expansão. Os dados são armazenados usando o formato de arquivo .DAT, que mantém o *software* estável, mesmo se uma parte do arquivo estiver danificada. Gráficos básicos podem ser exibidos, com diferentes tags, cores e com possibilidade de zoom. O módulo *Chart Pro Plugin* (veja a Tabela 4), estende os recursos nativos: adiciona escala, título, data, exibição de vários gráficos, exportação para .PNG e .PDF. O *Elastic Report Plugin* (Tabela 4), permite gerar relatórios com uma configuração personalizada e nos formatos Excel, PDF e HTML. Também existe um aplicativo para geração automática de relatórios, o *Auto Report Application*, desenvolvido para gerar vários relatórios automaticamente, salvá-los e enviá-los por e-mail. A programação dos relatórios é definida usando o *Automatic Control Module*. São suportados quatro tipos de relatórios: de dados por hora; de eventos; de dados por minuto e elásticos, que são relatórios configurados pelo próprio usuário, conforme exemplo na Figura 9. O aplicativo está disponível para aquisição, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Figura 9 – Exemplo de relatório elástico, do Rapid SCADA, salvo em formato PDF.

TimeData Section Example

Date	Counters		Consumption		Ratio	Summary Consumption
	Counter 1	Counter 2	Consumption 1	Consumption 2		
11/12/2016	---	---	---	---	0.95	N/a
12/12/2016	27.4	24.2	---	---	0.95	N/a
13/12/2016	24.7	24.3	-2.7	0.1	0.95	N/a
14/12/2016	22.2	22.8	-2.5	-1.5	0.95	N/a
15/12/2016	26.8	22.4	4.6	-0.4	0.95	N/a
16/12/2016	24.8	22.8	-2.0	0.4	0.95	N/a
17/12/2016	25.0	22.6	0.2	-0.2	0.95	N/a
18/12/2016	31.3	22.9	6.3	0.3	0.95	N/a
19/12/2016	33.4	22.3	2.1	-0.6	0.95	N/a
20/12/2016	29.1	22.8	-4.3	0.5	0.95	N/a
21/12/2016	24.5	22.8	-4.6	0.0	0.95	N/a
22/12/2016	35.9	22.9	11.4	0.1	0.95	N/a
23/12/2016	33.0	23.6	-2.9	0.7	0.95	N/a
24/12/2016	37.4	24.2	4.4	0.6	0.95	N/a
25/12/2016	41.4	25.0	4.0	0.8	0.95	N/a
26/12/2016	34.4	25.1	-7.0	0.1	0.95	N/a
27/12/2016	34.6	25.0	0.2	-0.1	0.95	N/a
28/12/2016	34.1	24.8	-0.5	-0.2	0.95	N/a
29/12/2016	36.8	24.6	2.7	-0.2	0.95	N/a

Fonte: Site Rapid (2021).

2.4.2.6 Módulo de Gerenciamento de Usuários, Senhas e Permissões

O Rapid SCADA oferece suporte a três métodos de autenticação de usuário: primeiro com base em nomes de usuário e senhas, segundo baseado no *Active Directory*, e terceiro, combinando os métodos. O *Active Directory* verifica se as informações fornecidas pelos usuários são válidas e em caso positivo, realiza a autenticação e fornece acesso aos recursos compartilhados pela rede corporativa. O acesso às informações e funções de controle são restringidos de acordo com os direitos do usuário. Os níveis de privilégios variam de 0 a 4. O usuário com direito 0, chamado *Disabled*, está desabilitado para acesso ao sistema; com nível 1, *Administrator*, possui acesso total ao sistema e configurações; com nível 2, *Dispatcher*, *visualiza* todas as informações e envia comandos; com nível 3, *Guest*, *visualiza* todas as informações; com nível 4, *Application*, *interage* com o servidor.

Para usar o segundo método, é necessário criar os grupos de segurança no *Active Directory*. Os grupos correspondem às funções do usuário: *ScadaDisabled* - função desativada; *ScadaAdmin* - função de administrador; *ScadaDispatcher* - função de despachante; *ScadaGuest* - papel de convidado; *ScadaApp* - função do aplicativo. Se um usuário é membro de um desses

grupos, ou membro de um grupo que, por sua vez, é membro dos cinco originais, o usuário recebe os direitos correspondentes no Rapid SCADA.

O 3º método combina as capacidades do 1º e do 2º método. A validação das credenciais do usuário é realizada usando o *Active Directory* e as restrições do usuário são definidas no banco de dados de configuração do Rapid SCADA.

2.4.3 Indicações de Uso

O Fernhill SCADA é indicado nos setores industriais de água e esgoto, energia, alimentos e outros, para monitorar hidroelétricas, tratamentos de água, silos, turbinas eólicas, painéis solares e linhas de produção. Por suportar até 250.000 tags no pacote pago, ele pode ser usado em praticamente qualquer planta, desde as pequenas, até as mais complexas. É uma opção excelente para projetos com orçamento limitado, possui funções e telas simples, mas com as principais funcionalidades dos concorrentes. Pode ser aprimorado por meio da implementação de códigos escritos pelo usuário ou, com um pequeno investimento, pode-se ter adequações realizadas pela própria Fernhill e assistência técnica exclusiva.

O Rapid SCADA é plataforma gratuita, de código-fonte aberto, com vários recursos e ferramentas para que usuário consiga realizar todas as tarefas simples e, se necessário, adquira os módulos mais complexos ou os implemente com códigos. Se mostra uma boa opção para a criação de grandes sistemas de automação industrial distribuídos, pois o produto consegue se adaptar aos mais diversos tipos de ambiente. Ele permite a criação de sistemas automatizados para os setores de automação industrial e residencial, de energia, sistemas de alarme de incêndio, controle de acesso e *Industrial Internet Of Things* (IIoT), em português internet das coisas industrial. No site do desenvolvedor estão disponíveis alguns projetos com implementações sofisticadas, feitas pelos usuários.

3. Conclusão

Este trabalho apresentou as principais funcionalidades, características e aplicabilidades de alguns dos *softwares* SCADA presentes atualmente no mercado brasileiro, com o intuito de fornecer aos profissionais que trabalham com sistemas SCADA uma nova referência sobre esses produtos.

A automação dos processos industriais aumenta a qualidade de vida de toda uma sociedade, promovendo seu conforto e maior integração; aumento de produtividade num curto período de tempo e valorização do ser humano, em sua liberação da execução de tarefas entediantes e repetitivas, ou mesmo situações de trabalho insalubres e de riscos.

Em um mercado cada vez mais competitivo, em que é necessário ter acesso a dados precisos e atualizados, para decisões ágeis e lucrativas, fica evidente a importância de análises complementares sobre as opções de *software*. A escolha que atenda às necessidades reais da empresa é fundamental, sendo que este trabalho detalha alternativas simples, que vão desde ferramentas gratuitas, até alternativas elaboradas, que se concretizam por meio de um alto investimento.

Foram apresentados os principais elementos, requisitos e desafios enfrentados pelos desenvolvedores de sistemas SCADA. Todos os *softwares* aqui apresentados possuem opções de acesso via dispositivos conectados à internet. A adoção dessa infraestrutura resulta em agilidade, menores custos, melhores serviços e eficiência operacional.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se citar a extensão desse projeto, contemplando outros sistemas SCADA presentes no mercado, visto que ainda não foram analisadas todas as plataformas disponíveis. Também se sugere a realização de testes práticos, para análise dos *softwares* aqui apresentados.

4. Referências

ABBAS, Hosny A. *Future SCADA challenges and the promising solution: the agent-based SCADA*. International Journal of Critical Infrastructures, Egito, v. 10, ed. 3, p. 307-333, 2014.

AQUARIUS SOFTWARE AMPLIA PARCERIA COM A GE DIGITAL NO BRASIL. Revista Automação, 2019. Disponível em: <<https://revista-automacao.com/news/23494-aquarius-software-amplia-parceria-com-a-ge-digital-no-brasil>>. Acesso em: 12 abril 2021.

AQUARIUS SOFTWARE EXPANDE PARCERIA COM A GE DIGITAL PARA INDÚSTRIA 4.0. Computer Word, 2019. Disponível em: <<https://computerworld.com.br/negocios/aquarius-software-expande-parceria-com-a-ge-digital-para-industria-4-0/>>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

Aquarius. **Predix APM GERENCIAMENTO DE ATIVOS**. Aquarius, 2021. Disponível em: <<https://www.aquarius.com.br/produto/apm/>>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

Aquarius. **Proficy Plant Applications: MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM (MES) / MANUFACTURING OPERATIONS MANAGEMENT (MOM)**. Aquarius, 2021. Disponível em: <<https://www.aquarius.com.br/produto/ge-plant-applications/>>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

AUTOMAÇÃO industrial. Infoescola, 2012. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/industria/automacao-industrial/>>. Acesso em: 22 abr. 2021.

Automation. **25 Years of PC-Based Control**. Automation, 2009. Disponível em: <<https://www.automation.com/en-us/articles/2009-2/25-years-of-pc-based-control>>. Acesso em: 09 de abril de 2021.

AUTOMATION.COM. Citect Enters Merger Agreement with Schneider Electric for \$80 Million. 2005. Disponível em: <<https://www.automation.com/en-us/articles/2005-3/citect-enters-merger-agreement-with-schneider-elec>>. Acesso em: 6 abr. 2021.

AVEVA. AVEVA completes transformational combination as a new software leader is born. 2018. Disponível em: <<https://www.aveva.com/en/about/news/press-releases/2018/aveva-completes-transformational-combination-as-a-new-software-leader-is-born/>>. Acesso em 06 de abril de 2021.

AVEVA. AVEVA™ InTouch HMI. Disponível em: <<https://www.aveva.com/pt-br/products/intouch-hmi/>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

AVEVA. Citect SCADA. 2020. Disponível em: <<https://www.aveva.com/pt-br/products/plant-scada/>>. Acesso em: 5 abr. 2021.

AVEVA. Datasheet AVEVA Edge. 2021. Disponível em: <https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/datasheets/Datasheet_AVEVA_Edge_01-21.pdf>. Acesso em:

AVEVA. EDGE to Enterprise. 2020. Disponível em: <https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/brochures/Brochure_AVEVA_Edge_to_Enterprise_2020_EN.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2021.

AVEVA. Indusoft Web Studio 2020 Help Manual. 2020. Disponível em: <[http://www.indusoft.pl/images/pdf/IWS_2020/IWS%202020%20Help%20Manual%20\(A4\).pdf](http://www.indusoft.pl/images/pdf/IWS_2020/IWS%202020%20Help%20Manual%20(A4).pdf)>. Acesso em: 20 de abril de 2021.

AVEVA. **Introduction to InduSoft Web Studio**. 2020. Disponível em: <<https://www.aveva.com/content/dam/aveva/documents/support/indusoft-web-studio/IntroIWS.pdf>>. Acesso em: 15 de abril de 2021.

AVEVA. **PRODUCT DATASHEET**. 2020. Disponível em: <https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Catalog&p_File_Name=Datasheet_AVEVA_CitectSCADA_PlantSCADA_07-20.pdf&p_Doc_Ref=AVEVA-Datasheet-PlantSCADA>. Acesso em: 6 abr. 2021.

CONTROL ENGINEERING. **Engineer's Choice Awards**. 2021. Disponível em: <<https://www.controleng.com/events-and-awards/engineers-choice-awards/>>. Acesso em: 13 de Abril de 2021.

FERNHILL SOFTWARE. **Fernhill SCADA Documentation**. Fernhill Software, 2021. Disponível em: <<https://www.fernhillsoftware.com/features-scada-server.php>>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

FILHO, Constantino Seixas. **SCADA**. 16 de novembro de 2002.

FORTUNE 500, 2020. Disponível em: <<https://fortune.com/fortune500/2020/search/>>. Acesso em: 18 de abril de 2021.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. **Cimplicity 11: Documentation**. 2020. Disponível em: <<https://www.ge.com/digital/documentation/cimplicity/version11/>>. Acesso em: 16 de abril de 2021.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. **GE Cimplicity HMI/SCADA: Secure Deployment Guide**. 2020. Disponível em: <https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/cimplicity-secure-deployment-guide.pdf>. Acesso em: 16 de abril de 2021.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. **iFIX 6.5 Documentation**. 2020. Disponível em: <<https://www.ge.com/digital/documentation/ifix/version65/>> Acesso em: 13 de abril de 2021.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. **Proficy WebSpace Version 6.0**. 2019. Disponível em: <https://www.ge.com/digital/sites/default/files/download_assets/webpace-60-from-ge-digital.pdf>. Acesso em: 20 de abril de 2021.

HARROLD, Dave. **Intellution shares plans for 2001**. Control Engineering, 2001. Disponível em: <<https://www.controleng.com/articles/intellution-shares-plans-for-2001/>>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

IMARC GROUP. **Global SCADA Market to Reach US\$ 26 Billion by 2024**, Spurred by Increasing Employment in Oil and Gas Industry. Disponível em: <<https://www.imarcgroup.com/global-scada-market>>. Acesso em 02 de abril de 2021.

IND 4.0 MANUFATURA AVANÇADA. **AVEVA acquire OSIsoft por US\$ 5 bilhões para acelerar a transformação digital no mundo industrial**. 2020. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/noticias/20306-aveva-acquire-osisoft-por-us-5-bilhoes-para-acelerar-a-transformacao-digital-no-mundo-industrial>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

INSOURCE SOLUTIONS KNOWLEDGE CENTER. **InTouch Security - Differences between the security types**. 3 set. 2020. Disponível em: <[https://knowledge.insourcess.com/?title=Visualization_and_Supervisory_Control%2FInTouch%2FMMaximize_%26_Optimize%2FTN_IT195_InTouch_Security_-_Differences_between_the_security_types](https://knowledge.insourcess.com/?title=Visualization_and_Supervisory_Control%2FInTouch%2FMaximize_%26_Optimize%2FTN_IT195_InTouch_Security_-_Differences_between_the_security_types)>. Acesso em: 11 abr. 2021.

INTELLUTION. *About Intellution*. Disponível em: <<http://intellution.co.th/en/about-us.html>>. Acesso em: 13 de abril de 2021.

INVENSYS SYSTEMS, INC. *InTouch® HMI Scripting and Logic Guide*. 25 jul. 2007. Disponível em: <<http://cdn.logic-control.com/media/ITScriptsAndLogic.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2021.

INVENSYS SYSTEMS, INC. *WONDERWARE® FactorySuite™ InTouch® User's Guide*. set 2005. Disponível em: <<https://kishorekaruppaswamy.files.wordpress.com/2011/10/intouch-wonderware-manual.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

LONDON STOCK EXCHANGE. **FTSE 100**. Disponível em: <<https://www.londonstockexchange.com/indices/ftse-100/constituents/table>>. Acesso em: 2 abr. 2021.

MONTEIRO, D, Barrantes, D. B, Quirós, J. M, *Introducción a los sistemas de control supervisor y de adquisición de datos (SCADA)*. Monografia, Universidad de Costa Rica, 2004.

MORAES, C. C. de.; CASTRUCCI, P. de L. *Engenharia de Automação Industrial*. 2. ed. LTC. Rio de Janeiro, 2007.

MOREIRA, Pedro Manuel Barbosa. *Sistema de Supervisão e Controlo de Estruturas - Civiónica*. 2011. 170 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~ee06150/Documentos/Dissertacao_FINAL.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

PHARMACEUTICAL ONLINE. **Intellution, Inc.** 1999. Disponível em: <<https://www.pharmaceuticalonline.com/doc/intellution-inc-0003>>. Acesso em: 11 de abril de 2021.

PINHEIRO, José Mauricio Santos. *Introdução às Redes de Supervisão e Controle*. Abril 2006. Projeto de Redes. Disponível em: <https://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_redes_de_supervisao_e_controle.php>. Acesso em: 20 março de 2021.

RAPID SCADA. *What is Rapid SCADA?* Rapid SCADA, 2021. Disponível em: <<https://rapidscada.org/>>. Acesso em: 12 de abril de 2021.

REFERENCE FOR BUSINESS. **BTR Siebe plc - Company Profile, Information, Business Description, History, Background Information on BTR Siebe plc**. Disponível em: <<https://www.referenceforbusiness.com/history2/49/BTR-Siebe-plc.html#ixzz6tS8MvRur>>. Acesso em: 9 abr. 2021.

ROSÁRIO, João M. *Princípios de Mecatrônica*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2005.

SCHMIDT, Álvaro Maciel, *Controle de nível de líquido utilizando controlador lógico programável*. 2008. Monografia de Graduação. UFOP, 2008.

SCHNEIDER ELECTRIC. *InTouch HMI Tag Viewer Guide*. 2015. Disponível em: <<https://cdn.logic-control.com/docs/Wonderware/InTouch/ITTagViewer.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

SCHNEIDER ELECTRIC. *InTouch® HMI Alarms and Events Guide*. 14 out. 2015. Disponível em: <<https://cdn.logic-control.com/docs/Wonderware/InTouch/ITAlarmsAndEvents.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

SCHNEIDER ELECTRIC. **STRUXUREWARE SCADA Expert Vijeo Citect v7.40 SP1 User Guide**. 2014. Disponível em: <https://www.se.com/ww/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/235000/FA235001/en_US/PSE%207.4%20User%20Guide.pdf>. Acesso em: 7 abr. 2021.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Technical Overview**. 2010. Disponível em: <https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=Brochure&p_File_Id=687559746&p_File_Name=SE_6867_Scada.pdf&p_Doc_Ref=SE6867>. Acesso em: 5 abr. 2021.

SCHNEIDER ELECTRIC. **The history of Invensys**. Disponível em: <<https://www.se.com/ww/en/brands/invensys/invensys-history.jsp>>. Acesso em: 8 abr. 2021.

SCHNEIDER ELECTRIC. **VIJEO Citect Technical Overview**. 2011. Disponível em: <<https://www.unitconcept.com/wp-content/uploads/2018/12/CitectBrochure.pdf>>. Acesso em: 4 abr. 2021.

SILVEIRA, Paulo R.; SANTOS, Winderson E. **Automação e controle discreto**. 2. ed. Érica. São Paulo, 1998.

SOBRE NÓS, AQUARIUS SOFTWARE. Disponível em: <<https://www.aquarius.com.br/sobre/>>. Acesso em: 10 de abril de 2021.

SOUZA, Sandro Régis Lemes. **A Evolução dos Sistemas Supervisórios no Brasil**. 2016. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/evolu%C3%A7%C3%A3o-dos-sistemas-supervis%C3%B3rios-brasil-de-souza-/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em 23 de março de 2021.

THE NEW YORK TIMES **Siebe to Buy Wonderware for \$375 Million**. 1998. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/1998/02/25/business/company-news-siebe-to-buy-wonderware-for-375-million.html>>. Acesso em: 9 abr. 2021.

WONDERWARE WEST. **About Wonderware West**. Disponível em: <<https://wonderwarewest.com/about/>>. Acesso em: 8 abr. 2021.