O-PAS: visão geral, desafios e oportunidades em padrões abertos de automação

Anna Paula Virgolino de Andrade Aguiar *
Egydio Tadeu Gomes Ramos * **George Acioli Júnior** *
Péricles Rezende Barros * **Marcelo Lopes Lima** **

* *Laboratório de Instrumentação Eletrônica e Controle (LIEC), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), PB, - Parque Tecnológico da Paraíba (e-mail: [anna.aguiar,egydio.ramos]@ee.ufcg.edu.br, [georgeacioli,prbarros]@dee.ufcg.edu.br).*
** *Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello - CENPES/Petrobras, RJ, (e-mail: marceloll@petrobras.com.br).*

Abstract: With the digital transformation advancement in the industrial environment, the need for changes in automation systems emerged. These systems have become necessary for portability, interoperability, and modularity. In 2016, a group of companies started the Open Process Automation Forum to define a new architecture that meets these requirements. Only in 2019, the first document with definitions of the new standard was published. The standard continues to be developed, as well as the new equipment and software required for implementation. This article presents a systematic literature review on the Open Process Automation Standard.

Resumo: Com o avanço da transformação digital no ambiente industrial, surgiu a necessidade de mudanças nos sistemas de automação. Requisitos como portabilidade, interoperabilidade e modularidade tornaram-se essenciais para esses sistemas. Com a finalidade de definir uma nova arquitetura que atenda a esses requisitos, em 2016, um grupo de empresas iniciaram o *Open Process Automation Forum*. Apenas em 2019, foi publicado o primeiro documento com definições sobre o novo padrão. O padrão continua em desenvolvimento, assim como os novos equipamentos e *softwares* necessários para sua implantação. Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre o padrão *Open Process Automation*.

Keywords: Open process automation; Smart hardware; Industrial automation; Automation system; Open Automation architecture.

Palavras-chaves: Automação de processos abertos; Hardware inteligente; Automação industrial; Sistema de automação; Arquitetura aberta de automação.

1. INTRODUÇÃO

Com a finalidade de criar uma arquitetura adequada a transformação digital, em novembro de 2016, um grupo de usuários finais (indústrias), integradores de sistemas e fornecedores de sistemas de automação de processos iniciaram o *Open Process Automation Forum* (O-PAF). O intuito desse fórum é selecionar um conjunto de padrões já existentes para automação industrial, tendo como objetivo alcançar um padrão de automação aberto e modular. O O-PAF é gerido pelo *The Open Group*, um consórcio de desenvolvimento de padrões independente de fornecedor.

Em 5 de fevereiro de 2019, no evento *ARC Industry Forum* ocorrido na Flórida, o *The Open Group* lançou a primeira versão do padrão *Open Process Automation Standard* (O-PAS) desenvolvido pelo O-PAF (The Open Group, 2024). O grupo ainda publicou o *Open Process Automation Business Guide* (The Open Group, 2018), onde uma estrutura empresarial com práticas comerciais são estabelecidas, e uma Política de Certificação de Conformidade (The Open Group, 2020) dirigida aos fornecedores que desejam ter seus produtos certificados conforme o O-PAS. Em fevereiro de 2020 foi publicada a versão 2.0, e em maio de 2021, a versão 2.1. A publicação da versão 3.0 é esperada ainda para o ano de 2024.

O *Open Process Automation* (OPA) é uma estrutura integrada que envolve uma arquitetura de *hardware* e *software* destinada a facilitar a adição, atualização e troca de componentes. É caracterizada por padrões abertos e pela sua portabilidade, modularidade e interoperabilidade (Ogumerem et al., 2020). No O-PAS, além da arquitetura de referência, define-se um modelo de informação que possa ser incorporado em sistemas de automação de processos distribuídos heterogeneamente.

A arquitetura proposta no O-PAS proporciona um sistema totalmente conectado e flexível (Basu, 2022), onde todos os dispositivos devem se comunicar diretamente usando

protocolos abertos. Isso se difere da estrutura de redes atual, a qual conecta os dispositivos de maneira linear, vertical, seguindo a tradicional pirâmide de automação. Instrumentos de campo são interligados aos controladores, que por sua vez são conectados aos sistemas supervisórios. Essa estrutura também é marcada pelo uso de protocolos proprietários.

Outros pontos a serem considerados nas novas arquiteturas industriais são a modularidade de todo o sistema de automação, a interoperabilidade abrangente e o aumento da segurança dos dados. Para isso é necessário combinar elementos da tecnologia da informação (TI) com a tecnologia de operação (TO) (Basu, 2022).

Neste contexto, o presente estudo visa fornecer uma visão abrangente do O-PAS. Baseando-se em uma revisão sistemática da literatura, esse trabalho descreve conceitos básicos, comenta sobre o estado de desenvolvimento da arquitetura do sistema *Open Process Automation* e algumas das aplicações já realizadas.

Este trabalho esta estruturado como segue: na seção 2 uma visão geral sobre O-PAS é apresentada. A arquitetura de referência definida pelo padrão é apresentada na seção 3. Os resultados da revisão sistemática da literatura são apresentados na seção 4, dividida em análise quantitativa e qualitativa. Na seção 5, algumas das iniciativas de fabricantes de sistemas de automação são descritas. O artigo é finalizado com as conclusões na seção 6.

2. VISÃO GERAL DO O-PAS

OPA é uma iniciativa da indústria em conjunto com fornecedores de *hardware* e *software*, integradores de sistemas e usuários, na qual uma arquitetura de automação aberta, segura e interoperável é definida. Essa arquitetura prevê que dispositivos de diferentes fabricantes operem em conjunto como um sistema único e coeso.

Dentre as principais motivações para o desenvolvimento dessa arquitetura, pode-se citar a falta de interoperabilidade entre sistemas de diferentes fornecedores e a necessidade de reconfigurar o sistema sempre que existe substituição/atualização desses. Dentro do contexto de atualização dos sistemas, ainda existe a impossibilidade de atualização apenas de parte dos sistemas. Além disso, tem-se a ausência de mecanismos de segurança cibernética integrados (Bartusiak et al., 2022). Esses recursos são requisitos para o processo de transformação digital.

Nesses contexto, os objetivos principais do desenvolvimento dessa nova arquitetura, como apresentado em Basu (2022), são:

- permitir a integração de vários sistemas com acessibilidade à computação de ponta, reduzindo o custo de qualquer substituição;
- permitir uma arquitetura aberta com rede de valor agregado com convergência de tecnologia de informação e tecnologia de operação para troca de informações e agregação de valor.
- permitir conectividade OPC UA e gerenciamento de sistemas seguindo padrão de TI;
- permitir a total proteção com segurança intrínseca adaptativa para operação segura e confiável, conforme ANSI/ISA 62443;
- permitir que produtos comerciais sejam aplicáveis em múltiplas indústrias de processo. Os produtos devem ser desenvolvidos e testados em um ambiente totalmente virtualizado para reduzir tempo, simplificar o trabalho de integração e fornecedores poderem usar *hardware* independente do fabricante.

A atual versão do O-PAS é a 2.1. Na primeira publicação da versão 2.1 do padrão O-PAS foram disponibilizadas 7 partes:

- 1 – Visão geral da arquitetura técnica (Informativo) - IEC 62264
- 2 – Segurança - ISA 62443
- 3 – Perfis (Informativo)
- 4 – Estrutura de conectividade O-PAS (OCF) - IEC 62541 (OPC UA)
- 5 – Gerenciamento do sistema - DMFT (Redfish)
- 6 – Modelos e troca de informação
  - 6.1 - Visão geral e interfaces
  - 6.2 - Configuração básica - IEC 62714 (AutomationML)
  - 6.3 - Configuração de alarmes e eventos
  - 6.4 - Blocos de função
  - 6.5 - IEC 61499
  - 6.6 - IEC 61131
- 7 – Plataforma física

A parte 6, que trata de modelo de informação é subdividida em 6: visão geral e interfaces, configuração básica, alarmes e eventos, blocos de função, padrões IEC 61499 e IEC 61131. Embora uma parte 8 ainda não tenha sido disponibilizada, a parte 9 que trata do sistema de orquestração foi publicada em fevereiro de 2024. Muito do exposto no padrão ainda é de caráter informativo.

Conhecido como o "padrão dos padrões", o O-PAS incorpora padrões já estabelecidos onde possível como, por exemplo: ISA 62443 (segurança), IEC 62541 (OPC UA), IEC 61131-3 (linguagens dos controladores programáveis - execução periódica) e IEC 61499 (blocos de função - execução orientada a eventos). No entanto, quando não existe um padrão adequado para o O-PAS, está sendo criado um novo.

3. ARQUITETURA DE REFERÊNCIA O-PAS

Conforme apresentado na parte 1 do padrão, a arquitetura O-PAS deve atender 23 atributos de qualidade, dentre os quais se destacam: interoperabilidade, escalabilidade, acessibilidade, disponibilidade, modularidade, segurança, portabilidade, descoberta, conformidade com padrões (requisitos de conformidade O-PAS) e confiabilidade.

A arquitetura de automação de referência é apresentada na Fig. 1. Os blocos em verde indicam componentes legados, que não estão em conformidade com o padrão O-PAS, como o sistema digital de controle distribuído (SDCD), controlador lógico programável (CLP), analisadores, interfaces de rede de campo, plataformas de gestão, dentre outros. Os blocos em amarelo são os componentes em conformidade com o O-PAS e representam novos elementos em comparação com os atuais sistemas de controle distri-

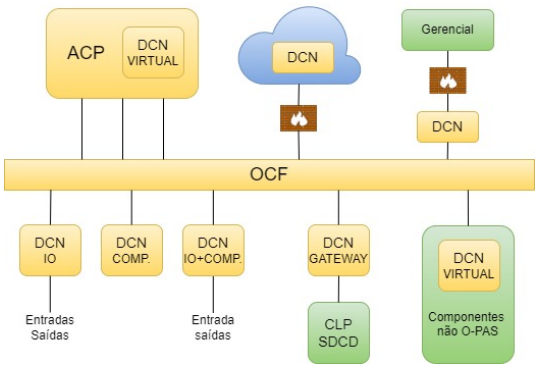

Figura 1. Arquitetura de referência definida pelo O-PAS.

buídos. Esses elementos são os principais componentes da arquitetura O-PAS:

- Nó de Controle Distribuído (*Distributed Control Node* - DCN) - dispositivo compatível com O-PAS que executa funções de entrada/saída e/ou de aplicações desenvolvidas pelo usuário. Conecta-se fisicamente e em termos de dados à rede O-PAS e são altamente escaláveis. É através do DCN que os dispositivos legados são integrados ao barramento. São definidos quatro configurações de DCNs:
  (a) DCN-IO: conecta-se a sensores ou atuadores por qualquer tipo de protocolo de comunicação de campo, não tem capacidade de aplicação programável pelo usuário;
  (b) DCN-Compute: sem conexão física direta a dispositivos de campo de sistema não O-PAS (sensores, atuadores e controladores), são programáveis, e podem ser desenvolvidos em hardware dedicado ou em um computador de propósito geral (onde são chamados de DCNs virtuais);
  (c) DCN-Compute+IO: combina as conexões a sensores e atuadores de (a) com a capacidade de programação de (b);
  (d) DCN-Gateway: o lado voltado para o campo se conecta ao sistema não O-PAS por meio de interfaces físicas e de dados do sistema não O-PAS;
- O-PAS *Connectivity Framework* (OCF) - uma rede Ethernet de alta disponibilidade que usa o modelo e protocolo de dados OPC UA, na qual se conectam os elementos em conformidade com o O-PAS;
- Plataforma de Computação Avançada (*Advanced Computing Platform* - ACP) - plataforma de alta disponibilidade com recursos de computação escaláveis (memória, disco, núcleos de CPU), fornece os requisitos de baixa latência, o determinismo e a confiabilidade necessários para suportar aplicativos ou serviços que exigem mais recursos do que normalmente são disponível em um DCN.

Para apoiar os atributos, a arquitetura O-PAS é definida através da abstração e padronização de interfaces, modelos de informação e funções de interface. No que se refere aos elementos de *software*, para eliminar confusão na interpretação da palavra aplicação, O-PAS define quatro camadas de aplicação (F, I, L e O).

- Camada F - inclui os aplicativos definidos por meio das especificações de configuração do O-PAS (parte 6), abrangendo aplicações em conformidade com as normas IEC 61131-3 e IEC 61499, desenvolvidos por um integrador de sistema ou usuário final;
- Camada I - fornece as interfaces necessárias para executar os aplicativos da Camada F e operar com base nas informações de configuração da Camada F, ou seja, abrange mecanismos de execução de blocos funcionais e texto estruturado escritos por um fornecedor de *software*.
- Camada L - composta por aplicativos do tipo bibliotecas ou programas de serviço definidos em uma linguagem de TI típica que fornecem serviços aos aplicativos da Camada I, abrange componentes de serviços OPC UA e serviços de banco de dados escritos por um fornecedor de *software*.
- Camada O - composta por aplicativos do sistema operacional subjacente que fornece o ambiente para os aplicativos da Camada L e da Camada I, abrange sistema operacionais escritos ou portados por um fornecedor de *software* ou *hardware*.

4. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Nesta seção os resultados referentes a revisão da literatura são apresentados. Inicia-se com a análise quantitativa dos resultados e em seguida discute-se aspectos de *hardware*, *software*, segurança, comunicação e aplicação.

4.1 Análise quantitativa

A revisão foi realizada nos bancos de dados IEEEXplore e no ScienceDirect. Na busca foram utilizados os seguintes critérios:

- termo usado como palava chave: "*Open Process Automation*";
- idioma: inglês.

Por ser um tema relativamente novo, não foi usado critério de data, então todos os arquivos a partir de 2016 foram considerados. Apenas 18 trabalhos, entre artigos de congresso e revista e capítulos de livro foram encontrados.

Na fase de seleção, 5 trabalhos foram selecionados e os demais excluídos. O critério de exclusão foi o fato de OPA ser referenciado no trabalho mas não ser relevante para o tema efetivamente discutido.

Dos trabalhos selecionados 3 (60%) são capítulos de um mesmo livro e 2 (40%) são artigos publicados em revista cientifica. O livro, publicado pela Elsevier, é o *Plant Intelligent Automation and Digital Transformation Process* (Basu, 2022). As revistas são *IEEE Access e Control Engineering Practice*.

Em Bartusiak et al. (2022) e Basu (2022) uma revisão sobre o padrão de O-PAS é apresentada. Além disso, Bartusiak et al. (2022) apresenta a aplicação da arquitetura OPA em uma prova de conceito e um protótipo realizados pela ExxonMobil com os integradores de sistemas Lockheed Martin e Wood, o que mostra a funcionalidade do novo padrão de arquitetura.

Em Qamsane et al. (2022), uma abordagem de monitoramento de desempenho baseada em O-PAS e gêmeo digital é apresentada. O objetivo foi auxiliar a programação da

manutenção evitando a necessidade de paradas não planejadas. Tecnologias do O-PAS e de gêmeo digital são avaliadas por meio de sistemas de vários fornecedores.

4.2 Hardware

Um dos novos elementos inseridos na arquitetura O-PAS é o DCN. Segundo Basu (2022) este dispositivo é o coração do sistema. Os DCNs são conectados a dispositivos de campo e podem conter muitas funções do SDCD ou do CLP convencional.

Além disso, podem ser expandidos para abrigar funções avançadas de controle/computação a partir do processamento de sinais de entrada/saída. Segundo Basu (2022), a plataforma de computação avançada (ACP) altamente disponível pode ser composta por uma combinação de DCNs no barramento para suportar aplicações de controle avançadas, detecção de eventos e cálculos. É possível transferir dados diretamente de DCNs para *data centers* externos.

Nas aplicações apresentadas em (Bartusiak et al., 2022) foram utilizados DCNs dos seguinte fabricantes: Schneider Electric M580, Phoenix Contact AXC F2152, Intel DCN (produto protótipo), WidgetLords PI-SPI-DIN e NxtControl nxt4EVAL. Já o ACP foi implementado utilizando o VmWare com *hardware* Dell VxRail e o WindRiver Titanium Control com *hardware* Dell, HP e Cisco. As diferentes plataformas de *hardware* usadas para entradas e saídas e execução de lógica de controle (DCNs) incluíam métodos proprietários para aquisição e troca de dados.

Especificações para o tamanho, peso e potência dos módulos de entradas e saídas e de computação, para o barramento de entradas e saídas e para os conectores estão em andamento (Bartusiak et al., 2022). Uma especificação de DCN informativa é encontrada na Parte 7 do Padrão O-PAS, Versão 2.1 – Preliminar.

Avanços do *hardware* esperados com o O-PAS consistem em plataformas de computação e ecossistema comercial para permitir uma melhoria na oportunidade e extensão do uso industrial de controle preditivo (MPC). Atualmente, esse controle é implementado em uma camada superior e predominantemente utilizado para definir o *setpoint* do controlador PID regulatório. As novas plataformas também devem impactar na próxima geração de tecnologia da engenharia de sistemas de processos baseada em aprendizado de máquina (Bartusiak et al., 2022).

4.3 Software

Para os usuários finais, uma das vantagens de utilizar O-PAS é reduzir o custo total de propriedade dos sistemas reutilizando *software* de aplicações. A consequência disso é o atendimento ao atributo da portabilidade, que garante a transferência de um sistema ou componente de um ambiente de *hardware* ou *software* para outro (Bartusiak et al., 2022). O fato da arquitetura de *software* ser definida por camadas permite a rápida integração e reutilização, o que minimiza o esforço para migrar os códigos para outros dispositivos ou sistema operacional.

O atributo da interoperabilidade depende da existência de padrões de modelos de informação para cada classe de dispositivos, independentes de um protocolo de comunicação específico (Basu, 2022). Uma possibilidade é seguir o modelo de informações de dispositivos unificado PA-DIM (FieldComm Group, 2019). Esse modelo não necessita de mapeamento adicional e possibilita as seguintes funções:

- troca de informações entre aplicativos de informações e de relatórios, dentre outros;
- troca de informações em tempo real para aplicações de controle, configuração e parametrização de dispositivos, interface humano-máquina (IHM);
- fornecimento de interfaces de configuração da segurança de um dispositivo e para monitorar seu status atual de proteção.

Para implementar a arquitetura O-PAS em Bartusiak et al. (2022) foram utilizados os seguintes *softwares*: WindRiver Titanium Control para o ACP; RTI DDS, PROFINET, Open62541 OPC UA e Matrikon OPC UA para comunicação; nxtControl nxtStudio, Eclipse 4diac e ABB 800xA para o controle básico e Mathworks Matlab e AspenTech DMC3 para o controle avançado. A base usada na programação foi o bloco de função padronizado na IEC 61499 (International Electrotechnical Commission, 2012), conforme definido na parte 6.5 do padrão O-PAS. Diferente do padrão IEC 61131 (International Electrotechnical Commission, 2013), a execução dos blocos padronizados pela IEC 61499 é orientada a eventos. O tempo de execução foi processado na camada de *software*, tornando possível fornecer um ambiente comum de execução. Uma aplicação de gerenciamento de sistemas foi desenvolvida para iniciar, monitorar (utilização de CPU, memória, armazenamento e temperatura da CPU), parar e reiniciar todos os processos.

Detalhes quanto à implementação de O-PAS na aplicação apresentada em Qamsane et al. (2022) não foram apresentados. Nesse trabalho o foco foi no desenvolvimento do *software* do ambiente de teste do gêmeo digital. O *testbed* combina plataformas de sistema e *software* que demonstram e avaliam tecnologias OPA e gêmeo digital por meio de sistemas de vários fornecedores.

4.4 Segurança

No projeto de sistemas de automação tradicionais, a segurança cibernética não é uma parte intrínseca (Basu, 2022). No entanto, uma segurança de tecnologia de operação que é diferente da segurança de TI foi adicionada posteriormente. Passando a ser prioridade de muitos dos principais usuários finais (Basu, 2022). Na arquitetura O-PAS é previsto um sistema aberto com a junção de tecnologias de informação e operação. Assim se espera novos desenvolvimentos de sistemas de segurança com a finalidade de proteger a rede como um todo.

Nos exemplos de aplicação apresentados em Bartusiak et al. (2022), foram usados três mecanismos para segurança cibernética de forma a esta em conformidade com a norma:

- criação de certificados SSL para 802.1x;
- zonas usando VLANs e firewalls - as zonas foram utilizadas para separar os tipos de tráfego de dados, os quais eram seguimentos logicamente pelas VLANs e regulados pelos firewalls;

- autenticação de dispositivo - configuração de um servidor Radius para fornecer autenticação e configuração de *switches* de borda para usar 802.1x.

Aspectos relacionados a segurança não foram tratados no trabalho de Qamsane et al. (2022).

4.5 Comunicação

O O-PAS *Connectivity Framework* (OCF), que é tratado na parte 4, é uma rede Ethernet de alta disponibilidade. O protocolo de modelo de informação e transmissão de dados utilizado é o OPC UA - IEC 62541 (Bartusiak et al., 2022). Embora mostrada como uma rede plana e não segmentada, as instâncias OCF provavelmente serão particionadas na prática por motivos de gerenciamento de largura de banda, segurança e disponibilidade.

Em Bartusiak et al. (2022), o OPC UA foi desenvolvido como o principal meio de comunicação entre os componentes DCN, ACP, IHM e historiador. Os produtos utilizados para construir o OCF foram o Open62541 OPC UA e o Matrikon OPC UA. O maior desafio da implementação do OPC UA foi garantir que as alterações nos clientes e servidores OPC UA não perturbassem o resto do sistema. Foi construída uma camada de abstração OPC UA que tornou as implementações de troca tão simples quanto a edição de um arquivo de configuração.

4.6 Aplicações

Diversas empresas operacionais – incluindo ExxonMobil, BASF e Georgia Pacific – desenvolveram e testaram instâncias de protótipos de sistemas OPA. Duas das aplicações desenvolvidas pela ExxonMobil e Lockheed Martin são apresentados em Bartusiak et al. (2022). A primeira é uma prova de conceito. A segunda é um sistema protótipo de controle de processo de hidrocarbonetos.

A prova de conceito foi projetada em 2017 e tinha dois objetivos. O primeiro era mostrar que um sistema de controle poderia ser desenvolvido usando componentes de *hardware* e *software* de diferentes fabricantes compatíveis com o padrão O-PAS. O segundo era demonstrar os atributos de interoperabilidade, portabilidade de configuração e portabilidade de aplicações. A simulação de um aquecedor foi utilizada para testar o sistema.

Após o sucesso do teste na prova de conceito, a tecnologia avaliada foi utilizada para realizar o controle de uma planta piloto de uma unidade de desenvolvimento de catalisadores. Este protótipo foi criado em uma parceria com a Wood em 2018 e 2019. Mais detalhes, como equipamentos utilizados, sobre essas duas aplicações são encontrados em Bartusiak et al. (2022).

Já em Qamsane et al. (2022), o O-PAS foi utilizado em conjunto com o gêmeo digital (*Digital Twin* - DT). Uma *sandbox* OPA e gêmeo digital com uma plataforma de teste independente foi construída para monitorar o desempenho. Assim, tornou-se possível a coleta, visualização e análise de dados de integridade de ativos. Esse dados ficam disponíveis para diferentes departamentos, permitindo uma visão mais abrangente do sistema de produção. Assim foi possível, permitir que as organizações avaliem mais rapidamente as operações, testem suposições para inovação e melhorem as capacidades. Além disso, o uso das informações coletadas ajudam na preservação das metas de rendimento e melhora da qualidade do produto, ao mesmo tempo que reduzem o tempo de inatividade para uma melhor experiência do cliente.

Os dados são transferidos por meio de conjuntos de interface de protocolo de dados dedicados dentro da estrutura OPA-DT e, em seguida, usados pelos conjuntos OPA-DT para monitorar o desempenho do processo e do equipamento.

5. INICIATIVAS DOS FORNECEDORES

Atualmente, de acordo com o site oficial do *The Open Group* "www.opengroup.org/opaf/current-members", esse fórum possui 102 membros, dentre eles estão industrias como Chevron, DuPont Company, Petrobras e Shell Global Solutions B.V. Ainda integram o fórum fabricantes de dispositivos de automação como por exemplo Aveva, Endress+Hauser Process Solutions, Nova SMAR S/A, Rockwell Automation, Schneider Electric, Yokogawa, Siemens Industry Inc. Algumas das principais iniciativas de fabricantes são descritas nessa seção.

O primeiro sistema comercial a atender o padrão O-PAS foi desenvolvido pelo consórcio de empresas *Coalition for Open Process Automation* (COPA). O COPA *Quickstart System* está em processo de certificação pela O-PAF. O primeiro DCN aprensetado pelo COPA foi produzido pela ASRock Industrial em colaboração com a Intel Corporation, séries iEP-7020E e iEP-5010G. Esse DCN foi aprovado com êxito nos testes de verificação para o padrão O-PAS (MATEO, 2024). É esperado que a certificação seja emitida ainda em 2024.

Os primeiros testes dos padrões O-PAS foi uma parceria com a Yokogawa juntamente com a ExxonMobil. Um banco de testes do padrão O-PAS foi desenvolvido para avaliar componentes e comprovar o funcionamento dos padrões. Este esforço bem-sucedido de teste resultou no primeiro sistema baseado em O-PAS projetado para operar uma instalação completa de produção petroquímica. Assim, a Yokogawa estabeleceu as competências necessárias para obter, integrar, implementar e apoiar tecnologias O-PAS.

A Rockwell tem avançado na expansão de padrões abertos em todo o portfólio. Segundo Rockwell (2024), a empresa lançou 4 produtos no mercado, desenvolvidos para uso na arquitetura O-PAS.

- O SDCD PlantPAX, nova versão do controlador logix com suporte nativo ao OPC UA.
- A superfície de computação Embedded Edge Compute Module.
- A plataforma FactoryTalk Optix, que permite visualização dos dados de toda a empresa por todo o pessoal.
- O FactoryTalk DataMosaix que fornece tratamento dos dados.

A nova linha de produtos da Smar também está sendo desenvolvida para atender aos requisitos do O-PAS. Segundo SMAR (2024), a arquitetura System302 é compatível com a arquitetura O-PAS, sendo necessário apenas incorporar os novos requisitos de *software* definidos pelo O-PAF.

Semelhante a arquitetura O-PAS, onde o elemento central é o DCN, na System302 este elemento é o *Distributed Field Interface*.

A iniciativa da Schneider Electric é em conjunto com a organização UniversalAutomation (Universal Automation, 2024), uma associação independente e sem fins lucrativos, da qual outras empresas como Yokogawa, ExxonMobil, Basf e Phoenix Contact também fazem parte. O objetivo é desenvolver um mecanismo de execução de código compartilhado para automação industrial, baseado no padrão IEC 61499. Esse padrão usado pelo O-PAS fornece a base para um ecossistema de soluções portáteis e interoperáveis. O produto Schneider para executar as aplicações é da linha Modicon.

6. CONCLUSÕES

Neste artigo, uma revisão sistemática da literatura sobre *Open Process Automation* foi apresentada. Na pesquisa realizada foram encontrados apenas 18 citações ao tema, o que era esperado devido à recente publicação do padrão. Nesse sentido, verificou-se que para um melhor entendimento e para ser possível realizar exploração tecnológica ampla dentro do tema O-PAS também deve ser realizada análise dos padrões existentes (versão 2.1).

Foi constatado ainda, dificuldades da aplicação da arquitetura O-PAS. Por exemplo, foi verificado que conformidade OPC-UA não está suficientemente definida para garantir a interoperabilidade entre diferentes fornecedores (Bartusiak et al., 2022). Além disso, um programa de certificação robusto é importante, visto que a auto-certificação dos fornecedores pode não ser suficiente. Outro ponto é a necessidade do desenvolvimento de aplicativos de *softwares* adequados para execução em uma plataforma de alta disponibilidade.

Foi observado ainda que apesar do tráfego de dados ter sido segmentado e monitorado com sucesso, alguns problemas de segurança foram apresentados em (Bartusiak et al., 2022). Os certificados SSL entre implementações OPC-UA não funcionaram corretamente dentro dos limites de tempo do projeto. O suporte para autenticação de endereço MAC (controle de acesso à mídia) 802.1x não estava disponível em vários fornecedores.

Em Qamsane et al. (2022), nenhum problema foi apontado. Conclui-se que a combinação das tecnologias O-PAS e gêmeo digital mostra-se muito promissora na redução de riscos, tempo de inatividade do processo de fabricação e consumo de energia. Consequentemente, a melhora na segurança e na eficiência nos sistemas de produção é esperada.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Petrobras através do Termo de Cooperação Nº 0050.0126772.24.9 e pelo projeto Desenvolvimento de Soluções em Plataformas Abertas de Automação de Processos O-PAS suportado pelo CENTRO DE COMPETÊNCIA EMBRAPII VIRTUS EM HARDWARE INTELIGENTE PARA INDÚSTRIA - VIRTUS-CC, com recursos financeiros oriundos do PPI HardwareBR do MCTI, através do Termo de Cooperação 055/2023, firmado com a EMBRAPII.

REFERÊNCIAS

Bartusiak, R.D., Bitar, S., DeBari, D.L., Houk, B.G., Stevens, D., Fitzpatrick, B., and Sloan, P. (2022). Open process automation: A standards-based, open, secure, interoperable process control architecture. *Control Engineering Practice*, 121, 105034.

Basu, S. (2022). *Plant Intelligent Automation and Digital Transformation: Process and Factory Automation*, volume I. Academic Press.

FieldComm Group (2019). Process automation device information model. URL `https://www.fieldcommgroup.org/sites/default/files/imce_files/technology/documents/PA%20DIM%20white%20paper%201.0.pdf`. Accessed on Março 25, 2024.

International Electrotechnical Commission (2012). *IEC 61499: Function blocks*. IEC.

International Electrotechnical Commission (2013). *IEC 61131: Programmable controllers*. IEC.

MATEO, S. (2024). Coalition for open process automation announces availability of open process automation verified distributed control nodes. URL `https://www.prweb.com/releases/coalition-for-open-process-automation-announces-availability-of-open-process-automation-verified-distributed-control-nodes-302052510.html`. Accessed on Março 30, 2024.

Ogumerem, G.S., Avraamidou, S., and Pistikopoulos, E.N. (2020). Computational framework for smart manufacturing via parametric optimization and control (PAROC). In *Smart Manufacturing*, 245–259. Elsevier.

Qamsane, Y., Phillips, J.R., Savaglio, C., Warner, D., James, S.C., and Barton, K. (2022). Open process automation-and digital twin-based performance monitoring of a process manufacturing system. *IEEE Access*, 10, 60823–60835.

Rockwell (2024). Rockwell automation elevates industry leadership through robust expansion of open process automation technology capabilities. URL `https://www.rockwellautomation.com/en-us/company/news/press-releases/rockwell-automation-elevates-industry-leadership-through-robust-expansion-of-open-process-automation-technology-capabilities.html`. Accessed on Março 30, 2024.

SMAR (2024). Open process automation standard. URL `https://www.smar.com.br/en/open-process-automation-standard`. Accessed on Março 30, 2024.

The Open Group (2018). Open process automation business guide. URL `https://publications.opengroup.org/g182`. Accessed on Março 25, 2024.

The Open Group (2020). Open process automation - certification policy. URL `https://publications.opengroup.org/x201`. Accessed on Março 25, 2024.

The Open Group (2024). The open group. URL `https://www.opengroup.org/open-group-open-process-automation-forum-launches-o-pas-standard-1`. Accessed on Março 25, 2024.

Universal Automation (2024). URL `https://universalautomation.org/`. Accessed on Março 30, 2024.