

Jackson Klarosk¹, Alexandre Quessada², Guilherme Lima Leite³, Érick Henrique Bello de Souza⁴, Saulo Matheus Pereira Machado⁵

¹Faculdade SENAI "Gaspar Ricardo Júnior" - Sorocaba,^{2,3,4,5}

Indústria 4.0 na Gestão da Manufatura: uma proposta de sistema para aplicação das tecnologias da indústria 4.0

Industry 4.0 in Manufacturing Management: a system proposal for the application of industry 4.0 technologies

Resumo. Este artigo levanta a hipótese de que é possível desenvolver um sistema que permita integrar tecnologias da Indústria 4.0 no contexto da produção industrial, de forma que seja acessível às empresas brasileiras de médio e pequeno porte. Objetivando validar tal hipótese, considerou-se a necessidade de promover um controle mais eficiente dos processos produtivos adotando tecnologias da Indústria 4.0, sem abrir mão dos padrões de segurança normatizados. Como proposta de aplicação para o efeito de prova de conceito foi definido o levantamento do índice Overall Equipment Effectiveness (OEE), por se tratar de um índice amplamente utilizado na indústria. Com a finalidade de coletar dados, do processo ou diretamente das máquinas, utilizou-se um minicomputador rodando um sistema operacional customizável e livre de royalties tornando a solução acessível, tanto em disponibilidade quanto economicamente. A lógica e interface do sistema foram desenvolvidas em uma ferramenta de programação gráfica intuitiva facilitando sua customização por profissionais de automação. Para conectar o sistema local com os serviços em Nuvem, utilizou-se o protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) visando também uma comunicação leve e segura. Conforme hipótese levantada inicialmente, foi possível desenvolver um sistema que permitiu a aplicação de 5 princípios e 5 pilares da Indústria 4.0 permitindo o levantamento e compartilhamento do índice OEE. Com esse artigo pode-se verificar de forma prática a relação entre as tecnologias da Indústria 4.0 e a gestão da manufatura inclusive abrindo novos horizontes de aplicações na indústria. **Palavras-chave:** Indústria 4.0, Gestão da Manufatura, IOT, Computação em Nuvem, Protocolo MQTT.

Abstract. This article raises the hypothesis that it is possible to develop a system that allows the integration of Industry 4.0 technologies in the context of industrial production, so that it is accessible to Brazilian medium and small companies. In order to validate this hypothesis, it was considered the need to promote a more efficient control of production processes by adopting Industry 4.0 technologies, without giving up the normatized safety standards. As an application proposal for the purpose of proof of concept, the survey of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) index was defined, as it is an index widely used in industry. In order to collect data, from the process or directly from the machines, a minicomputer running a customizable and royalty-free operating system was used, making the solution accessible, both in availability and economically. The logic and interface of the system were developed in an intuitive graphical programming tool, facilitating its customization by automation professionals. To connect the local system with the Cloud services, the Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) protocol was also used, aiming also for a light and secure communication. According to the hypothesis initially raised, it was possible to develop a system that allowed the application of 5 principles and 5 pillars of Industry 4.0, allowing the survey and sharing of the OEE index. With this article, it is possible to verify in a practical way the relationship between the technologies of Industry 4.0 and the management of manufacturing including opening new horizons of applications in the industry. **Keywords:** Industry 4.0, Manufacturing Management, IOT, Cloud Computing, MQTT Protocol.

Introdução

Considerando que vive-se na era digital e sob o paradigma da sustentabilidade, onde também a demanda por produtos personalizados impõem uma dinâmica produtiva mais intensa,

tem-se um cenário desafiador para a indústria mundial que acaba impulsionando-a à quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada.

Essa revolução tem como cerne a convergência digital, que segundo Carvalho e Duarte Filho (2018), engloba aos processos da manufatura as áreas de tecnologia da automação (TA) e tecnologia da informação (TI), agregando e compartilhando tecnologias e informações num emaranhado de padrões e normas já estabelecidas e outras ainda em discussão.

Apesar de se viver na era digital, segundo pesquisa realizada pela CNI (2018, p. 12), exclusivamente 48% das grandes empresas industriais brasileiras registraram o interesse de investir em tecnologias digitais em 2018, tecnologias da Indústria 4.0 que unem TA e TI.

Ainda segundo a CNI (2018, p. 24), um dos fatores que afetam a decisão de investir, principalmente para as empresas que não pretendiam investir em tecnologias digitais em 2018, foi à falta de recursos financeiros.

Neste contexto há de se considerar que readequar o parque fabril atual aos novos conceitos da Indústria 4.0 além de amortizar os investimentos necessários é, inclusive, uma questão estratégica e sustentável uma vez que se reaproveitam equipamentos, processos e mão de obra qualificada sem prejuízo de tempo ou capital.

Com base no que foi exposto levantou-se a hipótese de que é possível desenvolver um sistema que permita integrar tecnologias da Indústria 4.0 no contexto da produção industrial, de forma que seja acessível às empresas brasileiras de médio e pequeno porte.

Para validar a hipótese apresentada neste artigo, definiu-se, como proposta de aplicação para efeito de prova de conceito, o desenvolvimento de um sistema com base nas tecnologias da Indústria 4.0 aplicadas no levantamento do índice OEE.

A adoção do OEE foi considerada com base na demanda solicitada pela empresa que fomentou esse trabalho e também, por se tratar de um índice amplamente utilizado nas indústrias que visam ter um controle mais eficiente dos processos produtivos.

Material e métodos

Com foco no desenvolvimento de um sistema para aplicação das tecnologias da Indústria na gestão da manufatura, adotou-se para esse artigo o método indutivo onde buscou-se definir a lógica das aplicações (regras), com base nos dados coletados na produção (variáveis) e com base no índice OEE calculado (resultado).

Devido ao seu caráter experimental, tanto a pesquisa descritiva quanto a explicativa nortearam o desenvolvimento deste artigo e, além do material teórico que fundamentou a base deste trabalho, foram utilizados também: documentos instrucionais, normas e descritivos técnicos específicos das tecnologias adotadas.

A Indústria 4.0

A “Quarta Revolução Industrial” é um tema recorrente no mundo, principalmente após ter sido debatida no Fórum Econômico Mundial de 2016 e ser considerada, para aplicação na indústria, como uma estratégia competitiva baseada em tecnologias. (DAUDT; WILLCOX, 2016)

Tanto a Indústria 4.0 quanto a Manufatura Avançada, são expressões utilizadas para representar a “Quarta Revolução Industrial” e, tratam o conceito de digitalização como principal fator em suas abordagens, principalmente quanto ao uso da Internet ou Internet of Things (IOT) no meio produtivo, no entanto, devemos considerar que há uma sutil diferença no que tange esse uso. (RIANO JAIMES et al., 2017)

Enquanto na Manufatura Avançada a proposta é implementar o IOT para permitir o acesso “as Coisas” via Internet, o conceito da Indústria 4.0 considerou-se implementar as “as Coisas” na Internet, o que, segundo Azevedo (2017) aplicou-se a tecnologia IOT para criar uma comunidade colaborativa de máquinas, flexibilizando não só a integração vertical (dos processos produtivos), mas também, a integração horizontal (cadeia de suprimentos e valores), vindo a ser chamada de Industrial Internet of Things (IOT).

A importância do IOT e igualmente dos recursos de TI atrelados aos recursos de TA na cadeia produtiva, se evidenciam quando se traz à discussão os seis princípios que norteiam a implantação da Indústria 4.0, que segundo Junior, Leme e Santos (2018), são listados e comentados abaixo:

- Operação em tempo real: através da tecnologia IIOT, permite que gestores acompanhem o processo de produção e tomem decisões de forma dinâmica.
- Orientação a serviços: permite contratar e alocar recursos de TI de forma escalar, objetivando atender as demandas e especificidades da aplicação.
- Integração das operações: trata da interoperabilidade dos sistemas através da comunicação entre máquinas e processos, tal comunicação é baseada em protocolo desenvolvido para sistemas IOT focado em ser leve e seguro.
- Virtualização do sistema: tem por objetivo criar Cyber-Physical Systems (CPS), sistemas físicos virtualizados, de forma a permitir o controle remoto de máquinas e processos possibilitando, inclusive, a aplicação da tecnologia do gêmeo digital com o uso de estruturas de TI associadas a sistemas de TA, envolvendo necessariamente sensores, atuadores e Programmable Logic Controller (PLC).
- Descentralização: permite executar, controlar e monitorar processos de produção através de CPS, de forma autônoma ou mesmo através da intervenção humana, empregando recursos de TI escaláveis e distribuídos.
- Modularidade na manufatura: permite flexibilizar e dinamizar a produção conforme a demanda, através do arranjo de máquinas e equipamentos modularizados suportados por tecnologias IIOT.

Para sustentar os 6 princípios da Indústria 4.0, segundo A Voz da Indústria (2018), a Manufatura Avançada foi estruturada com base em 9 pilares tecnológicos, conforme definido no relatório do BCG (Boston Consulting Group), são eles:

- Internet da Coisas (IOT): tecnologia responsável por coletar dados da produção e compartilhá-los para uso colaborativo entre máquinas ou para a tomada de decisões.
- Big Data e Analytics: tecnologias empregadas para gerar histórico dos dados coletados no processo produtivo e, através de algoritmos computacionais, relacioná-los transformando-os em informações gerenciais.

- Computação em Nuvem: tecnologia que permite usar recursos de TI como serviços sob demanda, de forma distribuída, segura e omnipresente.
- Cyber Segurança: tecnologias empregadas objetivando proteger os recursos digitais relacionados as soluções de Indústria 4.0 implementadas, protegendo desde a coleta dos dados até o compartilhamento das informações, quer seja para troca de mensagens entre máquinas ou informações gerenciais.
- Realidade Aumentada: tecnologia que sobrepõem dados digitais virtuais com a realidade observada in loco, permitindo acessar dados de forma mais dinâmica com base no contexto espacial do usuário.
- Simulação: tecnologia que permite criar um ambiente cyber físico para testes e validações de processos e produtos durante sua concepção.
- Sistemas Integrados: tecnologias de TI aplicadas em uma cadeia de valor automatizada que permitem a integração de dados digitalizados.
- Robôs Autônomos e Colaborativos: tecnologia que promove a robótica a um novo patamar buscando favorecer a sinergia e o cooperativismo de entre robôs e humanos.
- Manufatura Aditiva: tecnologia disruptiva aplicada a processos de fabricação que tem como diferencial a fabricação de produtos através da adição de matéria prima de forma racional.

Gestão da Manufatura

Segundo MAZUR et al. (2018) Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um indicador para revelar perdas de produção em máquinas e equipamentos, de maneira que elas possam ser eliminadas utilizando estratégias de melhoria, como na filosofia Total Productive Maintenance (TPM) ou em outras como Lean Manufacturing ou Six Sigma.

Simplificadamente, o OEE é uma ferramenta para determinar em que ponto ou forma de uso o equipamento precisa de atenção, pois perdas invisíveis são difíceis de resolver e impactam fortemente na performance da produção.

A “Máquina Perfeita”, essa é uma forma mais representativa para descrever o conceito do OEE, pois uma máquina que não produz perdas durante um período de tempo, que neste mesmo período esteve disponível de forma ininterrupta e ainda, durante a produção não gerou defeitos nos produtos, mesmo na velocidade total, essa máquina alcançaria um índice de OEE de 100%.

Para calcular o OEE devemos multiplicar os percentuais obtidos pelos 3 índices de performance da máquina: disponibilidade do equipamento para produzir, da eficiência demonstrada durante a produção e da qualidade do produto obtido. (SILVA, 2013)

OEE de Classe Mundial é um índice de referência a ser alcançado e está estabelecido em 85%, porém é importante observar que os 3 índices que compõem o cálculo do OEE não estejam abaixo no que foi estipulado como referência para cada um, os quais são: 90% para disponibilidade, 95% performance e 99% qualidade. (MAZUR et al., 2018)

Resultados

Para validação da hipótese sugerida neste artigo considerou-se, como ponto de partida, verificar quais dos 6 princípios da implementação da indústria 4.0 seriam relevantes para atender a proposta de aplicação das tecnologias da Indústria 4.0 e o levantamento do índice OEE.

Após análise definiu-se por considerar os seguintes princípios:

- Operação em tempo real;
- Orientação a serviços;
- Integração das operações;
- Virtualização do sistema;
- Descentralização.

Configurando assim a implantação de 5 dos 6 princípios estudados, ficando de fora a Modularidade na manufatura.

Para dar suporte aos princípios definidos para implantação, foram selecionados para serem aplicados 5 dos 9 pilares que representam as tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0, conforme justificado abaixo:

- Internet das Coisas (IOT);
- Big Data e Analytics;
- Computação em Nuvem;
- Cyber Segurança;
- Realidade Aumentada.

A aplicação das tecnologias indicadas acima, deu-se através do uso dos serviços de Computação em Nuvem (Cloud Computing) ofertados pela empresa Amazon Web Services (AWS), por se tratar de uma empresa consolidada no mercado e pelo fato de possuir mecanismos de segurança elevada para suas transações.

Com o objetivo de garantir a segurança dos dados e aplicar o protocolo AAA, visando implementar procedimentos de autenticação (Authentication), autorização (Authorization) e auditoria (Accounting), foram aplicadas técnicas de segurança de dados através de configurações específicas nos sistemas e serviços implementados como: chaves criptográficas, Hardening e segurança por obscuridade.

Como previamente definido, para coletar dados da produção foi utilizado um minicomputador, o Raspberry Pi 3, rodando o sistema operacional Raspbian, conectado diretamente a um sistema Programmable Logic Controller (PLC) via protocolo MODBUS, com baixo custo de implementação.

A escolha pelo uso do sistema operacional Open Source Linux - Raspbian, se deu pelo fato de ser um sistema de alta flexibilidade para customizações e implementações de segurança, conforme exigidas pela norma ISO/IEC 27001:2018.

Após a coleta dos dados, o sistema foi configurado para enviá-los de forma segura através do protocolo de comunicação MQTT para o serviço AWS IOT fornecido pela AWS.

A iniciativa de se usar serviços em nuvem permitiu, além da possibilidade de uso das tecnologias da Indústria 4.0 relacionadas, também uma redução de custos pois a empresa paga somente pelos recursos de TI necessários para uso do sistema desenvolvido e ainda, possibilitando escalar tal estrutura conforme o aumento da sua demanda.

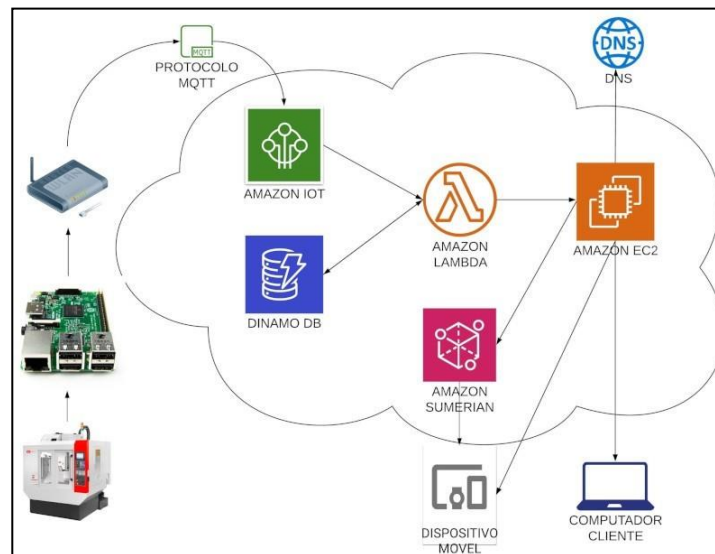


Figura 1: Topologia lógica do sistema proposto. Fonte: Autores

Ao receber os dados coletados, o serviço AWS IOT os repassa para o serviço AWS Lambda que processa-os e transforma-os em informações (indicadores).

Após o tratamento, as informações são enviadas para o serviço de banco de dados AWS DynamoDB, no intuito de gerar histórico da produção, e simultaneamente para o serviço computacional AWS Elastic Compute Cloud (EC2), responsável por apresentar os indicadores da produção e o OEE através de uma interface de controle (dashboard), possível de ser acessada usando Realidade Aumentada através do serviço AWS Sumerian.

Para o desenvolvimento da lógica do sistema proposto, tanto do hardware de coleta de dados quanto para a interface de controle, foi usada a ferramenta de programação gráfica Node-RED, por ser intuitiva e de fácil assimilação por profissionais de TA da empresa.

Conforme considerado na hipótese levantada, o sistema proposto por esse artigo considerou como fatores de acessibilidade, por empresas industriais brasileiras os seguintes benefícios:

- Disponibilidade do hardware no mercado, facilitando sua aquisição;
- Facilidade de customização por profissionais de TA da empresa e;
- Pelo custo do investimento que, com base em estudos iniciais, sua implantação se mantém na casa dos 3 dígitos. O que, comparado com o mercado que oferece soluções a custos na casa do 4 a 5 dígitos, se mostra como uma opção interessante para empresas que pretendem investir em tecnologias da Indústria 4.0.

Considerações finais

Após o desenvolvimento do sistema proposto, os objetivos anteriormente definidos foram alcançados, quer seja a aplicação das tecnologias da Indústria 4.0, quer seja o levantamento e compartilhamento do índice OEE definido, validando assim a hipótese proposta a um custo de implantação na casa dos 3 dígitos, além de flexibilizar sua customização por profissionais de TA.

Foi possível também, através desta aplicação, validar as funcionalidades do sistema e, com isso, houve a possibilidade de se analisar outros arranjos para atender às novas aplicações, como por exemplo seu uso conectado diretamente a sensores ou mesmo, como um terminal de aquisição de dados.

Referências bibliográficas

AZEVEDO, M. T. DE. *Transformação digital na indústria: indústria 4.0 e a rede de água inteligente no Brasil*. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2017.

BALLUFF. *E-book Indústria 4.0 - O guia completo para sua indústria ser mais ágil e eficiente*. Disponível em: <<https://www.heautomacao.com.br/pdf/ebook-balluff.pdf>>. Acesso em: 28 maio. 2019.

CARVALHO, E. DOS S. DE S.; FILHO, N. F. D. Proposta de um sistema de aprendizagem móvel com foco nas características e aplicações práticas da indústria 4.0. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, v. 27, p. 36–51, 2018.

CNI, C. N. DA I. *Investimentos em indústria 4.0*. Disponível em: <<https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/pqt-investimentos-em-industria-40/>>. Acesso em: 28 maio. 2019.

DAUDT, G.; WILLCOX, L. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. *BNDES Setorial*, p. 5–46, 2016.

INDÚSTRIA, A. VOZ DA. *9 Pilares*. Disponível em: <<https://avozdaindustria.com.br/especiais/9-pilares-da-manufatura-avancada>>. Acesso em: 28 maio. 2019.

MAZUR, I. et al. Monitoramento Em Tempo Real Do Índice Oee: Estudo De Caso Num Processo De Apoio A Tomada De Decisão. *South American Development Society Journal*, p. 21, 2018.

RIANO JAIMES, C. I. et al. Modelo de integração para inspeção em malha fechada aderente a Step-nc. (ABCM, Ed.). Anais do IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação. *Anais...Joinville -SC: ABCM*, 2017.

SANTOS, M. M. D.; LEME, M. O.; JUNIOR, S. L. S. *Indústria 4.0: Fundamentos, perspectivas e aplicações*. 1ª ed. São Paulo: Editora Érica, 2018.

SILVA, J. P. A. R. DA. OEE – A Forma de Medir a Eficácia dos Equipamentos. *Sites The Journal Of 20Th Century Contemporary French Studies*, p. 1–15, 2013.

¹Jackson Klarosk; Especialista em Análise de Sistemas e Técnico de Ensino; Faculdade SENAI "Gaspar Ricardo Júnior" - Sorocaba; Praça Roberto Mange, Rua Santa Rosália, 30 - Sorocaba - SP; jackson.klarosk@senaitec.com.br;

²Alexandre Quessada; ale.quessada@gmail.com;

³Guilherme Lima Leite; guilherme.l.l@hotmail.com;

⁴Érick Henrique Bello de Souza; henriqueerick472@gmail.com;

⁵Saulo Matheus Pereira Machado; saulo_matheusfm@hotmail.com;

^{1,2,3,4,5}Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Câmpus São Roque; Rodovia Prefeito Quintino, de Lima, 2100 - Paisagem Colonial - São Roque – SP.

Este artigo:

Recebido em: 02/2020

Aceito em: 04/2020

Como citar este artigo:

KLAROSK, Jackson et al. Indústria 4.0 na Gestão da Manufatura: Uma Proposta de Sistema para Aplicação das Tecnologias da Indústria 4.0. *Scientia Vitae*, Volume 10, número 30, p. 28-35, edição especial, out. 2020.