

DESENVOLVIMENTO DA DIMENSÃO DE PROCESSOS EM SISTEMAS PRODUTO-SERVIÇO (PSS) BASEADOS EM IOT: PROPOSTA DE APLICAÇÃO DA FERRAMENTA MTM-1

Laís Lima Neuenhaus Hostins, Lara Beatriz Valdez, Julia Helena Zimmermann e Vanessa Nappi

INTRODUÇÃO

A Servitização e a Indústria 4.0 têm impulsionado novas formas de integração entre produtos e serviços, especialmente com o uso da internet das coisas (IoT). Essa tecnologia possibilita a coleta e análise de dados em tempo real, favorecendo o desenvolvimento de sistemas produto-serviço (PSS) orientados a dados e ampliando o potencial de criação de valor para o cliente [1]. Contudo, a literatura ainda apresenta lacunas no que se refere à dimensão de processos desses PSS, particularmente no *contexto business-to-business* (B2B), no qual se destacam desafios relacionados à adaptação e à configuração de novos fluxos produtivos e de negócios [2][3]. Nesse cenário, técnicas clássicas de engenharia de produção podem contribuir para o avanço da pesquisa e da prática. Entre elas, o *Methods-Time Measurement* (MTM) destaca-se por possibilitar a análise objetiva do trabalho, a eliminação de desperdícios e a otimização do balanceamento de tarefas [4][5]. Assim, este estudo propõe a aplicação do MTM-1 como suporte ao desenvolvimento da dimensão de processos em PSS habilitados por IoT, buscando integrar fundamentos da gestão da produção às demandas da servitização e da Indústria 4.0.

DESENVOLVIMENTO

O método de pesquisa adotado é o estudo de caso com cinco etapas adaptadas de [6]. Na etapa 1, definiram-se os objetivos e realizou-se o levantamento bibliográfico. A etapa 2 consistiu no planejamento do estudo de caso, incluindo a seleção da empresa e a definição dos procedimentos de campo: análise documental, visitas ao chão de fábrica, entrevistas semiestruturadas e prototipagem do *layout*. Na etapa 3, procedeu-se à coleta de dados técnicos e operacionais, abrangendo especificações do produto, variações de componentes, volumes previstos, registros audiovisuais das operações e medições em simulação do protótipo da linha. A etapa 4 compreendeu o tratamento e a análise quantitativa dos dados, envolvendo a transcrição e catalogação das gravações, a análise frame a frame com aplicação do MTM-1, a construção dos tempos-padrão por tarefa e a elaboração de gráficos Yamazumi para avaliação do balanceamento (cálculo de *takt time*, eficiência de linha e *balance delay*). Por fim, na etapa 5, os resultados foram sistematizados em relatório técnico-acadêmico, validados junto ao engenheiro responsável e discutidos quanto às implicações práticas e limitações do estudo.

RESULTADOS

A partir da coleta de dados, foram conduzidas a prototipagem do *layout*, a captura de registros audiovisuais e a análise frame a frame com aplicação do MTM-1. Os dados subsidiaram a construção dos gráficos Yamazumi (Fig. 1 e Fig. 2), para avaliar o balanceamento da linha. Os resultados indicaram ganhos relevantes em alguns postos de trabalho. O posto 30 apresentou uma redução de 4,3 segundos (s) em seu tempo de ciclo com o novo layout (de 26,6 s para 22,3 s), enquanto o posto 10 teve redução marginal de 0,3 s (de 25,0 s para 24,7 s). A redistribuição de atividades entre os postos 60 e 70 eliminou o desnível de 7,7 s, resultando em tempos praticamente equilibrados (20,1 s e 20,2 s, respectivamente). O posto 80 manteve tempo de ciclo elevado (26,3 s), em função de um tempo de máquina de 16 s. A simulação mostrou

que, com ajustes no equipamento, seria possível reduzir esse gargalo, permitindo inclusive que um único operador executasse sequencialmente as tarefas dos postos 80 e 90.

As propostas de melhoria foram validadas por meio de simulações funcionais e documentação fotográfica, e posteriormente implementadas em conjunto com o engenheiro responsável. Destacam-se a reconfiguração do layout do posto 30, a transferência de uma operação do posto 70 para o 60 e o reposicionamento de pequenos componentes para reduzir esforços de alcance.

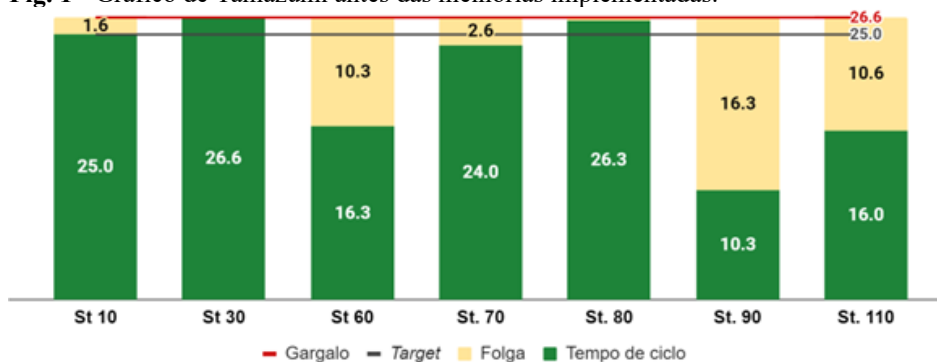
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esses resultados evidenciam o potencial da integração entre ferramentas clássicas, como o MTM-1, e abordagens orientadas por dados na configuração da dimensão de processos em PSS habilitados por IoT. O uso de registros digitais contribui para o balanceamento da produção e para processos mais flexíveis e adaptáveis, fundamentais em PSS, onde o valor depende da integração entre produto, serviço e informações. Assim, a captura e análise de dados possibilitam estender melhorias do chão de fábrica a todo o ciclo de vida do PSS, incluindo manutenção preditiva e personalização de serviços. A aplicação do MTM-1 com recursos digitais amplia a compreensão dos processos e apoia fluxos de trabalho mais inteligentes, escaláveis e alinhados à Indústria 4.0.

Palavras-chave: Indústria 4.0; sistema produto-serviço (PSS); MTM-1; balanceamento de linha de produção, *layout*.

ILUSTRAÇÕES

Fig. 1 - Gráfico de Yamazumi antes das melhorias implementadas.



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

Fig. 2 - Gráfico de Yamazumi após as melhorias implementadas.



Fonte: Elaborada pelos autores (2025).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FRANK, A.G.; MENDES, G.H.S.; AYALA, N.F.; GHEZZI, A. Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 141, no. July 2018, p. 341 351, 2019.
- [2] ZAMBETTI, M; ADRODEGARI, F; PEZZOTTA, G; PINTO, R; RAPACCINI, M; BARBIERI, C. From data to value: conceptualising data-driven product service system. *Production Planning and Control*, vol. 0, no. 0, p. 1 17, 2021.
- [3] ZAMBETTI, M; ADRODEGARI, F; PEZZOTTA, G; PINTO, R; SACCANI, N. Understanding data-driven product service system characteristics: A conceptual framework for manufacturing applications. *Proceedings of the Summer School Francesco Turco*, no. October, 2020.
- [4] NOVASKI, O.; SUGAI, M. MTM como ferramenta para redução de custos - o taylorismo aplicado com sucesso nas empresas de hoje. *Revista Produção Online*, v. 2, n. 2, 27 mar. 2002.
- [5] FIATKOSKI, J.G.; ANDRADE, M.E.; CASADO, R. Aplicação da ferramenta MTM em uma linha de montagem. *Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR*, jan. 2015.
- [6] CAUCHICK-MIGUEL, P.A. et al. *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. 3. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2018.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Laís Lima Neuenhaus Hostins

MODALIDADE DE BOLSA: PROIP/UDESC (IP)

VIGÊNCIA: 08/2024 a 09/2025 – Total: 12 meses

ORIENTADOR(A): Vanessa Nappi

CENTRO DE ENSINO: CCT

DEPARTAMENTO: Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas (DEPS)

ÁREAS DE CONHECIMENTO: Engenharia/ Engenharia de Produção e Sistemas

TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA: Caracterização da dimensão de dados na adoção de sistemas produto serviço baseado em tecnologia de IoT

Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA: NPP4252-2023