

USO DA REALIDADE AUMENTADA PARA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA, EM EQUIPAMENTOS DA PRODUÇÃO DE CALÇADOS NO APL DE CALÇADOS FEMININOS DE JAÚ/SP

MARCOS ANTONIO BONIFÁCIO¹

¹Fatec Jahu – CST em Gestão da Produção Industrial
marcos.bonifacio@fatec.sp.gov.br

Use of Augmented Reality for Autonomous Maintenance in Shoe Production Equipment in the Women's Shoe Production Cluster of Jaú/SP

Eixo Tecnológico: *Produção Industrial*

Resumo

O resultado da utilização de ferramentas de manutenção industrial nos processos produtivos pode ser medido por diversos indicadores, como a melhoria dos equipamentos, redução de falhas não previstas, diminuição dos gastos com reparos, aumento da confiabilidade dos equipamentos e processos, e redução de desperdícios causados por equipamentos descalibrados, entre outros benefícios. Essas ferramentas são frequentemente encontradas em empresas que já possuem equipes especializadas em manutenção ou que reconhecem a manutenção industrial como um apoio estratégico à produção. O objetivo desta pesquisa é expandir a utilização desses conceitos para micro e pequenas empresas que apresentam um baixo nível de adoção das práticas de manutenção industrial e que não contam com equipes especializadas. Esse cenário é particularmente observado nas empresas do APL de Calçados Femininos de Jaú/SP. Como estratégia, devido à ausência de equipes especializadas, propõe-se a utilização de uma ferramenta que permita fácil implantação e execução, ao mesmo tempo que estimule a adoção de novas técnicas e ofereça ganhos que justifiquem sua implementação. A alternativa escolhida foi a Manutenção Produtiva Total (TPM), especificamente o pilar de Manutenção Autônoma (MA), que visa integrar os operadores na conservação dos equipamentos, preenchendo a lacuna deixada pela falta de equipes especializadas. Considerando as características das empresas do APL em foco, o modelo de implantação da MA foi adaptado e aprimorado com a disponibilização de padrões de inspeção e conservação dos equipamentos em Realidade Aumentada (RA), em vez de formatos impressos. O uso da RA confere um atrativo extra que busca estimular a adoção da TPM e da MA, permitindo que as empresas acessem os benefícios advindos do uso estratégico dessa ferramenta, além de ganhos marginais, como a aproximação das empresas às discussões sobre Indústria 4.0.

Palavras-chave: *Manutenção, Estratégia, Confiabilidade, Disponibilidade.*

Abstract

The result of using industrial maintenance tools in production processes can be measured by various indicators, such as improved equipment performance, reduced unplanned failures, decreased repair costs, increased reliability of equipment and processes, and reduced waste caused by miscalibrated equipment, among other benefits. These tools are often found in companies that already have specialized maintenance teams or that recognize industrial maintenance as a strategic support for production. The objective of this research is to expand the use of these concepts to micro and small enterprises that exhibit a low level of adoption of industrial maintenance practices and do not have specialized teams. This scenario is particularly observed in companies within the Women's Footwear Production Arrangements (APL) in Jaú/SP. As a strategy, due to the absence of specialized teams, it is proposed to use a tool that allows for easy implementation and execution, while also encouraging the adoption of new techniques and providing benefits that justify its implementation. The chosen alternative was Total Productive Maintenance (TPM), specifically the pillar of Autonomous Maintenance (AM), which aims to involve operators in the upkeep of equipment, filling the gap left by the lack of specialized teams. Considering the characteristics of the companies in focus within the APL, the AM implementation model was adapted and enhanced by providing inspection and maintenance standards for equipment in Augmented Reality (AR) instead of printed formats. The use of AR adds an extra appeal that seeks to stimulate the adoption of TPM and AM, allowing companies to access the benefits derived from the strategic use of this tool, as well as marginal gains, such as bringing companies closer to discussions related to Industry 4.0.

Key-words: *Maintenance, Strategy, Reliability, Availability.*

1. Introdução

O projeto aqui apresentado teve como objetivo apresentar a manutenção industrial como opção estratégica para micro e pequenas do Arranjo Produtivo Local (APL) de Calçados Femininos de Jaú/SP, para que usufruam de ganhos associados à boa gestão dos ativos. Para isto foi selecionada a ferramenta Manutenção Produtiva Total (TPM), apresentada como evolução dos conceitos técnicos da manutenção industrial, por sugerir que os operadores envolvidos com os ativos quebrem alguns paradigmas do seu dia a dia os integrando ao esforço para a boa gestão destes ativos, independentemente do setor ou cargo que ocupem [1].

A TPM se concentra no processo de melhoria contínua a partir da estrutura de gestão dos ativos, que resulte na consequente melhoria dos resultados operacionais, com equipamentos mais confiáveis, que falhem menos de forma inesperadas contribuindo para um ambiente de trabalho mais agradável e favorável [2][1]. Este ambiente favorecendo o envolvimento dos operadores levando-os a pensar nos ativos como se fossem seus [3]. Para este envolvimento a TPM tem um pilar ou princípio fundamental para criar este envolvimento que é a Manutenção Autônoma (MA) [4][5], este pilar sendo capaz de resgatar a sensibilidade dos operadores em relação aos equipamentos que operam, para que possam sentir-se como o seu “dono” [6], realizando naturalmente ações preventivas, a partir de inspeções técnicas utilizando seus sentidos (tato, olfato, audição e visão) e realizando limpezas técnicas. Mas a teoria sugere que estas atividades sejam apresentadas para execução na forma impressa.

Para estimular a introdução da MA este projeto sugeriu que os padrões de inspeção/limpeza sejam apresentados para execução em Realidade Aumentada (RA) ou uma realidade misturada que permite uma interface de imagens virtuais sobrepostas ao ambiente físico, por meio de dispositivos tecnológicos. [7], ao invés de impressos.

A justificativa se deu pelo fato de que estas empresas, em sua maioria, não possuem equipes especializadas de mantenedores resultando em um baixo nível de utilização dos conceitos de manutenção ou não registrando as ocorrências de falhas em equipamentos [8][9], por exemplo.

O esforço de pesquisa se justifica pela importância que os equipamentos têm para a produção industrial, já que o sucesso do esforço de transformação, de maneira geral, passa pela disponibilidade, precisão ou confiabilidade dos equipamentos, resultados obtidos com o uso da manutenção industrial, que se refere a combinação de ações técnicas, administrativas e de supervisão, que visem manter ou recolocar os equipamentos em um estado do qual possa desempenhar uma função requerida [10].

Utilizar a manutenção industrial na estratégia de produção deveria ser natural, já que, entre as ações da manutenção estão as preventivas que se propõe a melhorar a confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos para que desempenhem as funções requeridas no tempo e nas condições esperadas pelo planejamento da produção.

Diante de uma visão estratégica, foi possível vislumbrar a relevância da incorporação do tema das discussões que envolvam os processos produtivos no APL, oferecendo novas possibilidades estratégicas para estas empresas.

Esta pesquisa já evoluiu em algumas fases, desde a revisão bibliográfica, testes das possíveis soluções para a criação da RA, elaboração técnica de padrões de inspeção para dois equipamentos presentes no processo de produção de calçados seguindo os conceitos da MA, criação dos projetos de RA para os padrões utilizando a solução “EcoStruxure Augmented Operator Advisor (AOA)” da Schneider Electric escolhida por ser *low-code*¹, característica que

¹ *Low-code* são soluções que permitem o desenvolvimento a partir de interfaces gráficas, de forma intuitiva e visual, minimizando a necessidade de conhecimento em programação para a criação de softwares e aplicativos.

facilitará o processo de implantação da proposta e, nesta fase da pesquisa, estão sendo realizados testes de uso dos Padrões de Inspeção já criados em RA.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais

O desenvolvimento se deu a partir da elaboração, em laboratório, dos padrões de inspeção e limpeza/conservação para dois equipamentos, a saber; (i) Máquina de Pesponto Lanmax e (ii) Balancim Ponte Poppi, ambos presentes na produção de calçados. A base desta elaboração foram os conceitos da MA pilar da TPM. A elaboração levou em consideração os conceitos técnicos de manutenção e conservação específicos para estes equipamentos.

A Máquina de Pesponto (i) está disponível na Planta Modelo de Produção da Fatec Jahu o que permitiu além de integrar o laboratório à pesquisa, ter um ambiente controlado para as atividades, já o Balancim Ponte (ii) está em operação em uma empresa do APL que apoia o projeto.

Para a criação dos padrões de inspeção e limpeza foi utilizado microcomputador com sistema operacional Windows e Pacote Office, com acesso a internet.

E, para execução dos testes de execução, foram utilizados tablet e smartphone Android, adquirido pelo pesquisador (e de sua propriedade cedido durante a realização do projeto) para receber os padrões de inspeção e limpeza.

2.2. Metodologia

O modelo metodológico utilizado foi a pesquisa Tecnológica ou Aplicada que permite a relacionar os resultados da pesquisa com as necessidades imediatas de diferentes campos da atividade humana tendo o interesse prático de aplicação dos conhecimentos obtidos [11]. Com coleta de dados por pesquisa bibliográfica, que consiste em um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, que pela importância, são capazes de fornecer dados atuais e relevantes à pesquisa [12].

Após a análise dos dados coletados, (a) se elaborou, em laboratório, os padrões de inspeção para uma Máquina de Pesponto e um Balancim Ponte. Os padrões sendo elaborados utilizando os conceitos da MA pilar da TPM, neste momento, impressos para testes de execução.

Também com base nos dados se (b) selecionou a solução “EcoStruxure AOA” da empresa Schneider Electric.

Na sequência os padrões de inspeção foram (c) transferidos para RA.

Realizar (d) testes em laboratório, Planta Modelo para verificar a efetividade das inspeções e os marcadores de abertura da RA, por identificação de imagem e por TAG.

Na sequência, expandir os testes para campo, em ambiente de produção, levando os padrões para serem testados em linhas de produção em fábricas de calçados.

Integrar a base de dados para que os padrões sejam enviados para execução e que as informações do resultado da atividade executada sejam registradas.

3. Resultados e Discussão

3.1. Criação dos padrões (a)

Os padrões de inspeção foram criados com base técnica, seguindo as orientações da MA e

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

com o uso das ferramentas do Pacote Office. O resultado na forma impressa, exemplo na Fig. 1, foi utilizado para verificar se as ações seriam possíveis de serem realizadas.

Fig. 1 - Exemplo de Padrão de Inspeção Balancim Ponte (impresso)

Balancim de Ponte Rapid 27 e 28		Setor de Corte	
Freqüência	Semanal	Responsável	Operador
Motor Elétrico - Cheiro de queimado - Ruídos "anormais" Cilindro - Vazamento óleo - Ruído "anormal" - Falta de força Panela - Cheiro de queimado - Ruído "anormal" - Temperatura elevada Regulador lubri- - Pressão 80 LBS - Vazamento de ar - Presença de água Motor Elétrico - Cheiro de queimado - Ruídos "anormais" Corrente - Tensão (esticamento) - Ruídos "anormais" Punhos - Enroscando - Travando Capota Proteção - (caso exista) - Conferir fechamento Caixa de Óleo - Vazamento Freio - Funcionamento - Enroscando			
Observações - A inspeção deve ser um ACOMPANHAMENTO DIÁRIO do desempenho do balancim; - A realização SEMANAL desta inspeção é para estabelecer uma ROTINA, mas qualquer desvio deve ser comunicado; - Execute esta inspeção APÓS a realização da limpeza semanal; - Use os EPIs indicados; - Respeite sempre as REGRAS DE SEGURANÇA; - INFORME AO RESPONSÁVEL QUALQUER DESVIO OBSERVADO PARA REGISTRO.			

Fonte: (Bonifácio, 2023).

Os equipamentos foco dos testes já haviam sido selecionados, sendo o Balancim Ponte marca Poppi, modelo: Rapid 28 (Fig. 2), destinado para corte de matéria-prima. E a Máquina de Pesponto (costura) Lanmax LM9910 (Fig. 3), neste caso disponível na Planta Modelo.

Fig. 2 - Balancim Ponte Poppi Rapid 28



Fonte: (Bonifácio - acervo, 2023).

Fig. 3 – Máquina Pesponto Lanmax



Fonte: (Bonifácio – acervo, 2024).

Complementarmente estes padrões tiveram como função de ser um “rascunho” que permitiu o desenvolvimento dos projetos de RA.

3.2. Seleção da solução para criação da RA (b)

Inicialmente se estabeleceu alguns parâmetros que pudessem selecionar dentre inúmeras soluções a mais que se adequasse aos propósitos do projeto. Dentre as principais características que deveriam estar presente na solução, ser *low-code* seria eliminatório, pois a proposta é que micro e pequenas empresas sem quadros técnicos pudessem ter acesso a ela e possuir acesso

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

para testes, já que não havia recursos financeiros para aquisição da solução antes da comprovação da aplicabilidade.

A solução escolhida foi a “EcoStruxure Augmented Operator Advisor (AOA)” da Schneider Electric que atendia às demandas do projeto.

3.3. Criação os projetos de RA (c)

O processo de criação teve início com o cadastro acesso à solução “Ecostruxure AOA” para ter acesso à opção *trial* por um período máximo de 42 dias e feito diretamente no portal da Schneider Electric com um cadastro de e-mail/senha.

A montagem da RA segue os passos: 1º Captura da imagem (foto) do equipamento, feita no local no de instalação. Para o Balancim Ponte uma empresa do APL cedeu espaço para que as fotos fossem tiradas e que os testes de campo fossem realizados.

2º: Criação do projeto. Na área on-line “Builder”, todas as informações para construção dos projetos são inseridas e configuradas, a primeira configuração é de apenas TRÊS parâmetros: o nome do projeto ou “*Project name*”; a descrição do projeto ou “*Project description*”; e a seleção do idioma “*Supported Languages*” (vide detalhes na Fig. 4).

Fig. 4 - Tela de criação do projeto

Fonte: (EcoStruxure Builder, 2023).

Na sequência imagem do equipamento é inserida passando a ser a REFERÊNCIA para inclusão das futuras LISTAS de atividades e demais informações. Esta inclusão se dá a partir da opção “*Upload*” (Fig. 5).

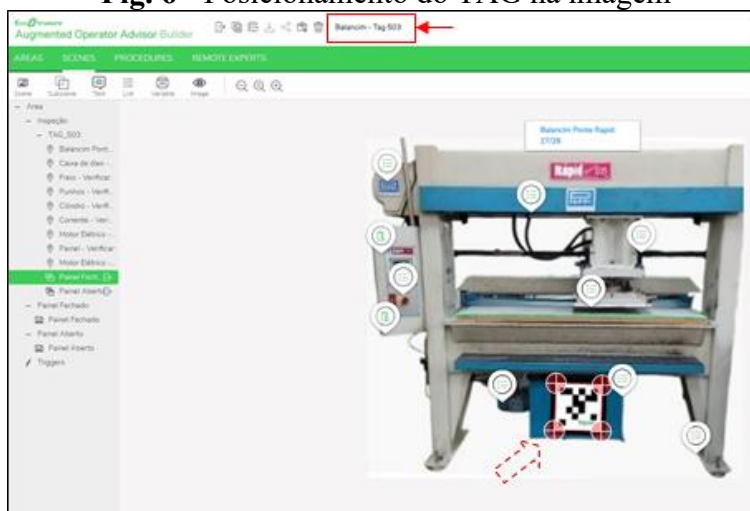
Fig. 5 - Aba para configuração das Cenas

Fonte: EcoStruxure Builder (2023).

Na mesma aba seleciona-se a FORMA DE RECONHECIMENTO (marcador) para abertura da RA partir da opção “*Scene type*”, tendo duas possibilidades: pela própria imagem (*image recognition*) ou por TAG (*TAG identifier*) que é uma espécie de QR Code da própria solução.

Se o marcador for por TAG é necessário posicioná-lo na imagem no mesmo local onde será posicionado no equipamento físico (Fig. 6) para alinhamento das atividades.

Fig. 6 - Posicionamento do TAG na imagem



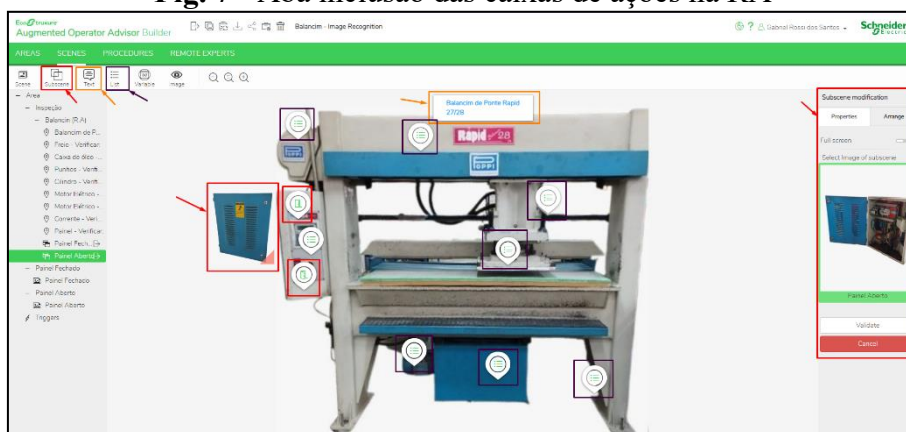
Fonte: (EcoStruxure Builder, 2023).

Concluindo a parametrização, conforme Fig. 7, é necessário nomear a cena na opção “*Scene Label*”, isto permitirá combinar várias cenas ou imagens em um mesmo projeto.

Seguindo com o desenvolvimento e tendo como base o padrão impresso, devem ser incluídos os pontos de verificação, que no caso da MA, são as atividades que os operadores irão realizar.

Estes pontos são denominados de “*text*”, “*list*” ou “*subscene*” cada qual representada na RA por diferentes ícones (Fig. 7). A opção “*subscene*” (destaque em vermelho) refere-se a uma imagem que poderá ser acessada a partir do projeto em execução, para o Balancim é apresentado um painel elétrico, que não deve ser aberto pelo Operador, mas com este recurso é possível visualizar seus componentes sem sua abertura; já o “*text*” (detalhe em laranja) é uma descrição do projeto para que o operador confirme o que está sendo executado.

Fig. 7 - Aba inclusão das caixas de ações na RA



Fonte: (EcoStruxure, 2023).

Uma vez que o acesso foi para testes (*trial*), o projeto de RA já CONCLUÍDO no “Builder” teve que ser transferido para um mobile para ser executado. Mas a solução oferece a possibilidade de manter os projetos em um servidor e executá-los on-line, isto ocorre com a opção “*runtime*”.

Para os testes, os padrões em RA foram transferidos para um mobile (tablete), utilizando a opção “*Build project*”. Após confirmação na opção “*Start Build*” um arquivo com extensão “.ZIP” é gerado para que o projeto de RA possa ser transferido para o *mobile*.

3.4. Realização dos testes (d)

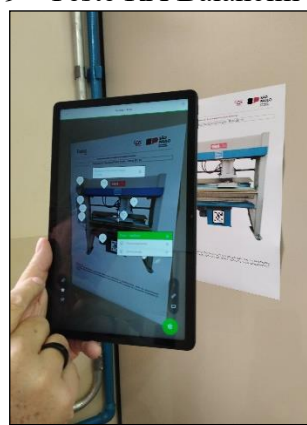
Os testes foram realizados na Planta Modelo utilizando o tablet e smartphone. Foram testados com imagens impressas que reproduziam os equipamentos (Fig. 8 e 9), testando os marcadores de abertura do projeto usando a “*imagem recognition*” e o “*TAG identifier*”.

Fig. 8 - Teste RA Máquina de Pesponto



Fonte: (Bonifácio – acervo, 2024).

Fig. 9 - Teste RA Balancim Ponte



Fonte: (Bonifácio – acervo, 2024).

Com os projetos funcionais já seria possível fazer o agendamento junto a(s) empresa(s) que se dispuseram a liberar espaço para a realização dos testes de campo.

4. Considerações finais

Como demonstrado detalhadamente a criação de Padrões de MA em RA é plenamente possível, podendo ser realizada de forma simples com o uso de uma solução *low-code*, sendo que os testes realizados na Planta Modelo, demonstraram a facilidade de uso liberando os projetos para testes de campo.

Dado a um contratempo enfrentado no decorrer dos testes a licença *trial* deixou de ser oferecida em função de um *upgrade* da solução limitando a evolução dos testes de campo. No momento se está verificando a possibilidade de aquisição na nova versão ou nova liberação do acesso para evoluir com os testes de campo.

A insistência na solução se deve pela plena adequação aos propósitos do projeto como já descrito.

Agradecimentos

Centro Paula Souza – CPS e CPRJI que criaram as possibilidades para que projetos como este sejam realizados.

Referências

- [1] NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC, 1989.
- [2] OPRIME, P.C.; MONSANTO, R.; DONADONE, J.C. **Análise da complexidade, estratégias e aprendizagem em projetos de melhoria contínua: estudos de caso em empresas brasileiras**, REVISTA GESTÃO & PRODUÇÃO. São Carlos: UFSCar Universidade Federal de São Carlos, v. 17, n. 4, p. 669-682, 2010.
- [3] YAMAGUCHI, C.T. **TPM – Manutenção Produtiva Total**. São João Del Rei: ICAP, 2005.
- [4] RIBEIRO, H. **Desmistificando o TPM**. São Caetano do Sul: PDCA, 2010.
- [5] RIBEIRO, H. **A bíblia do TPM: Como gerenciar a produtividade na empresa**. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2014.
- [6] KARDEC, A.; RIBEIRO, H. **Gestão Estratégica e Manutenção Autônoma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- [7] KIRNER, C., KIRNER, T.G. **Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**. In: Livro do pré-simpósio, XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2011, Uberlândia – MG: Editora SBC, 2011.
- [8] BONIFÁCIO, M. A. **Utilização da manutenção industrial pelas empresas do APL jauense de calçados femininos**. In: XXIII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção, 2016, Bauru. Anais do XXIII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru: UNESP-Bauru, 2016.
- [9] BONIFÁCIO, M.A. **Uso da manutenção autônoma para redução de resíduos em empresa calçadista: Proposta de um indicador baseado em árvore de decisão e lógica Fuzzy**. 2019. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista - UNESP/SOROCABA – Programa de Ciências Ambientais, 2019.
- [10] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. 37 p.
- [11] MARCONI, M.de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos Metodologia Científica**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- [12] MARCONI, M.de A; LAKATOS, E. M. **Técnicas de Pesquisa**. 9.ed. São Paulo: Atlas, 2021.