

USO DA REALIDADE AUMENTADA (RA) PARA PADRÕES DE INSPEÇÃO E LIMPEZA, BASE DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA (MA) COM FOCO NA CONSERVAÇÃO DE EQUIPMENTOS DA PRODUÇÃO DE CALÇADOS

MARCOS ANTONIO BONIFACIO – marcos.bonifacio@fatec.sp.gov.br
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE JAHU – FATEC JAHU

GABRIEL ROSSI DOS SANTOS - grsrossi@outlook.com
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE JAHU – FATEC JAHU

MARIA NATALIA BOTELHO TRICANICO - maria.tricanico@fatec.sp.gov.br
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE JAHU – FATEC JAHU

ÁREA: *1. ENGENHARIA DE OPERAÇÕES E PROCESSOS DA PRODUÇÃO*
SUBÁREA: *1.3 - GESTÃO DA MANUTENÇÃO*

RESUMO: *O APL DE CALÇADOS FEMININOS DE JAÚ/SP COMPOSTO POR MICRO/PEQUENAS EMPRESAS (~83%) QUE EM SUA MAIORIA NÃO POSSUEM EQUIPES DE MANUTENÇÃO (~76%), ACABAM NÃO EXPLORANDO AS POSSIBILIDADES ESTRATÉGICAS DA MANUTENÇÃO INDL, DEIXANDO DE TER UM DIFERENCIAL COMPETITIVO EM SUAS LINHAS DE PRODUÇÃO. MAS, PARA EXPLORAR ESTAS POSSIBILIDADES E SEM EQUIPES TÉCNICAS, DEVE-SE PARTIR DE FERRAMENTAS QUE POSSAM SER ADOTADAS NA BASE E COM BAIXOS INVESTIMENTOS, MAS QUE POSSIBILITEM, POR EXEMPLO: A REDUÇÃO DE FALHAS; REDUÇÃO DE CUSTO COM REPAROS; AUMENTO DA CONFIABILIDADE; ENTRE OUTROS. UMA ALTERNATIVA É A MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM), ESPECIFICAMENTE SEU PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA (MA), DESTINADO À INTEGRAÇÃO DE OPERADORES NA CONSERVAÇÃO DOS ATIVOS, PREENCHENDO A LACUNA DA FALTA DE EQUIPES ESPECIALISTAS PARA DETERMINADAS ATIVIDADES. AQUI A PROPOSTA É CRIAR UM APELO TECNOLÓGICO PARA A ADOÇÃO DA MA COM A ADAPTAÇÃO DOS PADRÕES IMPRESSOS DE INSPEÇÃO E LIMPEZA PARA REALIDADE AUMENTADA (RA). O DESENVOLVIMENTO E OS TESTES FORAM REALIZADOS A PARTIR DE PADRÕES DE INSPEÇÃO ELABORADOS PARA EXECUÇÃO POR OPERADORES NÃO TÉCNICOS DE MANUTENÇÃO, QUE OPEREM MÁQUINAS DE PESPONTO "LANMAX" OU BALANCIM PONTE "RAPID 27 E 28", SENDO UTILIZADO A SOLUÇÃO DE RA "ECOSTRUXURE AUGMENTED OPERATOR ADVISOR" DA SCHNEIDER ELECTRIC, COM UMA LICENÇA PARA O USO "TRIAL", QUE PERMITIU VERIFICAR A APLICABILIDADE DA PROPOSTA.*

PALAVRAS-CHAVES: *REALIDADE AUMENTADA; MANUTENÇÃO AUTÔNOMA; ARRANJO PRODUTIVO LOCAL; TPM.*

1. INTRODUÇÃO

De uma forma técnica a manutenção industrial é definida pela ABNT-NBR 5462 (1994) como sendo uma combinação de ações que passam pelas técnicas, administrativas e de supervisão, todas tendo como objetivo a manutenção ou recondução de um equipamento ao estado no qual consiga desempenhar suas funções requeridas/esperadas, ou seja, ações que assegurarem que os equipamentos estejam operando dentro de parâmetros mínimos entregando a capacidade produtiva e a confiabilidade esperada para as empresas tenham a segurança necessária em seus planejamentos.

Explorar estas diversas ações para manter os equipamentos das linhas de produção com a melhor performance possível é uma definição estratégica e cabe aos gestores a busca constante de novas ações técnicas, administrativas e de supervisão, ou mesmo, combinando estas em novas ferramentas e/ou técnicas para que possam contribuir com o melhor desempenho possível de suas linhas de produção.

Mas muitas empresas associam a adoção destas ferramentas à necessidade da presença de equipes próprias de manutenção para realizarem as atividades propostas pelas ferramentas, mas a questão que surge é o que fazer com micro e pequenas empresas, por exemplo, que raramente possuem estas equipes em seus quadros, cenário semelhantes ao observado no APL[1] de Calçados Femininos de Jaú/SP que segundo Bonifácio (2016) trata-se de um APL formado predominantemente por micro e pequenas empresas (83,1%) e que em apenas 24,5% deles foi observado a presença de equipes próprias de manutenção.

Buscar uma solução para combinar as necessidades, mesmo que desconhecidas por estas empresas, e as potencialidades oferecidas pelas ferramentas de manutenção industrial é a proposta deste trabalho e para tanto selecionou-se a ferramenta de manutenção TPM (Total Productive Maintenance) que se organiza em oito pilares com propósitos específicos, sendo que um deles o pilar de Manutenção Autônoma (MA) se propõe o envolvimento de todos os funcionários em prol da conservação dos equipamentos para esta ação.

Mas a ferramenta por si só, talvez não tenha os atrativos que estimulem os

[1] APL: Caracteriza-se segundo Secretaria de Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo por: um conjunto de agentes de natureza diversa, que participam nas tarefas principais de uma aglomeração produtiva; incluem empresas produtoras de um setor específico e fornecedoras, centros de pesquisa, agentes do governo, instituições do terceiro setor, universidades e demais entidades privadas ou públicas; por ter uma governança e evidenciar relações de cooperação, trocas e aprendizado constantes em um determinado território; por ocorrer em um recorte do espaço geográfico constituído pelo agrupamento de agentes de interesses que consolidam uma identidade coletiva e; demonstrar a capacidade de promover o desenvolvimento local, estabelecendo parcerias e compromissos para manter e especializar os investimentos de cada um dos agentes no arranjo e seu entorno. (São Paulo, 2009)

funcionários e as empresas a comprarem a ideia, surge então a proposta da combinação de técnicas, por exemplo, dos padrões sugeridos pelo pilar de MA com a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) trazendo consigo um novo apelo tecnológico que pode estimular a realização das atividades partir de smartphones ou tablets, o que tornaria a atividade mais atrativa para os funcionários não técnicos de manutenção realizarem atividades de conservação dos equipamentos entre suas rotinas do dia a dia.

Diante disto a proposta deste trabalho é analisar os temas mencionados (TPM; MA; e RA) e a partir tradicionais, impressos, para inspeção e limpeza para dois equipamentos da produção de calçados, testar a possibilidade de construção destes padrões, mas utilizando a tecnologia de Realidade Aumentada (RA) com utilização de solução *low-code*[2] disponível no mercado.

1.1 Objetivo

Este artigo tem como objetivo geral testar a conversão de padrões de inspeção de manutenção autônoma (MA) tradicionais (impressos) de uma Máquina de Pesponto e um Balancim Ponte, ambas da produção de calçados, para Realidade Aumentada (RA) com utilização de solução *low-code* "Ecostruxure Augmented Operator Advisor" da empresa Schneider Electric em uma licença *trial*.

1.2 Justificativa

A utilização da RA para realização no dia a dia de um modelo consolidado como MA pode além de aproximar as empresas que não possuem equipes próprias de manutenção dos mais modernos conceitos da Indústria 4.0 já que RA está em seu contexto, pode permitir criar estímulos para a interação dos operadores com os padrões a serem executados visando a realização de manutenções preventivas, que por sua vez, permitirão melhorar a conservação dos equipamentos e um possível aumento de sua confiabilidade, disponibilidade, redução de custos, redução de paradas não previstas, entre outros ganhos esperados com a intensificação das ações preventivas de manutenção, mesmo que estas sendo realizadas por não técnicos e com o uso dos sentidos humanos (tato, visão, olfato, audição) e no dia a dia de trabalho, bastando a sistematização das atividades, a preparação do ambiente, a inserção dos operados no contexto para que desenvolvam o sentido de pertencimento no contexto dos equipamentos,

[2] *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.

ou seja, de certa maneira com baixos investimentos.

2. METODOLOGIA

Marconi e Lakatos (2017) apresentam a necessidade de se estabelecer inicialmente os métodos de pesquisa visando a organização dos esforços para o atingimento dos objetivos traçados, minimizando os esforços de pesquisa.

Neste artigo o modelo metodológico baseou-se no tipo de pesquisa Tecnológica ou Aplicada que para Marconi e Lakatos (2021) o método se caracteriza pelo interesse prático de uso dos resultados imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade do dia a dia, de empresas por exemplo. Já para a coleta de dados adotou-se a pesquisa bibliográfica sobre os principais temas relacionados com a pesquisa permitindo base teórica para as considerações sobre o modelo proposto.

Com a revisão da bibliografia realizada, o desenvolvimento da proposta seguiu diretamente para a conversão de padrões de inspeção já criados para atender às necessidades de uma máquina de Pesponto LanMax e um Balancim Ponte Rapid 27 e 28, ambos presentes na linha de produção de calçados, para a Realidade Aumentada (RA) com o uso da solução *low-code* "EcoStruxure Augmented Operator Advisor", a partir dos seguintes passos: 1: Captura de uma imagem (foto) do equipamento; 2: (a) Criação do projeto no Ecostruxure com inserção no "Project name" ou nome do projeto; 3: (b) Descrição do projeto ou "Project description"; 4: (c) Selecionar o idioma do projeto "Supported Languages"; 5: (d) Identificar como será o reconhecimento da RA "Scene type" por "imagem" ou por "TAG"; 6: (e) Nomear a cena "Scene Label"; 7: (f) Incluir os "texts" "lists" ou "subscene" com as tarefas a serem executadas de acordo com o padrão; 8: (g) Se houver, incluir materiais de apoio: manual, datasheet etc.; 9: (h) Para execução em mobile exportar o projeto com o "Build project"; 10: (i) Realização de testes com "imagem recognition" e (j) "TAG identifier".

Estes passos serão detalhados no desenvolvimento do trabalho permitindo que o modelo possa ser replicado para outros equipamentos caso haja interesse.

3. REVISÃO DA LITERATURA

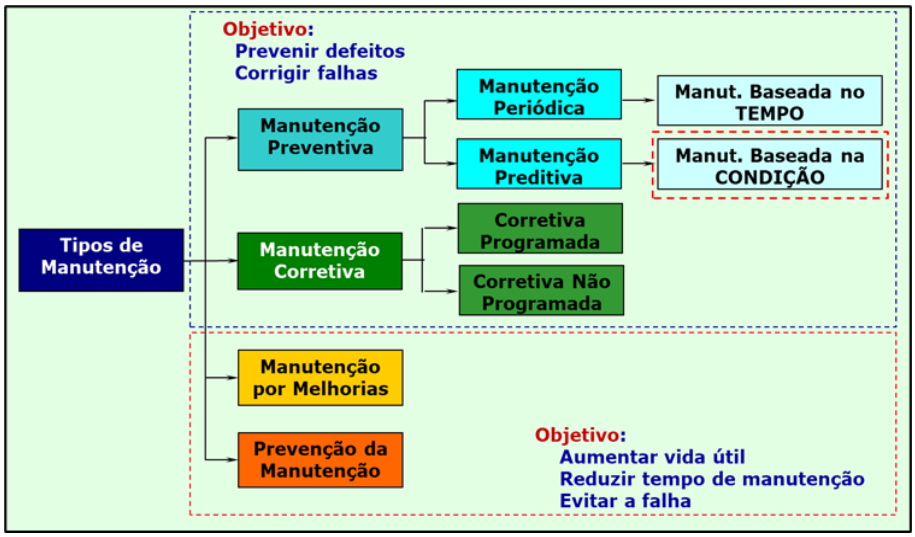
A partir daqui serão rapidamente apresentadas as bases bibliográficas sobre os principais temas abordados neste artigo, entre eles: Manutenção Industrial; Manutenção Produtiva Total (TPM); Manutenção Autônoma (MA); Indústria 4.0; Realidade Aumentada (RA); e a solução "Ecostruxure Augmented Operator Advisor", temas estes que deram base para as discussões e os resultados a serem apresentados.

3.1 Manutenção Industrial

O setor de manutenção industrial é o fiel depositário dos equipamentos produtivos da empresa, constituindo desta forma importante agente na busca dos melhores resultados operacionais. Para que seja possível desempenhar esta função é necessário que suas atividades sejam planejadas de forma sistemática, visando preservar, restaurar ou melhorar a confiabilidade dos equipamentos e, quando necessário, recolocá-los em condições de operação em momento de falha (ABNT, 1994).

Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são os meios que permitem que sejam organizadas as ações do setor e podem ser divididas, basicamente em grupos, conforme Figura 1, que basicamente se dividem em ações de manter os equipamentos no dia a dia corrigindo ou prevenindo falhas, ou as Manutenções Corretivas e Manutenções Preventivas; além das ações visando melhorar os equipamentos de alguma forma com Manutenções por Melhorias (como *retrofit* ou modernização) ou com a Prevenção da Manutenção (com a participação da manutenção em discussões de projetos de novos equipamentos, por exemplo).

FIGURA 1 - Tipos de Manutenção.



Fonte: Bonifácio (2008).

Neste artigo a proposta se concentra nas manutenções preventivas que de acordo com a ABNT (1994) referem-se a ações que são efetuadas em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, sendo destinada a reduzir a probabilidade de uma falha inesperada no equipamento, para isto encontram-se disponíveis algumas ferramentas que permitem aos gestores se valerem deste tipo de manutenção ou ação estratégica para melhorar seus processos produtivos.

A proposta aqui é explorar uma destas ferramentas voltadas à proposta de prevenção de falhas em equipamentos, especificamente a TPM viando organizar as manutenções preventivas direcionando-as para serem realizadas por não técnicos realizares algumas ações.

3.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)

Para Nakajima (1989) a TPM deve ser vista como uma evolução dos conceitos de manutenção, pois propõe a quebra de alguns paradigmas já que defende o compartilhamento da responsabilidade pela gestão dos equipamentos entre operadores e técnicos de manutenção. Nakajima (1989) reforça que esta ideia, de integrar os diversos atores na conservação dos equipamentos, não é exclusiva da TPM, já tendo sido proposta na criação do Total Quality Control (TQM), que propõe uma gestão caracterizada pela busca permanente de melhorias graduais e contínuas nos processos e procedimentos já existentes por todos os envolvidos.

A TPM é relacionada por Oprime, Monsanto e Donadone (2010) com um processo de melhoria contínua na gestão dos ativos, corroborando a visão de Nakajima (1989). A TPM embora surgindo nos Estados Unidos encontra no Japão do pós-guerra o cenário ideal e favorável para sua disseminação, pois as empresas japonesas buscavam neste momento por modelos que melhorassem seus resultados (Palmeira; Tenório, 2002) e viram na TPM uma possibilidade concreta para este fim, já que parte destes desperdícios se relacionavam com os equipamentos presentes nas linhas de produção (Freitas, 2007).

A TPM se estrutura em oito pilares com objetivos específicos, mas integrados na busca de um resultado global ou os “objetivos da empresa” sendo que o envolvimento de todos visa trazer aos funcionários, frequentemente atarefados em atividades do dia a dia, o pensamento da conservação dos equipamentos de forma diferente, como se fossem seus (Yamaguchi, 2005), despertando a visão do pertencimento que é explorada pelo pilar de Manutenção Autônoma (MA) foco deste artigo.

3.3 Manutenção Autônoma (MA)

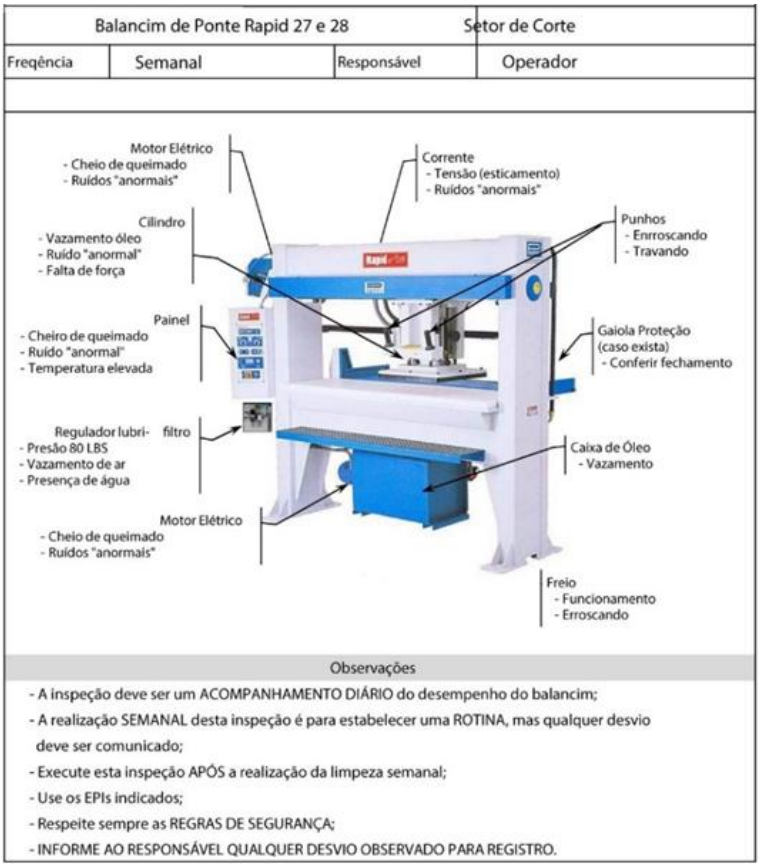
Para Ribeiro (2010 e 2014) o pilar Manutenção Autônoma (MA) é apresentado como proposta para desenvolver o sentimento de propriedade, zelo, ou pertencimento nos operadores e demais envolvidos com os equipamentos, se dando a partir de uma qualificação técnica mínima que lhes permita a execução de algumas ações de prevenção, com segurança, mas sem substituir a necessidade de equipes técnicas de manutenção.

O envolvimento de operadores para alguns reparos, segundo Xenos (2004) não é novo, no passado quando os equipamentos eram menos complexos, compostos por componentes

mecânicos e de fácil manutenção, os operadores já realizavam algumas atividades de reparos e ações preventivas, ou seja, já praticavam a manutenção autônoma mesmo que não com esta denominação. Embora haja a necessidade de qualificação mínima dos operadores em questões técnicas Xenos (2004) reforça que mesmo que os operadores possam realizar algumas ações não será possível prescindir de equipes técnicas de manutenção.

A MA propõe que padrões contendo as atividades a serem executadas pelos operadores sejam criados por técnicos, de tal forma que a atividade resulte em ações de prevenção sendo executadas com segurança por funcionários não técnicos, conforme exemplo na Figura 2.

FIGURA 2 - Exemplo de Padrão de Inspeção da MA (trdicional impresso).



Fonte: Autores (2023).

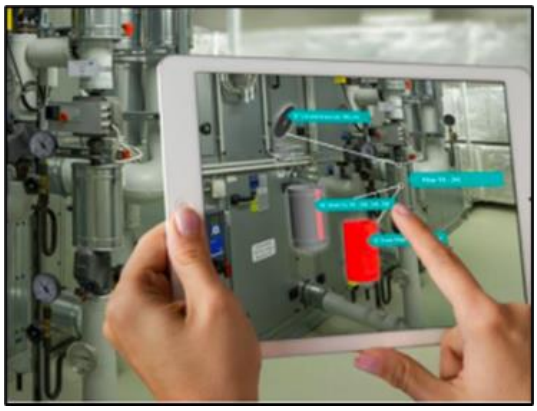
3.4 Realidade Aumentada (RA)

A utilização da RA passa a ser discutida na década de 1960, a partir de estudos do pesquisador Ivan Sutherland, (Kirner; Kirner, 2011), sendo mais difundida apenas na Década de 1980. O tema ganha um maior destaque a partir dos anos 2000 muito pelo acesso a novas tecnologias que acabaram ficando mais baratas e acessíveis aos usuários comuns ou caseiros, o que acabaram alavancando novas aplicações. Ainda de acordo com Kirner e Kirner (2011)

embora o termo "realidade misturada" não seja muito utilizado, ele poderia ser considerado quando a discussão é realidade aumentada, pois define uma sobreposição de imagens virtuais geradas por computador (imagens dinâmicas, sons espaciais, entre outros) a um ambiente físico do usuário, que será percebida por este usuário, por meio de dispositivos tecnológicos.

Uma das formas para sobrepor estes objetos virtuais ao espaço físico é a partir da utilização de câmeras de celulares ou tabletes, que podem capturar as imagens do ambiente físico, permitindo que um computador sobreponha os elementos virtuais nessas imagens. Aa aplicações da RA são variadíssimas e vem ganhando cada vez mais espaço e potencial para desenvolvimento com o aumento das soluções e barateamento da tecnologia (Vadher, 2015). Por exemplo, um técnico pode observar por meio de um mobile um conjunto de peças de um equipamento (Figura 3), sobreposta com instruções como manuais, ou como proposto aqui, receber orientações para realizações manutenções preventivas de acordo com padrões de MA.

FIGURA 3 - Exemplo de RA na indústria.



Fonte: Vadher (2015).

A cessibilidade da RA favorece a busca por novas soluções por parte dos gestores, que pode combinar ferramentas conhecidas para adequação ou melhoria de inúmeros aspectos nos processos de produção como o proposto aqui.

3.5 Solução "Ecostruxure Augmented Operator Advisor"

Na busca de uma solução *low-code* no mercado que pudesse ser utilizada para converter os padrões de MA tradicionais para a tecnologia de RA de forma mais "palatável" para os usuários, pois o cenário de empresas que se vislumbra utilizar o modelo é exatamente as que não possuem equipes técnicas, portanto o quesito facilidade de criação/utilização foi determinante para a escolha.

A solução encontrada é oferecida pela empresa Schneider Electric Brasil, uma especialista global em gestão de energia e automação presente em mais de 100 países, que no

seu portfólio está a solução "EcoStruxure Augmented Operator Advisor", que segundo a própria Schneider (2023) é uma solução em RA que disponibiliza informações em tempo real sobre os equipamentos buscando melhorar sua eficiência operacional e, conforme pretendido aqui, permitir que os operadores visualizem dados também em tempo real e objetos virtuais dos equipamentos que operam.

A solução EcoStruxure disponibiliza um servidor próprio (runtime) onde os projetos podem ser armazenados, neste artigo optou-se por manter o projeto nos próprios *mobiles* pela facilidade de locomoção durante a realização dos testes, mas tendo a disposição uma infraestrutura de servidor pode ser uma opção para novos e futuros testes.

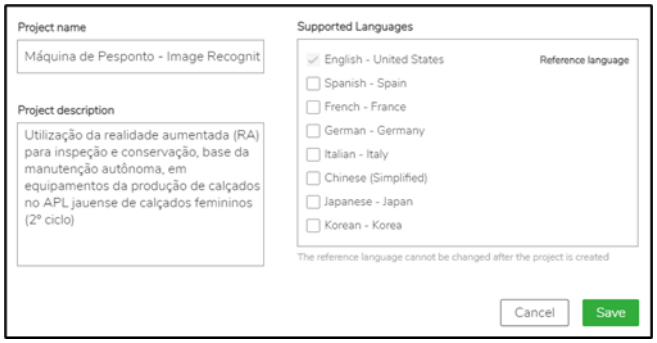
Por fim deve ser destacado que a licença utilizada neste artigo para os testes foi uma versão *trial* (gratuita) a qual oferece as interfaces completas para o desenvolvimento da RA, mas com um prazo máximo de utilização de 42 dias o que criou obstáculos, pois os projetos acabam tendo que ser recriados após este período sempre que novos testes tinham que ser realizados.

4. DESENVOLVIMENTO

Aqui serão descritos como os padrões de inspeção já criados para a Máquina de Pesponto e para o Balancim Ponte (exemplo Figura 2), foram replicados em RA na solução EcoStruxure, solução selecionada para os testes por atender às necessidades do projeto, já que a criação da RA se mostrou mais simples e intuitiva, tendo suporte por vídeos oferecido pelo fabricante e manual (em inglês) com orientações, além de uma licença para testes sem custos.

Primeiramente foi necessário e fazer uma rápida configuração do projeto pelo "*Builder*" ou área on-line da solução destinada a construção dos projetos. São apenas três parâmetros a serem definidos: (a) o nome do projeto ou "*Project name*" com o qual será identificado nas operações de transferências; (b) Descrição do projeto ou "*Project description*" que permite um melhor detalhamento das intenções esperadas pelo desenvolvedor; e (c) Seleção de linguagem ou "*Supported Languages*" que define o idioma que solução se apresentará (vide detalhes na Figura 4) - infelizmente a solução não oferece a opção em português.

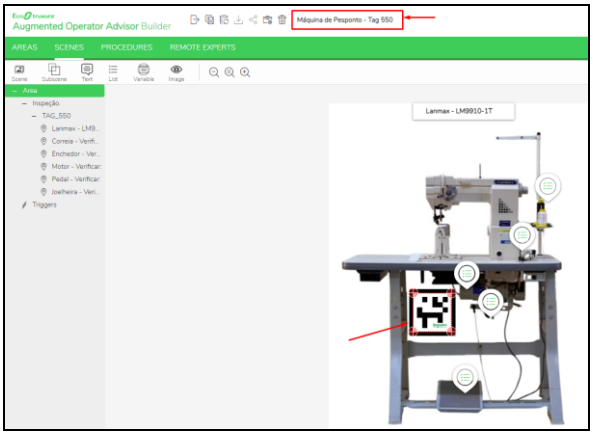
FIGURA 4 - Tela de criação do projeto.



Fonte: EcoStruxure (2023).

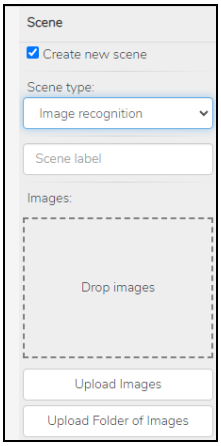
Na sequência foi configurada a imagem de referência e o modo de reconhecimento que a RA irá utilizar para abrir o projeto. Este foi o início propriamente dito do desenvolvimento com a "*Scene type*" (d) onde foi definido que a RA seria aberta por TAG (Figura 5) no exemplo do Padrão da Máquina de Pesponto.

FIGURA 5 - Detalhe "*Tag identifier*".



Fonte: EcoStruxure (2023).

FIGURA 6 - Configuração das "Cenas".

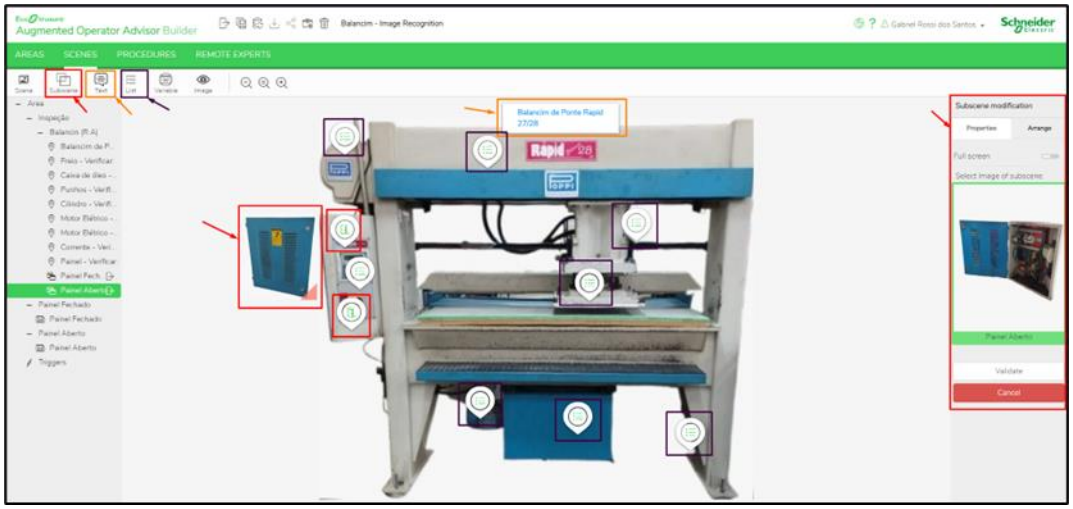


Fonte: EcoStruxure (2023).

Neste momento foi possível identificar também a cena com um nome, na opção "*Scene Label*" (e). Esta identificação permite que várias cenas ou imagens possam ser utilizadas no mesmo projeto. Por fim existem um espaço para a visualização da imagem, vide Figura 6.

Na sequência foram incluídos os pontos ou observações de interesses (f), que no caso deste artigo foram as orientações para os operadores realizarem as inspeções. Estes pontos são denominados na solução de "*texts*" "*lists*" ou "*subscene*" cada qual representada na RA por diferentes ícones, conforme demonstrado na Figura 7 que demonstra a construção do Padrão de inspeção para o Balancim Ponte.

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



Fonte: EcoStruxure (2023).

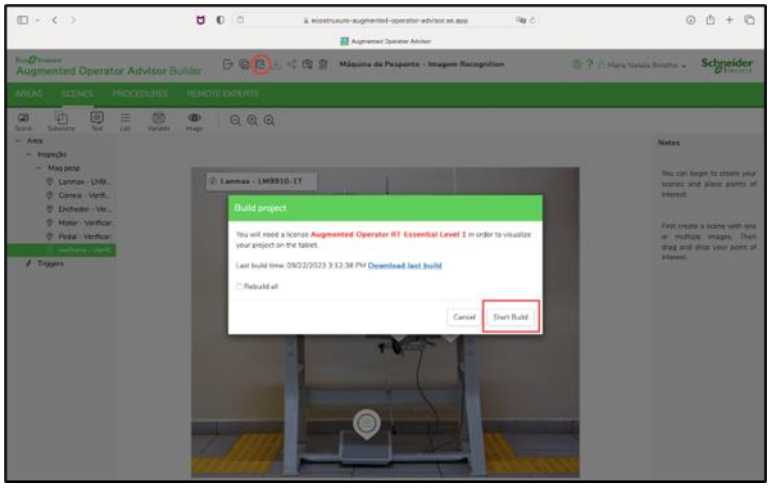
Os pontos/observações já haviam sido definidos tecnicamente por especialistas de manutenção que entre as ações possíveis para serem executadas pelos operadores não técnicos, com segurança, mas que permitissem oferecer diferencias para a conservação dos equipamentos.

Pode-se complementarmente, na mesma área, incluir no projeto alguns conteúdos de apoio (g), como: manual, datasheet e até mesmo aplicações externas (aqui dependendo de estar conectado à internet). É possível também incluir painéis de variáveis que irão atuar em conjunto com sensores monitorando parâmetros do equipamento em tempo real, que neste artigo não foram aplicados.

Tudo testado pôde-se armazenar o projeto diretamente em um mobile ou mantê-lo em um servidor remoto e apenas acessá-lo remotamente também utilizando o mobile. Para a opção do servidor remoto deve-se utilizar uma ferramenta da própria Schneider Electric, chamada "*runtime*" que necessita também de uma rápida configuração de "*host*" para armazenar os projetos na rede, que não será detalhada por não ter sido foco deste artigo.

A opção foi manter o projeto no mobile para isto foi necessário exportá-lo com uso da opção "*Build project*" (h) conforme Figura 8. Com a confirmação um arquivo ".ZIP" é gerado e em seguida deve ser copiado no seguinte caminho diretamente no *mobile* "\Android\data\com.schneiderelectric.AugmentedOperator\Local".

FIGURA 8 - Painel de exportação dos projetos



Fonte: EcoStruxure (2023).

Com o projeto salvo no *mobile* foram feitos os testes em laboratório. A melhor forma encontrada para ajustar os projetos, foi testá-los em imagens impressas que reproduziam os equipamentos (Figuras 9 e 10), testando tanto os padrões a partir do reconhecimento por "*imagem recognition*" (i) quanto por "TAG *identifier*" (j).

FIGURA 9 - Teste com Máquina de Pesponto realizado em laboratório da Fatec Jahu.



Fonte: Acervo dos Autores (2023).

FIGURA 10 - Teste com Balancim Ponte realizado em laboratório da Fatec Jahu.



Fonte: Acervo dos Autores (2023).

Os testes demonstram a total aplicabilidade da solução para a conversão dos padrões de MA para RA e permitiram quer algumas conclusões sobre o estudo pudessem ser obtidas sendo elas: - a importância da iluminação do ambiente para o reconhecimento por imagem; - que o reconhecimento por TAG é bem mais fácil; - que mesmo com a licença *trial* que disponibiliza 42 dias de acesso, os projetos precisam ser atualizados no *Builder* a cada sete

dias (aproximadamente) tendo que ser novamente baixado para o mobile; - foi confirmada a facilidade de uso da solução, pois mesmo com a necessidade de atualização pelos prazos curtos da licença foi possível realizar testes com os padrões de inspeção em RA.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do objetivo estabelecido de testar a conversão de padrões de inspeção de manutenção autônoma (MA) tradicionais (impressos) de uma Máquina de Pesponto e um Balancim Ponte para Realidade Aumentada (RA) com utilização da solução *low-code* "Ecostruxure Augmented Operator Advisor", pode-se considerar atingido. Uma vez que dentro da proposta pré-estabelecida todas as etapas foram realizadas e descritas conforme planejadas na metodologia, de tal forma que permita a replicabilidade do modelo, tendo um resultado positivo na conversão dos padrões de MA tradicionais – impressos – em RA com testes realizados de isolada no mobile, o que permitiu demonstrar a aplicabilidade da solução para os propósitos estabelecidos, principalmente a solução ser *low-code* e mais palatável ou simples para ser criada de forma mais fácil ou sem a necessidade de equipes de desenvolvimento de tecnologia.

Trata-se de primeiro movimento no sentido de criar uma plataforma maior que esteja disponível para o APL de Calçados Femininos de Jaú/SP que disponibilize a solução em nuvem para que as empresas interessadas possam acessar os equipamentos de interesse e com um apoio centralizados possa criar seus planos de manutenção preventivo, com base na MA explorando os potenciais já descritos.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Paula Souza e a Fatec Jahu, Coordenadoria de Gestão da Produção, por apoiarem iniciativas da pesquisa por intermédio do programa de Regime de Jornada Integral – RJI no qual o pesquisador encontra-se inserido.

Também ao Centro Paula Souza pelo Programa de Monitoria de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação - MIDTI CPS/Fatec Jahu, que disponibilizou dois alunos para o projeto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: Confiabilidade e Mantenabilidade, 1994.

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

_____, M. A. **Manutenção Industrial: utilização do pilar controle de inicial do TPM com vistas à confiabilidade ambiental**. Orientador: Rodolfo Florence Teixeira Júnior. 2008. 64 f. Monografia (especialização) – Especialização em Engenharia de Produção, Universidade Estadual Paulista - UNESP / Bauru – Faculdade de Engenharia, 2008.

FREITAS, A. J. N. **TPM na Linha da Confiabilidade**. São Paulo: Loos Prevention / ABRAMAN, 2007.

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.

MARCONI, M.de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos Metodologia Científica**. 8.ed. São Paulo: Atlas, 2017.

_____. **Técnicas de Pesquisa**. 9.ed. São Paulo: Atlas, 2021.

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance**. São Paulo: IMC, 1989.

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.

PALMEIRA, N. J.; TENÓRIO, G. F. **Flexibilização Organizacional**. Rio de Janeiro: FGV, 2002.

RIBEIRO, H. **A bíblia do TPM: Como gerenciar a produtividade na empresa**. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2014.

_____. **Desmistificando o TPM**. São Caetano do Sul: PDCA, 2010.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto 54.654**, de 7 de agosto de 2009. Institui o Programa Estadual de Fomento aos Arranjos Produtivos Locais, autoriza a celebração de convênios com municípios do Estado de São Paulo e entidades que especifica, visando à transferência de recursos financeiros para o incremento das cadeias produtivas, e dá providências correlatas. Diário Oficial, São Paulo, v.119, n.147, 8 ago. 2009. Seção 1.

SCHINEIDER. **EcoStruxure™ Augmented Operator**. 2023. Disponível em: https://www.se.com/pt/pt/product-range/64507-ecostruxure-augmented-operator/#overview. Acesso em: 27 set.2023.

VADHER, R. A **realidade aumentada visualiza processos de produção complexos**. 2015. Disponível em: https://rishivadher.blogspot.com.br/2015/07/a-realidade-aumentada-visualiza.html. Acesso em: 09 jul.2024.

VIANA, H. R. G. **PCM - Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Nova Lima: Falconi, 2004.

YAMAGUCHI, C. T. **TPM – manutenção produtiva total**. São João Del Rei: ICAP, 2005.