

CRIAÇÃO DE PADRÃO DE INSPEÇÃO PARA EQUIPAMENTOS DA PRODUÇÃO DE CALÇADOS EM REALIDADE AUMENTADA (RA)

CREATION OF AN INSPECTION STANDARD FOR FOOTWEAR PRODUCTION EQUIPMENT USING AUGMENTED REALITY (AR)

Maria Natalia Botelho Tricanico
Faculdade de Tecnologia de Jahu – Fatec Jahu, maria.tricanico@fatec.sp.gov.br

Gabriel Rossi dos Santos
Faculdade de Tecnologia de Jahu – Fatec Jahu, grsrossi@outlook.com

Marcos Antônio Bonifácio
Faculdade de Tecnologia de Jahu – Fatec Jahu, marcos.bonifacio@fatec.sp.gov.br

DOI: 10.54628/issn2763-5600.v18.1.2024.308

Resumo

A Realidade Aumentada (RA) vem tomando cada vez mais espaço das discussões no contexto industrial, podendo se tornar uma opção de apoio para diversas ações no contexto estratégico das empresas, neste artigo se propõe sua utilização em conjunto com ferramenta de Manutenção Autônoma (MA) como forma de estimular empresas na utilização dos operadores em atividades de inspeção (sensitiva) e conservação/limpeza dos equipamentos que operam, que é a proposta de base da MA. O trabalho partiu de padrões técnicos de inspeção já elaborados para serem executados por operadores não técnicos de manutenção, que operassem máquinas de Pesponto LanMax ou Balancim Ponte Rapid 27 e 28. Embora inúmeros aplicativos e softwares possam ser utilizados para a criação da RA, neste artigo foi testada a solução Ecostruxure Augmented Operator Advisor da empresa Schneider Electric, com a utilização de uma licença para o uso na versão “Trial” ou testes, gratuita. Ao final foi possível replicar os padrões de inspeção dos equipamentos para serem realizados em RA, descrevendo as etapas para sua criação e os testes em laboratório realizados, o que permitiu, que considerações pudessem ser feitas para ajustes e preparativos para novos testes, mas em campo. Com resultados espera-se avançar na disponibilização de um modelo que poderá beneficiar as empresas do Arranjo Produtivo Local (APL) de Calçados Femininos de Jahu/SP.

Palavras-chave: Manutenção Autônoma. Realidade Aumentada. Gestão da Produção, Indústria 4.0.

Abstract

Augmented Reality (AR) has been taking up more and more space in discussions in the industrial context and can become a support option for various actions in the strategic context of companies. This article proposes its use of AR in conjunction with an Autonomous Maintenance tool (MA) to encourage companies to use operators in inspection (sensitive) and conservation/cleaning activities of the equipment they operate, which is the basic proposal of MA. The work was based on technical inspection standards already prepared to be carried out by non-technical maintenance operators, who operated "LanMax Stitching Machines" or "Pont Rapid 27 and 28 Bridge Rocker". Although numerous applications and software can be used to create AR, in this article the Ecostruxure Augmented Operator Advisor solution from Schneider Electric was tested, using a license for use in the “Trial” or testing version, free of charge. In the end, it was possible to replicate the equipment inspection standards to be carried out in RA, describing the steps for its creation and the laboratory tests carried out, which allowed considerations to be made for adjustments and preparations for new tests, but in the field. With results,

Nota dos Editores

Este trabalho foi apresentado no **XII GEPro** realizado na Fatec Jahu em novembro/2023 e selecionado para compor esta edição da Revista FATECNOLÓGICA.

it is expected to advance in the availability of a model that could benefit companies in the Local Productive Agglomeration (APL) of Footwear Women in Jaú/SP.

Keywords: Autonomous Maintenance. Augmented Reality. Production Management. Industry 4.0.

1 INTRODUÇÃO

Estrategicamente a manutenção é um setor de apoio às ações da Produção. Tecnicamente a ABNT-NBR 5462 (1994) define a manutenção industrial como sendo uma combinação de ações que passam pelas técnicas, administrativas e de supervisão, todas objetivando a manutenção ou recondução de um equipamento ao estado no qual consiga desempenhar suas funções requeridas/esperadas, ou seja, fazer o necessário para assegurar que os equipamentos estejam operando dentro de parâmetros mínimos entregando a capacidade produtiva e a confiabilidade esperada para que os gestores tenha a segurança necessária em seus planejamentos.

Diante desta situação de buscar novas ações técnicas, administrativas e de supervisão, cabe aos gestores combinarem novas ferramentas e/ou técnicas que possam contribuir com o melhor desempenho dos equipamentos.

No âmbito da manutenção encontra-se a TPM (Total Productive Maintenance) que se organiza em oito pilares com propósitos específicos, sendo que um deles o pilar de Manutenção Autônoma (MA) que propõe o envolvimento de todos os funcionários em prol da conservação dos equipamentos, mas a ferramenta por si só, talvez não tenha os “atrativos” ou “estímulos” que estimulem os 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 Realidade Aumentada (RA) que traz consigo um novo apelo tecnológico que possa estimular a realização das atividades partir de smartphones ou tablets, o que tornaria a atividade mais atrativa para os funcionários não técnicos.

O propósito deste trabalho é intrínseco aos temas mencionados (TPM; MA; e RA) uma revisão bibliográfica realizada previamente mostrou exemplos de aplicações que envolviam um conjunto destas aplicações, portanto é seguro dizer que elas estimulam, complementam e contribuem para uma rotina saudável de manutenção.

1.1 Objetivo

Este artigo tem como objetivo geral converter padrões de inspeção de manutenção autônoma (MA) tradicionais (impressos) de Máquina de Pespointo e Balancim Ponte, ambas da

produção de calçados, para realidade aumentada (RA) com utilização de solução da “Ecostruxure Augmented Operator Advisor” da empresa Schneider Electric.

1.2 Justificativa

A utilização da RA para aplicação de um modelo consolidado mundialmente como a Manutenção Autônoma pode além de aproximar as empresas dos mais modernos conceitos da Indústria 4.0 já que RA está em seu contexto, permite, na visão dos autores, criar estímulos a interação dos operadores com os padrões que visam a realização de manutenções preventivas, que por sua vez, buscam a conservação dos equipamentos com 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.

1.3 Metodologia

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

Neste artigo o modelo metodológico baseou-se no tipo de pesquisa Tecnológica ou Aplicada que para Marconi e Lakatos (2021) permite a aplicação de pesquisa relacionada às necessidades imediatas de diferentes áreas ou segmentos da atividade humana com interesse prático de aplicação dos conhecimentos obtidos. Para a coleta de informações adotou-se a pesquisa bibliográfica sobre os principais temas relacionados.

A partir da revisão da bibliografia concluída, o desenvolvimento prático seguiu diretamente com a conversão de padrões de inspeção já criados conforme proposto pela ferramenta de MA criados para uma Máquina de Pespointo e um Balancim Ponte, ambos equipamentos da produção de calçados, sendo convertidos para RA com o uso da solução “EcoStruxure Augmented Operator Advisor”, a partir dos seguintes passos: 1: Captura de uma imagem (foto) do equipamento; 2: (i) Criação do projeto no Ecostruxure com inserção no “Project name” ou nome do projeto; 3: (ii) Descrição do projeto ou “Project description”; 4: (iii) Selecionar o idioma do projeto “Supported Languages”; 5: (iv) Identificar como será o reconhecimento da RA “Scene type” por “imagem” ou por “TAG”; 6: (v) Nomear a cena “Scene Label”; 7: (vi) Incluir os “texts” “lists” ou “subscene” com as tarefas a serem executadas de acordo com o padrão; 8: (vii) Se houver, incluir materiais de apoio: manual, datasheet etc.; 9: (viii) Para execução em mobile exportar o projeto com o "Build project"; 10: (ix) Realizar testes com “imagem recognition” e (x) “TAG identifier”.

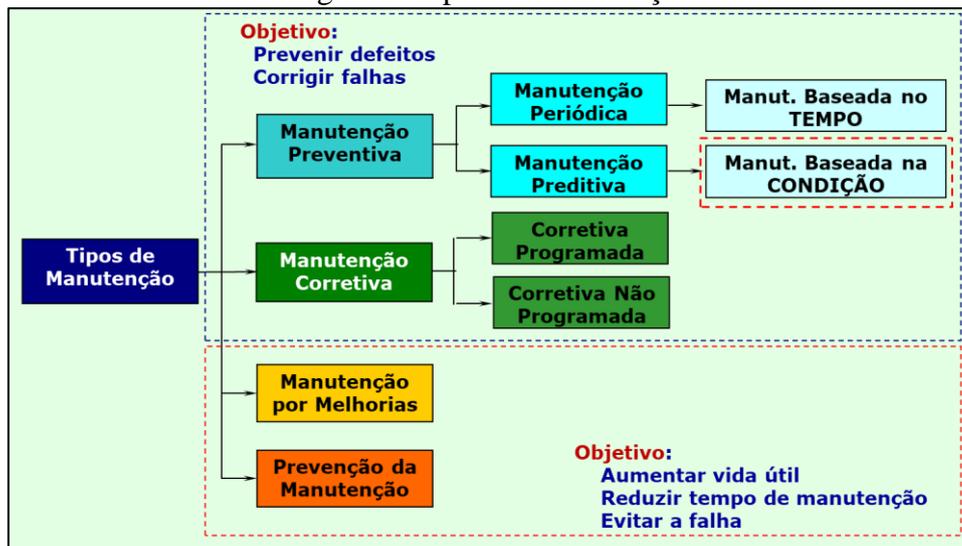
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste tópico estão sendo rapidamente apresentados as bases bibliográficas sobre os principais temas que o artigo aborda, 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.

2.1 Manutenção Industrial

A manutenção industrial constitui um componente importante na gestão de ativos nas indústrias. Para desempenhar esta função é necessário que atividades sejam planejadas de forma sistemática, visando preservar, restaurar e melhorar a confiabilidade dos equipamentos e, quando necessário recolocá-los em condições de operação quando em momento de falha (ABNT, 1994). Segundo Viana (2002), os tipos de manutenção são os meios que permitem que sejam organizadas as ações e podem ser divididas, basicamente em grupos que podem ser observados na Figura 1, que basicamente se dividem em ações de manter os equipamentos (ativos) no dia a dia corrigindo ou prevenindo falhas, são as Manutenções Corretivas e Manutenções Preventivas; e para melhorar os equipamentos de alguma forma com Manutenções por Melhorias (com retrofit ou modernização) ou com a Prevenção da Manutenção (com a participação da manutenção em discussões de projetos de novos equipamentos).

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 “...efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha...” e, para tanto, encontram-se disponíveis algumas ferramentas que permitem aos gestores aplicar este tipo de manutenção.

A proposta aqui é explorar a ferramenta de TPM para organizar as manutenções preventivas direcionando-as para serem realizadas por não técnicos.

2.2 Manutenção Produtiva Total (TPM)

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é apresentada por Nakajima (1989) como uma evolução dos conceitos de manutenção propondo a quebra de alguns paradigmas, defendendo o compartilhamento da responsabilidade pela gestão dos ativos entre operadores e técnicos de manutenção. Nakajima (1989) reforça que a ideia de integrar estes atores não é exclusiva da TPM, já tendo sido proposta na criação do TQM – Total Quality Control, que propõe uma gestão caracterizada pela busca permanente de melhorias graduais e contínuas nos processos e procedimentos já existentes por todos os envolvidos.

Oprime, Monsanto e Donadone (2010), relacionam o TPM com um processo de melhoria contínua do processo de gestão dos ativos, corroborando a visão de Nakajima (1989). A TPM surge nos Estados Unidos, mas encontra no Japão da década de 1950, no pós-guerra o cenário favorável para sua disseminação, pois as empresas japonesas estavam ansiosas por modelos que melhorassem seus resultados (Palmeira; Tenório, 2002) vendo na TPM uma possibilidade já que parte destes desperdícios se relacionavam com os ativos presentes nas linhas de produção (Freitas, 2007).

A ideia da TPM é integrar todos os funcionários na gestão dos ativos, buscando com isto seu melhor desempenho global, a redução de paradas e de desperdícios, para Mirshawka e Olmedo (1994) e Moura (2003), desta forma a ferramenta passava a ser opção ideal para o momento japonês. A TPM se estrutura em oito pilares com objetivos específicos, mas integradas na busca global os “objetivos da empresa” sendo que o envolvimento de todos visa trazer aos funcionários, frequentemente atarefados em atividades repetitivas, o pensamento da conservação dos ativos 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.

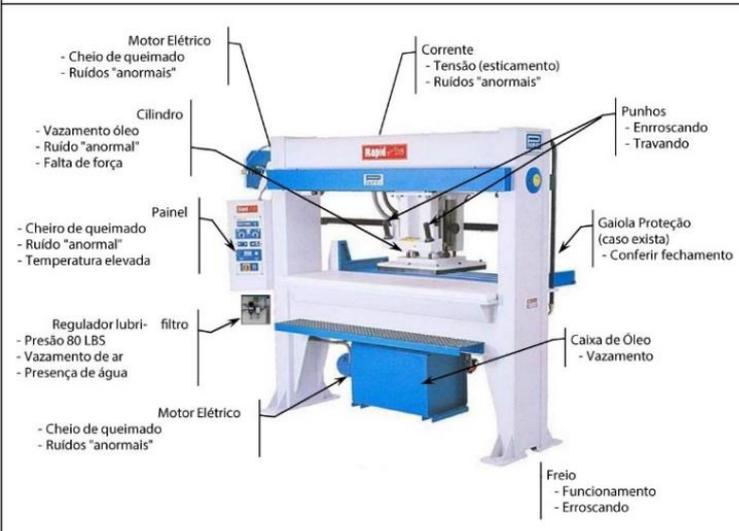
2.3 Manutenção Autônoma (MA)

Ribeiro (2010 e 2014) apresenta o pilar Manutenção Autônoma (MA), como proposta para desenvolver o sentimento de propriedade, zelo, ou pertencimento nos operadores e demais envolvidos com os ativos, mas se dando a partir de sua qualificação.

O envolvimento de operadores para 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 manutenções, ou, já praticavam a manutenção autônoma. 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 de manutenção.

Mas reconhecendo que sempre existirão lacunas técnicas a MA propõe que as ações sejam definidas e apresentadas no formato de padrões em que os operadores irão se basear para a execução das atividades, conforme exemplo na Figura 2.

Figura 2. Exemplo de Padrão de Inspeção da MA

Balancim de Ponte Rapid 27 e 28		Setor de Corte	
Freqüência	Semanal	Responsável	Operador
			
Observações			
<ul style="list-style-type: none"> - 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: Autores, (2023).

Estes padrões são entregues de forma impressa para execução dos operadores. Neste artigo a proposta é enviá-los no formato de Realidade Autônoma (RA).

2.4 Realidade Aumentada (RA)

A utilização da realidade aumentada passou 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 ganhou um maior destaque a partir dos anos 2000 muito pelo acesso a novas tecnologias, acabaram ficando mais baratas e acessíveis ao usuário comum ou caseiro 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 de sobrepor estes objetos virtuais ao espaço físico do usuário é com a utilização de câmeras de celulares ou tablets, que podem capturar as imagens do ambiente físico, permitindo que um computador sobreponha os elementos virtuais nessas imagens. Inúmeras podem ser as aplicações da RA, que 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 pelo tablet um conjunto de peças de um ativo (Figura 3), seguidas de instruções como manuais, ou como proposto aqui, receber orientações para realizações manutenções preventivas conforme proposto pela MA.

Figura 3. Exemplo de RA na indústria



Fonte: Vadher, (2015).

O que se observa é que a RA tem ficado mais acessível e com isto vem abrindo novas possibilidades de aplicação em inúmeras áreas do conhecimento.

2.5 Solução “Ecostruxure Augmented Operator Advisor”

Após serem testados algumas possibilidades de soluções para o desenvolvimento do modelo de inspeção em RA, foi observado que em sua maioria, embora atendendo a todas as necessidades técnicas, demandaria um grande conhecimento técnico de desenvolvimento de software o que estava, de certa forma, fora do escopo ou da proposta deste artigo que se focou na gestão da manutenção e não no desenvolvimento de soluções de sistemas. Desta forma estas aplicações mais complexas acabaram sendo deixadas de lado.

Diante desta dificuldade os autores tiveram contato com uma solução 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 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 a eficiência operacional e, conforme pretendido aqui, permitir que os operadores visualizem dados em tempo real e objetos virtuais dos equipamentos que operam.

A solução EcoStruxure pode ser utilizada em uma plataforma virtual para que os projetos fiquem armazenados em um servidor próprio, denominado *runtime* ou estes projetos podem ficar dispostos diretamente em mobiles (opção feita para este artigo).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aqui serão descritos como os padrões de inspeção já criados para a Máquina de Pespointo 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 era 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: (i) o nome do projeto ou “Project name” com o qual será identificado nas operações de transferências;

Figura 4. Tela de criação do projeto

Project name
Máquina de Pesponto - Image Recognit

Project description
Utilização da realidade aumentada (RA) para inspeção e conservação, base da manutenção autônoma, em equipamentos da produção de calçados no APL jauense de calçados femininos (2º ciclo)

Supported Languages
 English - United States Reference language
 Spanish - Spain
 French - France
 German - Germany
 Italian - Italy
 Chinese (Simplified)
 Japanese - Japan
 Korean - Korea

The reference language cannot be changed after the project is created

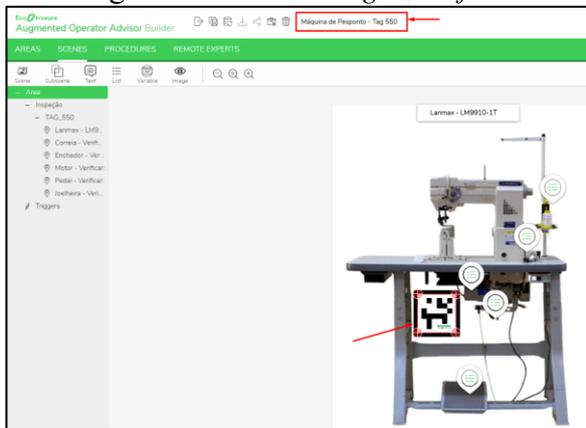
Cancel Save

Fonte: EcoStruxure, (2023).

(ii) Descrição do projeto ou “*Project description*” que permite um melhor detalhamento das intenções esperadas pelo desenvolvedor; e (iii) Seleção de linguagem ou “*Supported Languages*” que define o idioma que solução se apresentará (vide detalhes na Figura 4) - infelizmente não é oferecida a opção em português.

Na sequência foi configurada a imagem de referência e o modo de reconhecimento que a RA irá utilizar.

Figura 5. Detalhe “*Tag identifier*”



Fonte: EcoStruxure, (2023).

Figura 6. Configuração das “Cenas”

Scene
 Create new scene
Scene type: Image recognition
Scene label
Images:
Drop images
Upload Images
Upload Folder of Images

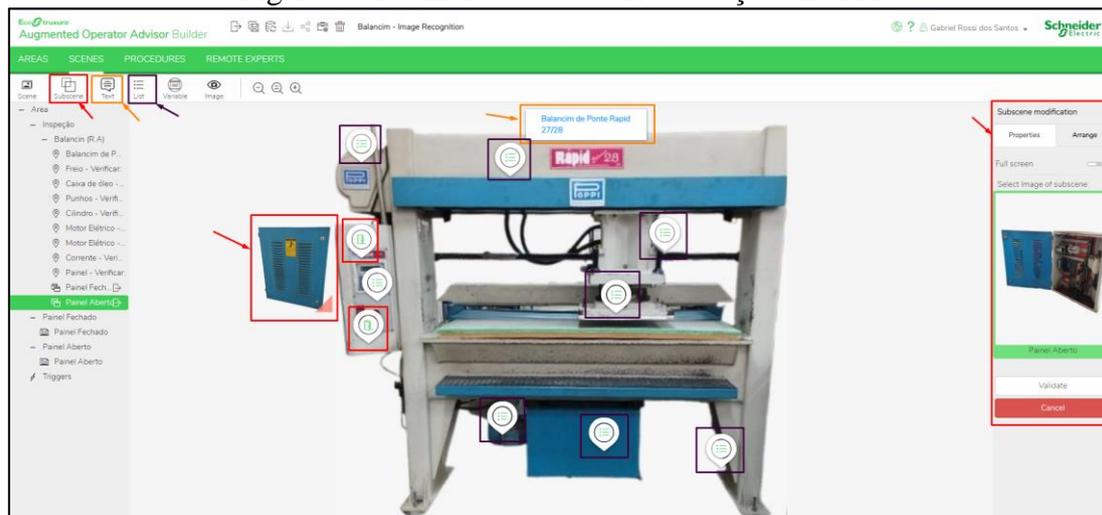
Fonte: EcoStruxure, (2023).

Este foi o início propriamente dito do desenvolvimento do projeto com a (iv) “*Scene type*” onde é definido se a RA será identificada por imagem Tag Figura 5 que apresenta o projeto da inspeção da Máquina de Pesponto.

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

Seguindo com o desenvolvimento do projeto foram incluídos os pontos ou observações de interesses, que no caso deste artigo foram as orientações para os operadores realizarem as inspeções. Estes pontos são denominados na solução de (vi) “*texts*” “*lists*” ou “*subscene*” cada qual representada na RA por diferentes ícones, conforme demonstrado na Figura 7 que apresenta o projeto para a inspeção do Balancim Ponte.

Figura 7. Aba inclusão das caixas de ações na RA



Fonte: EcoStruxure, (2023).

Destaca-se que estes pontos/observações já haviam sido definidos tecnicamente por especialistas de manutenção que entre as ações possíveis de serem executadas pelos operadores não técnicos, com segurança, mas que permitam oferecer diferenças para a conservação dos equipamentos, exatamente o que propõe a MA.

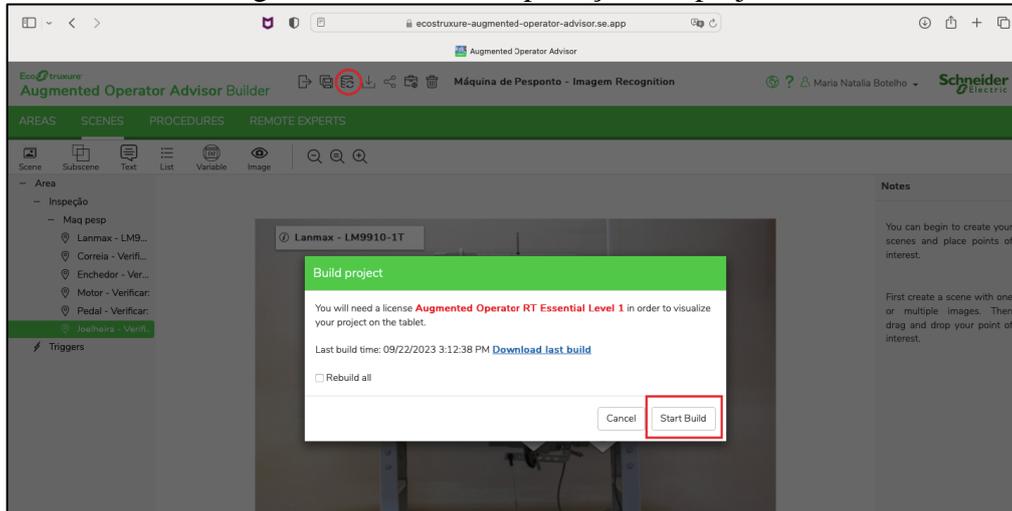
Pôde-se complementarmente, na mesma área, incluir no projeto alguns (vii) conteúdos de apoio, como: manual, *datasheet* e até mesmo aplicações externas (aqui dependendo de estar conectado à internet). É possível também incluir painéis de variáveis que irão atuar em conjunto com sensores monitorando parâmetros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

A opção foi manter o projeto diretamente no *mobile* para isto foi necessário exportá-lo. Esta operação é realizada na opção (viii) “*Build project*” conforme Figura 10, após confirmação

um arquivo “.ZIP” e gerado que em seguida foi copiado no seguinte caminho “\Android\data\com.schneiderelectric.AugmentedOperator\Local” para o *mobile*.

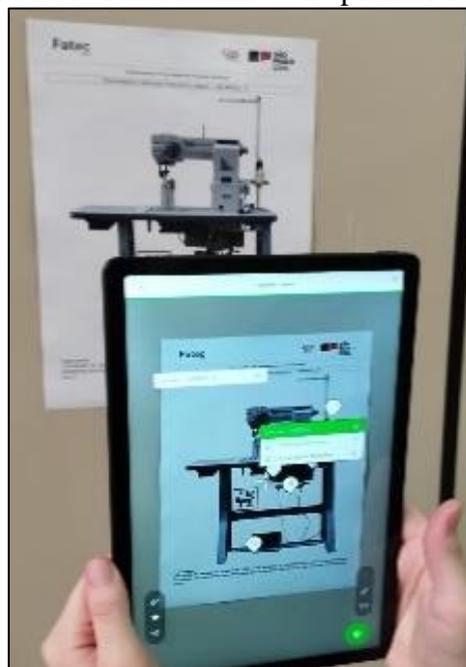
Figura 10. Painel de exportação dos projetos



Fonte: EcoStruxure, (2023).

Com o projeto no mobile foram feitos testes em laboratório. A forma encontrada para ajustar os projetos, foi testá-los em imagens impressas que reproduziam os equipamentos (Figura 11), testando tanto a (ix) “*imagem recognition*” quanto o (x) “*TAG identifier*”.

Figura 11. Teste realizado na planta Modelo



Fonte: Autores, (2023).

Os testes permitiram algumas conclusões sobre: - 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.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse trabalho foi atingindo sem ressalvas, uma vez que dentro do cronograma pré-estabelecido todas as pesquisas foram feitas e com elas determinamos que os termos MA (Manutenção Autônoma) e RA (Realidade Aumentada) vem sendo utilizados juntos não só no Brasil, mas também em artigos internacionais. Após isso, os modelos para inspeção em folha física foram desenvolvidos seguindo rigor técnico com auxílio de um profissional da área (que conhecia a referida e seus devidos processos). Por último, aprofundamos nossos conhecimentos sobre a Schneider e suas soluções, podendo confeccionar o padrão desenvolvido em RA.

As maiores dificuldades encontradas estavam ligadas a certas exceções cujo manual (em ambas as linguagens, inglês e português) não abordava, havia também bem pouco conteúdo que mostrasse o processo de transferência dos projetos do *Builder* para *mobile* (principalmente para a licença *Trial*). Essa dificuldade apesar de bem prejudicial para o andamento do projeto pode ser sanada por meio de testes envolvendo outros sistemas operacionais.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade**, 1994.

BONIFÁCIO, M. A. **Manutenção Industrial: utilização do pilar controle de inicial do TPM com vistas à confiabilidade ambiental**. Monografia, 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.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L. **TPM à moda brasileira**. São Paulo: Makron Books, 1994.

MOURA, R. A. **MPT Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAM, 2003.

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.

SCHNEIDER. **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: 01 fev. 2017.

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

"O conteúdo expresso no trabalho é de inteira responsabilidade do (s) autor (es)."