

Aplicação de tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 para auxiliar a rastreabilidade industrial na Manufatura de Cabos Elétricos

Júlio César Mauri e Carlo Rossano Manica

Resumo

Cabos elétricos são necessários para garantir a transmissão da energia elétrica da fonte até a carga. A maioria destes cabos exigem certificações, devido a aplicação e segurança requerida. Um dos entraves na obtenção destas certificações, é a rastreabilidade do produto quanto a sua manufatura, onde existem documentos normatizando as etapas do processo, que acabam sendo negligenciadas, por aqueles que tem a responsabilidade de informar o que, quando e como cada etapa foi realizada. Nesse sentido, este estudo tem por objetivo demonstrar a criação de um processo de rastreabilidade, utilizando sistemas da indústria 4.0 para auxílio em tarefas de manufatura de cabos elétricos, exibindo informações sobre o produto e a sequência de passos que deve ser seguida para que rastreabilidade seja obtida de forma assertiva, promovendo assim evidências para o atendimento do requisito na certificação do produto e do sistema de gestão da qualidade empregado. Para a coleta de dados é utilizado um sistema informatizado e dispositivos móveis, etiquetas com *QR Codes*, que juntos compreendem desde a concepção inicial da manufatura dos cabos elétricos, passando por todas as etapas de fabricação, com controles da produção (*MES*), até os ensaios de liberação do produto aprovado, quando podemos obter todas informações de rastreabilidade.

Palavras-chave

Indústria 4.0, Manufatura Enxuta, Rastreabilidade, Camada *MES*, *QR Codes*, Cabos elétricos.

Application of enabling technologies from Industry 4.0 to assist industrial traceability in Electrical Cable Manufacturing

Abstract

Electrical cables are necessary to ensure the transmission of electrical energy from the source to the load. Most of these cables require certifications, due to the application and required security. One of the obstacles in obtaining these certifications is the traceability of the product as to its manufacture, where there are documents regulating the stages of the process, which end up being neglected, by those who have the responsibility to inform what, when and how each stage was performed. In this sense, this study aims to demonstrate the creation of a traceability process, using industry 4.0 systems to assist in electrical cable manufacturing tasks, displaying information about the product and the sequence of steps that must be followed for traceability to be obtained in an assertive manner, thus promoting evidence to meet the requirement in product certification and the quality management system employed. For data collection, a computerized system and mobile devices, tags with QR Codes are used, which together comprise from the initial conception of the manufacture of electrical cables, going through all the stages of manufacture, with production controls (*MES*), up to the release tests of the approved product, when we can obtain all traceability information.

Keywords

Industry 4.0, lean manufacturing, Traceability, MES layer, QR Code, Electrical cables.

Pós-graduação em Engenharia Industrial – Universidade de Caxias do Sul (UCS)

E-mails: jmauri@ucs.br; crmanica@ucs.br

Data de envio: 16.12.2020

Data de aceite: 14.01.2021

<http://dx.doi.org/10.18226/23185279.v9iss1p01>

I. INTRODUÇÃO

Na indústria, com a adoção da necessidade das empresas buscarem a certificação de seus produtos e sistemas de gestão, a rastreabilidade virou um dos requisitos normativos [1] e como consequência para o seu atendimento surgiu a necessidade de saber a origem e localização de um produto na cadeia logística. Para que haja rastreabilidade a indústria precisa ter uma robusta capacidade de restauração do histórico de dados e localização de um produto através da impressão de números de identificação [2]. Com as tecnologias desenvolvidas em busca da Indústria 4.0, esta tarefa tornou-se mais viável devido a integração entre sistemas de manufatura, tecnologia de informação e hardwares comunicativos. A utilização destas tecnologias tem por objetivo facilitar a obtenção de resultados de rastreabilidade de forma mais inteligente e autônoma, mais velocidade e menos papel impresso [3].

Dentre as principais tecnologias associadas à Indústria 4.0, pode-se destacar a aplicação de tecnologia lógica através do uso de dispositivos móveis (*Smartphones*) e a utilização de tecnologia física através do uso de etiquetas com *QR Codes* [16] impressas.[4] Estas tecnologias permitem a rastreabilidade total em diversas fases dos processos de manufatura: para saber se o usuário estava treinado na fase, se o equipamento estava com as manutenções em dia, qual a revisão do projeto, qual a matéria-prima empregada, qual foi o fornecedor desta matéria-prima, qual foi o resultado da verificação desta matéria-prima, qual foi o resultado da verificação do produto manufaturado, quando foi manufaturado, quando foi expedido e qual foi a transportadora que levou o produto até o cliente [5].

A principal utilização de um sistema integrado de informações lógicas e hardwares de comunicação voltados para o gerenciamento da rastreabilidade industrial é garantir que haja a confiabilidade da informação [6], pois quando existe a necessidade de se seguir passos sequenciais, onde são utilizados registros impressos, sabe-se que estes, por vezes, acabam sendo evitados ou negligenciados pelos usuários. O potencial de utilização desta tecnologia na indústria é estudado e geralmente possui ampla aceitação e aprovação dos profissionais envolvidos no processo, além de reduzir o tempo de execução das tarefas [7], que por consequência gera dados, para a coleta de informações *MES* [13].

II. REFERENCIAL TEÓRICO

A. Indústria 4.0

A quarta revolução industrial avança dia a dia. No século XVIII a primeira revolução industrial trouxe grandes mudanças nas indústrias, utilizando o vapor como fonte de energia. A segunda revolução industrial, utilizou energia elétrica e a linha de montagem para produção em massa. Integração de informações, tecnologia e computadores na manufatura industrial, foram vistos na terceira revolução industrial [8]. A quarta revolução industrial leva, ao próximo nível de fabricação, onde as máquinas se redefinirão na forma como se comunicam e desempenham funções individuais. Com novos conceitos industriais surgindo no mundo, a Indústria 4.0 é uma tendência global.

Esta tendência mundial, é uma nova revolução industrial devido a integração dos sistemas de manufatura com tecnologias de informação e comunicação. Estas alterações nos modelos de manufatura, causam impactos nos modelos de negócios, pois, estas companhias adotam conceitos de Internet das coisas (*IoT*) e digitalização das fábricas, oferecendo soluções em tempo real aos seus clientes [9].

Na indústria 4.0 houve a transformação de ambientes mecatrônicos para ambientes digitais devido a utilização de sistemas *cyber físicos* [10].

Os sistemas *cyber físicos* tem integração entre os processos físicos que ocorrem em uma fábrica e a tecnologia de informação e comunicação presentes na Indústria 4.0, e permitem um acompanhamento e análise de toda a indústria de forma virtual, sendo uma das principais tecnologias presentes na Indústria 4.0 [11]. São nove as tecnologias que transformam a produção industrial na Indústria 4.0 [12]:

- Robótica autônoma;
- Simulação;
- Sistemas de Integração horizontal e vertical;
- Internet das Coisas Industrial (*IIoT*);
- Cyber segurança;
- Computação em nuvem;
- Manufatura aditiva;
- Big data e data analytics;
- Realidade aumentada.

O desenvolvimento dessas tecnologias está facilitando o gerenciamento da rastreabilidade Industrial, com informações mais confiáveis [12].

B. Rastreabilidade

A quarta revolução industrial (ou Indústria 4.0) está mudando a paisagem da fabricação em escala global. Flexibilidade e descentralização da produção, eficiência de recursos, e o surgimento de novos sistemas de informação têm o Potencial para reverter a prática industrial de forma abrangente [8]. Sistemas de execução de manufatura (*MES*) é um tipo de sistema de informação da planta que lida com as operações da indústria, supervisão e controle de processo [7]. Para aproveitar as vantagens dos modelos e tecnologias da Indústria 4.0, o *MES* moderno é baseado em nuvem e trabalha com a rastreabilidade do produto na fabricação distribuída. Por exemplo, “Onde os fluxos de trabalho de várias fábricas são coordenados centralmente para fornecer aos gerentes um rastreamento em tempo real, visibilidade e controle nestas fábricas [6]”. Assim, integra diferentes informações de fornecedores na cadeia de abastecimento, rastreando pedidos, dados, informações e materiais completos sobre o produto em tempo real [13]. Segundo Dyer (1966), quando citado et al (1970, p. 280) o conceito Rastreabilidade representa a capacidade de traçar o caminho da história, aplicação, uso e localização de uma mercadoria individual ou de um conjunto de características de mercadorias, através da impressão de números de identificação. Ou seja, a habilidade de se poder saber através de um código numérico qual a identidade de uma mercadoria e as suas origens.

A rastreabilidade do produto é definida pela ISO 8402 como "a capacidade de rastrear a história, o uso ou localização de um artigo ou atividade, ou artigos ou atividades semelhantes, por meio de identificação registrada"[14]. Preocupações atuais dos gerentes industriais incluem a prevenção de erros na cadeia de abastecimento (por exemplo, seleção de produto incorreta, ou identificação incorreta dos requisitos dos clientes); gerenciamento de riscos de uso do produto (por exemplo; identificação de componentes, origens de materiais, obtenção de eficiência nas fiscalizações; e melhor controle de qualidade, estoque, fabricação e logística) [6].

A importância da rastreabilidade também está presente no popular padrão de gestão da qualidade ISO 9001:2015 [15], que destaca este requisito nas Seções 8.5.2 (identificação e rastreabilidade) e 8.6 (pessoas e responsabilidades). Além disso, é importante, a necessidade de considerar os objetivos de partes interessadas que são internas e externas à empresa e fases distintas do produto no ciclo da vida, ou seja, desenvolvimento, produção, uso e descarte de produtos.

Existem várias tecnologias disponíveis para implementar rastreabilidade na indústria. Exemplos de tecnologias de identificação populares incluem código de barras, *Quick Código de resposta (QR)* e identificação por radiofrequência (*RFID*). O principal objetivo é identificar um produto específico ou grupo de produtos (por exemplo, lote de produção), mas muitas outras tecnologias podem ser usadas individualmente ou mesmo combinadas para rastreabilidade. Códigos de barras lineares, ou seja, o Código de Produto Universal (*UPC*) e Europeu Variantes de número de artigo (*EAN*), estão entre as tecnologias de identificação mais utilizadas [17]. Os *QR Codes* são códigos bidimensionais que fornecem leitura em alta velocidade [16]. Esta imagem gráfica armazena informações vertical e horizontalmente, proporcionando assim uma maior densidade de dados em comparação com códigos de barras lineares. Um dos usos possíveis dos códigos QR: servem para proteger os consumidores e varejistas de produtos falsificados e eles podem conter Localizadores Uniformes de Recursos (*URLs*), textos e geocoordenadas, entre outras possibilidades. Exemplos de uso de código QR incluem campanhas publicitárias, links para sites da empresa e páginas de inscrição de concursos.

A lista de tecnologias de rastreabilidade é vasta e inclui muitas outras opções, alguns deles associados ao tópico emergente da Indústria 4.0, uma prioridade para Europa e para todo o globo [10]. Soluções sem fio, tecnologias de comunicação como 4G / 5G, dispositivos móveis, incluindo *smartphones / PDAs / tabletes, Near Field Communications (NFC)*, *GPS* interno / externo e plataformas em nuvem estão disponíveis para enfrentar os desafios da rastreabilidade nas cadeias de abastecimento modernas [18]. Na verdade, os princípios de design da Indústria 4.0 de interconexão, decisões descentralizadas, e a transparência da informação [19] requerem a identificação em tempo real dos produtos e suas etapas de produção. A prioridade de reduzir tamanhos de lote, individualizar a produção [20], e garantir dados de rastreamento individualizados, exigem uma combinação de tecnologias [6].

C. Camada MES

A computação em nuvem representa uma combinação de vários tipos de TI (tecnologias de informação): virtualização de hardware, computação distribuída, tecnologia da internet, arquitetura orientada a serviços, serviços da *Web*, gerenciamento de sistemas e software de código aberto [22].

As soluções baseadas em nuvem podem ser descritas como aplicativos baseados na web que são armazenados em servidores remotos e acessados via internet por padrão de navegadores da web [23].

Soluções baseadas em nuvem executadas em um *SaaS (Software as a Service – software como serviço)* camada na arquitetura da nuvem. Eles são orientados pela demanda e cobrado por tempo medido, instâncias de uso ou período definido [23]. O conjunto de funcionalidades fornecidas por soluções baseadas em nuvem é mais rico do que as contrapartes internas [24], e é mais rápido, mais simples e mais barato de usar. Ao adotar uma solução baseada em nuvem, a falta de solução *ERP* atual pode ser coberta. O principal benefício para as empresas na escolha de uma solução de sistema baseado em nuvem, é que, quase nenhum investimento local em recursos de TI é necessário [23, 25]. As empresas podem utilizar a flexibilidade dos recursos da nuvem dinamicamente para atender à demanda de pico sem investir em recursos [25]. Além disso, uma solução em nuvem pode lidar com os pontos fracos do seu sistema atual em relação à redundância e alto custo de atualização, porque a nuvem é uma virtualização de recursos que mantém e gerencia a si mesmo [26].

No entanto, a maioria dos desafios e riscos são basicamente preocupações de segurança, devido à migração de um modelo de negócios para outro. Além disso, as empresas perdem a governança sobre seus dados e têm que aceitar a solução em nuvem: o provedor controlará um grande número de questões importantes e áreas de seu próprio processo de negócios [26]. Algumas questões relevantes são dependentes de fornecedor, desafios de conformidade e provedor de nuvem adquiridos. [21]. Hoje em dia, os principais fornecedores de aplicativos estão ativamente construídos em infraestruturas de aplicativos baseados em nuvem, explorando relacionamentos com provedores de hospedagem em nuvem e promovendo *SaaS* [21]. Xu [27] levantou o conceito de manufatura inteligente com nuvem na computação, que é a adoção da computação em nuvem no setor de manufatura. É interessante saber que com uma solução baseada em nuvem, as empresas de manufatura podem eliminar os recursos de TI e suporte e manutenção externos, mas enquanto isso, as empresas são capazes de desenvolver melhor integração e eficiência de processos [27]. Inteligência de negócios e recursos específicos do setor. Para empresas de manufatura, soluções *MES* baseadas em nuvem permitem a padronização de subprocessos de fabricação em várias fábricas em muitos países. Este conceito é atraente porque adquire ativos de manufatura em todo o mundo e alavancam as melhores práticas internamente em toda a organização [21]. No entanto, ainda existem muitos desafios relacionados em trazer o *MES* para a nuvem. *MES* tende a ser altamente industrial e específico do processo, o que significa altamente personalizado para um determinado processo em execução em fábricas específicas. Precisa ser capaz de

rapidamente mudar quando os processos ou requisitos mudam [6]. Contudo, a personalização ainda é uma limitação para soluções baseadas em nuvem. [21]

Neste artigo, o *MES* baseado em nuvem visa apoiar todo o ciclo de vida na produção de cabos elétricos, incluindo requisitos de fabricação, os requisitos que incluem o uso de sistemas de informação móvel, para apoiar os trabalhadores da empresa via *tablets* e *smartphones*.

O *MES* deste estudo armazena seus dados em nuvem e foi projetado para coletar informações em tempo real via dispositivos móveis, permitindo a equipe de produção, gerentes de produção e os parceiros externos compartilharem dados sobre o lote que é vinculado a número da ordem de produção com todas as características pertinentes ao produto bem como a leitura dos envolvidos em cada etapa do processo. Os dados de rastreabilidade são essenciais para o atendimento dos requisitos de certificação do produto [28] e são coletados para: (1) entrada automática de dados, (2) verificação de qualidade de dados e (3) geração de saída (por exemplo, rótulos de código *QR*) adaptados para cada parte interessada no processo. As entradas incluem dados obtidos por leitores de código de barras (por exemplo, material de fornecedores) e logística de produto na área da fábrica. Os dados diretamente inseridos por meio de *tablets* / *smartphones* em cada fase do processo (por exemplo, peças boas / ruins e retrabalho) podem mostrar discrepâncias ao gerente de produção. [6] Finalmente, o *MES* baseado em nuvem, também imprime o código de barras necessário e as etiquetas de código *QR* para usar nos diferentes estágios do ciclo de vida do produto, por exemplo, o código *QR* da embalagem final e a página da web gerada dinamicamente para as informações do produto (acessível via *QR* código para o cliente final). A plataforma *MES* pode fornecer uma análise de rastreabilidade para cada etapa do produto, material usado, ou parte do produto. Os componentes de rastreabilidade de códigos de barras e os códigos *QR* fornecem entradas para o *MES* baseado em nuvem (por exemplo, movimentação de estoque).

III. MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos preestabelecidos na certificação do produto [28] a metodologia de pesquisa foi dividida em duas etapas. Primeiramente, foi realizado um estudo experimental referente à cadeia produtiva de cabos elétricos, analisado a importância da rastreabilidade para a conformidade do produto de acordo com a norma NM 247-3 [29], mostrando sua importância no atendimento aos requisitos normativos aplicáveis, e que uma boa gestão da qualidade garante não só o atendimento aos requisitos de segurança, como também, a qualidade dos produtos, pois essa gestão auxilia na preservação da marca e na satisfação de seus clientes [15].

Na segunda etapa, a pesquisa teve como base a manufatura de Cabos Elétricos segundo a norma NM 247-3, como um estudo de caso sob um método qualitativo com observações do processo produtivo, sendo a rastreabilidade, bem como o sistema de gestão da qualidade, todo informatizado e armazenado em nuvem no sistema Primory [23, 24].

A. Conformidade do produto

O *SBC*—Sistema Brasileiro de Certificação é um instrumento para o desenvolvimento industrial, para o incremento das exportações e para a defesa do consumidor. A certificação de conformidade induz à busca contínua da melhoria da qualidade [28]. A empresa deve ter seus produtos engajados neste movimento. A certificação dos cabos elétricos é orientada para assegurar a segurança, a qualidade dos produtos, processos e serviços, beneficiando-se com a melhoria da produtividade e aumento da competitividade. A certificação é um indicador para os consumidores de que o produto NM 247-3, o processo, ou serviço, deve atender aos padrões mínimos de qualidade [15].

Dentro destes padrões mínimos de qualidade há os requisitos que a empresa deve seguir para garantir a certificação de conformidade, um destes requisitos é a rastreabilidade do seu produto quanto à estrutura do produto, o emprego da matéria-prima, componentes e serviços agregados [6, 14, 15, 29].

A busca por empresas que oferecem produtos certificados e que apresenta em seu histórico uma boa reputação da marca e do produto, tem se sobressaído em relação às buscas realizadas por apenas preço, isto vem ocorrendo em virtude das exigências legais de segurança, leis mais rígidas de proteção ao consumidor e pela procura de bens duráveis [31]. Essa percepção certamente afeta a reputação e afeta o resultado quando de uma auditoria de certificação da qualidade [15]. Então, a rastreabilidade do produto define sua importância; quanto mais informações, mais fácil de identificar a causa do problema e assim conter um possível problema de larga escala [6].

Além do objetivo de informações para auditorias, a rastreabilidade tem como papel fundamental responder com agilidade quando ocorre um problema, e também é benéfica na hora que for necessário fazer uso desta, para casos de *recall* [30], pois o problema encontrado pode ser de responsabilidade dos fornecedores de matéria-prima, da empresa de logística ou até mesmo do distribuidor. Uma vez com a informação em mãos, as possíveis causas do problema são identificadas, medidas são tomadas para evitar a reincidência, e a reputação da empresa terá impactos menores.

Para a empresa em questão, um veículo ou uma construção seja ela residencial ou comercial dependem de produtos certificados para garantir não só o produto final, mas também a minimização de problemas durante os estágios produtivos, ou seja, cada etapa é extremamente significativa para com o resultado final [28]. Considerando que para estes setores a utilização de cabos elétricos, seja um dos itens a serem empregados, certamente para ambos a qualidade e a vida útil deste produto dependem das boas práticas de manufatura e da qualidade da matéria prima empregada [28].

Semestralmente, o sistema de gestão da Qualidade e os produtos fabricados são auditados com o intuito de demonstrar conformidade no atendimento aos requisitos aplicáveis por um órgão certificador. Destes requisitos, no que tange a rastreabilidade, são abordados os aspectos relativos à cadeia de suprimentos, manufatura e ao atendimento dos requisitos de seus clientes [28].

A cadeia de suprimentos é composta pelas partes que participam no processo de manufatura dos cabos elétricos e sua complexidade e dimensão dependem da estrutura do produto e serviços agregados. A cadeia é composta por fornecedores primários, secundários e de serviços de apoio. As partes primárias são as responsáveis pelo fornecimento de materiais que irão compor o produto final (matéria prima, componentes e embalagem). As partes secundárias são responsáveis por fornecer recursos materiais que irão compor o processo de manufatura (máquinas, ferramentas, dispositivos e itens de segurança) e as partes de apoios irão fornecer recursos para compor as atividades operacionais administrativas (Segurança do Trabalho, Contabilidade, Consultorias, Assessoria, Transporte). Em relação à rastreabilidade dos Cabos Elétricos, a forma como a cadeia de suprimentos atua na manufatura dos produtos é de extrema importância no atendimento dos programas de garantia de qualidade e conformidade do produto [1].

B. Manufatura de Cabos Elétricos

Com o objetivo de informatizar o processo de certificação foi criado um grupo de gestores, composto pela Direção, lideranças e consultoria. Este grupo mapeou três processos chaves, sendo recebimento, produção, e lideranças, conforme a seguir:

a) Recebimento

A seleção dos fornecedores que irão compor o processo de manufatura no produto NBR NM 247-3 na empresa é feita com base em estudos de capacidade, qualidade e preço. Para o recebimento a empresa utiliza softwares. O software em questão é o Sistema Primory que permite o cadastro dos fornecedores, cadastros dos requisitos para o fornecimento, cadastro dos requisitos de verificação do produto ou serviço adquirido, recebimento, geração de relatórios de inconformidade e a etiqueta de identificação do lote que é fixada no produto após inspeção de recebimento. fig.2.

Uma das informações impressas na etiqueta do recebimento é o *QR Codes*, *Quick Response Codes* – Código de Resposta Rápida (VANZ, 2012), que pode ser observado na fig. 1 é uma imagem bitmap, ou seja, possui informações de texto ou um endereço *URL* [16]. Esta etiqueta é gerada após o recebimento do produto adquirido pelo aplicativo Recebimento do Sistema Primory no celular, ver fig. 2. A informação impressa na etiqueta, é o número da partida ou corrida que é composta da seguinte forma LAAAAMMDDXX-Y, onde L diferencia uma etiqueta de produto adquirido, do fabricado, AAAA MM DD é a data do recebimento, XX é o número do recebimento e Y representa o número da embalagem (Bobina, bag, pallet). E que serão lidas durante as etapas de processo por um outro aplicativo de celular na produção para geração das informações *MES* [3].



Fig. 1: Etiquetas *QR Codes* para matéria prima.

Através desta etiqueta é possível obter via Sistema Primory as seguintes informações:

Data do recebimento, número do lote, fornecedor, número da nota fiscal, número da ordem de compra. Ver o laudo de recebimento, ver o resultado da inspeção do produto, a quantidade recebida, históricos de recebimento, inspetor, método do recebimento entre outras informações relevantes para a manutenção do sistema de gestão da qualidade.

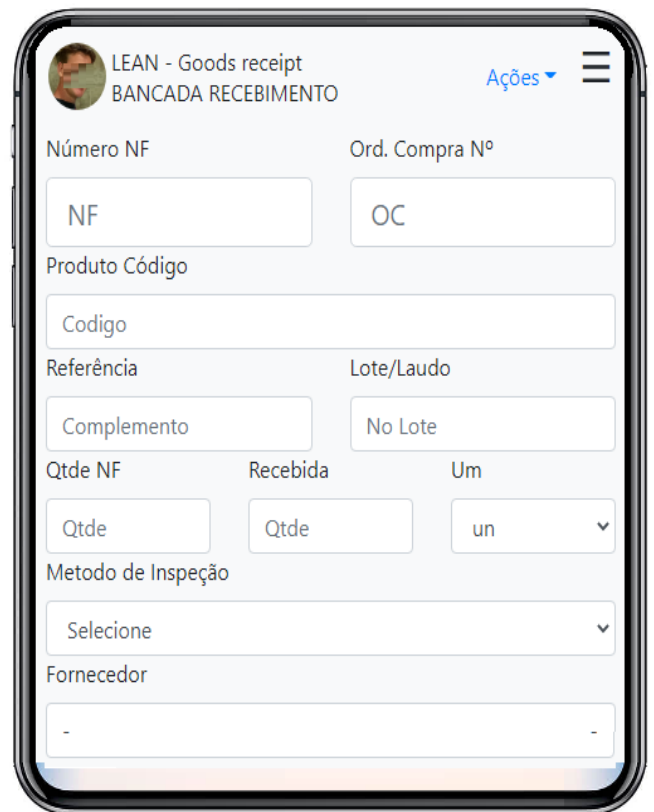


Fig. 2: Tela do sistema *MES* para recebimento.

b) *Produção*

Na produção, cada operador tem um dispositivo móvel com o aplicativo *MES* instalado. A conexão do *MES* com a nuvem, acontece, quando o operador faz a leitura via dispositivo móvel do seu *QR Codes* de identificação, pressionando o botão (*USER*) do *APP* [21]. Este *QR Codes* traz o número da unidade de negócios, o número da matrícula, e uma chave *login* que é validada pelo *APP* [16]. Conforme fig. 3.

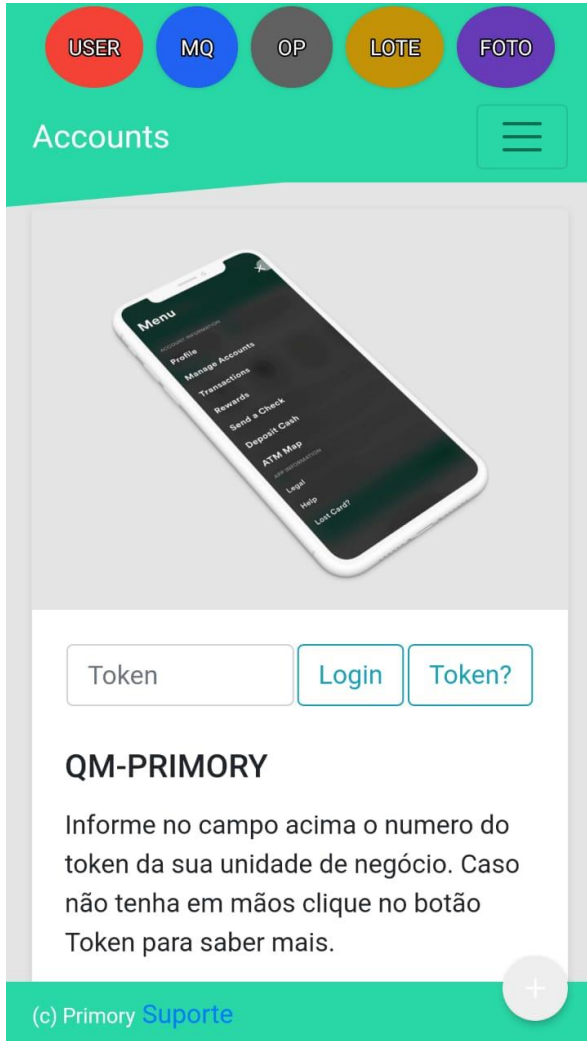


Fig. 3: Tela inicial do *MES* para leituras dos *QR Codes*.

A segunda etapa é a leitura do *QR Codes* do posto de trabalho ou equipamento que é obtida pressionando-se o botão (MQ).

A terceira etapa é leitura do *QR Codes* da ordem de produção obtida através do botão (OP) do aplicativo *MES*. A quarta leitura, é a leitura dos lotes das matérias primas empregadas no processo, neste caso leitura do lote do pigmento, leitura do lote PVC e leitura da ordem de produção da bobina da corda de cobre. O resultado deste cadastro é exibido na tela do dispositivo móvel do operador conforme fig. 4 [6].

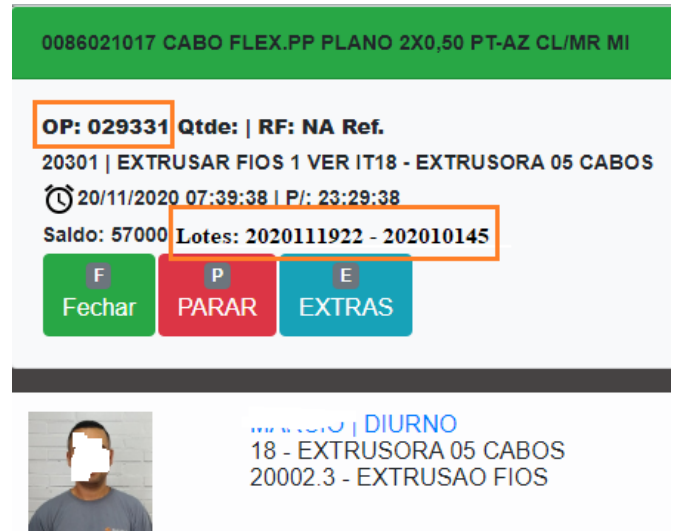


Fig. 4: Tela com os dados de leitura no *MES*.

Somente após estas leituras os dados são armazenados na nuvem para fins de rastreabilidade [21,27]. O monitoramento destes processos é realizado pelo PCP através de painéis digitais que mostram o andamento da produção (em tempo real), observando-se tempos padrões contra os tempos realizados e tempos de *setup*, manutenções ou possíveis anomalias durante a produção do lote, conforme fig. 5 [1].

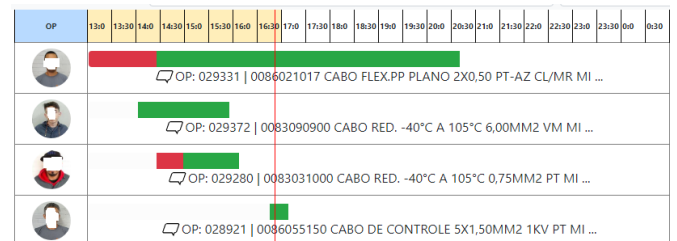


Fig. 5: Painel mostrando tempos de fabricação e *setup*.

c) *Lideranças*

As lideranças acompanham em seus dispositivos móveis o desempenho global dos processos, *OEE* conforme fig. 6 [12].

16:52:17	DISPONI BILIDADE	EFICI ÊNCIA	QUALI DADE	OEE
18 - EXTRUSORA 05 CABOS	46	0	100	46
15 - EXTRUSORA 02 CABOS	51	33	100	17
13 - EXTRUSORA 01 CABOS	73	114	99	82
17 - EXTRUSORA 04 CABOS 00 - SETUP	40	69	37	10

Fig. 6: Painel *OEE* em tempo real.

Ao término dos apontamentos os sistemas *ERP* e *MES*, são integrados, para fins de contabilizar os estoques [7].

IV. RESULTADOS

O sistema MES em Nuvem é capaz de gerar as seguintes informações que possibilitam garantias da rastreabilidade e atendimento dos requisitos aplicáveis a certificação [3,14,15].

Segue:

- Com base na leitura do *QR Codes* de identificação do funcionário foi possível verificar em tempo real se o operador tinha as qualificações necessárias requeridas quanto ao cargo para executar as tarefas.
- Com base na leitura do *QR Codes* do equipamento foi possível verificar se o mesmo estava com as manutenções preventivas em dia[7].
- Com base na leitura do *QR Codes* da ordem de produção foi possível em tempo real verificar os requisitos de fabricação do produto, quanto, como fazer, o que fazer, qual o tempo, quais as ferramentas e os critérios de inspeção[7].
- Com a leitura do *QR Codes* de cada lote foi possível armazenar dados da matéria prima (Fornecedor, Nota Fiscal, Resultado do Recebimento, entre outros), dados das ordens de produção anteriores (lições aprendidas) e controle de estoque [30].

A fig. 7 exhibe a rastreabilidade dos dias trabalhados de um determinado equipamento e número de horas para cálculo das manutenções preventivas [7]. É possível observar o gráfico e termos de fato as horas produtivas do equipamento, e estudar possíveis ações para minimizar o tempo de stop.

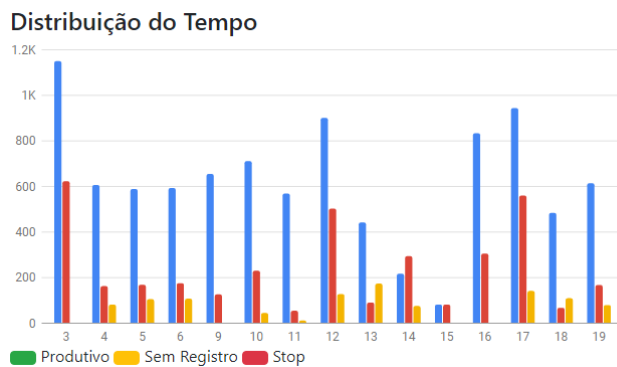


Fig. 7: Gráfico de distribuição do tempo.

Na fig.8 é possível rastrear uma Ordem de produção quanto ao seu histórico para fins de rastreabilidade, seja para a certificação do produto ou para fins de *recall*, em um determinado processo e em seu diário de bordo [7], onde observa-se o motivo da parada do equipamento em um certo período, quando temos, por exemplo, tempos de *setup*, gerenciados no início de lote ou ordem de produção.

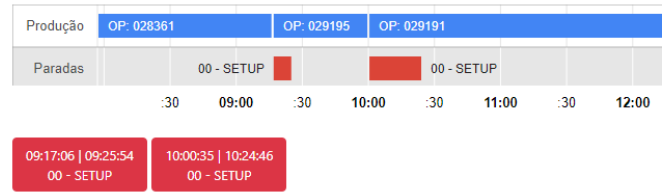


Fig. 8: Gráfico dos tempos de parada

Na fig. 9 é verificado quanto aos tipos de paradas de processo e o tempo decorrido em cada parada, para posterior correção e controle de possíveis não conformidades decorrentes do início de produção [7], ou seja, análise e aplicação de ações nos itens mais representativos.

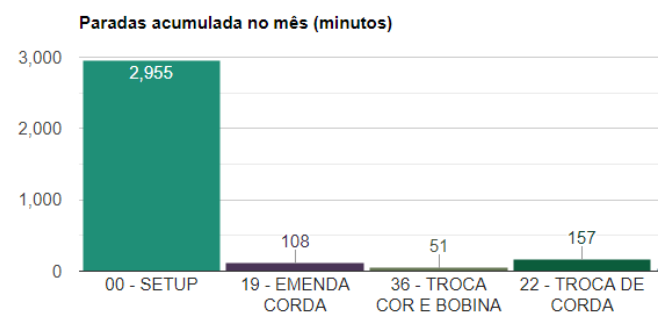


Fig. 9: Gráfico do tempo acumulado em cada tipo de parada.

Na fig.10 é exibido os controles de matéria-prima sucateadas [7]. Ou seja, o desperdício de matéria-prima em cada processo divididos por motivo principal, sendo um registro importante para observar os maiores desperdícios no processo.

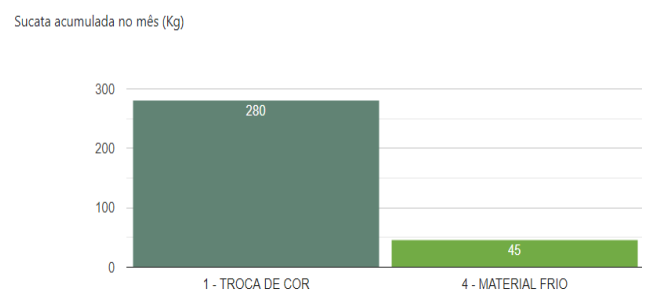


Fig. 10: Gráfico de sucata de PVC acumulada no mês.

Na fig.11 é exibido o resultado da auditoria que demonstra que todos itens estão de acordo com a norma NM 247-3, a conformidade do produto foi atendida, quando é auditado no processo o item rastreabilidade semestralmente, sendo que o processo de certificação de produto se reinicia a cada 2 anos [28].

CERTIFICADO DE CONFORMIDADE
CERTIFICATE OF CONFORMITY

Solicitante
Applicant: **Belcabos Indústria de Condutores Elétricos Ltda**
Belcabos
CNPJ: 08.891.190/0001-96
Rua Antônio Aver, 132 - Ana Rech - 95060-070 - Caxias do Sul - RS - Brasil

Fabricante
Manufacture: **Belcabos Indústria de Condutores Elétricos Ltda**
Belcabos
CNPJ: 08.891.190/0001-96
Rua Antônio Aver, 132 - Ana Rech - 95060-070 - Caxias do Sul - RS - Brasil

Família
Family: **Cabo flexível (Condutor isolado (sem cobertura), com condutor flexível, para aplicação geral 450/750V). Designação 247 NM 02 C4 - BWF-B, para classe 4, ou 247 NM 02 C5 - BWF-B, para classe 5, conforme item 4.1.c do Anexo VII da Portaria Inmetro Nº 840/2012**

Produto
Product: **Marca: Cabo flexível 750 V - Belcabos.
Cabo flexível - 450/750V - cobre/PVC-A- BWF-B - classe 5 - 247 NM 02 C5, seções: 1X0,5mm² a 1X70mm²**

Marca
Commercial Brand: **Belcabos**

Normas
Standards: **ABNT NBR NM 247-3:2002**

Regulamento
Regulation: **Cabos Isolados Com Policloreto de Vinila (PVC) Para Tensões Nominais Até 450/750 V - Cabos Flexíveis
Portaria n.º 659, de 05 de novembro de 2012
Portaria n.º 640, de 30 de novembro de 2012
Modelo 5 - Ensaio de Tipo/Rotina e Sistema Gestão Qualidade**

Informações
Additional Information: **Identificação do(s) Laboratório(s) e Relatório(s) de Ensaio
Laboratório Utilizado: ITEN - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ENSAIOS LTDA.
Relatório(s): n.º REP 1810212-1/004 - 26/11/18
Descrição dos componentes críticos: Fio de cobre nu, Composto de PVC/A**

Data da Auditoria
Audit Date: **26/10/2018**

Nº Certificado
Certificate #: **I-577**

Emissão Inicial
First Concession: **03/01/2019**

Validade
Validity: **03/01/2019 - 02/01/2021**

Este certificado está vinculado a um contrato e para o endereço acima citado
This certificate is related to a contract and to the above mentioned address

A validade deste certificado está atrelada à realização das avaliações de manutenção e tratamento de possíveis não conformidades de acordo com as orientações do OAC e previstas no RAC específico.
The validity of this certificate is tied to carrying out assessments of maintenance and treatment of potential nonconformities in accordance with the guidelines of the OAC and in the specific RAC.

Barueri - SP, 03/01/2019

TUV NORD
BR TÜV

Certificado de Produto

BRTUV Avaliação de Qualidade S.A.
CNPJ 00.274.662/0001-23
Al. Madeira, 222 - 3º andar
06454-010 - Barueri - SP - Brasil
www.brtuv.com.br

Certificado de Conformidade válido somente acompanhado da página de 01 a 03
Certificate valid accompanied only from page 01 to 03
Pg.: 01 de 03 - Rev.: 00

Fig. 11: Exemplo de certificado de produto.

V. CONCLUSÃO

O artigo apresenta o ciclo que leva a certificação de cabos elétricos utilizando tecnologias da indústria 4.0, como uma ferramenta para a obtenção da rastreabilidade exigida nas normas afins e que traz na sua bagagem outros elementos que criam diferenciais frente aquelas empresas não certificadas ou que não fazem uso destas tecnologias [28]. Durante a implantação da tecnologia na empresa foi feita com a direção e lideranças as avaliações sobre a implantação dos aplicativos Primory para a indústria 4.0 e mapeamento dos centros de trabalhos onde a tecnologia seria aplicada, no todo foram envolvidos diretores, gerentes, lideranças e pessoal de apoio externo (ERP, certificadora).

O método utilizado para a coleta de dados necessários para garantir o atendimento do requisito ligado a rastreabilidade foi baseado nos processos de manufatura onde se utiliza a ordem de produção como ligação central para a rastreabilidade do produto [6]. Os métodos durante as auditorias de certificação

do produto se mostraram simples, eficazes e atenderam ao proposto, sem restrições, foi possível demonstrar evidências para o auditor, quem executou a ordem de produção, quando, quais materiais foram empregados, em qual equipamento, como foi verificado o destino ao cliente [15].

Toda a implantação da tecnologia Primory nos processos de manufatura seguiram rigorosamente os requisitos aplicáveis de certificação e também as exigências de controles de manufatura aplicáveis para a gestão de fábrica como MES OEE, manutenção preventiva e corretiva, Identificação do produto com uso do *QR Codes*, diário de bordo eletrônico, indicadores de monitoramento e análise gerencial com tomada de ações integradas ao sistema de ERP [12].

A sistemática implementada para apontamento da produção, funcionou de forma adequada e já no primeiro apontamento foi possível observar no painel da fábrica os resultados de OEE, paradas de máquinas e andamento da ordem de produção. Foram feitos alguns ajustes na impressão da etiqueta de *QR Codes* e espalhados roteadores *Wifi* para melhorar a velocidade de armazenamento de dados pelos smartphones na nuvem, não houve problemas com a rede quanto ao número de acessos a plataforma, visto que o aplicativo é muito leve, porém, quando a internet fica indisponível, o sistema de rastreabilidade fica prejudicado. Para isso foi criado para estes fins planos de contingência como fichas de apontamento manual que posteriormente são imputados os dados para não prejudicar a falta de evidências nas auditorias [3].

Nas reuniões mensais com a direção e lideranças é abordado sobre a performance do sistema, possíveis insatisfações por parte dos usuários e feita análise das métricas oferecidas pelo aplicativo. Posteriormente as necessidades são levadas a empresa que presta suporte ao sistema, e as devidas correções são feitas sem a interrupção do sistema por consequência de a plataforma estar armazenada em nuvem [21].

Pode-se concluir que a implantação de sistemas voltados para a indústria 4.0 é viável, diminui os riscos de não conformidades, possui boa aceitação por parte dos envolvidos. Porém, demanda investimentos em *smartphone* para cada usuário, boa infraestrutura de internet, mão de obra qualificada e consultoria [8].

Para pesquisas futuras sugere-se um aumento no escopo da plataforma, visto que a mesma oferece recursos para a gestão da qualidade, gestão de recursos humanos, gestão comercial gestão de suprimentos e assistência técnica, a fim de promover a eficácia do aplicativo não só na certificação do produto, como também certificação de gestão de negócios [7].

VI. BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Granillo-Macias, I. Simón-Marmolejo, I. González-Hernández and J. Zuno-Silva, “traceability in industry 4.0: a case study in the metal mechanical sector,” *Acta logistica*, vol. 7, no. 2, pp. 95-101, 2020.
- [2] E. M. A. Maldonado - Siman, C. S. Godinez - Gonzalez, J. A. Cadena - Menezes, A. G. U. S. T. I. N. Ruiz - Flores and G. I. L. B. E. R. T. O Aranda - Osorio, “Traceability in the Mexican dairy processing industry,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 37, no. 5, pp. 399-404, 2013.
- [3] A. Bougdira, I. Akharraz and A. Ahaitouf, “A traceability proposal for industry 4.0,” *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, pp. 1-15, 2019.
- [4] W. Wang, N. Niu, M. Alazani and L. Da Xu, “In-place traceability for automated production systems: A survey of PLC and SysML tools,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 15, no. 6, pp. 3155-3162, 2018.
- [5] Q. Dai, R. Zhong, G. Huang, Q. Qu, T. Zhang and T. Y. Luo, “Radio frequency identification-enabled real-time manufacturing execution system: a case study in an automotive part manufacturer,” *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 25, no. 1, pp. 95-101, 2020.
- [6] J. Barata, P. R. da Cunha, A.S. Gonnagar and M. Mendes, “Product traceability in ceramic industry 4.0: a design approach and cloud-based MES prototype,” *In Advances in Information Systems Development*. Springer, pp. 187-204, 2018.
- [7] J. Cottyn, H. Van Landeghem, K. Stockman and S. Derammelaere. “A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives,” *International Journal of Production Research*, vol. 49, no. 14, pp. 4397-4413, 2011.
- [8] K. P. Muhuri, K. A. Shukla and A. Abraham, “Industry 4.0: A bibliometric analysis and detailed overview,” *Engineering applications of artificial intelligence*, vol. 06, no. 4, pp. 239-242, 2014.
- [9] H. Lasi, P. Fetteke, G. H. Kemper, T. Feld and M. Hoffmann, “Industry 4.0,” *Business & information systems engineering*, vol. 25, no. 1, pp. 95-101, 2020.
- [10] E. Oztemel and S. Gursev, “Literature review of Industry 4.0 and related technologies,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 31, no. 1, pp. 127-182, 2020.
- [11] S. L. Dalenogare, B. G. Benitez, F. N. Ayala and G. A. Frank, “The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance,” *International Journal of Production economics*, vol. 204, pp. 383-394, 2018.
- [12] M. Rüßmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel and M. Harnisch, “Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries”. *Boston Consulting Group*, vol. 9, no. 1, pp. 54-89, 2015.
- [13] P. Helo, M. Suorsa, Y. Hao and P. Anussornnitisarn, “toward a cloud-based manufacturing execution system for distributed manufacturing,” *Computers in Industry*, vol. 65, no. 4, pp. 646-656, 2014.
- [14] ISO: ISO 8402:1994 Quality management and quality assurance vocabulary. International Organization for Standardization, Geneva, 1994
- [15] ISO: ISO 9001:2015 Quality management system—Requirements. International Organization for Standardization, Geneva, 2015.
- [16] T. J. Soon, “QR Code,” *J. Synthesis*, pp. 59–78, 2008.
- [17] J. R. Lehmann, R. Reiche and G. Schiefer, “Future internet and the agri-food sector: State-of-the-art in literature and research,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 89, pp. 158-1174, 2012.
- [18] J. Barata, R. P. Da Cunha and J. Stal, “Mobile supply chain management in the Industry 4.0 era,” *Journal of Enterprise Information Management*, 2018.
- [19] M. Hermann, T. Pentek and B. Otto, “Design principles for industry 4.0 scenarios”. *In 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)*, pp. 3928-3937, 2016.
- [20] M. Brettel, N. Friederichsen, M. Keller and M. Rosenberg, “How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 Perspective,” *International journal of mechanical, industrial science and engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 37-44, 2014.
- [21] P. Helo, M. Suorsa, Y. Hao and P. Anussornnitisarn. “Toward a cloud-based manufacturing execution system for distributed manufacturing,” *Computers in Industry*, vol. 65, no. 4, pp. 646-656, 2014.
- [22] P. B. Rimal, A. Jukan, D. Katsaros and Y. Goeleven. “Architectural requirements for cloud computing systems: an enterprise cloud approach,” *Journal of Grid Computing*, vol. 9, no. 1, pp. 3-26, 2011.
- [23] A. Lenart. “ERP in the Cloud—Benefits and Challenges,” *In Euro Symposium on systems analysis and design*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 39-50, 2011.
- [24] S. Marston, Z. Li, S. Bandyopadhyay, J. Zhang and A. Ghalsasi, “Cloud computing the business perspective,” *Decision support systems*, vol. 51, no. 1, pp. 176-189, 2011.
- [25] T. Wood, J. P. Shenoy, A. Gerber, E. J. van der Merwe and K. K. Ramakrishnan, “The Case for Enterprise-Ready Virtual Private Clouds,” *In Hot Cloud*, 2009.
- [26] K. Zhang, B. Z. Mama, P. Dong, B. Tang and H. Cai, “research on producer service innovation in home-textile industrial cluster based on cloud computing platform,” *In Proceedings of 2010 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics*, pp. 155-160, 2010.
- [27] X. Xu, “from cloud computing to cloud manufacturing”. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, vol. 28, no. 1, pp. 75-86, 2012.
- [28] B.T.R.Federal, Portaria Diges/Secgp n. 640, de 11 de dezembro de 2017.
- [29] NM 247-3 Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V, inclusive Parte 3 - Condutores isolados (sem cobertura) - Para instalações fixas (IEC 60227-3, MOD)
- [30] H. Dai, M. M. Tseng and P. H. Zipkin, “Design of traceability systems for product recall,” *International Journal of Production Research*, vol. 53, no. 2, pp. 511-531, 2015.
- [31] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, “Internet of things for smart cities,” *IEEE Internet of Things journal*, vol. 01, no. 1, pp. 22-32, 2014.