

AVALIAÇÃO DA ECOEFICIÊNCIA NA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE TRACEABILITY COM USO DE QR CODE EM UM PROCESSO DE MANUSEIO DE MATERIAIS: ESTUDO DE CASO

EVALUATION OF ECO-EFFICIENCY IN IMPLEMENTING A TRACEABILITY SYSTEM WITH THE USE OF QR CODE IN THE MATERIALS HANDLING PROCESS: A CASE STUDY

ALEKSANDER DA CONCEIÇÃO SILVA
UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

MARJORYE GABRIELLE PACÍFICO ROBERTO
UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

ANDRÉ EDSON DA SILVA
UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

JOSÉ MANUEL FERREIRA CORREIA
UNINOVE – UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO

Nota de esclarecimento:

Comunicamos que devido à pandemia do Coronavírus (COVID 19), o IX SINGEP e a 9ª Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge) foram realizados de forma remota, nos dias **20, 21 e 22 de outubro de 2021**.

AVALIAÇÃO DA ECOEFICIÊNCIA NA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMA DE TRACEABILITY COM USO DE QR CODE EM UM PROCESSO DE MANUSEIO DE MATERIAIS: ESTUDO DE CASO

Objetivo do estudo

Este artigo teve como objetivo geral, avaliar os benefícios econômicos e ambientais na implementação de um sistema de traceability com uso de QR code em um processo de abastecimento de materiais no setor automotivo.

Relevância/originalidade

O estudo expõe uma melhoria de um processo de abastecimento de materiais, por meio da aplicação de tecnologia de rastreamento de processo, assim demonstrando a eficácia e vantagens econômicas e ambientais no uso da tecnologia.

Metodologia/abordagem

Foi realizado uma abordagem empírica, por meio da aplicação do método de estudo de caso, em um processo produtivo de uma empresa do setor automotivo e entrevistas semiestruturadas com engenheiros e gestores. Paralelamente, foi realizado uma revisão da literatura.

Principais resultados

O uso das tecnologias, contribuiu para o ganho econômico e ambiental da empresa. Desta forma, corroborou com a redução no descarte de 464,8 KG/ano de materiais e com a redução de custo de R\$ 9.296,00 por ano.

Contribuições teóricas/metodológicas

Utilizou-se um estudo de caso e foi realizado uma revisão da literatura para identificar, quais são os estudos existente, referente ao uso de traceability com QR code e os tipos de inovação oriundos dessas tecnologias, além das lacunas de pesquisas futuras

Contribuições sociais/para a gestão

Este trabalho identificou a utilização de tecnologias da indústria 4.0 e, como são utilizadas as inovações geradas por essas tecnologias na indústria automotiva para a gestão do processo produtivo para obtenção de benefícios econômicos e ambientais.

Palavras-chave: Traceability, Quick Response Code, Indústria 4.0

*EVALUATION OF ECO-EFFICIENCY IN IMPLEMENTING A TRACEABILITY SYSTEM
WITH THE USE OF QR CODE IN THE MATERIALS HANDLING PROCESS: A CASE
STUDY*

Study purpose

This study aims to evaluate the economic and environmental benefits of the traceability system in combination with QR code in a supply process in the automotive sector.

Relevance / originality

The study exposes an improvement of the materials handling system, through the application of process tracking technology, thus demonstrating the effectiveness and economic and environmental advantages of using the technology.

Methodology / approach

An empirical approach was carried out, through a case study in a productive process in the automotive sector and semi-structured interviews with engineers and managers. Besides, it was realized a literature review. At the same time, bibliographic searches were used.

Main results

The implementation of traceability technologies together with QR code contributed to the company's economic and environmental gain. Thus, the implementation of the technology supported the scraps reduction of 464.8 KG/yr of materials, with a cost reduction of R\$ 9,296,00 /yr.

Theoretical / methodological contributions

A case study and a literature review was carried out to identify, which are the studies are in the literature that mentions the use of traceability with QR code and innovation originated from these technologies and gaps in the research futures.

Social / management contributions

This paper identified the use of industry 4.0 technologies and, how are used the innovations generated by these technologies in the automotive industry to the management of the production process to get economic and environmental benefits

Keywords: Traceability, Quick Response Code, Industry 4.0

1 Introdução

A indústria passou por três revoluções ao longo dos anos, de acordo com as suas necessidades de melhorias estruturais para a ampliação dos lucros e conquistas de novos territórios mais longínquos, sendo a primeira caracterizada pela introdução da máquina a vapor, a segunda revolução caracterizada pela produção e também, o crescimento da produtividade, e a terceira revolução trouxe a automação, por meio de processo automatizado e redução da interação humana no processo da fabricação (Schwab & Mackenzie, 2016).

As fábricas inteligentes na chamada quarta revolução industrial, trouxeram a revolução tecnológica implantada que oferece recursos tecnológicos, tal como, permitem a tomada de decisão pelas máquinas que corrobora para melhorar a tomada de decisão dos gestores, antecipando os resultados que auxilia com a melhora da percepção e a interação de determinadas atividades (Rüßmann, 2015).

Paralelamente, hoje a manufatura avançada é caracterizada por um ambiente saturado por informação computacional, altamente conectado à Internet e repleta de novas tecnologias, que desenham os contornos de uma nova revolução Industrial. Com isso, favorece o aumento da produtividade na linha de produção (Wang, Yang, Zhang & Xu, 2017). Para Fletcher, Johnson, Adlon, Larreina, Casla, Parigot e Alfaro (2019), existe a necessidade de aumentar o nível de tecnologia empregada nas empresas para que ocorra o aumento da produtividade, porque é fundamental para compreender e controlar o comportamento do sistema de produção.

Neste sentido, nos últimos anos, a tecnologia de *Quick Response Code (QR code)* tem sido usado por empresas como uma estratégia inovadora para ganhar competitividade, especialmente em indústria têxtil, tecnologia e automotiva (Zhu & Sarkis, 2007; Li, Lim & Wang, 2019). Como uma técnica comumente usada em operações de gestão indústrias, e além disso, está presente na manufatura em todo o mundo, a tecnologia de *QR code* possui uma importância de capacidade de resposta rápida na identificação e rastreamento de problemas que é fundamental para as empresas (Li, Lim & Wang, 2019).

Desta forma, os sistemas de produção mais produtivos e eficientes podem ser criados no uso de *QR code* para o uso em sistema de rastreamento. Nesta perspectiva, Yaqiong e Danping (2017), propuseram um sistema de planejamento de manufatura interligada em rede, por meio do uso de radiofrequência (*RFID*) e *QR code*, que corroborou com resposta mais rápida aos dados de produção. Além disso, em um outro estudo, Choi e Cai (2018), provaram analiticamente que um *lead time* foi encurtado com uso de *QR code* no controle da cadeia de suprimentos de vestuário.

A falta de rastreabilidade da cadeia de suprimentos para verificar a produção é um desafio para a indústria (Badzar, 2016). As empresas têm conhecimento limitado da proveniência dos componentes ou matérias-primas dos bens que fabricam ou vendem (Abeyratne & Monfared 2016), por isso procuram visibilidade na cadeia de abastecimento. Desta maneira, outros estudos estão voltando suas atenções para as áreas relacionadas a transparência, visibilidade e rastreabilidade na cadeia de suprimentos (Sodhi & Tang 2019). Além disso, empresas e fornecedores estão propondo o uso de diferentes tecnologias para rastreabilidade, com uso de tecnologias da indústria 4.0, no entanto, estão voltados para rastreamento e armazenamento para melhorar o *lead time* e informação para tomada de decisão.

Neste sentido, Agrawal, Kumar, Pal, Wang e Chen (2021), em um estudo recente, apresentaram uma estrutura de *traceability* para a cadeia de suprimentos, além disso, Beliatas, Jensen, Ellegaard e Aagaard (2021), investigaram, por meio de estudo de caso, as tecnologias de rastreabilidade digitais que avaliam as necessidades de uma empresa fabricante e em outro estudo, George, Harsh, Ray e Babu (2019), examinaram os principais métodos de

rastreabilidade de alimentos atualmente utilizados.

Contudo, a literatura apresenta estudos com uso de tecnologia de rastreabilidade do processo, com a finalidade de mapear e controlar a cadeia de abastecimento. Entretanto, não foi encontrado na literatura artigos que mencionem a avaliação econômica e ambiental no uso de um sistema rastreamento com uso de tecnologia de *traceability* e *QR code*.

Diante dessa lacuna, o objetivo deste estudo é avaliar os benefícios econômicos e ambientais da implementação de um sistema de *traceability* com uso de *QR code* em um processo de abastecimento no setor automobilístico.

Nesse sentido, buscamos entender o uso de um sistema de *traceability* que utiliza tecnologias da indústria 4.0 em um processo de abastecimento de materiais.

Para isso, foi realizado um estudo de caso em uma linha de produção de uma empresa do setor automotivo. A questão de pesquisa investigada é: O uso de tecnologias da indústria 4.0 gera benefícios econômicos e ambientais na aplicação de um sistema de rastreamento de *traceability* em um processo de produção?

O restante do artigo é organizado da seguinte maneira: na seção 2 será apresentada a revisão da literatura. Na seção 3 será introduzida a metodologia adotada para a pesquisa e a descrição dos métodos de coleta de dados e além disso, será apresentado o estudo de caso na seção 4, e por fim, na seção 5, as considerações finais da pesquisa, além de, propor sugestões de pesquisas futuras.

2 Referencial teórico

Uma fábrica inteligente recebe dados de fontes infinitas que são coletadas de fora ou dentro da empresa (Liu & Xu, 2016). Os sensores, scanners e tecnologias de resposta rápidas (*QR code*), possuem papel fundamental para integrar cada vez mais o sistema entre o físico e cibernéticos. Diferente de outras tecnologias, o *QR code* aprimora o mecanismo de recall por meio da rastreabilidade eficiente dos produtos, por meio do *traceability* (Ren, 2015). O sistema *QR code* é capaz de registrar informações de forma automática e ajudar o consumidor a obter informações completas, além de, garantir a segurança e auxiliar na rastreabilidade (Chen, R., Chen, C., Yeh & Chen, Y, 2008).

O nível de detalhe dos dados corrobora para que os processos sejam mais transparentes e precisos, com uso de sistemas de rastreabilidade ou em inglês *traceability*, que surgiu como um requisito primordial para uma produção que permite visibilidade e atende aos requisitos do consumidor de transparência e garantia de qualidade (Shrouf, Ordieres & Miragliotta, 2014).

O termo *Traceability*, conforme definido por *United Nations Global compact and Business for Social Responsibility* (2014), é “a capacidade de identificar e rastrear a história, distribuição, localização e aplicação de produtos, peças e materiais, para garantir a confiabilidade. Neste sentido, Beliat, Jensen, Ellegaard e Aagaard (2021), investigou por meio de estudo de caso, as tecnologias de rastreabilidade digitais, levando em consideração as necessidades de uma empresa fabricante de componentes eletrônicos para melhorar a rastreabilidade dos produtos na produção, bem como a eficiência e valor agregado em seus ciclos de produção. Com isso, corroborou com a identificação do fluxo de materiais que melhorou o *lead time* da empresa. Além disso, Zhang, Yuan, Ni, Lin e Lu (2020), propuseram um framework para um sistema de rastreabilidade de uma cadeia de abastecimento de uma empresa de construção de peças pré-fabricadas, para criar um método de consulta de rastreamento de origem interativo e eficiente, que contribuiu com o compartilhamento de informações e redução de custos. Em um estudo mais recente, Agrawal, Kumar, Pal, Wang e Chen (2021), apresentaram uma estrutura de *traceability* aplicado em uma cadeia de

suprimentos com um exemplo de caso real no setor alimentos para implementação de rastreabilidade dos materiais.

Neste sentido, George, Harsh, Ray e Babu (2019), examinaram os principais métodos de rastreabilidade de alimentos atualmente existentes e propuseram um protótipo de restaurante para implementar a rastreabilidade de alimentos mais confiável, usando *traceability* e *QR code*, que possuiu o papel fundamental no processo de rastreamento. Nos últimos anos, a tecnologia de *QR code* tem sido usada por empresas, como uma estratégia inovadora para ganhar competitividade, especialmente nas indústrias de roupas, tecnologia da informação (TI) e empresas automotiva (Li *et al.*, 2019). *QR code* é uma medida baseada na tecnologia relacionada à rapidez com que as empresas reagem a mudanças inesperadas no ambiente, enquanto ainda conseguem atingir seus objetivos (Cachon & Swinney, 2009, 2011).

Contudo, os estudos sobre sistemas de rastreamentos com uso de tecnologias *QR code* encontrados na literatura, estão voltados para a rastreabilidade com foco em confiabilidade de processo e qualidade da informação, não foi encontrado na literatura estudos que indiquem o uso da tecnologia de *QR code* em conjunto com *traceability* que indiquem a avaliação ambiental e econômica no uso da tecnologia. Portanto, ficou evidenciado o gap na literatura que não apresentou uma análise quantitativa dos benefícios econômicos e ambientais no uso de um sistema de *traceability* com uso de *QR code* em um processo produtivo.

3 Metodologia

Esta pesquisa possui abordagem empírica com objetivo descritivo, por meio da aplicação do método do estudo de caso (Yin, 2014). Dessa forma, consente investigar os acontecimentos e fenômenos contemporâneos (Yin, 2014), e verificar o antes e depois do processo avaliado, por meio da observação direta com ampla visão e do diagnóstico (kumar, 2011).

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizado uma investigação exploratória, por meio de um estudo de caso que teve como objeto o estudo, a implementação de um sistema de *traceability* e *QR code* com uso de tecnologias da indústria 4.0 em um processo de abastecimento de uma empresa do setor automotivo. A abordagem exploratória é um passo inicial para a compreensão de um fenômeno, quando o assunto não permite conclusões definitivas (Yin 2014). Além disso, o estudo de caso, permite refletir a realidade e não somente uma semelhança acidental (Eisenhardt & Graebner, 2007), além de, apresentar contribuições significativas nos campos prático e teórico (Barrat, Choi & Li, 2011).

Para aprofundamento no tema foi realizado uma revisão da literatura sobre estudos que utilizam a tecnologia de *traceability* e *QR code* para rastreamento de processo produtivo com uso de tecnologias da indústria 4.0. As buscas dos artigos foram realizadas nas principais bases de dados de pesquisas acadêmicas *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*, para identificar o volume de artigos relacionados ao tema

Além disso, a pesquisa empregou a entrevista semiestruturada para a coleta de dados, com o enfoque do objeto da pesquisa e para a obtenção de dados concretos (Bogdan & Biklen, 1992).

Com isso, foi estruturado a coleta de informações para ter a obtenção de dados, para que ocorresse o êxito na elaboração da pesquisa científica dos processos da organização (Gil, 2009). Neste sentido, foram avaliados os documentos e informações, sobre o processo anterior, além disso, a implementação da tecnologia e os resultados após a implantação foram analisados.

Para a análise econômica dos dados obtidos, foi avaliado o desempenho econômico do processo que contempla as peças danificada durante os retrabalhos, que resultavam no descarte

e conseqüentemente no aumento de custo. Com isso, permitiu avaliar o grau de sucesso que a empresa tem por investir neste processo tecnológico (Martins, 2006).

Com relação a análise ambiental, foi utilizado neste estudo o balanço de massas (Bidone, 1992). Este processo, envolve quantificar de forma anual (Kg/m²), todos os materiais coletados e descartados no processo e apresentar a redução referente ao processo, objeto de estudo e a sua respectiva quantificação em porcentagem (%). Conforme a seguinte equação:

$$TM \text{ (kg/ano)} = (\sum QM_i - \sum QNR_i) \times 12 \text{ Eq. 1}$$

Em que: TM é a transformação em massa (kg/ano), QM_i é a quantidade mensal de cada item (kg) e QNR_i é a quantidade mensal não reciclável (kg).

4 Estudo de caso

4.1 Descrição da empresa

O objeto de estudo é uma das maiores empresas produtora de veículos automotores do mundo, atuando no Brasil desde 1925. Atualmente são mantidas quatro fábricas instaladas na no país e a produção média está em torno de 53 unidades por hora.

A empresa é dividida em diversos setores tal como: Manufatura; Engenharia; Compras; Financeiro; Recursos Humanos entre outros. Entretanto, o objeto de estudo deste artigo está relacionado para o setor de montagem de veículo (GA).

O setor do GA é responsável por estruturar e montar as unidades produzidas, por meio de processos padronizados.

4.2 Linha de montagem geral

A linha de montagem geral é constituída principalmente de operações manuais. Dessa forma, tudo que não seja a estrutura de metal do veículo, tal como: Montagem do motor; Montagem mecânica e tapeçaria são instalados no GA. No passado, houveram tentativas de projetos para tentar automatizar a maioria dos processos no GA. No entanto, devido à grande variedade, tamanho do processo e às complexidades das operações conforme Figura 1, essas tentativas se mostraram irrealistas. As movimentações internas de materiais, possuem grande fluxo e complexidade, devido a velocidade da linha e disposições dos materiais.

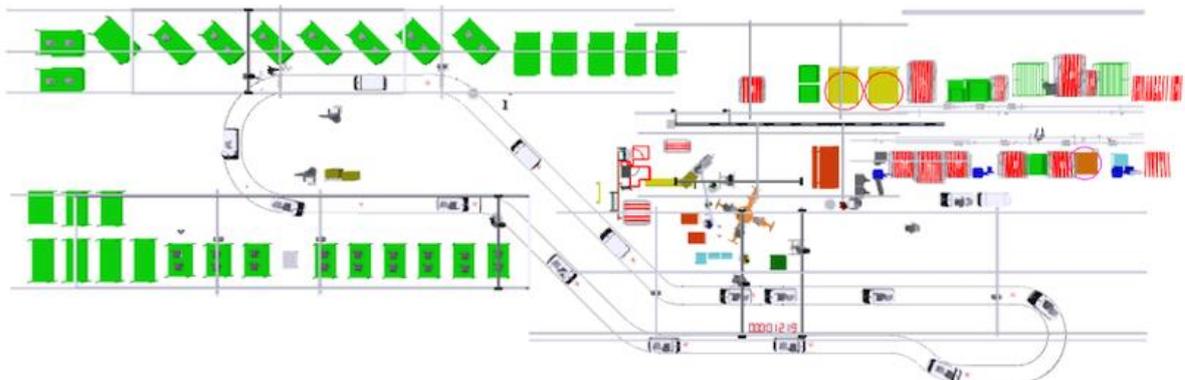


Figura 1. Parte do layout do processo de montagem GA linha final

Fonte: Extraído da empresa.

4.2.1 Processo anterior a tecnologia implantada

A movimentação interna de materiais é importante para a empresa, haja visto que oferece condições para os materiais possam estar disponíveis na hora certa e no lugar certo. Por isso, o funcionamento adequado e a estabilidade da linha de montagem, dependem exclusivamente de um adequado sistema de movimentação interna de materiais.

O processo de abastecimento no GA, era realizado, por meio de um sistema de movimentação de materiais que controla precisamente o tempo e as quantidades de peças entregues nas estações de trabalho, por meio de um sistema puxado, o que permite à empresa rastrear os materiais e manter o estoque sob controle, com base na necessidade, este sistema é chamado de *Set Parts Supply (SPS)*.

4.2.2 *Set Parts Supply (SPS)*

O *SPS* é um sistema simples de fornecimento de materiais que utiliza *kits* de peças montados fora da linha de produção, que são abastecidos nas prateleiras de forma sequenciada e sincronizada com a linha de produção, conforme Figura 2.

O sistema consiste na montagem do *kit* de peças pelo operador de produção, conforme lista de sequenciado fornecido pelo Plano de Controle de Produção (PCP). O operador ao finalizar os *kits*, era disponibilizado a caixa contendo as peças para a movimentação do material para a linha de montagem. O transporte do material era realizado por um reboque de produção, que por sua vez, abastecia a prateleira no ponto de uso na linha de montagem. O empregado na linha de montagem, retirava o *kit* da prateleira e o posicionava na unidade veicular, com isso, o *kit* era montado durante a trajetória da unidade na linha de produção.

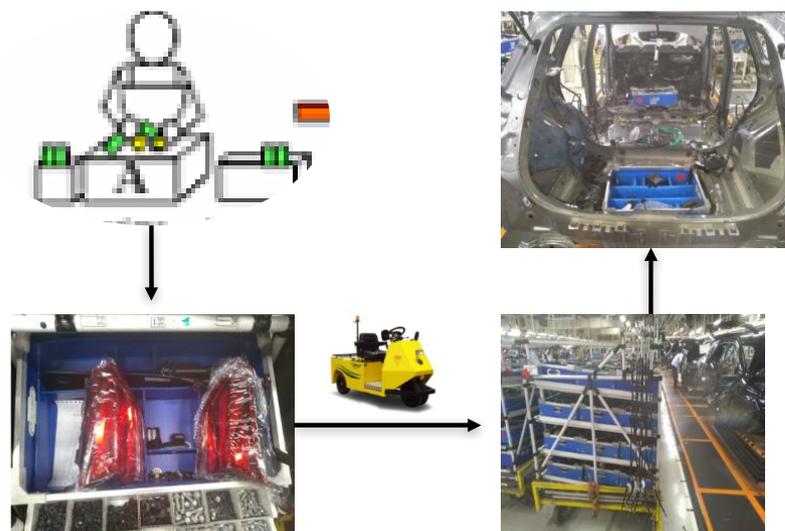


Figura 2. Processo de movimentação (SPS)

Fonte: Extraído da empresa (2021)

No entanto, o processo de *SPS* estava sujeito a erro humano durante a montagem dos *kits* da lanterna, devido a similaridade de componentes. A Figura 3, apresenta lado a lado, as duas lanternas de modelos diferentes, onde é possível notar a similaridade entre elas.



Figura 3. Lanternas de aparência similar

Fonte: Extraído da empresa.

O empregado durante a organização dos *kits* de lanternas, cometia falha durante a montagem, devido a similaridade das peças. Contudo, quando os *kits* eram abastecidos na linha de montagem, o empregado responsável pela montagem da lanterna na unidade, não percebia a diferença durante a operação no ciclo de montagem na linha de produção, por se tratar de lanternas com possuíam apenas diferenças de opcionais quase imperceptíveis (com *led* e sem *led*).

Outro fato importante a ser destacado, envolve o processo de teste dinâmico, realizado pelo departamento de qualidade que ocorre no final da linha. O teste consiste em avaliar todos os opcionais das unidades. Dessa forma, ocorria paradas de linha, devido ao sistema de análise de qualidade que identificava a montagem incorreta de componentes na unidade que bloqueava o andamento da operação.

No entanto, para retrabalhar a unidade era necessário retirar a lanterna incorreta que, por sua vez, havia o risco de ser danificada neste processo de retrabalho, devido ser um componente frágil. Conforme, Figura 4, a empresa no último ano descartou em media 30 lanternas, isso corresponde a um total de 332 unidades por ano, que gerou um custo anual de R\$ 9.336,00 para a empresa.



Figura 4. Lanternas danificadas no processo de retrabalho

Fonte: Dados coletados da empresa.

4.3 Processo após a implantação da tecnologia

Para o processo de separação das peças para montagem do *kit* de *SPS*, foi inserido na parte externa da lanterna uma identificação *QR code*. Contudo, esse sistema está integrado à rede da fábrica, desta maneira possui conexão com o PCP. Esse tipo de controle, permite ao empregado identificar o modelo correto. Além disso, o sistema de identificação, por meio de *QR code*, permite o rastreamento de todas as peças no processo, através de um sistema chamado de *traceability*.

4.3.1. *Traceability*

O sistema de *traceability* fornece um padrão comum para a captura e armazenamento de dados de rastreabilidade de componentes específicos para auxiliar na identificação de veículos afetados, no caso surgir uma ação de campo. Com isso, corrobora na contenção de produto e/ou auxilia na solução de problemas. Esse sistema é importante para atender aos requisitos legais e regulamentares e minimizar o tamanho da população de contenções e recalls.

A Figura 5 apresenta o fluxo de informação do sistema implantado, que se inicia na leitura do *QR code* pelo operador responsável pela montagem do *SPS*. Desta forma, por meio do escaneamento das peças, o sistema verifica a informação e gera *feedback* para o empregado montar a peça corretamente, além disso, gera instruções para o empregado de como seguir o processo de forma padronizada. Com isso, sistema libera os dados no sistema para não ocasionar a parada de linha (*hold*).

As informações coletadas são enviadas para um sistema de *big data* que analisa os dados e copia todas as informações da unidade em um cartão, que contém as informações dos componentes que foram escaneados no processo. Os dados ficam no sistema de nuvem, a fim de obter a rastreabilidade de todos os componentes da unidade caso necessário.

Por outro lado, caso ocorra alguma não conformidade com a leitura da peça no início do processo, o sistema inicia o plano de contingência, por meio de um processo de folha de instrução de trabalho (FIT). No entanto, caso a contingência não seja efetiva é ativado um alarme de acionamento para o facilitador de *time* (FT) responsável pela área de montagem, que por sua vez, deve acionar a engenharia de produção para avaliar a possibilidade de parada de linha (*hold*).

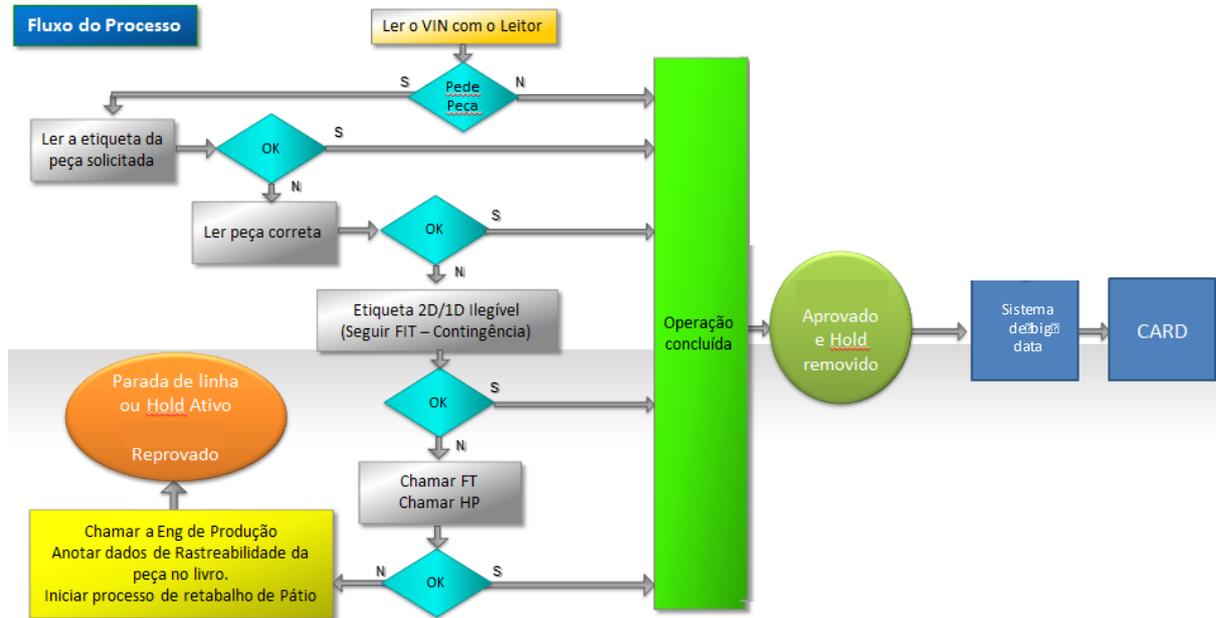


Figura 5: Sistema de monitoramento *traceability*
Fonte: Adaptado do processo da empresa pelo autor (2021)

O processo de identificação no ponto de uso por meio de *QR code* e *traceability*, permite o controle do processo mais apurado e principalmente elimina a montagem incorreta no início do processo de montagem do *SPS*.

4.4.3. Novo processo de *SPS*

O processo de montagem do *SPS* conforme Figura 6, auxilia o empregado para verificar o modelo que deve ser montado, com isso, o escaneamento da peça e lista de sequenciado são realizados por meio de *QR code*, os dados encontrados no código indicam as peças que devem ser montadas nos kits do *SPS*. No entanto, o novo sistema permite corrigir o erro antes do envio do kit para a linha de produção, devido a verificação do código dos componentes que indicam para o operador na tela do computador central o modelo correto a seguir.

As informações encontradas no *QR code* são enviadas para o sistema em nuvem que integra toda a fábrica em tempo real, com isso as informações são enviadas para o *traceability* que atua integrando todos os departamentos, além de gerar dados do processo para pesquisas futuras.

O operador de produção na linha de montagem, recebe os kits na prateleira de forma sequenciada e com os componentes corretos. Portanto, elimina a condição de montagem incorreta e descarte das lanternas danificadas durante qualquer tentativa de retrabalho.

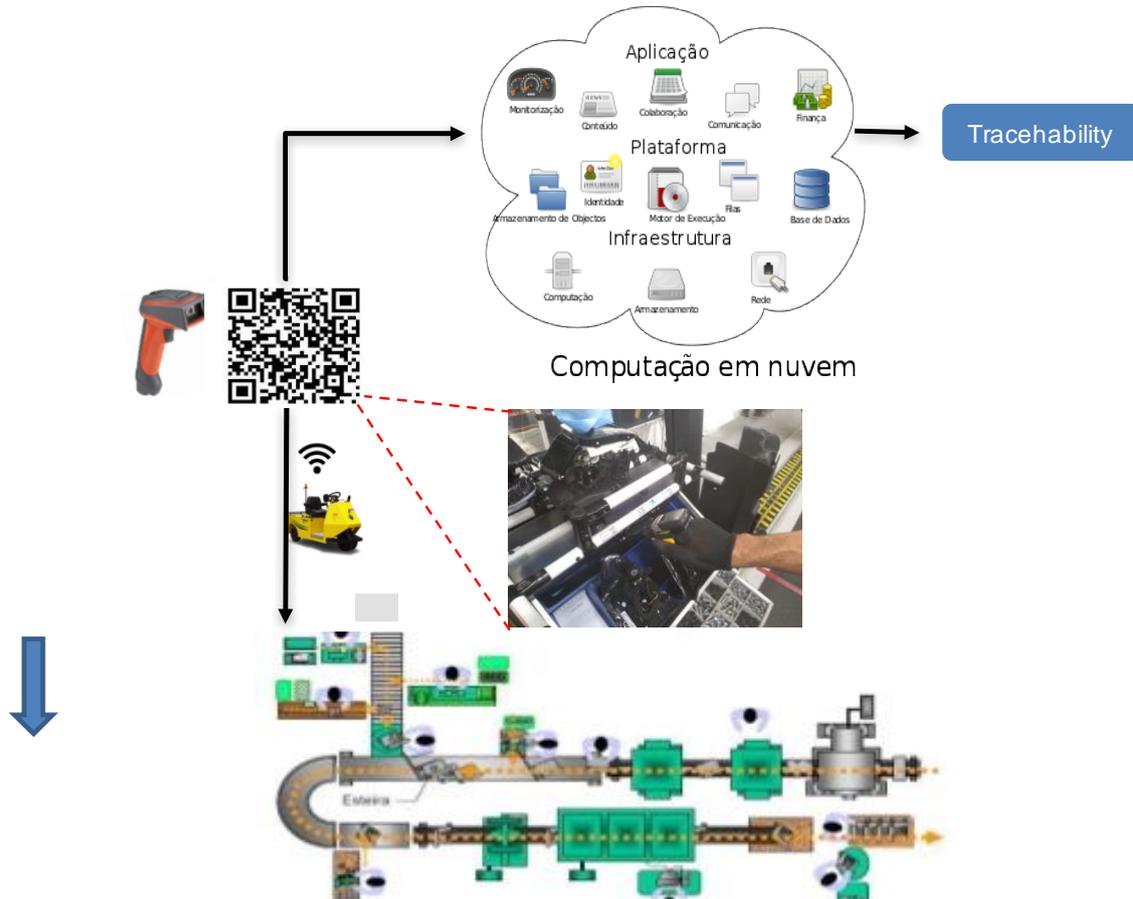


Figura 6. Novo processo de montagem de KIT SPS

Fonte: Adaptado pelo autor do processo da empresa (2021)

4.5 Ganho ambiental com a implementação da tecnologia

A implementação do processo com uso de *QR code*, integrado com o sistema de *traceability*, permitiu a adequação do processo, para atuar da forma adequada, com isso, eliminou o risco de envio de peça incorreta para a linha de montagem. Portanto, eliminou o retrabalho de lanterna no final da linha.

Conforme Tabela 1, com a eliminação do processo de retrabalho, foi possível reduzir 418.32 KG de polipropileno, 27.88 Kg de vidro. Além disso, foram eliminados os descartes de 13,89 KG de componentes eletrônicos e 4.58 Kg de borracha.

Tabela 1:
Balço de massa da lanterna

Componente	Composiço	Peso	Qde Annual (KG)
Lanterna			
Vidro	6%	0,084	27,9
Prolipropileno	90%	1,26	418,3
Componentes Eletrônicos	3%	0,042	13,9
Borracha	1%	0,014	4,6
Total:			464,8

Nota. Fonte: Dados fornecidos pela empresa (2021)

4.6. Ganho econômico com a implementação da tecnologia

A alteração do processo de *SPS*, proporcionou a eliminação da condição de montagem incorreta da lanterna no processo e conseqüentemente o retrabalho no final da linha. Dessa forma, conforme Tabela 2, o custo com descarte de lanternas danificadas no processo de retrabalho foi eliminado. Com isso, gerou uma redução de custo para a empresa de R\$ 9.296,00 ao ano.

Tabela 2:
Resultado econômico anual

DESCRIÇÃO	ANTES	DEPOIS	GANHO ECONÔMICO
Descarte de lanterna	332	0	R\$ 9.296,00

Nota: Fonte: dados fornecidos pela empresa (2021)

5 Considerações finais

As fábricas inteligentes trouxeram a revolução tecnológica implantada nas empresas que oferecem recursos e soluções para cálculos e análises via coleta dados por meio físico, além de, gerar informações que auxiliam o gestor no controle do processo e permitem a tomada de decisão antecipando os resultados. Neste sentido, o sistema de *traceability* com uso de tecnologias de *QR code* possui um papel fundamental para entender as complexidades da produção e monitorar o comportamento do sistema e a cadeia de abastecimento.

O estudo apresentou a utilização de um sistema de *traceability*, aplicado em uma empresa do setor automotivo, que contribuiu para o ganho econômico e ambiental da empresa. Desta forma, a implantação da tecnologia corroborou com a redução no descarte de 464,8 KG de lanternas, com isso, reduziu o impacto ambiental com descartes de peças danificadas. Além disso, a redução de descarte contribuiu de forma econômica para a estratégia de negócio da empresa, com a redução de custo de R\$ 9.296,00 por ano.

Um outro fator considerado importante, é que todo o processo de montagem foi mapeado e rastreado, com isso, o sistema inibe a montagem incorreta que gerava impacto negativo nos índices de qualidade, além de proporcionar melhor ergonomia para o empregado

porque eliminou ao retrabalho no final do processo.

Este estudo utilizou um estudo de caso, entrevistas com especialistas e foi realizada uma revisão da literatura para identificar, quais são os estudos na literatura existentes, referente ao uso de tecnologia de *traceability* em conjunto com *QR code*. Com isso, apresentou os tipos de inovação oriundos destas tecnologias que servirão como base para outras empresas, apontando também quais são as lacunas para pesquisas futuras

Este artigo identificou o uso de tecnologias da indústria 4.0, e como são utilizadas as inovações geradas por estas tecnologias na indústria automotiva para a gestão do processo produtivo. Além disso, apresentou as práticas econômicas e ambientais, indicando para outras empresas de que forma as organizações estão buscando utilizar as tecnologias para se manter competitividade no mercado

A limitação desse estudo está relacionada a utilização de apenas uma base de dado utilizado como objeto de estudo. Como sugestão de trabalhos futuros, sugere-se uma avaliação mais abrangente contemplando todo o setor de montagem da empresa, com isso surge oportunidade de novas pesquisa, no qual, por meio de uma *survey*, para confirmação dos ganhos econômicos e ambientais em outras empresas faz uso de tecnologia de *traceability*.

Referências

- Abeyratne, S. A., Monfared R.P., (2016). Blockchain ready manu- facturing supply chain using distributed ledger. *Int. J. Res. Eng. Technol*, 05 (9), 1–10.
- Agrawal, T. K., Kumar, V., Pal, R., Wang, L.,Chen, Y.(2021). “Blockchain-based framework for supply chain *traceability*: A case example of textile and clothing industry” *Computers & Industrial Engineering*, 154 (2), 07- 130.
- Badzar, A. (2016). Blockchain for securing sustainable transport contracts and supply chain transparency— An explorative study of blockchain technology in logistics. Master Thesis, Lund University.
- Barrat M, Choi TY, Li M (2011), “Qualitative case studies in operations management: Trend, research outcomes, and future research implications”, *Journal of Operations*, (74) 7–24.
- Beliatis, M.J.; Jensen, K.; Ellegaard, L.; Aagaard, A., (2021). Presser, M. Next Generation Industrial IoT Digitalization for *Traceability* in Metal Manufacturing Industry: A Case Study of Industry 4.0. *Journal Electronics*. 10 (628).
- Bidone, E.D., (1992). Geoquímica dos processos supergênicos. Niterói. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica, UFF, 1992.
- Bogdan, R. & Biklen, S., (1992). Qualitative research for education: an introduction to theory and methods, Boston: Allyn and Bacon.
- Cachon, G. P., & Swinney, R. (2009). Purchasing, pricing, and quick response in the presence of strategic consumers. *Management Science*. 55 (3), 497–511.
- Cachon, G. P., & Swinney, R. (2011). The value of fast fashion: Quick response, enhanced design, and strategic consumer behavior. *Man- agement Science*, 57(4), 778–795
- Chen, R., Chen, C., Yeh, K.C., Chen, Y., (2008). Using RFID Technology in Food Produce *Traceability*, 5 (11), 1551-1560.
- Choi, T. M., & Cai, Y. J. (2018). Impacts of lead time reduction on faric sourcing in apparel production with

yield and environmental considerations. *Annals of Operations Research*.

Eisenhardt, K. M. & Graebner, M. E. (2007), “Theory building from cases: Opportunities and challenges”, *Academy of Management Journal*, 50 (1), 25-32.

Fletcher, S., Johnson, T., Adlon, T., Larreina, J., Casla, P., Parigot, L., Alfaro, P.J. and del Mar Otero, M. (2019). Adaptive automation assembly: identifying system requirements for technical efficiency and worker satisfaction. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105-772.

George, R. V., Harsh, H. O., Ray, P., Babu, A.K., (2019)”, Food quality *traceability* prototype for restaurants using blockchain and food quality data index” *Journal of Cleaner Production*, 240, 118-021.

Gil, A. C. Estudo de caso. São Paulo: Atlas.

Kumar, R. (2011). *Research methodology – a step-by-step guide for beginners*.3. ed. London: Sage.

Li, G., Lim, M. K., & Wang, Z., (2019). Stakeholders, green manufacturing, and practice performance: Empirical evidence from Chinese fashion businesses. *Annals of Operations Research*.

Liu, Y. and Xu, X. (2016). *Industry 4.0 and Cloud Manufacturing: A Comparative Analysis*”, Volume 2: Materials; Biomanufacturing; Properties, Applications and Systems; Sustainable Manufacturing, 139 (12).

Martins, E., (2006). *Contabilidade de Custos*. 9a Edição. São Paulo: Atlas.

Ren, J., (2015). RFID enable food supply chain *traceability* and safety. Review. In: *Proceedings of the International Conference on Exploring Services Science (Rome, Italy)*.

Rüßmanm, M., (2015). *Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries*. Boston Consulting Group (BCG), pp.1-14. Data analytics and pavement-vehicle-interactio *Journal of Cleaner Production*, (142), 956-964.

Schwab, K., Mackenzie, U. (2016). *A quarta revolução industrial*. 1o Ed ed. Geneva.

Shrouf, F., Ordieres, J. and Miragliotta, G. (2014), “Smart factories in Industry 4.0: A review of the concept and of energy management approached in production based on the Internet of Things paradigm”, *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2015, 697–701.

Sodhi, M. S., C. S. Tang. (2014). Guiding the next generation of doctoral students in operations management. *Int. J. Prod. Econ.* (150), 28–36.

Wang, W., Yang, H., Zhang, Y., Xu, J. (2017). IoT-enabled real-time energy efficiency optimisation method for energy-intensive manufacturing enterprises, *Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 31 (5), 362-379.

Yaqiong, L. V., Danping, Lin., (2017). Design an intelligent real-time operation planning system in distributed manufacturing network. *Industrial Management & Data Systems*. Emerald Insight, 117 (4), 742-753.

Yin, R. K. *Estudo de Caso: planejamento e métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

Zhang, Z., Yuan, Z., Ni, G., Lin, H., Lu, Y., (2020). The quality *traceability* system for prefabricated buildings using blockchain: An integrated framework. *Front. Eng. Manag.*

Zhu, Q., Sarkis, J., Lai, K. H. (2007). Green supply chain management: Pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry. *Journal of Cleaner Production*, 15 (11), 1041–1052.