

Análise das falhas em poka-yoke no processo de fabricação de uma empresa sistemista automotiva

Analyze the failures in poka-yoke used in the manufacturing process in a systemist automotive company

DOI:10.34117/bjdv7n11-222

Recebimento dos originais: 12/10/2021

Aceitação para publicação: 14/11/2021

Magno Gilmar Borges Malheiro

Mestre em Engenharia Mecânica – FURG

E-mail: m_malheiro@yahoo.com.br

Leonardo de Carvalho Gomes

Pós-doutorado em Engenharia de Produção – UFRGS

E-mail: legomes.rs@gmail.com

RESUMO

A competitividade no mercado atual fez com que as empresas desenvolvessem cada vez mais uma qualidade assegurada. Estas ações proporcionaram, além de uma maior competitividade, uma redução de custos em geral, tanto internos quanto externos. Os dispositivos *poka-yoke* foram desenvolvidos justamente para essa finalidade, ou seja, para eliminar defeitos. Porém, os *poka-yoke* também estão suscetíveis a falhas. O presente artigo tem como objetivo a análise das falhas em dispositivos *poka-yoke* e suas causas, utilizados no processo de fabricação em uma empresa sistemista de componentes automotivos. As análises da pesquisa decorreram de uma análise técnica de *poka-yoke* e uma pesquisa qualitativa (descrição, análise e interpretação dos dados coletados) envolvendo quatro funcionários com funções hierárquicas diferentes. Em seguida, foram realizadas as discussões dos resultados e as conclusões. Os resultados mostraram as falhas dos *poka-yoke* para o estudo em questão, bem como suas causas (ações externas, efeitos da falta de calibração, calibração incorreta e vida útil) A presente pesquisa confirmou que os *poka-yoke*, por se tratarem de dispositivos de medição em sua essência, devem ser tratados como tal, sendo testados, validados e calibrados periodicamente para manterem a confiabilidade. A testagem dos *poka-yoke* devem seguir uma periodicidade e podem ser testados através do conceito “peça coelho”. A presente pesquisa também apresentou sugestões de contramedidas para evitar as falhas nos *poka-yoke* estudados.

Palavras-Chaves: *Poka-yoke*, falhas em *poka-yoke*, garantia da qualidade, dispositivos de medição.

ABSTRACT

Competitiveness in the current market has led companies to increasingly develop quality assurance. These actions provided, in addition to greater competitiveness, a internal and external cost reduction. The *poka-yoke* devices were developed precisely for this purpose, that is, to eliminate defects. However, *poka-yoke* are also susceptible to failure. This article aims to analyze the failures in *poka-yoke* devices and their causes, used in the

manufacturing process in a systemist automotive company. The analysis of the research came from a technical analysis of *poka-yoke* and a qualitative research (description, analysis and interpretation of the collected data) involving four employees with different hierarchical functions. Then, discussions of the results and conclusions were performed. The results showed the failures of the *poka-yoke* for the case study adopted as well as their causes (external actions, effects of lack of calibration, incorrect calibration and useful life). This research confirmed that *poka-yoke*, as they are measuring devices in their essence, should be treated as such, being tested, validated and calibrated periodically to maintain reliability. The testing of *poka-yoke* must follow a periodicity and can be tested through the concept "piece rabbit". The present research also presented suggestions for countermeasures to avoid flaws in the studied *poka-yoke*.

keywords: *poka-yoke*, *poka-yoke* failures, quality assurance, measuring devices.

1 INTRODUÇÃO

Devido à competitividade acirrada e à busca pela sobrevivência no mercado, empresas e indústrias procuram priorizar ganhos de produtividade, eficiência e qualidade nas suas operações (COUTINHO; AQUINO, 2015). Para Tascin e Marangoni (2006), uma das maiores preocupações dos gestores industriais, no mercado brasileiro, sempre foi em como apurar, analisar, controlar e gerir os custos de produção. Os gastos para produzir e a qualidade tem que ser os melhores possíveis para poder gerar mais receita e lucro para a empresa. Logo, a qualidade e sua garantia são consideradas como vantagem competitiva, tornando-se, assim, uma necessidade para as empresas e as indústrias sobreviverem no mercado atual (PARASURAMAN, ZEITHAML; BERRY, 1985).

Defeitos de qualidade surgem porque erros são cometidos: os dois têm uma relação de causa e efeito. Contudo, erros não se tornarão defeitos se houver feedback e ação no momento do erro (SHINGO, 1996). Nesse contexto, os dispositivos *poka-yoke* têm sido apontados como vantagem competitiva na indústria, através da sua garantia da qualidade dos produtos em processos de fabricação. Conforme Monden (2015), *poka-yoke* impedem que unidades defeituosas sejam produzidas e prejudiquem os processos subsequentes. *Poka-yoke*, em sua origem, evitam o erro causador da falha, que, por sua vez, gera o defeito no produto (GOMES, 2001). Controlar e evitar esses erros justifica a utilização de ferramentas *poka-yoke*, as quais, segundo Shimbun (1988), são métodos utilizados para evitar as simples falhas humanas no trabalho, para alcançar o defeito zero.

Os *poka-yoke*, assim como outros dispositivos, estão suscetíveis a falhas. Com isso, eles podem falhar e permitir erros que causarão defeitos nos produtos ou, caso for

poka-yoke de detecção, proporcionar uma informação errada sobre a qualidade do produto.

Pressupondo o *poka-yoke* como dispositivo de medição, em sua essência, pode apresentar falhas diversas causadas por mau uso, desgaste, entre outras motivações. Assim, a pergunta-problema que surge é: Por que os *poka-yoke* falham?

A partir desse questionamento, surge o objetivo desta pesquisa: analisar as falhas em *poka-yoke* e suas causas, durante o processo de fabricação.

A pesquisa será conduzida a partir de um estudo de caso em uma empresa sistemista, em um complexo automotivo no sul do país. Desse modo, através de pesquisas na literatura e do estudo de caso na empresa, assim como da pesquisa qualitativa, da coleta, da análise e da interpretação dos resultados obtidos, chegar-se-á à conclusão sobre os objetivos propostos neste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO 1

Este capítulo apresenta uma revisão teórica sobre *poka-yoke* e dispositivos de medições. *Poka-yoke* são métodos projetados para eliminar defeitos (SHINGO, 1996). Como a hipótese da presente pesquisa é que *poka-yoke* são dispositivos de medição em sua essência, também são apresentados conceitos relacionados a esses dois temas, para um melhor entendimento destes e o desenvolvimento da pesquisa.

Poka-yoke 1.1

Originalmente tratado como *baka-yoke* (à prova de bobos), o *poka-yoke* conceituado por Shingo (1996) é um sistema de inspeção que tem como objetivo prevenir o erro humano no trabalho (SHIMBUN, 1988). McGee (2005) e Vinod et al. (2017) entendem como um sistema de garantia de qualidade para a redução da variabilidade. Porém, alguns autores, como Bendell, Penson e Carr (1995) e Chao, Beiter e Ishii (2001), os veem como apenas dispositivos físicos que controlam defeitos.

O erro humano no meio da manufatura e nos sistemas produtivos é muito preocupante. Nos últimos 30 anos, as falhas por erros humanos variam de 50 a 75% de todas as falhas analisadas nos sistemas aeroespaciais (IMAM, 1998, CALARGE; DAVANSO, 2004).

Um fator importante no funcionamento de uma empresa deve ser a aplicação de estratégias de melhorias contínuas adequadas, colocando ênfase nas estratégias de

prevenção de falhas ou erros, como os dispositivos à prova de falhas (*poka-yoke*) (DUDEK-BURLIKOWSKA; SZEWIECZEK, 2009).

A seguir, comentários de alguns autores sobre os dispositivos:

- Dispositivos à prova de erros (*poka-yoke*) são mecanismos que previnem trabalhos defeituoso (MONDEN, 2015).
- Nikkan (1988) e Plonka (1997) defendem que os *poka-yoke* são dispositivos, que possuem as funções de alertar para e corrigir as falhas;
- Os *poka-yoke* são dispositivos de detecção de anormalidade que ligados a um processo, impedem a execução irregular de uma atividade (GHINATO, 1998);
- São uma prática para a erradicação de erros no processo, atuando sobre a causa raiz das falhas (MIDDLETON, 2001; KUMAR ET AL, 2019);
- Grout (2007) simplifica *poka-yoke* dizendo que são dispositivos que realizam a detecção de defeitos, minimizando impactos causados pelas falhas;
- Para Muharam e Latif (2019), são sistemas de monitoramento automático;
- Segundo Silva, Gohr e Santos (2019), são dispositivos que evitam erros ou falhas operacionais, garantindo a qualidade do produto;
- Já para Connor (2006) e Hinckley (2007), são sistemas que detectam e previnem a ocorrência de defeitos, fazendo o produto, ou processo, ocorrer como um fluxo contínuo.

Tsou e Chen (2005) analisaram o custo de um sistema *poka-yoke* em uma empresa no ramo automobilístico. Os resultados mostraram que é uma ferramenta capaz de gerar retorno satisfatório, porém depende do valor investido no equipamento. Comprovaram, assim, que é válido investir na implementação dos dispositivos.

Posajek (1999) fez uma análise sobre *poka-yoke* e concluiu que estes funcionam bem nas situações a seguir:

- Rotina de uma sequência fixa de operações com intervenção do operador;
- Número reduzido de parâmetros do processo a controlar;
- Controle estatístico de processos difíceis de implementar ou ineficientes;
- Controle de ativos qualitativos e não quantitativos.

Segundo Shingo (1996), não se deve esquecer que o verdadeiro *poka-yoke* é simples, óbvio, prático e, principalmente, barato, complementando o autor classifica os *poka-yoke* quanto a sua função em:

- Método do controle (prevenção) – O *poka-yoke* detecta uma variabilidade não esperada no processo e interrompe a operação, com a intenção de evitar a produção

de defeitos, e garante um feedback para que a ação corretiva seja implementada com urgência;

- Método da advertência (detecção) – O *poka-yoke* detecta a anormalidade, mas não interrompe o processo, apenas sinalizando a ocorrência através de sinais.

Falhas em poka-yoke 1.1.1

Foi realizada uma pesquisa, no dia 12 de abril de 2020, nos bancos de dados do Google Acadêmico (*Google Scholar*, em inglês), *ScienceDirect*, *Emerald* e *Web of Science*, através das palavras-chaves: “falhas em *poka-yoke*”, “problemas em *poka-yoke*”, “problemas em dispositivos a prova de falhas”, “*poka-yoke fail*”, “*poka-yoke issues*”, “*mistake-proofing fail*”, “*mistake-proofing issues*”, entre outros, e não foi encontrado nada relacionado a falhas em *poka-yoke*, na literatura pesquisada, nem na bibliografia.

A presente pesquisa pretende avançar neste assunto, discutindo as falhas, as causas e como “combatê-las”, no processo de fabricação de uma empresa sistemista do estudo de caso em questão.

Dispositivo de medição 1.2

Parasuraman, Zeithaml e Berry (1985) e Salomi, Miguel e Abackerli (2005), descrevem uma medição de qualidade do serviço como essencial, para complementar Oliver (1980), o qual afirmava que a satisfação do cliente é função da diferença entre a expectativa e o desempenho.

As mudanças na tecnologia estão demandando que mudemos o que medimos, como medimos e como usamos a medição. Essas mudanças forçaram uma reavaliação dos paradigmas relativos à medição (SINK, 1991).

Pequenas ações, como passos de um árbitro para sinalizar o local da barreira em uma cobrança de falta, em uma partida de futebol, mostram medidas de cumprimentos. O desenvolvimento de instrumentos para tal medição tornou-se constante na evolução humana (PEREIRA; DONEZE, 2018).

Atualmente, existem inúmeros instrumentos de medições (PEREIRA; DONEZE, 2018), porém, para chegar nesse ponto, civilizações antigas elaboraram unidades. Era importantíssima a busca por comparações, levando-se muitas vezes a considerar partes do corpo humano como objeto de comparação. Com o avançar dos anos, foi-se tornando imperativo estabelecer padrões, de modo a comparar instrumentos de medição com os anteriores (SOUSA, 2010).

2 METODOLOGIA 2

Dado os vários e diferentes tipos de pesquisas quanto a sua abordagem, sua natureza e seus procedimentos, identificou-se e classificou-se respectivamente este trabalho como: Pesquisa aplicada; Abordagem qualitativa; Método científico estudo de caso.

Conforme Goldenberg (1997), o método qualitativo não se preocupa com a representatividade numérica, e sim com o aprofundamento de uma organização. O mesmo autor complementa: o pesquisador qualitativo não pode julgar nem permitir que seus preconceitos e suas crenças interfiram na pesquisa. O objetivo da amostra é produzir informações de formas ilustrativas: seja ela grande ou pequena, o que importa é sua capacidade de produzir novas informações (DESLAURIERS ,1991). Nesta pesquisa, observam-se o comportamento e as atividades dos dispositivos *poka-yoke*, a fim de compreender seu funcionamento por completo.

Ribeiro e Nodari (2000) complementam dizendo que a metodologia qualitativa possui três grandes categorias no uso dos dados: Descrição; Análise; Interpretação.

- Descrição: Os dados consistem em observações feitas pelo pesquisador, buscando responder: “o que está acontecendo aqui?”
- Análise: A ideia é entender as características essenciais do sistema em estudo, tentando responder: “que comparações podem ser feitas, que padrões podem ser identificados, quais são as coisas mais significativas?”
- Interpretação: Tem o intuito de buscar o significado das coisas e o entendimento do contexto, para responder: “o que isso significa? Como isso se relaciona com todo o resto? O que pode ser feito disso tudo?”

A pesquisa aplicada é justificada pela necessidade de produzir conhecimento suficiente e útil para aplicação de seus resultados, com o objetivo de contribuir para fins práticos. Neste trabalho, englobam-se as características e as peculiaridades locais, analisando-se o objeto de estudo e suas funcionalidades (BARROS; LEHFELD, 2000).

O estudo de caso, de acordo com Fonseca (2002), pode ser caracterizado como o estudo de uma entidade bem definida, como um programa, uma instituição (uma montadora de veículos), uma pessoa, um sistema educativo ou uma unidade social. Visa conhecer como e o porquê de uma determinada situação, que se supõe ser única em muitos aspectos, procurando encontrar o que há nela de mais especial e característico. Yin (1994) afirma que o estudo de caso é caracterizado por uma abordagem metodológica de investigação, com a intenção de compreender, explorar ou descrever acontecimentos

complexos ou especiais, por exemplo, quando o investigador procura respostas para o “como?” e o “por quê?”. Para esta pesquisa, a questão investigada é “Por que os *poka-yoke* falham?”.

Após a caracterização da pesquisa, as medições e os levantamentos de dados foram realizados, a partir do estudo de caso na empresa sistemista. Em seguida, as informações coletadas foram descritas e analisadas, sendo, então, interpretadas e relacionadas com a literatura, realizando-se as discussões dos resultados obtidos.

Estudo de caso 2.1

Uma empresa sistemista de componentes automobilísticos do Complexo Industrial Automotivo de Gravataí (CIAG), que se encontra no estado do Rio Grande do Sul / Brasil, foi adotada como objeto de estudo de caso. Como não houve autorização da empresa para divulgação de seu nome, nesta pesquisa, será utilizado o termo “Empresa Sistemista” para referir-se a ela.

Os sistemistas são os considerados fornecedores on-site (localizados dentro do CIAG) e fornecedores off-site (fora do CIAG). O tipo de relacionamento, transação e gestão compartilhada com os fornecedores on-site é diferente dos off-site.

A “Empresa Sistemista” começou seu trabalho no CIAG em 2018, responsável pela fabricação de painéis completos, volantes, entre outras peças plásticas dos carros da General Motors. A empresa adquiriu a operação (unidade dentro do CIAG) de outra empresa multinacional líder no seu segmento e *benchmark* em *poka-yoke*.

A grande justificativa da escolha desta empresa sistemista para o estudo de caso deve-se ao fato de ser uma montadora multinacional em um complexo automotivo, que desenvolve e utiliza *poka-yoke* como parte fundamental do processo produtivo, sendo necessária uma montagem praticamente manual e tendo uma criticidade alta, conforme melhor explicado nos capítulos a seguir.

Medições e levantamentos de dados na empresa 2.2

Os métodos para esta pesquisa serão separados em três partes: a primeira foi a visita e a realização de uma entrevista com quatro funcionários da “Empresa Sistemista”; a segunda parte é a pesquisa qualitativa (com os dados coletados na parte anterior); Por último, a análise dos resultados das duas partes anteriores, para que possa ser concluído o objetivo proposto neste trabalho.

A visita na “Empresa Sistemista” tem como princípio o conhecimento de linhas de produção, linhas de montagem e dos principais *poka-yoke* utilizados na fábrica. Ainda na visita, foi realizada uma análise física dos dispositivos *poka-yoke* e foram destacadas/reconhecidas suas particularidades.

O autor da presente pesquisa, juntamente com o gerente da planta da empresa, selecionou duas operações com *poka-yoke* para o desenvolvimento deste estudo. A primeira operação é a de montagem, ela foi escolhida porque abrange dois *poka-yoke* na mesma operação. A segunda operação é a da inspeção final, selecionada devido a sua relevância ao processo e por ter um sistema de visão com mais de um *poka-yoke* na operação.

A entrevista foi realizada com quatro funcionários selecionados da “Empresa Sistemista”, sendo eles o gerente da planta – *plant manager* (Pm), um engenheiro (En), um chefe de turno (Ct) e um operador (Op) – sendo que os últimos três foram escolhidos pelo próprio *plant manager* – representando a abordagem qualitativa para este estudo de caso (GOMES; KLIEMANN NETO, 2015). Essa entrevista tem, também, o intuito de analisar a percepção de cada entrevistado sobre a utilização de *poka-yoke*, tanto na empresa quanto no contexto geral, correlacionando suas respostas com o seu grau de hierarquia na própria indústria.

A entrevista é um questionário igual para todos, com as seguintes perguntas:

- 1) Qual o histórico dos *poka-yoke* para a sua empresa?
- 2) Qual a importância desse dispositivo, em sua opinião?
- 3) Onde são usados e para quais finalidades?
- 4) Para você, quais as vantagens e desvantagens dos *poka-yoke*?
- 5) Já houve falhas em sua linha de produção?
- 6) Como foram essas falhas? E por que ocorreram as falhas?
- 7) Como vocês tratam as falhas?
- 8) Existe alguma calibração ou manutenção preventiva nos dispositivos *poka-yoke*?
- 9) Como funciona a “peça coelho”?

No final, após a coleta de dados, no estudo de caso deste trabalho, tanto nas informações adquiridas na visita, quanto nas entrevistas com os funcionários, foram realizadas as etapas da pesquisa qualitativa: descrição, análise e interpretação dos dados.

Foram descritas as informações coletadas na visita e na entrevista, logo após, analisaram-se todos os dados descritos, identificando padrões e os detalhes mais importantes, interpretando, interpretando, ou conforme Ribeiro e Nodari (2000), “captando”, por fim, aquilo que a análise dos dados diz. Essa etapa torna-se válida, pois auxilia a responder os objetivos deste trabalho.

3 RESULTADOS 3

Neste capítulo serão exibidos os resultados obtidos, seguindo os procedimentos metodológicos apresentados no capítulo anterior.

Visita à “Empresa Sistemista” 3.1

No dia 8 de agosto de 2019, foi realizada a visita para o estudo de caso, na “Empresa Sistemista”. Na oportunidade, quatro funcionários foram entrevistados, sendo eles:

- *Plant manager* da empresa – com mais de dezesseis anos de experiência no setor automotivo;
- Engenheiro de produção – com contribuições ao setor industrial a mais de vinte anos;
- Chefe do turno noturno – com doze anos no ramo com *poka-yoke*;
- Operador e montador da empresa – mais de seis anos exercendo essa função.

Para a obtenção dos resultados, foi necessário entrar em contato diretamente com a empresa, onde houve a recepção atenciosa do *plant manager* e do engenheiro, os quais acompanharam a visita e, após, participaram da entrevista junto com os outros funcionários.

Além das perguntas apresentadas na seção 2.3, os entrevistados também falaram um pouco sobre os *poka-yoke* escolhidos para embasamento desta pesquisa, conforme mostrado nas seções seguintes.

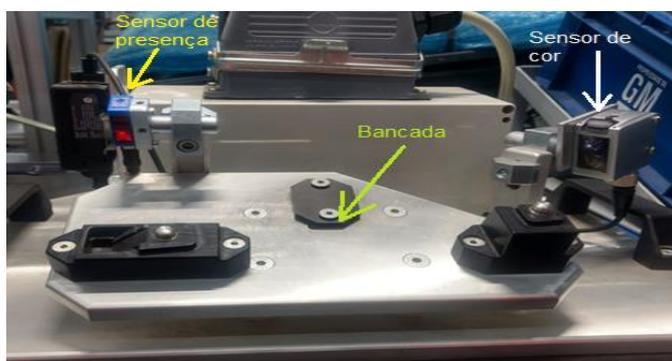
Principais *poka-yoke* 3.2

Conforme descrito na metodologia na seção 2.2, foram selecionadas pelo *plant manager* e pelo autor da presente pesquisa as principais operações, em sua visão, contendo *poka-yoke*, para o desenvolvimento do estudo. Estão presentes na operação de montagem e na operação da inspeção final.

Poka-yoke na operação de montagem 3.2.1

A empresa produz uma peça que pode ter quatro cores diferentes, algumas cores são visivelmente fáceis de identificar, porém, algumas são muito parecidas (como o Preto Injetado e o Preto Pintado). Após a peça receber sua devida cor, seja por pintura ou injeção, o produto avança para o próximo posto de trabalho, onde o operador deverá inserir um grampo plástico (chamado de “clip”) na peça, esse grampo é indispensável, pois é quem vai fixar a peça aos outros componentes, nas próximas etapas do processo. Nessa operação, encontram-se dois *poka-yoke* em conjunto.

Figura 1. Bancada do posto de trabalho.

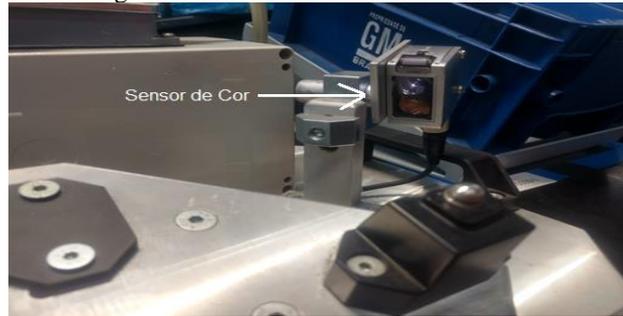


Fonte Autor.

Os primeiros *poka-yoke* a serem apresentados, segundo (SHIMBUN, 1988; GOMES, 2001), tratam-se de *poka-yoke* de prevenção, pois garantem que uma peça com defeito ou indesejada não seja produzida.

O primeiro *poka-yoke* (*poka-yoke* de sensor de cor) garante que o “clip” só será montado na peça, se esta for da cor do lote que está sendo produzido no momento, impedindo que peças de cores indesejadas sejam geradas. Um sensor de cores da marca Cotrinex, ajustado para diferenciar os quatro tipos de cores através da intensidade e da tonalidade de cada cor (portanto requer um pré-ajuste), analisa a cor da peça, permitindo (ou não) a instalação do “clip” na peça.

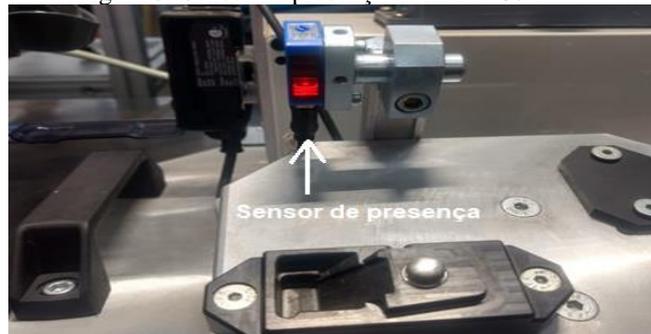
Figura 2. Sensor de cor da marca *Cotrinex*.



Fonte: Autor

O segundo *poka-yoke* (*poka-yoke* de presença) garante que a peça só seguirá seu fluxo do processo de fabricação se o operador inserir o “clip” corretamente na peça, impedindo que uma peça defeituosa seja produzida (SHIMBUN, 1988; GOMES, 2001). O funcionamento do dispositivo é um sensor de presença da marca Cotrinex, que analisa a presença do “clip” inserido (ou não) pelo operador.

Figura 3. Sensor de presença da marca *Cotrinex*.



Fonte: Autor.

As principais falhas desses *poka-yoke*, de acordo com o Engenheiro da empresa, são devidas a alguma batida na bancada do dispositivo, ocasionando um desfoque dos sensores em relação à posição inicial, como mostram suas palavras: “No início, o sensor está focado em um ponto fixo para a análise da intensidade de cor, se esse foco sofrer alguma mudança, a intensidade de cor poderá mudar drasticamente, causando uma leitura ‘falsa’ da peça”. O *plant manager* complementa: “Como o *poka-yoke* precisa ser sensível, devido às tonalidades das cores (principalmente do preto), porém, ele se torna muito sensível e acaba apresentando falhas”. Foi exemplificado para o sensor de cor, porém, os mesmos problemas ocorrem com o sensor de presença.

De acordo com o *plant manager* e com o engenheiro, em todo início de turno é realizado um teste de validação da funcionalidade dos dois dispositivos, porém, não foi

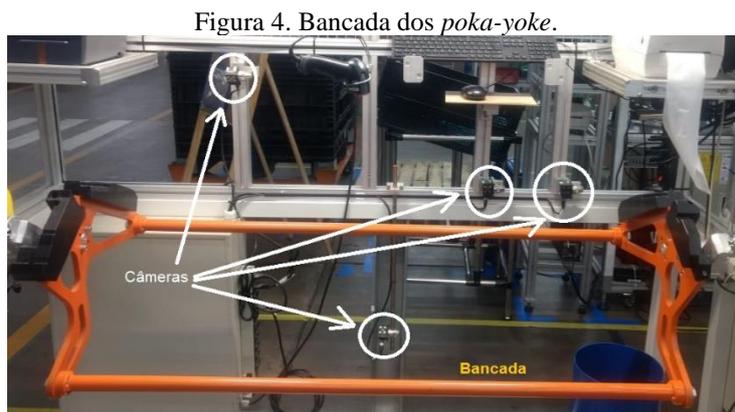
informada a existência de uma rotina de calibração, nem práticas de manutenção preventivas.

Essa operação foi escolhida pelo fato de abranger dois *poka-yoke* na mesma atividade do operador.

Poka-yoke da operação da inspeção final 3.2.2

Após todas as etapas do processo de fabricação, a empresa realiza uma operação de inspeção final, para garantir que todas as atividades anteriores foram realizadas. Para essa operação, é utilizado um sistema de *poka-yoke*, alguns funcionários chamam de “anjo da guarda”, devido a sua relevância.

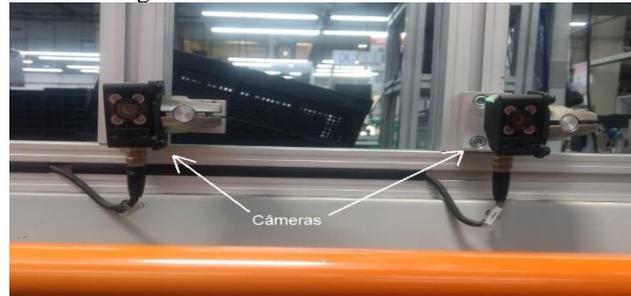
Esses *poka-yoke* são mais complexos, são um sistema de visão por câmeras para detecção da presença de diversos componentes em uma peça, por exemplo, ele pode detectar a presença de um “clip” ou pode verificar a presença de um furo e se sua dimensão está correta.



Fonte: Autor.

São quatro *poka-yoke* classificados como *poka-yoke* de detecção, pois eles atuam alertando que o produto apresenta um defeito, impedindo que seja entregue uma peça defeituosa para o cliente final, mas não impedem que a peça seja produzida. Todos os dispositivos são câmeras da marca Keyence, posicionadas estrategicamente para abranger a área inteira da peça, e mais duas em espera, caso alguma apresente algum problema, esse sistema de visão é configurado e ajustado para reconhecer a presença de alguns componentes na peça final. O software consegue executar dois métodos, o primeiro seria comparação por forma geométrica e o segundo por intensidade luminosa, garantindo, assim, um sucesso maior.

Figura 5. Sensor de visão com câmeras.



Fonte: Autor.

Algumas falhas apresentadas nesses *poka-yoke* são parecidas com os outros informados na seção anterior. De acordo com o engenheiro, “normalmente as falhas são quase sempre as mesmas, ou porque alguém bateu na proteção da câmera ou ela sofreu um deslocamento ou desfoque”, já o *plant manager* aponta outro problema do dispositivo, a diferença de iluminação e de brilho na câmera: “O maior ponto de problema desse cara, como ele faz por comparação de fotos, ele já apresentou rejeição de peças boas, por conta de uma indiferença de iluminação, diferença de brilho ou coisa do gênero, se o operador chega com o colete (refletivo) próximo da bancada, pode gerar problema, se alguém passar com uma lanterna, com alguma coisa, ele também pode gerar problema”.

Segundo os funcionários da empresa, esse sistema *poka-yoke*, de modo igual aos outros dois dispositivos anteriores, também tem sua funcionalidade testada em todo início de turno, e também não foi informado sobre práticas de manutenção preventiva, nem rotinas de acompanhamento de calibração.

Essa operação foi selecionada pela relevância dessa operação para o processo, conforme explicado anteriormente, ela garante que o cliente não irá receber uma peça defeituosa, por ser um sistema de visão com quatro câmeras na operação.

Descrição dos dados 3.3

As entrevistas foram conduzidas de maneira individual, com duração entre 20 e 30 minutos, e gravadas, para sua melhor descrição. A primeira fase da entrevista segue, conforme defendem Ribeiro e Nodari (2000), apresentando a descrição dos dados coletados.

Análise de dados 3.4

Seguindo o método adotado, a próxima etapa da pesquisa qualitativa é a análise dos dados descritos anteriormente.

As fases de uma pesquisa qualitativa, especialmente a descrição e a análise, podem ser muito parecidas e até mesmo confundidas (RIBEIRO; NODARI, 2000).

O quadro 2, apresenta as percepções dos entrevistados, representados por suas siglas (*Plant manager* – Pm; Engenheiro – En; Chefe de turno – Ct; Operário – Op), sobre algumas questões importantes que lhe foram perguntadas, a partir das respostas de cada um deles. Foi marcado um “x” quando o participante falou sobre o tema descrito ao lado. As respostas foram consolidadas e codificadas as para permitir a análise dos dados.

Quadro 2. Percepções dos entrevistados sobre os poka-yoke.

	Pm	En	Ct	Op
Vantagens na garantia da qualidade	x	x	x	x
Vantagens de segurança	x			
Vantagens financeiras	x			
Desvantagens produtivas	x	x		x
Desvantagens por custo	x			
Falhas	x	x	x	x

O quadro 3 é uma adaptação da escala de Likert (SULLIVAN; ARTINO, 2013), com classificação de 1 a 5 (onde 1 representa mínima importância e 5 representa muita importância), ou seja, a importância que cada entrevistado atribuiu ao assunto em questão.

Quadro 3. Escala de importância.

	Pm	En	Ct	Op
Importância dos <i>poka-yoke</i>	4	5	5	4
Importância da calibração	3	2	2	1
Importância da "peça coelho"	3	3	4	3

É importante salientar que os dois quadros anteriores podem ser considerados como a parte quantitativa da pesquisa mesmo ela tendo caráter qualitativo.

No quadro a seguir, são apresentadas as análises de alguns tópicos importantes da entrevista e da visita na “Empresa Sistemista”.

Quadro 4. Análise de alguns tópicos da entrevista.

Tópico	Análise
Histórico na empresa	Pode-se analisar a evolução dos dispositivos na empresa até alcançar todas as etapas de produção.
Importância do <i>poka-yoke</i>	Analisando, é possível notar a importância direta e indireta para a garantia da qualidade que um <i>poka-yoke</i> tem ao executar sua função corretamente.
Vantagens e desvantagens	A principal vantagem se concretiza na garantia da qualidade decorrente dos <i>poka-yoke</i> , apesar das desvantagens de alto custo de implementação e perda de produtividade, ainda se torna vantajoso para a empresa investir nesses dispositivos mantendo a qualidade do processo.
Causas das falhas em <i>poka-yoke</i>	Tanto na visita quanto na entrevista, foi possível notar que os <i>poka-yoke</i> falham por motivos relacionados a ações externas (batidas) ou calibração, ocasionando a aprovação de peças defeituosas ou a reprovação de peça "boas".

Como tratam essas falhas	Conforme o quadro 1, identifica-se que essa etapa é totalmente procedimentada (padronizada), todos os operadores, ao encontrar um problema, são orientados chamarem seu <i>leader</i> (chefe do turno), e estes são responsáveis por chamar o setor da manutenção, caso não consigam resolver. Após ser resolvido, a engenharia faz um acompanhamento do dispositivo.
“Peça coelho”	É uma peça cuja principal função é testar a funcionalidade do dispositivo <i>poka-yoke</i> , através de um ou mais defeitos da operação em questão. Por exemplo, no <i>poka-yoke</i> de sensor de cor, uma “peça coelho” é um componente de cor diferente. Quando o operador testar essa peça “diferente”, o <i>poka-yoke</i> deve atuar, alertando que o componente não deve ser aprovado.
Calibração ou manutenção preventiva	De acordo com os funcionários, nem todos os <i>poka-yoke</i> possuem planos de manutenção preventiva planejada, nem calibração, o que acaba ocasionando algumas falhas nos <i>poka-yoke</i> , em função de sua falta.

Interpretação dos dados 3.5

Para Ribeiro e Nodari (2000), a interpretação de uma entrevista tem a ideia de buscar o significado e o entendimento do contexto. A partir dessa ideia, parte-se da informação do engenheiro da empresa sobre a implementação dos *poka-yoke*, onde a primeira etapa é a análise de qual o melhor tipo para a situação em si (por sensor, sistema de visão, mecânico, etc.). A próxima parte é a cotação e a compra do produto, depois se realiza a programação e a instalação do dispositivo, o qual ainda é listado em uma lista de mestre (onde se encontram todos os *poka-yoke* presentes na planta), para finalmente ser liberado para uso. O dispositivo precisa ser validado, através de uma análise de repetibilidade e reprodutibilidade, etapa na qual são criadas as “peças coelho” necessárias e, também, são feitos os procedimentos com treinamentos e orientações para os operadores.

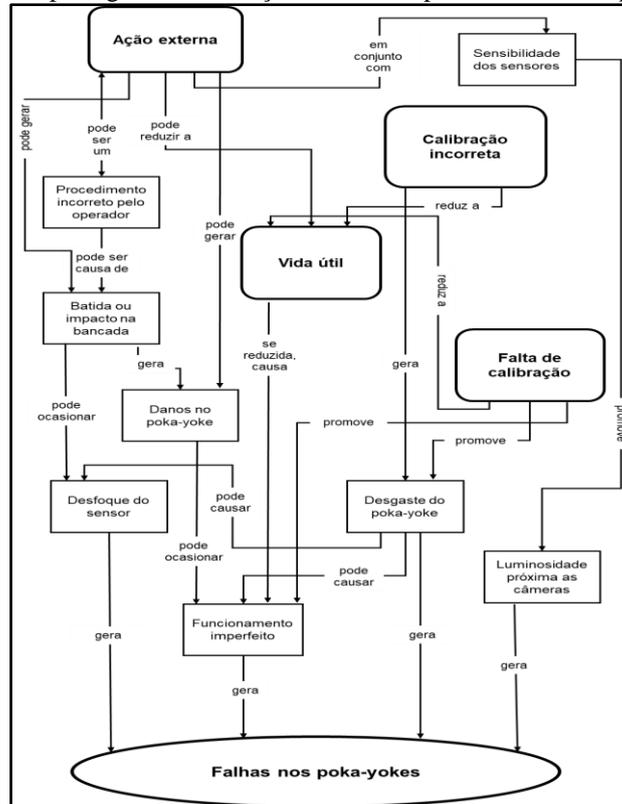
Na seção anterior, discutiu-se a importância das informações sobre o procedimento da “peça coelho” para os entrevistados, logo, é essencial salientar, também, a importância de os operadores seguirem o procedimento de uso dessa peça. É uma peça de verificação da funcionalidade do *poka-yoke*, caso o operador não realize o processo como foi planejado, pode acarretar em “esconder” uma falha do dispositivo. Durante as entrevistas, foi mencionado pelo operador, na questão 5, que as falhas normalmente ocorrem quando o *poka-yoke* é novo, o que se justifica, pois o operador ainda não dominou o procedimento do dispositivo recém liberado.

De acordo com o Quadro 2, apresentado anteriormente, nota-se uma incidência maior do *Plant manager* (marcado com x em todos os quesitos), apontando uma centralização do gerente sobre o envolvimento e a disseminação do que envolve a importância dos *poka-yoke*.

Percebem-se, a partir da pesquisa, causas, motivos e acontecimentos que levam a uma falha nos *poka-yoke*. Foi então construído um mapa cognitivo no intuito de melhor

visualizar as relações, conforme Gomes e Kliemann Neto (2015). A figura a seguir mostra o mapa cognitivo:

Figura 6. Mapa cognitivo da relação das causas para as falhas nos *poka-yoke*.



Fonte: Autor.

Segundo Gomes e Kliemann Neto (2015), em um mapa cognitivo, as principais causas são associadas ao maior número de saídas, logo, é possível notar que as falhas derivam de quatro origens:

- **Ação externa:** qualquer influência de um ser humano ou um evento inesperado no processo, que ocasione uma falha no dispositivo (por exemplo, uma batida na bancada pelo operador ou o cabo da uma máquina);
- **Calibração incorreta:** ocorre quando a calibração do dispositivo não segue o procedimento correto (por exemplo, calibrar uma câmera para uma cor “diferente” da que precisa ser ajustada);
- **Falta de calibração:** ocorre quando o dispositivo não realiza a operação de calibração no *poka-yoke*;
- **Vida útil:** Ocorre quando o dispositivo ou algum componente falham (por exemplo, um componente eletrônico deixa de funcionar, comprometendo o dispositivo *poka-yoke*).

DISCUSSÕES 4

Na interpretação dos dados na seção 3.5, é mostrado o processo de implementação dos *poka-yoke* na empresa, percebe-se que, além da criação do dispositivo, ainda é gerada a “peça coelho” e também são organizados os treinamentos e orientações para todos os operadores. Conforme dizem Rabelo, Bresciani Filho e Oliveira (1995), treinamentos nas empresas incidem no resultado de programas de melhoria da qualidade, fazendo com que diminua possíveis problemas de operação incorreta.

Uma constatação que pode ser identificada é a existência de uma proporcionalidade entre a criticidade do produto, o tamanho da empresa e a geração de melhorias (através de *poka-yoke*). Quanto mais crítico o item a ser produzido, mais detalhado será o *poka-yoke* inserido na linha de produção. Por exemplo, a operação da inspeção final, onde foram instaladas quatro câmeras e ainda possuindo mais duas em espera, caso alguma apresente defeito, confirmando que é um dispositivo mais planejado, conforme comprovam Tsou e Chen (2005) e Dudek-Burlikowska e Szewieczek (2009).

Também nota-se que quanto mais detalhado o *poka-yoke*, mais suscetível a falhas ele estará, como, por exemplo, o *poka-yoke* da inspeção final, que é um dispositivo sensível à luz, e um colete reflexivo pode vir a ocasionar uma leitura errada das câmeras, conforme explicou o *Plant manager*: “Esse *poka-yoke* vem para nos garantir todo o processo, esse é um, digamos assim, esse é um bem mais completo e complexo, por que precisa garantir que todas as etapas anteriores foram realizadas, por isso uma indiferença de iluminação, diferença de brilho ou coisa do gênero (se o operador chega com o colete na volta ou passar com uma lanterna) pode gerar problema”. Devido ao *poka-yoke* falhar, inevitavelmente, em algum momento, podem ser realizados testes de acompanhamento para validar a funcionalidade do dispositivo, o qual algumas empresas chamam de “peça coelho”.

O não cumprimento correto do procedimento para usar a “peça coelho” na validação da funcionalidade do dispositivo *poka-yoke* pode acarretar em “esconder” um *poka-yoke* com falhas, permitindo assim que peças defeituosas sigam o processo produtivo ou sejam enviadas para o cliente.

Apesar dos dispositivos *poka-yoke* falharem, não significa necessariamente que o produto será defeituoso, pois depende do tipo e confecção de cada *poka-yoke*. Por exemplo, no sensor de presença, que capta se o operador insere o “clip”, se o *poka-yoke* parar de funcionar, ele apenas não impedirá o erro, mas o produto poderá continuar sendo produzido de forma correta. Já nos *poka-yoke* da inspeção final, o dispositivo defeituoso

poderá acusar uma peça correta que está defeituosa ou vice-versa. Portanto, ratifica-se que o *poka-yoke* é um dispositivo apenas para garantir que o produto será feito da maneira correta, neutralizando o erro ou detectando o defeito, sendo que o seu não funcionamento correto (falhas) não necessariamente tem relação direta com o produto gerado defeituoso, confrontando as ideias de Chao, Beiter e Ishii (2001) e Grout (2007), que o simplifica como dispositivo de detecção que controla defeitos.

Confirmando o que Gomes (2001) defende, os *poka-yoke* “verdadeiros” e mais eficazes são os de prevenção, pois evitam que uma peça defeituosa seja gerada e siga o fluxo do processo produtivo, enquanto os de detecção apenas sinalizam os defeitos na peça depois de ser processada na operação, para que não siga adiante no processo. Portanto, classificam-se os *poka-yoke* analisados nesta pesquisa da seguinte forma:

- *Poka-yoke* de sensor de cor como *poka-yoke* de prevenção, pois o operador só conseguirá realizar a instalação do “clip” se o componente for da cor certa, impedido a produção de uma peça indesejada, conforme Posajek (1999);
- *Poka-yoke* de sensor de presença como *poka-yoke* de prevenção, pois garante que a peça será gerada, se, e somente se, o dispositivo detectar a presença do “clip” de forma correta, impedindo a geração de peças defeituosas, segundo Nikkan (1988) e Plonka (1997);
- Sistema *poka-yoke* da inspeção final como *poka-yoke* de detecção, pois eles não impedem que uma peça com defeito seja criada, mas detectam um defeito na peça e impedem que ela seja enviada ao cliente, de acordo com Shimbun (1988) e Shingo (1996).

Conforme a interpretação dos dados na seção anterior apresentou, para os *poka-yoke* do estudo de caso apresentado, as falhas provem de quatro causas: ação externa, calibração incorreta, falta de calibração ou vida útil, esse assunto não é apontado na literatura pesquisada. O quadro a seguir apresenta na primeira e na segunda coluna os dispositivos *poka-yoke* com suas respectivas falhas. Na terceira coluna, os tipos de falhas, que, conforme o TQC – Controle da Qualidade Total, podem ser a causa primária da geração das falhas, como defendido por Campos (1992). Na última coluna, as causas das falhas, segundo o TQC, a causa raiz (CAMPOS, 1992).

Observou-se que podem haver casos em que *poka-yoke* com tecnologia embarcada com eletrônica, tendem a ter vida útil de componentes que podem se deteriorar ou ficarem inoperantes gerando a falha nos *poka-yoke*, e conforme Martorelli (2004) defende, rotinas de calibração melhoram o ciclo de vida do dispositivo.

É importante informar que, para outros tipos de *poka-yoke* ou em uma indústria diferente, podem existir outras falhas em *poka-yoke* e, conseqüentemente, outras causas de falhas.

Quadro 4. Falhas e causas nos poka-yoke analisados.

Poka-yoke	Falhas	Modo de falhas	Causa das falhas
Poka-yoke sensor de cor	Não detecta a cor;	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa
			Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa
			Calibração Incorreta
		Desgaste do poka-yoke;	Calibração Incorreta
			Falta de calibração
	Vida útil		
	Problemas e danos no dispositivo.	Calibração Incorreta	
		Falta de calibração	
		Vida útil	
	Detecta a cor incorreta.	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa
			Vida útil
Procedimento incorreto pelo operador;		Ação externa	
		Calibração Incorreta	
Desgaste do poka-yoke;		Calibração Incorreta	
		Falta de calibração	
	Vida útil		
Problemas e danos no dispositivo.	Calibração Incorreta		
	Falta de calibração		
	Vida útil		

Poka-yoke sensor de presença	Não detecta a presença do "clip";	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa Calibração incorreta Calibração incorreta Falta de calibração
		Desgaste do poka-yoke;	Vida útil Calibração incorreta Falta de calibração
		Problemas e danos no dispositivo.	Vida útil
	Detecta a instalação do "clip" de forma incorreta;	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa Calibração incorreta Calibração incorreta Falta de calibração
		Desgaste do poka-yoke;	Vida útil Calibração incorreta Falta de calibração
		Problemas e danos no dispositivo.	Vida útil
	Detecta a presença de um "clip" inexistente.	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa Calibração incorreta Calibração incorreta Falta de calibração
		Desgaste do poka-yoke;	Vida útil Calibração incorreta Falta de calibração
		Problemas e danos no dispositivo.	Vida útil
Sistema poka-yokes da inspeção final	Não detecta algum defeito presente;	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa Calibração incorreta Calibração incorreta Falta de calibração
		Desgaste do poka-yoke;	Vida útil Calibração incorreta Falta de calibração
		Problemas e danos no dispositivo.	Vida útil
	Detecta um defeito inexistente na peça.	Impacto na bancada, gerando desfoque;	Ação externa
		Sensibilidade dos sensores;	Ação externa Vida útil
		Procedimento incorreto pelo operador;	Ação externa Calibração incorreta Calibração incorreta Falta de calibração
		Desgaste do poka-yoke;	Vida útil Calibração incorreta Falta de calibração
		Problemas e danos no dispositivo.	Vida útil

Falhas referentes à calibração incorreta e à sua falta podem ser minimizadas com a utilização de planos de manutenção e acompanhamento da calibração dos *poka-yoke* (LEITE, 2006; VIM, 2012; SOUSA 2018), pois a calibração deixa o dispositivo em sua condição de operação original. Contradizendo a atual situação da empresa, conforme escala de Likert apresentada anteriormente, mesmo os entrevistados informando a importância da calibração para os *poka-yoke*, não a realizam em todos os dispositivos.

Revisitando a seção anterior, sobre a interpretação dos dados, e a partir da literatura, é respondida uma das perguntas-problema desta pesquisa: Por que os *poka-yoke* falham? A resposta a essa pergunta vem do fato de que os *poka-yoke* são na sua essência dispositivos de medição, confirmando o que diz Gomes (2001), que já apontava o dispositivo de *poka-yoke* como sistema de medição em sua essência, devendo, portanto, ser tratado como tal, sendo testado, validado e calibrado com periodicidade definida, conforme o VIM (2012).

5 CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos do presente trabalho, de analisar as falhas em dispositivos *poka-yoke* e suas causas durante o processo de fabricação de componentes automotivos de uma empresa sistemista, bem como de propor contramedidas para evitar as falhas, conclui-se que foram atendidos e são mostrados a partir dos objetivos específicos.

O primeiro objetivo específico deste trabalho, o de analisar os dispositivos *poka-yoke* a partir do critério de seleção do *Plant manager*, que optou pela operação de montagem abrangendo dois dispositivos *poka-yoke* na mesma atividade do operador, e pela operação da inspeção final, devido a sua relevância ao processo, foi atingido ao evidenciar a natureza dos *poka-yoke*, seu funcionamento e sua diversidade tipológica. Em essência, *poka-yoke* são uma espécie de dispositivos que neutralizam falhas nos processos (originando defeitos), ou detectam defeitos, mas suas falhas não necessariamente significam que o produto será defeituoso.

Em seguida, quanto ao segundo objetivo, referente à análise das entrevistas através das etapas da pesquisa qualitativa dos dados coletados, concluiu-se que as já referidas entrevistas mostraram as falhas nos *poka-yoke*, os procedimentos da empresa e a importância de alguns conceitos para os participantes, conforme mostrado a seguir.

O terceiro e último objetivo específico desta pesquisa, o de mensurar os principais problemas ou falhas e sua consequente discussão, referente aos *poka-yoke*, ocorreu através da interpretação dos dados coletados na empresa citada, conforme a visualização facilitada pelo mapa cognitivo adotado. Após essa etapa, apresentou-se a discussão dos resultados. Assim, durante a entrevista e a visita à empresa, foram coletados os dados, por meio de um questionário apresentado aos funcionários, resultando a decorrente análise dos *poka-yoke*. Os *poka-yoke* do sensor de cor e os do sensor de presença classificam-se como *poka-yoke* de prevenção, e o sistema de quatro *poka-yoke* da inspeção final rotulam-se como *poka-yoke* de detecção. Após, foram realizados os passos seguintes da pesquisa qualitativa empreendida: descrição, análise e interpretação dos dados. Resultaram, através desses passos, as quatro causas de falhas: a ação externa, a calibração incorreta, a falta de calibração e a vida útil.

Todos os *poka-yoke* necessitam de práticas periódicas de calibração, podendo ter, desse modo, sua frequência adequada, o que não ocorreu na empresa estudada, exceto pela validação do *poka-yoke* com a peça “coelho”. O controle do *poka-yoke* através da

“peça-coelho” depende exclusivamente da disciplina do operador, ressaltando-se o desenvolvimento e o envolvimento das pessoas, no sentido de melhorar o dispositivo.

Dessa maneira, conclui-se que *poka-yoke* são, em sua essência, dispositivos de medição e, por isso, estão suscetíveis a falhar por ações de desgaste natural, desfoque e outros tipos de falhas decorrentes de ações externas ou efeitos da falta de calibração ou calibração incorreta. Para o estudo de caso em questão, os *poka-yoke* devem ser tratados como tal, sendo testados, validados e calibrados com periodicidade definida. Além de esses resultados estarem adequados ao caso apresentado, podem, também, contribuir para a literatura, devido à possibilidade das mesmas falhas e causas ocorrerem em outras empresas.

Para evitar que os dispositivos *poka-yoke* venham a apresentar algum defeito, serão apresentadas algumas contramedidas para serem utilizadas na empresa:

- Instalar um “contador” no *poka-yoke*, que desativará seu funcionamento quando o número de testes programados pela manutenção for atingido, “obrigando” o teste de validação;
- Durante a implementação do *poka-yoke*, além de criar a “peça coelho”, devem preparar um roteiro de calibração ou inserir nos planos de manutenção preventiva.

Desde a construção deste trabalho de dissertação até seu final, identificaram-se algumas sugestões para a sua continuidade, apontadas a seguir:

- Análise das falhas nos outros *poka-yoke* da empresa;
- Análise das falhas em *poka-yoke* de outras empresas de componentes automotivos;
- Comparação das falhas analisadas entre empresas de mesmo ramo de atividades ou de atividades diferentes;
- Utilização do FMEA – Análise de Modos de Falha e seus Efeitos – para análise dos modos e dos efeitos de falhas em *poka-yoke*.

REFERÊNCIAS

- BARROS, A. J. S; LEHFELD, N. A. S. **Fundamentos de metodologia científica: um guia para iniciação científica**. 2. Ed. São Paulo: Makron Books, 2000.
- CAMPOS, V. F. **Controle da qualidade total**. Fundação Cristiano Ottoni Bloch Editores, Rio de Janeiro, 1992.
- COUTINHO, F. M. J; AQUINO, J. T. Os 5s Como Diferencial Competitivo Para o Sistema de Gestão da Qualidade: Estudo de Caso de Uma Empresa de Aços Longos. **GESTÃO.Org – Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 13, n. 2, p. 176-186, 2015.
- DESLAURIERS, J-P. **Recherche qualitative: guide pratique**. Québec (Ca): McGrawHill, Éditeurs, 1991.
- FILHO L. D. R. M. & CHENG L. C. QFD na garantia da qualidade do produto durante seu desenvolvimento - caso em uma empresa de materiais. **Produção** 17: 604-624. 2007.
- FONSECA, J.J.S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, Apostila, 2002.
- GHINATO, P. Quality control methods: toward modern approaches through well established principles. **Total Quality Management Journal**, v.9, n.6, 1998.
- GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997
- GOMES, L. C. **Avaliação da contribuição das técnicas do sistema Toyota de produção para os objetivos estratégicos das empresas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 132 p., 2001.
- GOMES, L. C; KLIEMANN NETO, F. J. Métodos colaborativos na gestão de cadeias de suprimentos: Desafios de implementação. **Rev. Adm. Empres.**, São Paulo, v. 55, n. 5, p. 563-577, Out. 2015. Acesso em 04 Jun. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020150508>.
- LEITE, F. N. **Calibração de dispositivos a cores utilizando uma câmera digital**. Dissertação de Mestrado, Publicação: 286ª/06, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, DF, 61p. 2006.
- MARTORELLI, S. **Novas tecnologias em manutenção, manutenção em transformadores**, In: Boletim Técnico, SM Controle de Qualidade Ltda, Recife, PE, 2004.
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção: Uma abordagem integrada ao Just-in-time**. Bookman Editora, 2015.
- PLONKA, F. E. Developing a lean and agile work force. **Journal of Human Factors and Ergonomics in Manufacturing**, v.7, n.1, p.11-27, 1997.

POSAJEK, R. B. Poka-yoke and zero waste. Environ. **Quality Management**. 2: 91-97. 1999.

RABELO, F. M; BRESCIANI FILHO, E; OLIVEIRA, C. A. B. Treinamento e gestão da qualidade. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 13-19, maio/jun. 1995.

RIBEIRO, J. L. D; NODARI, C. T. Tratamento de Dados Qualitativos: Técnicas e Aplicações. **FEENG**, Porto Alegre, 2000.

SHIMBUN, N. K. **Poka-yoke**: Improving product quality by preventing defects. Portland, MA: Productivity Press. Título Original: Pokayoke dai zukan. 1988.

SHINGO, S. **Zero quality control**: Source inspection and the poka-yoke system. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1996.

SOUSA, A. C. G. **Estudo de aplicabilidade da câmara climática de duas-pressões em calibrações de instrumentos de medição de humidade relativa**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 137p. 2018.

SULLIVAN, G. M; ARTINO, A. R. Analyzing and Interpreting Data From Likert-Type Scales. **Journal of Graduate Medical Education**. Vol. 5, No. 4, p. 541-542. Dez 2013.

TASCIN, J. C; MARANGONI, S. C. Custos da produção agroindustrial: uma breve revisão bibliográfica. **XIII SIMPEP**, Bauru, SP, Brasil, nov. 2006.

TSOU, J. C; CHEN, J. M. Dynamic model for a defective production system with Poka-Yoke. **Journal of the Operational Research Society**. 56:799-803. 2005.

VIM – **Vocabulário Internacional de Metrologia** – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados. Instituto Nacional de Metrologia. Duque de Caxias: INMETRO. 2012.

YIN, R. K. **Case Study Research**: Design and Methods, 2nd ed., Sage Publications Inc, Thousand Oaks, CA. 1994.