

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PADRE CARLOS LEÔNCIO DA SILVA
TÉCNICO EM QUALIDADE**

**APLICAÇÃO DA CARTA DE CONTROLE NO PROCESSO DE
COLAGEM DO MIRROR BUTTON EM UMA INDÚSTRIA
AUTOMOTIVA.**

**Luiz Gustavo da Cruz Marques¹
Moisés Souza Ramos²
Marcio Melo Santos³
Marcos Paulo Nunes Martins⁴
Tales Rosa da Silva⁵
Profª Drª Sara Aparecida Machado⁶**

Resumo: Este artigo aborda a aplicação da carta de controle no monitoramento do processo de colagem de mirror buttons utilizando um sistema de visão industrial. O objetivo principal é analisar como a carta de controle pode garantir a qualidade e a consistência do processo de colagem, detectando variações e identificando falhas. O sistema de visão Aumatech é empregado para medir parâmetros críticos, como o posicionamento preciso do botão e a quantidade de adesivo aplicado. A carta de controle é utilizada para registrar e visualizar as medições ao longo do tempo, comparando os dados com limites superiores e inferiores preestabelecidos. O artigo demonstra que, ao identificar rapidamente pontos fora de controle, o processo pode ser ajustado, evitando a produção de peças defeituosas. Além disso, a carta permite detectar tendências de variação, proporcionando a intervenção antecipada antes que ocorram falhas mais graves. A pesquisa conclui que a integração da carta de controle com o sistema de visão industrial resulta em um processo mais robusto e eficiente. A utilização dessa ferramenta estatística permite o monitoramento contínuo e a melhoria constante, além de reduzir custos com retrabalho e desperdício. A metodologia proposta melhora o controle de qualidade, aumentando a confiabilidade e a produtividade no processo de colagem.

Palavras-chave: Carta de Controle, Controle Estatístico de Processo, Qualidade.

¹ Técnico em Qualidade – Etec Padre Carlos Leônico da Silva. luizgustavomarques676@gmail.com

² Técnico em Qualidade – Etec Padre Carlos Leônico da Silva. mooises.ramos@gmail.com

³ Técnico em Qualidade – Etec Padre Carlos Leônico da Silva. Marciomelo95@gmail.com

⁴ Técnico em Qualidade – Etec Padre Carlos Leônico da Silva. mpaulo2496@gmail.com

⁵ Técnico em Qualidade – Etec Padre Carlos Leônico da Silva. tales.lorena@hotmail.com

⁶ Eng Industrial Química- Profª da Etec Padre Carlos Leônico da Silva. sara.machado11@etec.sp.gov.br

1 INTRODUÇÃO

A busca por maior qualidade e confiabilidade na manufatura tem impulsionado o uso de ferramentas estatísticas de controle para apoiar decisões. No setor automotivo, onde as exigências técnicas e de segurança são rigorosas, o monitoramento da qualidade é essencial para garantir padronização e reduzir falhas (MONTGOMERY, 2009).

Nesse contexto, destaca-se o uso de cartas de controle associadas a sistemas de visão industrial, que possibilitam a detecção automática de desvios e não conformidades. As cartas de controle permitem distinguir variações comuns de especiais e agir preventivamente, evitando produtos fora de especificação (MONTGOMERY, 2009). Com o avanço da automação, sua aplicação tem se ampliado, viabilizando a coleta precisa de dados críticos (MIRANDA et al., 2017).

Na montagem automotiva, a colagem do mirror button — responsável pela fixação do retrovisor interno — é uma etapa sensível, pois falhas comprometem a segurança e a funcionalidade do produto. Assim, torna-se importante investigar como a integração entre cartas de controle e sistemas de visão pode prevenir falhas, reduzir retrabalhos e promover a melhoria contínua. Em especial, o controle de parâmetros como posicionamento e dosagem do adesivo contribui para diminuir defeitos e desperdícios (SILVA & OLIVEIRA, 2020). Essa integração representa uma estratégia eficaz para aumentar a confiabilidade e a eficiência produtiva.

Neste sentido o problema central da pesquisa é compreender como a aplicação conjunta dessas ferramentas podem tornar o processo de colagem mais robusto. A hipótese é que a combinação entre cartas de controle e visão industrial permite identificar variações de forma mais eficiente, favorecendo intervenções rápidas e maior estabilidade operacional.

O objetivo geral é analisar o uso da carta de controle em um sistema de visão industrial aplicado à colagem do mirror button. Os objetivos específicos são: (I) caracterizar o processo e suas variáveis críticas; (II) avaliar o desempenho das cartas de controle; e (III) discutir seus benefícios na melhoria da qualidade e confiabilidade. A relevância do estudo está na necessidade da indústria automotiva de adotar soluções tecnológicas que assegurem qualidade elevada e reduzam retrabalhos. A integração entre estatística e visão industrial surge como alternativa inovadora e alinhada aos princípios da Indústria 4.0.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Qualidade e Controle Estatístico de Processo (CEP)

A gestão da qualidade tem como objetivo reduzir a variabilidade e garantir a conformidade nos processos industriais, sendo uma das principais ferramentas o Controle Estatístico de Processo (CEP). Este processo, por meio das cartas de controle, permite identificar desvios antes que se tornem falhas, sendo amplamente utilizado na indústria automotiva para monitorar processos críticos de produção.

De acordo com Almeida et al. (2006), sistemas de inspeção com apoio computacional permitem a tomada de decisões automáticas nas linhas de produção, o que aumenta tanto a confiabilidade quanto a produtividade. Esses sistemas, integrados diretamente à linha de produção, realizam tarefas como medições automáticas de dimensões, peso, temperatura e vibração, análise por visão computacional para detectar defeitos visuais, comparação com padrões em tempo real e até decisões automáticas, como rejeitar ou redirecionar peças fora da especificação. Essa automação reduz a dependência de inspeções manuais, tornando o processo mais confiável, rápido e repetível, além de permitir respostas imediatas a variações detectadas.

O CEP, por sua vez, tem como principal função monitorar, controlar e reduzir a variabilidade do processo, utilizando dados coletados em tempo real. Suas ferramentas fundamentais são as cartas de controle, que ajudam a identificar quando um processo começa a sair de sua condição estável, permitindo detectar desvios antes que se transformem em falhas.

2.2 Conceito de Carta de Controle

A carta de controle é um gráfico que exibe dados coletados ao longo de um processo, como medições ou observações, para verificar se o processo está estável (ou seja, sob controle) ou se apresenta sinais de variações inesperadas. Ela ajuda a identificar quando o processo começa a sair de controle devido a causas especiais ou fora dos limites preestabelecidos.

“Segundo o JMP Knowledge Portal, a variação especial acontece quando algo fora do padrão afeta o processo (colagem final do mirror button), enquanto a variação comum refere-se às flutuações normais do sistema.”

Os principais componentes de uma carta de controle são a linha central (LC), os limites de controle, os dados (pontos de amostra) e as causas comuns e especiais.

A linha central (LC) representa a média ou o valor esperado do processo, funcionando como uma referência para comparar as medições. Já os limites de controle incluem o limite superior (LCS) e o limite inferior (LCI), que definem a faixa de variação aceitável para o processo. Quando os dados caem fora desses limites, isso indica que o processo está fora de controle. Os dados ou pontos de amostra correspondem aos valores reais coletados ao longo do tempo ou das amostras do processo, com cada ponto representando uma medição ou observação do processo. A carta de controle também auxilia na distinção entre causas comuns, que são variações naturais do processo, e causas especiais, que resultam de fatores externos ou anormais.

Existem diferentes tipos de cartas de controle, cada uma adequada a tipos específicos de dados ou processos. Entre os exemplos mais comuns, temos a Carta X-barra (média), usada para monitorar a média de amostras de um processo; a Carta R (amplitude), que monitora a variabilidade dentro de uma amostra; a Carta P (proporção), indicada para dados binários, como defeituoso ou não defeituoso; a Carta NP, que é semelhante à Carta P, mas usada para contar o número de itens defeituosos em uma amostra; a Carta C, usada para contar o número de defeitos em um item ou unidade; e a Carta U, que também serve para contar defeitos, mas por unidade de produção.

2.3 Referências Históricas

Walter A. Shewhart (1931): Shewhart é considerado o "pai" das cartas de controle. Ele foi o primeiro a introduzir o conceito de controle estatístico de processos, com foco na análise da variabilidade dos processos de produção. Seu trabalho foi fundamental para o desenvolvimento das cartas de controle como uma ferramenta de qualidade.

W. Edwards Deming (década de 1950): Deming popularizou a utilização de cartas de controle na indústria japonesa após a Segunda Guerra Mundial, sendo um dos principais responsáveis por expandir a ideia do controle de qualidade estatístico. Ele ensinou que a qualidade deve ser parte do processo e não apenas um ponto de verificação final.

Joseph M. Juran (1950s): Juran, outro grande nome do controle de qualidade, trabalhou com Deming na disseminação de métodos como as cartas de controle e focou no aspecto da melhoria contínua de processos.

Esses pioneiros ajudaram a moldar a prática moderna de controle de qualidade e enfatizaram a importância de manter os processos sob controle para garantir produtos e serviços de qualidade consistente.

2.3 Aplicação da Carta de Controle na Colagem do Mirror Button

O processo de colagem do mirror button exige precisão, pois desvios de alinhamento ou aderência comprometem a segurança e a estética do produto final. A aplicação da carta de controle, associada a sistemas de visão, permite acompanhar a variabilidade do processo, detectando falhas em tempo real e garantindo maior confiabilidade ao produto. Nesse sentido, conforme Tognon (2019) e Foresti (2006), a integração de visão computacional e CEP representa um avanço significativo para o setor automotivo.

Segundo Almeida et al. (2006), os sistemas de inspeção com apoio computacional introduzem uma camada de inteligência e automação nos processos de controle da qualidade]

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa adota a abordagem qualitativa, utilizando o estudo de caso como método de investigação. O caso escolhido para análise é Aplicação da carta de controle no processo de colagem do mirror button em uma indústria de vidros automotivos

Para a coleta de dados, foram utilizadas diferentes técnicas:

Observação direta: Complementando a coleta automatizada de dados pelo sistema de visão industrial, foi realizada a observação direta do processo de colagem do mirror button na linha de produção. Essa etapa teve como finalidade compreender as condições reais de operação e identificar fatores humanos e ambientais que possam influenciar a variabilidade do processo.

Durante a observação, acompanhou-se o ciclo completo de colagem — desde a aplicação do adesivo até a fixação final no para-brisa — registrando aspectos como tempo de ciclo, temperatura, limpeza das superfícies, pressão de colagem e eventuais ajustes feitos pelos operadores. As informações obtidas por meio dessa observação permitiram correlacionar variações detectadas nas cartas de controle com possíveis causas físicas e operacionais, contribuindo para uma análise mais precisa e para o aprimoramento do controle de qualidade do processo.

Entrevistas: foram realizadas entrevistas com engenheiros e operadores com o objetivo de compreender diferentes aspectos do processo produtivo. As entrevistas com os engenheiros tiveram como foco os aspectos técnicos da máquina, incluindo os cálculos e fórmulas desenvolvidos pela engenharia para determinar as ações do sistema e do robô. Já as entrevistas com os operadores buscaram entender o método de trabalho padronizado, a fim de obter uma visão mais aprofundada sobre o cotidiano do processo.

Análise documental: foi conduzida uma análise documental que envolveu a verificação dos checklists do processo, com o propósito de identificar possíveis indícios de variação entre os turnos, bem como a análise das fichas técnicas, para comparar se os parâmetros estão devidamente padronizados. Também foi examinada a carta de controle, com o intuito de avaliar a variabilidade do processo e tirar conclusões sobre sua estabilidade.

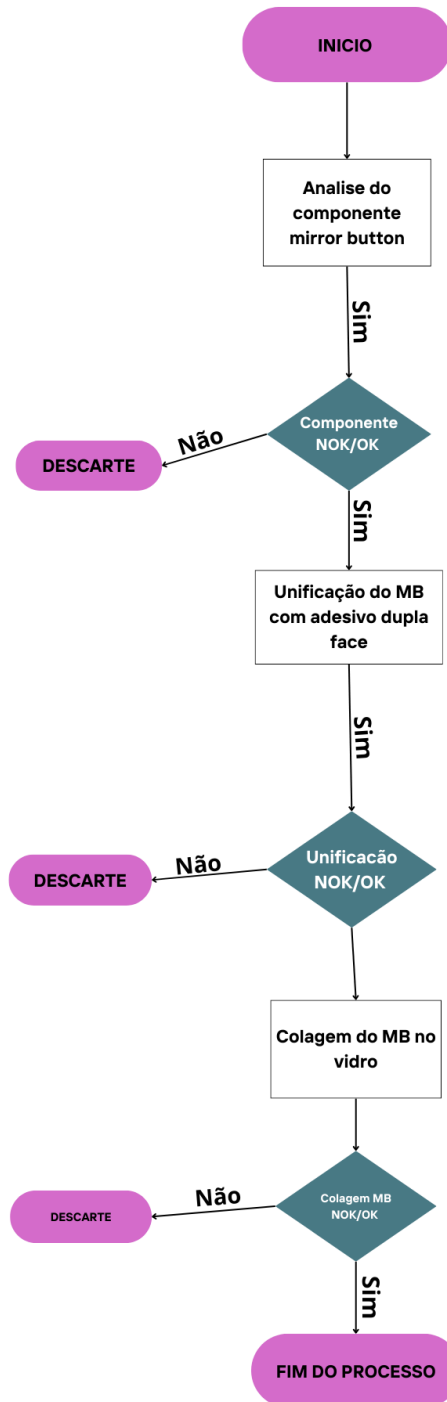
4 ESTUDO DE CASO: Aplicação da carta de controle no processo de colagem do mirror button na indústria automotiva.

4.1 Caracterização do Processo

O objeto de estudo é o processo de colagem do mirror button em para-brisas automotivos. Essa etapa envolve a aplicação de adesivo e a fixação do componente em posição específica, com tolerâncias dimensionais rigorosas. Para a pesquisa, foi utilizado um sistema de visão industrial configurado para inspecionar parâmetros críticos como: posição de colagem, área de contato do adesivo e alinhamento do componente. A processo para verificar a posição correta de colagem está demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do processo de colagem do mirror button

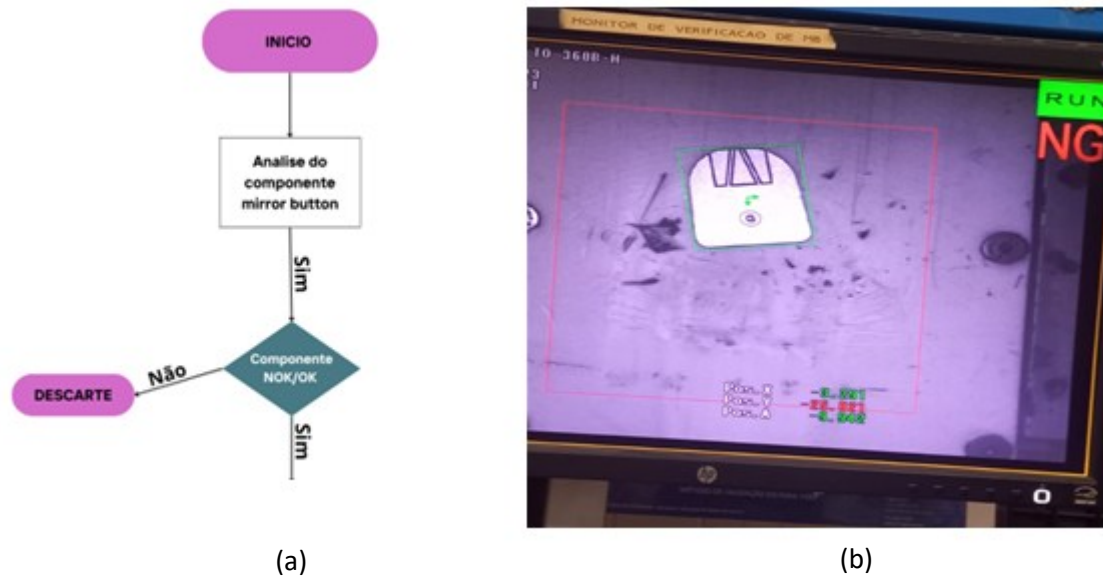
Fluxograma: Colagem do Mirror Button



Fonte: Próprio autor

O processo se inicia com a análise do mirror button feito pelo sistema de visão (Figura 2(a)) na qual há um banco de dados que é inserido os limites de aceitação e gera o resultado final (OK/NOK), se NOK o componente “ERRADO” é descartado, se OK o componente segue para o processo seguinte.

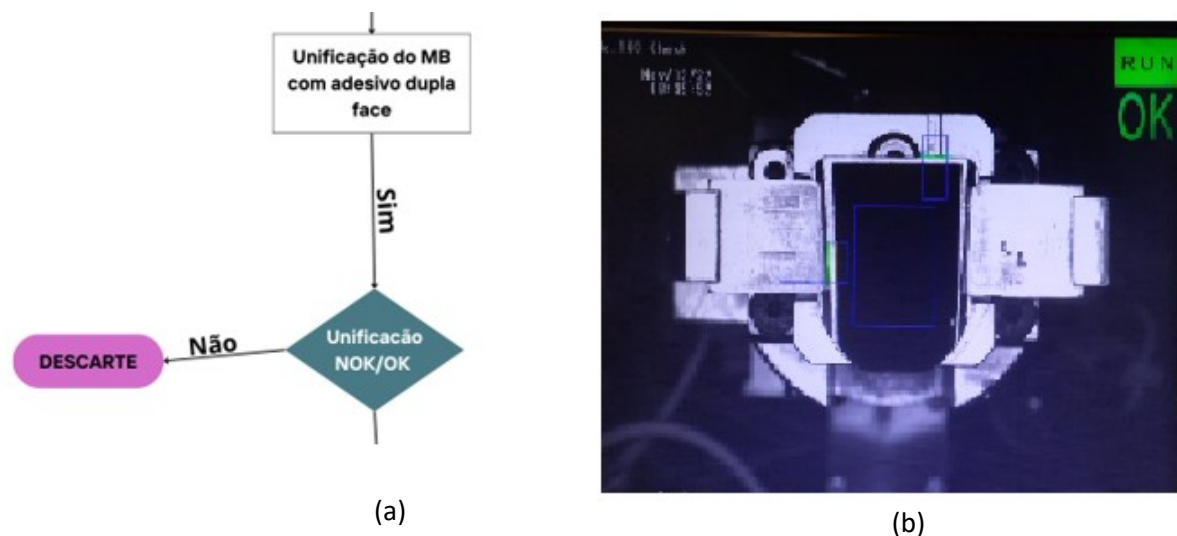
Figura 2 – (a) Início do processo na qual o sistema de visão analisa se o componente corresponde com OK/NOK para a receita selecionada; (b) Imagem coletada pelo sistema



Fonte: Próprio autor

Depois de verificado se o componente está OK seguindo as determinações do cliente, segue para o próximo processo na qual consiste na análise da unificação do mirror button com adesivo dupla face (Figura 3(a)), que por sua vez é feita pelo sistema de visão industrial Aumatech, pois com os parâmetros setados no banco de dados o sistema define se a foto está conforme com as especificações Figura 3(b).

Figura 3 – (a) Processo na qual se analisa a unificação do mirror button com a fita dupla face que posteriormente será colado no para-brisa; (b) Imagem do sistema de visão Aumatech.



Fonte: Próprio autor

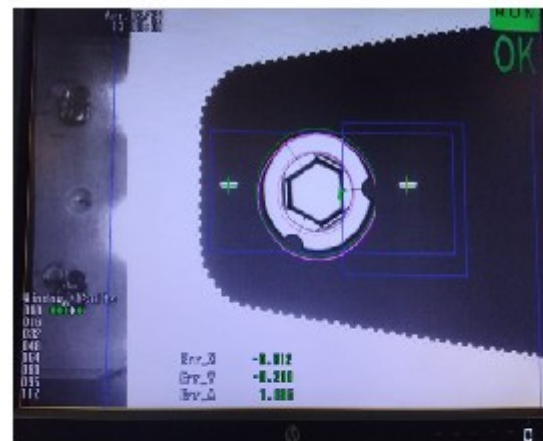
Próximo processo consiste na colagem do mirror button (Figura 4 a b) propriamente dito no para-brisa, como nos outros processos o sistema de visão industrial aumatech possui em seu banco de dados os parâmetros conforme que define a posição correta do mirror button no para-brisa, pois posteriormente na montadora será montado o retrovisor sobre o mirror button.

Caso o resultado seja OK o para-brisa segue adiante para o próximo processo, se o resultado for NOK o MB é retirado automaticamente e sucateado, porem o vidro volta para ser feito a colagem novamente. Todo resultado gerado nesse processo (OK/NOK) especificamente é transferido para um banco de dados no sistema de visão Aumatech e alimenta a carta de controle para análises de variabilidade do processo.

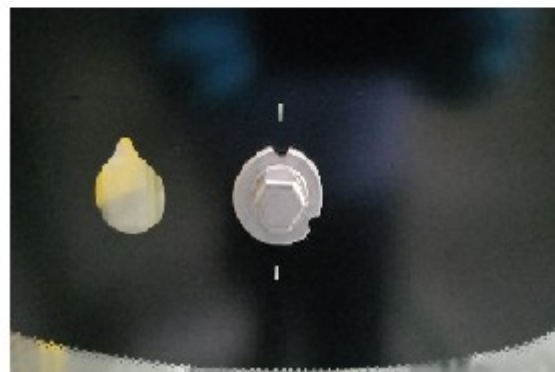
Figura 4- (a) Processo na qual se analisa a unificação do mirror button com a fita dupla face que posteriormente será colado no para-brisa; (b) Imagem do sistema; (c) Imagem do sistema de visão Aumatech.



(a)



(b)



(c)

Fonte: Próprio autor

5 Metodologia Empregado

5.1 Coleta de Dados

O sistema de visão foi programado para coletar imagens de 100% das unidades produzidas no total de 30 peças. As variáveis críticas foram convertidas em dados quantitativos (deslocamento em milímetros, área de adesão em mm²) e qualitativos (conforme/não conforme). Esses dados alimentaram o software estatístico utilizado para construção das cartas de controle.

5.2 Aplicação das Cartas de Controle

Foram aplicadas cartas de controle do tipo \bar{X} -R para monitoramento das médias e amplitudes das variáveis dimensionais, além de cartas P para o acompanhamento das proporções de unidades não conformes. O objetivo foi avaliar se o processo se mantém sob controle estatístico e identificar possíveis causas especiais de variação.

5.3 Resultados e discussões

Os dados coletados pelo sistema de visão industrial Aumatech, referentes à colagem do mirror button, foram processados e classificados automaticamente em OK (conforme) e NG (não conforme), conforme os parâmetros definidos no banco de dados de controle. Esses resultados foram exportados para o software estatístico responsável pela alimentação das cartas de controle, utilizadas como ferramenta principal de análise da variabilidade do processo.

Em conjunto a engenharia de processos foi proposto uma quantidade de 30 peças do modelo Honda T7, na qual foi feito o acompanhamento de todo processo de colagem simultaneamente analisando as cartas de controle, a fim de afunilar as variâncias do processo de colagem final, foi constatado uma variação pontual nas 3 dimensões em X, Y e ANG, que por sua vez o motivo foi um erro no cálculo criado para o sistema de visão se localizar nos pontos corretos. Isso salienta a importância do uso carta de controle.

Durante o período de observação, foram inspecionadas 30 unidades, com 100% de amostragem. A partir das medições realizadas, foram construídas cartas de controle do tipo \bar{X} -R, para monitoramento das médias e amplitudes das variáveis dimensionais, e cartas do tipo P, para acompanhamento da proporção de peças não conformes.

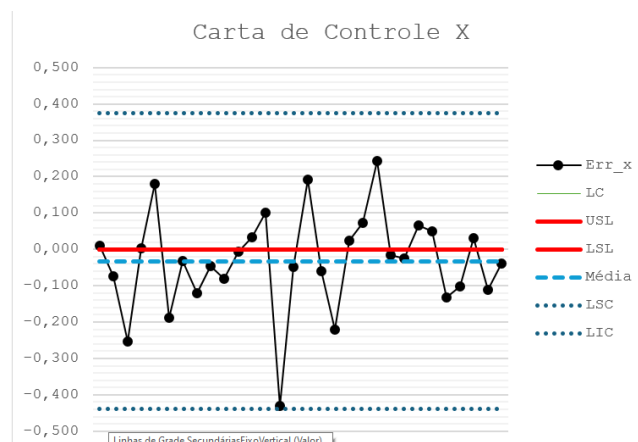
A análise das cartas indicou que o processo se manteve sob controle estatístico na maior parte das amostras, com os pontos situados entre os limites de controle superior (LCS) e inferior (LCI). Entretanto, observou-se a presença de algumas variações pontuais associadas a causas especiais, como erro no cálculo alimentado no banco de dados para análise ou variações na pressão de fixação do componente. Essas ocorrências, embora isoladas, reforçam a importância da integração entre a carta de controle e o sistema de visão, pois permitiram detectar desvios antes que gerassem não conformidades em série.

Além disso, a carta de controle possibilitou identificar tendências de deslocamento na média de posicionamento do mirror button, indicando necessidade de ajuste preventivo do sistema de dosagem de adesivo. A aplicação dessa ferramenta demonstrou, portanto, sua eficiência na prevenção de falhas e na manutenção da estabilidade do processo.

Os resultados obtidos confirmam a hipótese inicial do estudo, de que o uso combinado de sistema de visão industrial e cartas de controle proporciona maior robustez ao processo de colagem. Essa integração contribui para reduzir o retrabalho, melhorar a repetibilidade e elevar a confiabilidade do produto final.

Na análise em X (Figura 5) foi constatado que o processo apesar das variações verificadas se encontra estabilizado devido aos limites de aceitação, porém houve um ponto específico que variou drasticamente (-0,450 mm), o motivo foi um erro na digitação do cálculo que direciona o sistema de visão para análise.

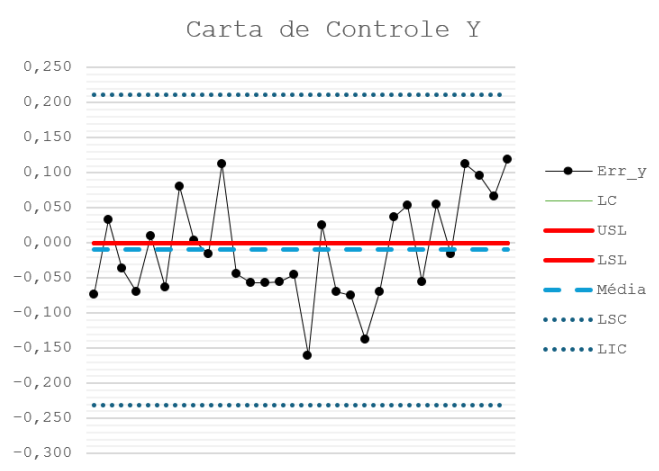
Figura 5 – Carta de controle de colagem de mirror button na posição em X



Fonte: Próprio autor

Na análise em Y (Figura 6) foi constatado que o processo apesar das variações verificadas se encontra estabilizado devido aos limites de aceitação, porém houve um ponto específico que variou drasticamente (-0,160 mm), o motivo foi um erro na digitação do cálculo que direciona o sistema de visão para análise.

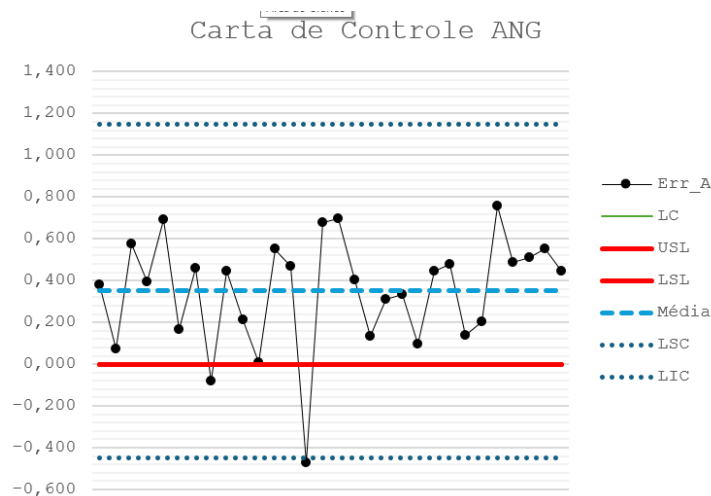
Figura 6 – Carta de controle de colagem de mirror button na posição em Y



Fonte: Próprio autor

Na análise em ANG (Figura 7) foi constatado que o processo apesar das variações verificadas se encontra estabilizado devido aos limites de aceitação, porém houve um ponto específico que variou drasticamente (-0,425 mm), o motivo foi um erro na digitação do cálculo que direciona o sistema de visão para análise.

Figura 7 – Carta de controle de colagem de mirror button na posição em ANG



Fonte: Próprio autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da carta de controle integrada ao sistema de visão industrial Aumatech mostrou-se eficaz para monitorar o processo de colagem do mirror button e identificar rapidamente variações que poderiam comprometer a qualidade. As cartas \bar{X} -R e P permitiram detectar causas especiais, como erros de cálculo e ajustes incorretos, reforçando a importância do CEP no controle de processos críticos.

Mesmo com o processo geralmente sob controle, as variações pontuais observadas comprovam o valor do monitoramento contínuo e da análise estatística. A integração entre visão industrial e CEP aumentou a confiabilidade, reduziu retrabalhos e contribuiu para a melhoria contínua. Conclui-se que essa combinação tecnológica é essencial para garantir precisão e padronização na indústria automotiva, recomendando-se sua expansão para outros modelos e processos.

REFERÊNCIAS

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

MIRANDA, L. F.; COSTA, F. G.; NASCIMENTO, R. M. Aplicação de sistemas de visão computacional no controle da qualidade industrial. Revista Produção Online, v. 17, n. 3, p. 1112–1133, 2017.

SILVA, J. P.; OLIVEIRA, M. R. Monitoramento de processos de colagem com controle estatístico: um estudo de caso. Revista Gestão Industrial, v. 16, n. 1, p. 45–58, 2020.

TOGNON, Leandro. Sistema de visão computacional para identificação de posição e orientação de peças dispostas aleatoriamente na área de trabalho de um robô de manipulação. 2019. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019

FORESTI, Renan Luís. Sistema de visão robótica para reconhecimento de contornos de componentes na aplicação de processos industriais. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

ALMEIDA, Rubens Henrique Pailo de; CORSO, Diego A.; BRITTO JR., Alceu S. Sistemas de visão aplicados à inspeção industrial. [S. l.: s. n.], [2005]. Trabalho financiado pelo CNPq. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) https://www.jmp.com/en/statistics-knowledge-portal/quality-and-reliability-methods/control-charts?utm_source