

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Anna Victória Ribeiro de Abreu Ferreira
Brenda Renata Oliveira

**MELHORIA DOS INDICADORES INTERNOS DA
QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Taubaté – SP
2017

Anna Victória Ribeiro de Abreu Ferreira
Brenda Renata Oliveira

**MELHORIA DOS INDICADORES INTERNOS DA
QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia de Produção Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Ms. Paulo Cesar Corrêa
Lindgren

Co-orientadora: Profa. Ms. Maria Regina
Hidalgo de Oliveira Lindgren

Taubaté – SP
2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado
de Bibliotecas / Unitau - Biblioteca das Engenharias**

F383m

Ferreira, Anna Victória Ribeiro de Abreu

Melhoria dos indicadores internos da qualidade em indústria automotiva. / Anna Victória Ribeiro de Abreu Ferreira, Brenda Renata Oliveira. - 2017.

41f. : il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017

Orientador: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren,

Coorientador: Profa. Ma. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica.

1. Colorimetria. 2. Controle de qualidade. 3. Indicador interno. 4. Ferramenta da qualidade. I. Título.

**ANNA VICTÓRIA RIBEIRO DE ABREU FERREIRA
BRENDA RENATA OLIVEIRA**

**MELHORIA DOS INDICADORES INTERNOS DA QUALIDADE EM UMA
INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia de Produção Mecânica do
Departamento de Engenharia Mecânica
da Universidade de Taubaté.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____ Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

AGRADECIMENTOS

Aos nossos pais, pois nos incentivaram desde o começo do curso, ao nosso orientador Paulo pela atenção, compreensão e sabedoria dispensadas a nós durante o período de elaboração deste trabalho.

Aos colegas de trabalho, supervisores e a gerência da nossa empresa por todo apoio e suporte dado para a conclusão desse trabalho.

RESUMO

Esta monografia visa evidenciar as melhorias realizadas na harmonia de cor do veículo completo de uma empresa automobilística, a Empresa Alfa, que atua nesse mercado há 50 anos, sendo líder em vendas e pioneira no uso de altas tecnologias. Esta pesquisa foi desenvolvida pelos setores de qualidade, peças compradas e montagem final, juntamente com os seus fornecedores de peças plásticas pintadas para melhorias no processo de pintura e controle da qualidade. Os indicadores internos da qualidade da empresa foram monitorados para verificar a efetividade das ações de melhorias e do controle de qualidade implementado. A harmonia de cor é importante, pois se constitui em um diferencial para empresa neste mercado competitivo. Deve-se considerar que os clientes dão importância ao visual total, incluindo a combinação entre peças metálicas e plásticas, e uma vez que as necessidades são atendidas ou superam expectativas tornam os clientes cada vez mais satisfeitos e fiéis à marca.

Palavras-chave: Colorimetria. Controle de Qualidade. Indicador Interno. Ferramentas da Qualidade.

ABSTRACT

This Monograph aims to evidence the improvements done in the color's harmony for the complete vehicle in an automobilist company, the Alfa Company, which have been operating for 50 years, become leader in sales and pioneer in high technologies. The research was developed by Quality Departaments, the purchased parts and final assembly, jointly with the painted plastic parts suppliers, in order to upgrade the painting process and the quality control. The internal company quality indicators were monitored in order to verify the improvement actions and quality control implemented effectiveness. The color's harmony is important because it becomes a differential increment for the company to stand in the competitive market. It must be considered that clients concern about the whole visual, including the matching between metallic and plastic parts, and as the necessities are attended or overcome the expectations, makes clients even more satisfied and loyal to the brand.

.

Keywords: Color. Quality Control. Internal Indicator. Quality Tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coordenada do sistema de cores.....	22
Figura 2 - Sistema CIELab.	28
Figura 3 - BYK MAC.	29
Figura 4 - Chapelona de medição da tampa do reservatório do combustível.....	30
Figura 5 - Antes (sem harmonia de tonalidade entre peça e carroceria).....	36
Figura 6 - Depois (com harmonia de tonalidade entre peça e carroceria).....	37

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Indicador D/100.	32
Gráfico 2 - Indicador D/1000.	33
Gráfico 3 - Capabilidade de cada delta antes da implementação das melhorias.	34
Gráfico 4 - Capabilidade de cada delta após a implementação das melhorias.	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Nível sigma, Rendimento e DPMO.....	19
Quadro 2 - Nível Sigma e DPMO.	35

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Cálculo do Sigma	19
Equação 2 - Cálculo do DPMO	20
Equação 3 - Diferença de cor.....	24
Equação 4 - Variação da luminosidade	24
Equação 5 - Variação entre vermelho e verde.....	24
Equação 6 - Variação entre azul e amarelo	24
Equação 7 - Cálculo do valor do C*	25
Equação 8 - Diferença de Saturação.....	25
Equação 9 - Cálculo do valor de H*	25
Equação 10 - Diferença de tonalidade.....	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	QUALIDADE	15
2.2	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	15
2.2.1	Diagrama de Pareto	16
2.2.2	Brainstorming	16
2.2.3	Diagrama de Causa e Efeito	16
2.2.4	5W2H	17
2.2.5	Carta de Controle	17
2.3	INDICADORES DA QUALIDADE	18
2.4	SEIS SIGMA	19
2.5	COLORIMETRIA	20
2.5.1	Cor	20
2.5.2	Atributos ou Qualidades de uma cor	21
2.5.3	Sistemas de Classificação e Identificação de Cores	22
2.5.4	Diferenças de Cores	23
3	METODOLOGIA	26
3.1	MODELO DE ESTUDO	26
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS	26
3.2.1	Indicadores internos	26
3.2.2	Time Colormatching	27
3.2.3	Medição colorimétrica preventiva	27
3.2.4	Definição de tendência	28
3.2.5	Equipamentos para Medição de Cores	28
3.2.6	Padronização do uso do espectrofotômetro e da medição de cor	30
3.2.7	Aperfeiçoamentos nos processos dos fornecedores	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5	CONCLUSÃO	38
	REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, houve uma necessidade de se produzir cada vez mais para suprir as necessidades do mercado. A cada dia que se passava, as pessoas começaram a perceber que essas produções em larga escala rendiam um bom dinheiro. Cada vez mais surgiam novas empresa e novos processos e com isso a concorrência dentro do mercado ficou maior, principalmente no ramo das indústrias automotivas. As empresas tinham que se manter atualizadas sempre, pois se outra tinha uma tecnologia mais avançada, a chance de se sobressair dentro do mercado era maior.

Nos anos 1960 e 1970 os para-choques dos veículos eram metálicos e a partir da década de 1980 houve a mudança para para-choques injetados em plásticos, pois são mais leves, absorvem elasticamente melhor o impacto, a montagem é simplificada e são mais barato. Com isso, foi possível um avanço da estética veicular, pois possibilitou a inovação na forma e estilo.

Nas últimas décadas houve uma evolução na tendência do efeito bolha nos veículos, onde os componentes plásticos devem aparentar a continuidade da superfície metálica, sendo praticamente imperceptível a transição entre as peças e os painéis metálicos. A evolução estética enfrenta novos desafios, sendo um dos principais a equalização de cor no veículo completo.

Diante de um mercado altamente competitivo, cada montadora tem sua base de paleta de cores desenvolvidas pelo Marketing, com o objetivo de dar às suas marcas e modelos uma aparência exclusiva, usando as cores e os efeitos que seguem as tendências mundiais para atrair clientes, havendo também a influência da cor na decisão de compra do consumidor. Segundo pesquisas, 93% dos consumidores dão mais importância ao visual e à cor do produto do que outros fatores e 85% consideram a cor como razão principal para comprar um produto em particular. Um dos meios de diferenciação do mercado está na harmonia de cor do veículo completo, por meio do controle da qualidade desde o fornecedor de tinta, fornecedor de peças plásticas, processo de pintura interno e veículo completo.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas pesquisas bibliográficas e um estudo de caso único, desenvolvido dentro da Empresa Alfa. A pesquisa bibliográfica baseou-se em livros e publicações científicas da área de Ciência e Tecnologia de tintas e Gestão da Qualidade. O estudo de caso foi desenvolvido dentro de uma empresa, por meio de acompanhamento de indicadores internos da qualidade e pesquisa de satisfação de clientes.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

A uniformidade da cor influencia na escolha dos consumidores, tanto na aprovação quanto na rejeição. Isto se torna ainda mais importante quando as peças são fabricadas por diferentes fornecedores, neste caso as peças plásticas são: para-choque, tampa do reservatório de combustível, capa do espelho retrovisor externo, maçanetas, frisos e aerofólios. Todos esses componentes devem harmonizar com a carroceria em geral. Portanto, nosso objetivo geral é ter na relação carroceria-peças um veículo completo e com harmonia de cor porque é o item de maior impacto na primeira impressão do consumidor. Além disso, permite uma alta competitividade, fidelidade ao padrão desejado pelo design e assim, a maior satisfação dos clientes.

1.1.2 Objetivos Específicos

O objetivo é reduzir o defeito de desvio de tonalidade dos indicadores internos da qualidade visando a redução de custos de retrabalho (repintura) e a troca de peças (refugo). Como base são utilizados dois indicadores internos: indicador da inspeção de processo total e indicador de inspeção final (amostragem). O primeiro tem como objetivo assegurar a qualidade na liberação e venda do produto, sendo que a inspeção ocorre em 100% dos veículos. Já o segundo tem como objetivo avaliar os veículos do ponto de vista de um cliente crítico, visando direcionar esforços para a melhoria contínua da qualidade, essa inspeção ocorre por amostragem de acordo com o mix de produção do dia. Esses indicadores são

calculados em termos de quantidade de defeitos por veículo (defeitos por mil e defeitos por cem veículos).

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo são apresentados todos os temas e referências utilizadas no trabalho. Eles contemplam: qualidade, ferramentas da qualidade, indicadores da qualidade e colorimetria.

2.1 QUALIDADE

Qualidade, segundo o Dicionário Michaelis Online (2010), diz respeito ao grau de perfeição, de precisão ou de conformidade a certo padrão. É a propriedade que determina a essência ou natureza de um ser ou de uma coisa. No caso de um produto, é o quanto aquilo irá satisfazer a necessidade do cliente de acordo com o que ele espera. Segundo a ISO 8402/94 (1994), a qualidade é a totalidade de características de uma entidade (produto, atividade, processo, organização) que lhe confere a capacidade de satisfazer as necessidades explícitas ou implícitas.

Com a revolução industrial, a produção em grande escala tomou conta do mercado. Com o diferencial de ser mais rápida e ter a possibilidade de poder produzir cada vez mais com cada vez menos (tempo, recursos, mão-de-obra), foi se desenvolvendo um conceito de controle de qualidade dentro dos processos. Esses controles avaliam o grau da qualidade obtida por um produto, o quanto eles satisfazem e conseguem cumprir o objetivo proposto.

Além de ser perceptível no ambiente interno da empresa, a qualidade é um ponto muito importante para o ambiente externo, ou seja, os clientes finais. Ela está relacionada com a percepção que cada indivíduo tem de certo produto ou serviço, comparando o que ele espera com o que foi entregue a ele.

2.2 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Segundo Barbosa (2011), ferramentas da qualidade são instrumentos necessários para atingir metas, visando a obtenção do sucesso no final de um processo. Cada ferramenta tem um objetivo, auxiliando de forma correta quem a utiliza. Algumas delas são: diagrama de Pareto, diagrama de causa e efeito, histograma, diagrama de dispersão, folha de verificação, carta de controle, 5W2H, *brainstorming* etc.

Neste trabalho serão utilizadas algumas ferramentas para auxiliar a obtenção de resultados e solução de possíveis problemas. Tais ferramentas são: diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de causa e efeito, 5W2H e carta de controle.

2.2.1 Diagrama de Pareto

“É um gráfico que auxilia a identificação de problemas que ocorrem com mais frequência, “[...] é uma descrição gráfica de dados que apresenta a informação de forma que se possam concentrar os esforços de melhoria nos pontos onde os maiores ganhos podem ser obtidos – nos itens que representam as melhores oportunidades de melhoria” (ROTONDARO, 2008, p.135).

Aplicando essa ferramenta, leva-se em conta que 80% das consequências advêm de 20% das causas, facilitando assim a visualização e identificação das causas dos problemas. Esse gráfico também auxilia na tomada de decisões, dando prioridade para um número maior de problemas e minimizando prejuízos.

2.2.2 Brainstorming

Barbosa (2011) ainda diz que *brainstorming* é uma ferramenta dinâmica em grupo que consiste numa rodada de ideias que sugiram possíveis problemas que ocorram em determinado processo e suas soluções. Dispondo de um grupo composto por pessoas de diferentes setores, as chances de abranger todas as áreas possíveis de um problema são muito maiores.

2.2.3 Diagrama de Causa e Efeito

“O Diagrama de Causa e Efeito é uma ferramenta utilizada para apresentar a relação existente entre determinado resultado de um processo (que é um “efeito”) e os diversos fatores (causas) que podem influenciar nesse resultado” (ROTONDARO, 2008, p.140).

O Diagrama permite a visualização das possíveis causas e também, relacioná-las com seus respectivos efeitos. As causas são divididas em seis critérios de classificação: mão-de-obra, materiais, máquinas, métodos, meio ambiente e medição. As causas são classificadas de acordo com fluxograma, que mostra a sequência do processo.

2.2.4 5W2H

Segundo a Endeavor Brasil (2015), o 5W2H é um *checklist* de atividades que mostram as ações que devem ser executadas em um projeto. Garantindo a execução de cada item, a solução dos problemas se dá de forma exata e rápida. Os itens são como perguntas e se conseguir as respostas é como se obtivesse um mapa das atividades tornando a execução mais clara. Elas se baseiam em sete diretrizes que são palavras oriundas do inglês, cinco que se iniciam com a letra W e duas com a letra H:

- *WHAT*: o que será feito;
- *WHEN*: quando será feito;
- *WHO*: quem irá fazer;
- *WHY*: por que será feito;
- *WHERE*: onde será feito;
- *HOW*: como será feito;
- *HOW MUCH*: quanto custará para ser feito.

2.2.5 Carta de Controle

Segundo o Portal *Action* (2010), a Carta de Controle Estatístico do Processo é um gráfico de acompanhamento do processo, permitindo a visualização da variação do mesmo. No gráfico são apresentados os limites superior, inferior (de controle e de especificação) e uma linha média, que juntos delimitam a área em que seu processo por variar. Se os dados de um processo, quando inseridos na carta de controle, ultrapassarem os limites é sinal que há algo de errado. O ideal é que cada ponto da carta permaneça próximo à linha média, que seria a condição ideal do processo. Existem dois tipos de limites: os de controle e os de especificação. Para Minitab limites de controle mostram a variação do processo, auxiliando a visualização de quando seu processo estiver fora de controle, já os de especificação são valores onde seu processo deve permanecer e são determinados pelos requisitos dos clientes.

2.3 INDICADORES DA QUALIDADE

Segundo Venki (2015) o indicador é um parâmetro usado para identificação de problemas e controle dos mesmos, permitindo a quantificação de um processo. Os indicadores da qualidade estão mais ligados com as saídas de um processo, medindo a satisfação do cliente (interno ou externo). Na maioria das vezes o resultado dos indicadores é a média entre o total de falhas do processo e o total da produção.

Segundo a Associação Brasileira de Controle de Qualidade os indicadores representam o desempenho do processo produtivo, de forma quantitativa. A partir deles que se pode acompanhar a evolução do processo, ver se as melhorias implantadas estão surtindo efeito positivo nos resultados finais. Funciona também como um auxílio a tomada de decisões, tomando como parâmetro os dados finais pode se definir quais problemas devem ser resolvidos com urgência.

Com o resultado é possível obter quais são os prejuízos reais do processo como, por exemplo, refugos, retrabalhos, deméritos, reincidência de certa falha, entre outros. Obtendo esses resultados, é de fácil visualização a tendência do processo e seus problemas.

2.4 SEIS SIGMA

Conforme Santana et al (2004), seis sigma é uma cultura de negócio que consiste em um conjunto de práticas e utilização de ferramentas que envolvem vários níveis de uma empresa visando à satisfação do cliente, a melhoria contínua de processos, redução de custos e alcance de metas estratégicas. Para que seja implementada, ela deve ser executada em etapas que devem ser feitas na ordem correta e utilizando todas as ferramentas necessárias.

Cada parte desse seis sigma mostra o nível do rendimento do seu processo e também a quantidade de defeitos por milhão de oportunidade (DPMO). Através do nível sigma é possível verificar como está determinado processo, como mostrado no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Nível sigma, Rendimento e DPMO.

Nível Sigma	DPMO	Rendimento	Nível Sigma	DPMO	Rendimento
6	3,4	99,99966%	3,4	28.716,5	97,12835%
5,9	5,4	99,99946%	3,3	35.930,3	96,40697%
5,8	8,5	99,99915%	3,2	44.565,4	95,54346%
5,7	13,4	99,99866%	3,1	54.799,3	94,52007%
5,6	20,7	99,99793%	3	66.807,2	93,31928%
5,5	31,7	99,99683%	2,9	80.756,7	91,92433%
5,4	48,1	99,99519%	2,8	96.800,5	90,31995%
5,3	72,4	99,99276%	2,7	115.069,7	88,49303%
5,2	107,8	99,98922%	2,6	135.666,1	86,43339%
5,1	159,1	99,98409%	2,5	158.655,3	84,13447%
5	232,7	99,97673%	2,4	184.060,1	81,59399%
4,9	337,0	99,96630%	2,3	211.855,3	78,81447%
4,8	483,5	99,95165%	2,2	241.963,6	75,80364%
4,7	687,2	99,93128%	2,1	274.253,1	72,57469%
4,6	967,7	99,90323%	2	308.537,5	69,14625%
4,5	1.350,0	99,86500%	1,9	344.578,3	65,54217%
4,4	1.865,9	99,81341%	1,8	382.088,6	61,79114%
4,3	2.555,2	99,74448%	1,7	420.740,3	57,92597%
4,2	3.467,0	99,65330%	1,6	460.172,1	53,98279%
4,1	4.661,2	99,53388%	1,5	500.000,0	50,00000%
4	6.209,7	99,37903%	1,4	539.827,9	46,01721%
3,9	8.197,5	99,18025%	1,3	579.259,7	42,07403%
3,8	10.724,1	98,92759%	1,2	617.911,4	38,20886%
3,7	13.903,4	98,60966%	1,1	655.421,7	34,45783%
3,6	17.864,4	98,21356%	1	691.462,5	30,85375%
3,5	22.750,1	97,72499%			

Fonte: SANTANA et al.

Cálculo do Sigma:

$$Z = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \cdot \ln DPMO} \quad (1)$$

Z = Capacidade Sigma

Cálculo do DPMO:

$$DPMO = \frac{N^{\circ} \text{ de Defeitos}}{N^{\circ} \text{ de Oportunidades}} \times 1.000.000 \quad (2)$$

2.5 COLORIMETRIA

2.5.1 Cor

Segundo Isaac Newton (século XVII) “os raios de luz não são coloridos. Neles nada mais existe do que energia para despertar o observador uma sensação desta ou daquela cor”. Sendo assim, pode-se concluir que a cor nada mais é do que uma qualidade especial e subjetiva de uma imagem mental percebida pelo observador.

“Cor é a impressão que produz nos olhos dos efeitos das ondas de luz refletidas ou passadas através dos objetos visualizados. A cor não é uma propriedade como é a forma de um objeto que vemos, mas sim as circunstâncias que se encontra o objeto que estamos enxergando.” (FAZENDA, 2009, p.457-461).

A percepção da cor é dependente da interação entre três elementos:

- Fonte luminosa: a cor muda dependendo da fonte de luz. Existem vários tipos de fonte luminosas encontradas em nosso dia-a-dia, tais como o Sol, lâmpadas incandescentes e tubos fluorescentes. Portanto, é necessário padronizar os iluminantes a serem utilizados. Para que seja possível a utilização de uma fonte de luz para avaliação de cor, é pré-requisito que essa fonte emita energia continuamente por todo o comprimento de ondas do espectro visível (400 a 700nm). A Comissão Internacional de Iluminação (CIE) adotou os iluminantes padrões para a colorimetria, são eles: luz do dia (D, C), luz incandescente (A) e luz fluorescente (F).
- Objeto: quando uma fonte luminosa atinge um objeto, a luz é modificada interferindo na nossa percepção de cor devido aos atributos geométricos, tais como textura, translucidez, brilho, reflexo e opacidade, relacionados à composição do objeto e aos atributos cromáticos, que estão relacionados com pigmentos e corantes.

- Observador: sem um observador não é possível ter cor. A luz refletida no objeto penetra no olho humano e converte os diferentes comprimentos de onda da luz em sensações de intensidade luminosa, gerando a percepção de cor que muda de pessoa para pessoa, devido à variação da sensibilidade do olho de cada indivíduo.

2.5.2 Atributos ou Qualidades de uma cor

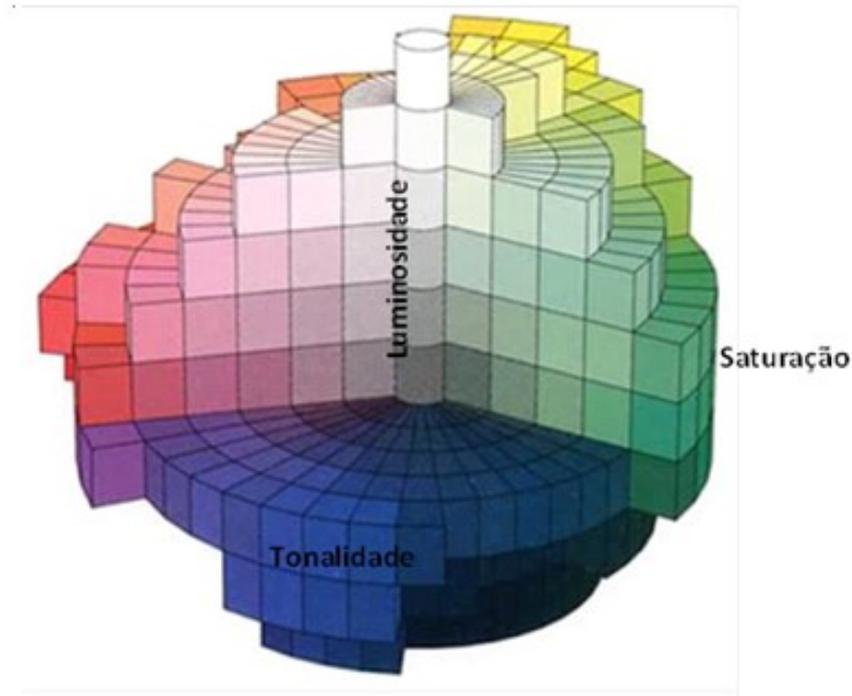
Para exemplificar a subjetividade da percepção de cor de cada ser humano, podemos imaginar o seguinte teste: solicitar às diversas pessoas que descrevam a cor de um único objeto, provavelmente cada uma delas iria atribuir uma um adjetivo para a cor.

Segundo a Tecnocor (2008) existe uma forma natural de ordenar as cores conforme Figura 1, visando facilitar uma linguagem comum, utilizando-se três dimensões perceptuais:

- Tonalidade ou Matiz: caracteriza a qualidade da cor, é a medida do comprimento de onda médio da luz que ele reflete, é o que permite diferenciar as cores. É normalmente a dimensão associada à cor básica do objeto. Dentro de um sistema de ordenação de cor, como o CIELCH a tonalidade é representada por H (*hue*).
- Saturação ou intensidade: caracteriza a quantidade de cor, indica o estado de pureza da cor, quando uma cor não está misturada com o branco, o preto ou cinza ela é pura, ou seja, está completamente saturada, e caso contrário, ela é pálida ou acinzentada. As cores são mais sujas ou menos saturadas devido à proporção da mistura com cores acromáticas, e se tornam mais limpas ou vivas à medida que são cores puras. Dentro de um sistema de ordenação de cor, como o CIELCH a saturação é representada por C (*chroma*).
- Luminosidade: caracteriza o grau de percepção da claridade da cor pelos seres humanos. As cores podem ser classificadas em claras e escuras quando comparamos sua luminosidade, cor clara tem alta

luminosidade e cor escura baixa luminosidade. Dentro de um sistema de ordenação de cor, como o CIELCH a luminosidade é representada por L (*lightness*).

Figura 1 - Coordenada do sistema de cores.



Fonte: Apostila Tecnocor, (2008).

2.5.3 Sistemas de Classificação e Identificação de Cores

A necessidade de se comunicar por meio das cores é muito antiga. No passado, várias pessoas desenvolveram métodos para quantificar as cores e proporcionar uma forma numérica de expressar as cores com o objetivo de tornar a comunicação mais fácil e precisa.

A primeira pessoa a desenvolver um método para a expressão de cores foi o artista americano A.H. Munsell em 1905, ordenou pastilhas de papel colorido de maneira lógica, classificadas de acordo com sua luminosidade, tonalidade e saturação para comparação visual com uma amostra de cor.

Para Fazenda (2009) um dos métodos mais conhecidos é o método desenvolvido pela CIE (*Commision Internationale de L'Eclairage*), uma comissão internacional dedicada a luz e cor. O primeiro método desenvolvido em 1931, o espaço Yxy, utiliza como base a porcentagem das três cores primárias vermelho, verde e azul e a partir de um valor matemático derivado no gráfico pode-se identificar numericamente esta cor. O segundo método, desenvolvido em 1976, conhecido como espaço CIELAB, foi elaborado para proporcionar maior uniformidade nas diferenças de cores em relação ao mecanismo de visão do ser humano.

Fazenda (2009) explica que na escala colorimétrica $L^*a^*b^*$ existem três eixos o L^* indica luminosidade, enquanto a^* e o b^* indicam as coordenadas cromáticas. O a^* e o b^* indicam a direção das cores, sendo $+a^*$ direção do vermelho, $-a^*$ direção do verde, $+b^*$ direção do amarelo, $-b^*$ direção do azul e o L^* indica a luminosidade, $+L^*$ direção do branco (claro) e $-L^*$ direção do preto (escuro).

Segundo a Tecnocor (2008), dentro do sistema $CIEL^*a^*b^*$ utilizando o mesmo diagrama há outra forma de especificação de cor por meio de coordenadas polares ao invés de coordenadas retangulares chamado sistema $CIEL^*c^*h$. Nesse espaço de cores o L^* indica luminosidade, e é o mesmo L^* do sistema $L^*a^*b^*$, O C^* é a saturação, o valor de C^* no centro é 0 e aumenta conforme a distancia deste, e h é o ângulo de tonalidade, é a medida do ângulo em que a cor se encontra, partindo-se de um ângulo de zero graus. Ele é contado a partir do eixo $+a^*$, em sentido anti-horário. Os ângulos h correspondem às seguintes coordenadas: 0° ou 360° vermelho, 90° amarelo, 180° verde e 270° azul.

2.5.4 Diferenças de Cores

Depois de padronizados os espaços de cores, foi possível quantificar a diferença entre duas amostras de cores. Essas diferenças são representadas por deltas.

A BYK Gardner (2012) acredita que para manter uma cor dentro do especificado deve ser estabelecido um padrão referência e o que for produzido deve ser comparado a esta referência; uma situação típica é Cliente x Fornecedor. Dessa

forma, a comunicação de cor é feita em termos das diferenças e não de valores absolutos.

Conforme explica Fazenda (2009, p.479-480) a diferença de cor é dada pela seguinte fórmula:

Aplicando-se a formula de Pitágoras nas três retas:

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad (3)$$

Varição da luminosidade:

$$\Delta L^* = L^* A - L^* R \quad (4)$$

Varição entre vermelho e verde:

$$\Delta a^* = a^* A - a^* R \quad (5)$$

Varição entre azul e amarelo:

$$\Delta b^* = b^* A - b^* R \quad (6)$$

Onde:

A- Amostra (valor real)

R- Referência (valor teórico do padrão a ser reproduzido)

A diferença de cor no sistema CIELCH derivam das coordenadas L*a*b*

Diferença de saturação:

$$\Delta C^* = \sqrt{[(a^*)^2 + (b^*)^2]} \quad (7)$$

$$\Delta C^* = C^* A - C^* R \quad (8)$$

Diferença de tonalidade:

$$\Delta H^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad (9)$$

$$\Delta H^* = H^* A - H^* R \quad (10)$$

As diferenças na cor que podem ser aceitas devem resultar de um acordo entre o consumidor e o fornecedor, por meio de normas que especificam as tolerâncias colorimétricas. Estas tolerâncias dependem das necessidades e das capacidades técnicas e é estabelecida limitando um range de variação nos deltas.

Cada cor da paleta de cores possui uma especificação de tolerância em todos os deltas seguindo as normas da empresa.

3 METODOLOGIA

3.1 MODELO DE ESTUDO

A natureza desta pesquisa é quantitativa e explicativa. Quantitativa porque, segundo Brasil Escola (2017), os dados coletados podem ser mensurados, classificados e analisados, utilizando técnicas estatísticas. Explicativa, pois registra fatos, realiza a análise, interpreta os dados coletados e identifica suas causas. Tem como objetivo identificar as condições que auxiliam para a ocorrência dos fenômenos ou variáveis que afetam o processo.

Caracteriza-se também, por ser um estudo de caso, já que foi realizada no local onde ocorreu o fato. Classifica-se, ainda, como uma pesquisa-ação, pois segundo Silva e Menezes (2005), tal pesquisa se caracteriza por envolver diretamente os pesquisadores em seu local de trabalho.

Para preparar as condições de modo a se dar início ao estudo de caso, foi realizado um levantamento prévio de dados sobre a situação atual da qualidade de harmonia de cor na empresa, tendo sido também implementado um novo controle. A seguir, atendendo-se às qualificações de Materiais e Métodos, serão apresentados detalhadamente, tais passos, convertidos em tópicos.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Indicadores internos

Para identificação dos maiores índices de reclamação foi consultado dois indicadores internos da qualidade.

- Defeitos por mil carros produzidos (D/1000): é abastecido pelos dados fornecidos pelos inspetores que avaliam 100% dos veículos e lançam os defeitos no sistema que vão para um banco de dados que gera o indicador.

- Defeitos por cem carros avaliados (D/100): é abastecido pelos dados fornecidos pelos auditores de veículos completos na visão do cliente final, fazendo a avaliação por amostragem dependendo do mix de produção. Esses dados vão para um banco de dados que gera o indicador.

3.2.2 Time Colormatching

Depois de consultados os indicadores e identificado que desvio de tonalidade está dentre os “*top 10*” defeitos da fábrica, foi criado um grupo de *Colormatching*, que se reúne semanalmente visando traçar estratégias para melhorar a harmonia de cores. É utilizado as ferramentas das qualidades para identificação da causa raiz no caso de quebra de qualidade e na busca da melhoria contínua.

3.2.3 Medição colorimétrica preventiva

Utiliza-se para esta etapa o aparelho BYK MAC, que realiza uma medição multiangular da cor. Conforme Konica Minolta, o espectrofotômetro gera não só valores numéricos como o gráfico da reflectância espectral da cor. Além disso, com sensor de alta precisão e a inclusão de diversos iluminantes, este aparelho é capaz de fornecer dados mais precisos. Este equipamento tem suas características técnicas melhor detalhadas no subcapítulo 3.2.5 Equipamentos para Medição de Cores, dedicado.

Realizar medição colorimétrica de amostras de peças plásticas pintadas e das carrocerias, avaliando todas as cores durante a semana;

Acompanhar o relatório de tendência semanal dos fornecedores;

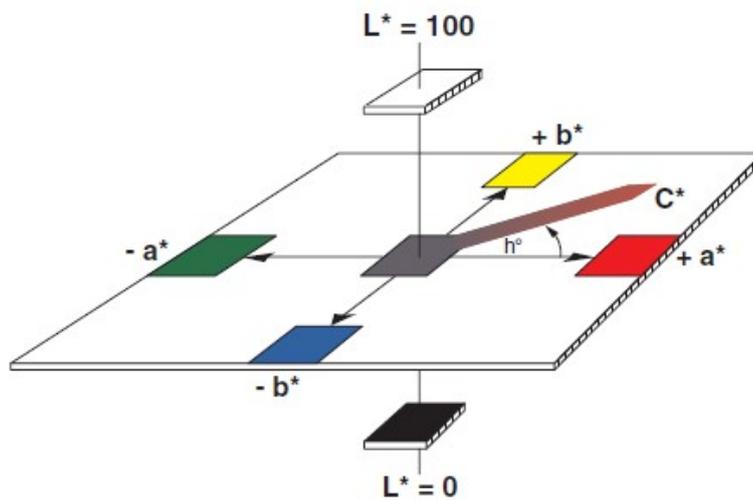
Realizar medição do veículo completo em caso de demérito na venda dos veículos (D/1000);

Realizar medição de todos os veículos completos auditados (D/100).

3.2.4 Definição de tendência

Com base no estudo dos dados coletados na medição preventiva, pode-se observar a repetibilidade nos resultados e definir uma tendência para cada cor crítica no processo. Ou seja, dentro do espaço de cor do sistema CIELab, foi definido um quadrante para ΔL , Δa e Δb , como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Sistema CIELab.



Fonte: Catálogo de aditivos e instrumentos BYK GARDNER, (2012).

3.2.5 Equipamentos para Medição de Cores

Conforme Fazenda (2009) os equipamentos destinados à medição de cor têm como objetivo imitar a percepção do ser humano das cores. Estes equipamentos permitem expressar precisamente as cores e a comparação entre elas. É composto por: fonte de luz (iluminante), monocromador capaz de separar a luz a cada comprimento de onda e um detector que é uma fotocélula que captam a luz que foi separada no monocromador. São capazes de simular o modo como o olho humano vê a cor por meio de sensores e quantificam as diferenças de cor entre um padrão e a amostra.

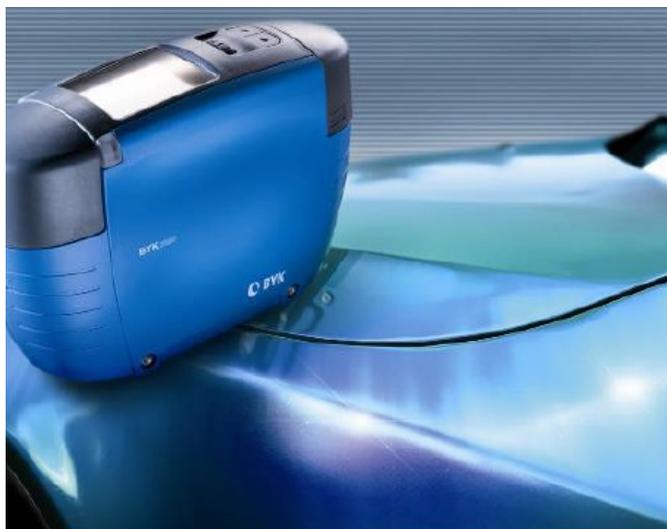
Existem dois tipos de equipamentos para medição de cor mais comuns, o colorímetro e o espectrofotômetro.

“O espectrofotômetro fornece o comprimento de onda de cada unidade da energia radiante de todo espectro visível, enquanto que o colorímetro fornece o valor médio da energia radiante de cada cor primária azul, verde e vermelha.” (TECNOCOR, 2008, p.91).

Os colorímetros são equipamentos mais simples e menos precisos do que os espectrofotômetros, uma vez que os dados fornecidos pelos espectrofotômetros são mais completos. Por isso o equipamento escolhido para o controle de cor na empresa é um espectrofotômetro.

O espectrofotômetro utilizado é o BYK MAC, mostrado na Figura 3, tanto na montadora quanto em seus fornecedores. Conforme o manual da BYK Gardner (2012), este aparelho mede a cor total sob cinco ângulos diferentes (15°, 25°, 45°, 75° e 110°). Possui quatro pinos na placa inferior que garante um posicionamento estável, minimizando a influencia do operador isso garante resultados de reprodutibilidade em painéis de testes, bem como em peças curvas ($r > 500\text{mm}$). A detecção de cor é feita por uma câmera de alta resolução, situada perpendicularmente à superfície. Acrescentado aos sensores externos que ficam fora do plano, detectam a luz acesa na faixa visível e quantifica o valor da emissão de intensidade. Para análise de dados e elaboração de relatórios é utilizado o software *Smart-Chart*.

Figura 3 - BYK MAC.



Fonte: BYK MAC *Presentation*, (2007).

3.2.6 Padronização do uso do espectrofotômetro e da medição de cor

Para que as medições sejam feitas corretamente por qualquer funcionário dentro da empresa, foi feita uma padronização dos pontos de medição e posicionamento do equipamento.

Para auxiliar a medição de cor foi criada uma chapelona, conforme Figura 4, que é uma espécie de gabarito, para cada região do veículo a ser medido. Visando garantir os pontos exatos de medição. Além do gabarito para medição do veículo, foi criado um para o cadastro e calibração do padrão referência, visando minimizar a diferença entre os equipamentos utilizados.

Figura 4 - Chapelona de medição da tampa do reservatório do combustível.



Fonte: Empresa Alfa.

Também foi definida uma calibração trimestral dos aparelhos, para estabelecer uma comparação entre o padrão e a amostra visando melhorar os resultados.

Com objetivo de quantificar a variabilidade associada às medições do sistema de medição obtidas sobre condições reais de utilização do sistema, tanto pelos fornecedores quanto pela empresa foi realizado um estudo de R&R entre os espectrofotômetros. Segundo Portal *Action* (2010), o R&R avalia a flutuação da interação do sistema de medição com o meio em que o equipamento está inserido (principalmente método, pessoas, meio ambiente, produto, etc).

3.2.7 Aperfeiçoamentos nos processos dos fornecedores

Conforme visitas técnicas, foram definidos os seguintes aperfeiçoamentos nos processos de controle.

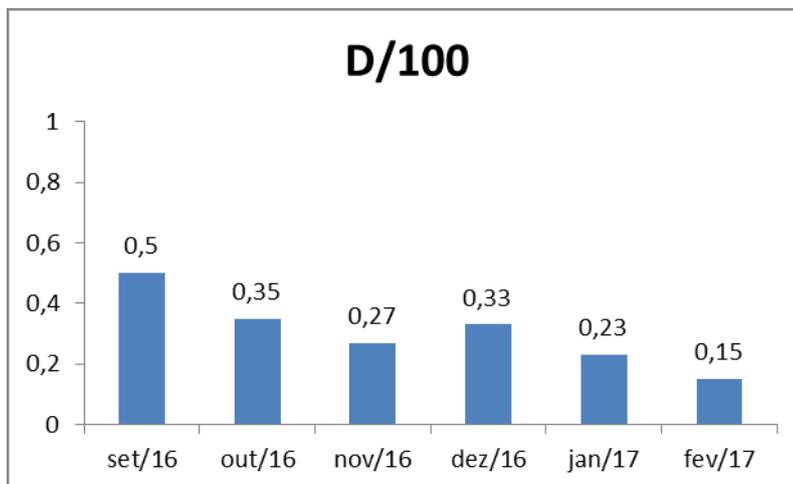
- Controle de liberação de novos lotes de tinta;
- Calibração, controle e limpeza das gancheiras (utilizada para fixação da peça para pintura);
- Melhoria na padronização do gestual de aplicação de tinta;
- Maior controle de espessura de camadas (primer, base e verniz);
- Agitação da tinta por trinta minutos antes do início da aplicação, visando maior homogeneização;
- Implementação de reunião diária para monitoramento e acompanhamento do controle de tonalidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

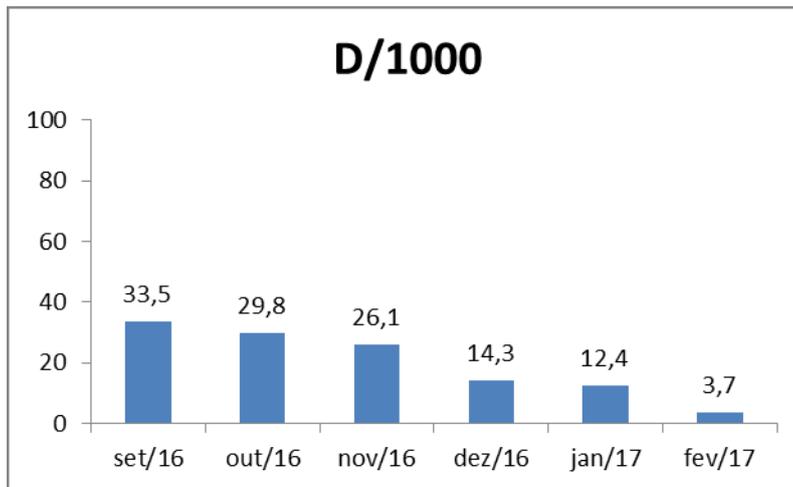
Dentre os resultados obtidos neste trabalho destaca-se uma redução de retrabalhos na repintura de 80 a 90%, se comparados ao mês anterior ao início do projeto, decorrente da melhoria na harmonia do veículo completo e do cumprimento do ΔE^* da norma DIN 6174.

Analisando-se os indicadores internos da qualidade da empresa tem-se que eles determinam quais os maiores defeitos e mostram quais devem ter sua solução priorizada para melhorar a qualidade do produto final. São dois indicadores principais que se relacionam ao tema deste trabalho: o primeiro a ser melhorado é o D/1000, resultante de uma inspeção visual realizada em 8 minutos, por um inspetor, o qual prioriza a liberação para venda do veículo e é utilizado como base de cálculo para o monitoramento do índice de retrabalho. O segundo é o D/100, resultante de uma inspeção visual e com espectrofotômetro, realizada em até 7 horas, e que garante a melhoria contínua para que as exigências do cliente sejam atendidas. As ações de melhoria foram iniciadas a partir de Setembro de 2016 e os indicadores foram monitorados até Fevereiro de 2017, mostrando uma diminuição de defeitos nos dois indicadores, conforme ilustrado abaixo nos Gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 - Indicador D/100.



Fonte: Empresa Alfa.

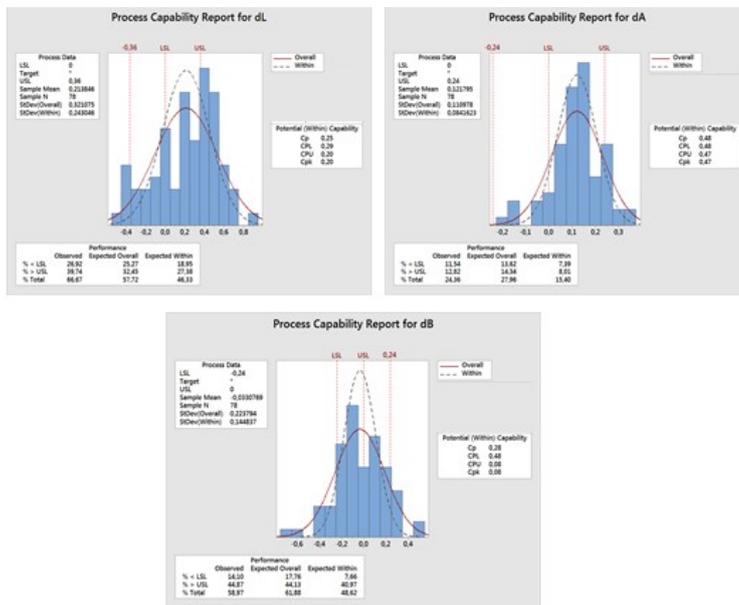
Gráfico 2 - Indicador D/1000.

Fonte: Empresa Alfa.

Analisando-se estatisticamente as melhorias obtidas, têm-se os seguintes gráficos, referentes ao dL, dA e dB de uma das cores críticas definida para trabalhar com a tendência acordada. No caso desta cor, os quadrantes definidos são: para dL positivo (no sistema de cor, significa que a cor é mais clara), para dA positivo (no sistema de cor, significa que a cor é avermelhada) e para dB negativo (no sistema de cor, significa que a cor é azulada).

No Gráfico 3 pode-se observar que as curvas contínua e tracejada não estão totalmente alinhadas, principalmente em dL e dB, indicando que há uma quantidade significativa de variação entre os subgrupos para a variável. É possível constatar também que a dispersão do processo é maior que a dispersão da especificação, e que há pontos fora do limite de especificação, tanto abaixo do limite inferior quanto acima do limite superior. Os valores de CP e CPK são baixos, indicando-se que é necessárias melhorias e, além disso, os valores de CP e CPK não são próximos, o que significa que o processo não está centralizado.

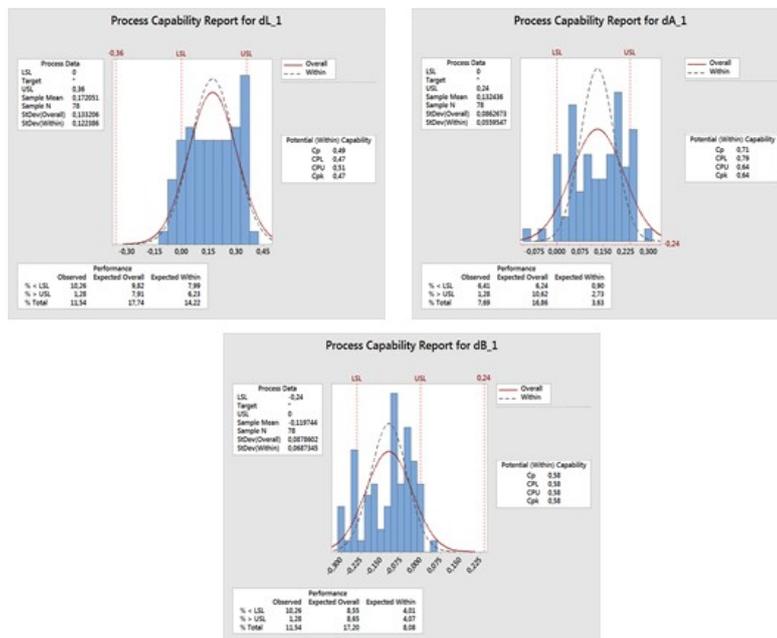
Gráfico 3 - Capacidade de cada delta antes da implementação das melhorias.



Fonte: Elaborado pelas autoras, (2017).

Depois de implementadas as melhorias, foram coletados dados e gerado o Gráfico 4, correspondente a capacidade de cada delta da cor em questão para a nova situação:

Gráfico 4 - Capacidade de cada delta após a implementação das melhorias.



Fonte: Elaborado pelas autoras, (2017).

No Gráfico 4 pode-se observar que as curvas contínua e tracejada estão proximamente alinhadas, principalmente em dL e dB, indicando que houve uma diminuição na quantidade de variação entre os subgrupos para a variável. É possível constatar também que a dispersão dos dados tornou-se menor que a dispersão da especificação, e que a quantidade de pontos fora do limite de especificação diminuiu significativamente. Os valores de CP e CPK aumentaram, indicando que foram realizadas melhorias e, além disso, os valores de CP e CPK tornaram-se aproximadamente iguais, o que significa que o processo está centralizado entre os limites de especificação.

Com base nos dados fornecidos pelos Gráficos 3 e 4 foi elaborado o Quadro 2 com os cálculos de DPMO e Nível Sigma antes e depois das melhorias.

Quadro 2 - Nível Sigma e DPMO.

	Antes das Melhorias			Após implementação das Melhorias		
	dL	dA	dB	dL	dA	dB
DPMO	577.177,49	279.628,63	618.833,37	177.372,55	168.592,39	171.999,82
Nível Sigma	1,31	2,08	1,20	2,43	2,46	2,45

Fonte: Elaborado pelas autoras, (2017).

No Quadro 2 acima se pode perceber os níveis Sigma consideravelmente baixos antes das melhorias, como o de 1,31, para dL e o de 1,20 para dB, resultantes de uma quantidade muito elevada de itens não-conformes, como 577.177,49 DPMO, para dL e 618.833,37 DPMO para dB.

Após as melhorias implementadas pode-se perceber que os níveis Sigma foram consistentemente aumentados, como o de 2,39 para dL, resultante de uma redução em 399.804,94 no correspondente DPMO, e o de 2,45 para dB, resultante da maior redução em DPMO, correspondente a 446.833,55.

Considerando-se que os três deltas (dL, dA e dB) influenciam igualmente na reprova ou não das peças analisadas, e que basta uma não conformidade em um deles para que ocorra a reprova, optou-se por considerar o maior valor de DPMO para o cálculo de redução dos custos de retrabalho, apresentados abaixo:

Há dois tipos de retrabalhos em caso de desvio de tonalidade, em 80% dos casos é necessária a troca da peça plástica pintada, e em 20% dos casos é necessário a repintura. Considerando estes valores, tem-se que para a repintura a redução de DPMO foi de 89.366,71 e para troca foi de 357.466,84.

Em média são necessárias duas horas para a realização da repintura e a mão de obra do operador custa R\$ 35,00 /hora, ou seja, para cada veículo retrabalhado há um custo de R\$70,00. As melhorias geraram uma economia de R\$ 6.255.669,70, considerando-se um milhão de unidades produzidas.

Para a operação de troca do para-choque são necessários 30 minutos e a mão de obra custa R\$ 30,00/hora. O valor médio de um para-choque é de R\$ 255,47, ou seja, para cada veículo retrabalhado há um custo de R\$ 270,47. As melhorias geraram uma economia de R\$ 96.684.056,21, considerando-se 1 milhão de unidades produzidas.

O cálculo da economia mensal obtida com as melhorias foi realizado por meio de regra de três simples, considerando que a produção mensal é de 20.000 veículos. Portanto, para o retrabalho de repintura há um ganho de R\$ 125.113,39 por mês e para o retrabalho de troca de peças há um ganho de R\$ 1.933.681,12.

Tem-se ainda que a melhoria passou a ser facilmente percebida visualmente pelos inspetores. Antes das melhorias havia grande diferença visual entre a peça plástica e a carroceria, conforme a Figura 5, fazendo com que aumentasse o indicador de desvio de tonalidade. E depois houve uma melhora significativa no visual mostrada na Figura 6.

Figura 5 - Antes (sem harmonia de tonalidade entre peça e carroceria).



Fonte: Measuring What the Customer Values: Automotive Paint Quality Metrics, (2013).

Figura 6 - Depois (com harmonia de tonalidade entre peça e carroceria).



Fonte: Color Management: Imagination meet Reality, (2013).

5 CONCLUSÃO

Concluiu-se que, após a utilização das ferramentas da qualidade para a melhoria do *Colormatching*, foi possível chegar ao foco do problema, dando ênfase ao mesmo. Analisando-se os dados obtidos, chegou-se a conclusão que não há somente uma única causa-raiz, e sim várias delas, todas variáveis, que contribuem para o desvio de tonalidade e que devem ser controladas.

Esse projeto contribuiu para a melhoria do indicador interno da qualidade, em termos de harmonização de cores e minimização de desvio de tonalidade, e, uma grande redução de custos de retrabalhos. Conseqüentemente, aumentou a satisfação do cliente final em relação à harmonia do veículo completo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONTROLE DE QUALIDADE. **Indicadores, Objetivos e Metas para Qualidade**. Disponível em: <<http://www.abcq.org.br/13/indicadores--objetivos-metas-qualidade.html>> Acesso em: 27 abr. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONTROLE DE QUALIDADE. NBR ISO 8402: Gestão da qualidade e garantia da qualidade – Terminologia. Rio de Janeiro, p. 14. 1994.

BRASIL ESCOLA. **Pesquisa Quantitativa e Qualitativa**. Site. Disponível em: <<http://monografias.brasilecola.uol.com.br/regras-abnt/pesquisa-quantitativa-qualitativa.htm>>. Acesso em 25 maio. 2017.

BARBOSA et. al. **Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. 2011. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/sheila_luz2.pdf> Acesso em: 27 abr. 2017.

BYK GARDNER. **Catálogo de aditivos e instrumentos**. 2012/2013.

BYK MAC. **Presentation**. 2007.

DICIONÁRIO MICHAELIS. **Qualidade**. Site. Disponível em: <<http://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/qualidade/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2017.

DIN. **Colorimetry spectrophotometric method, 5033-4**. 1992.

Colorimetric evaluation of colour coordinates and colour differences according to the approximately uniform CIELAB colour space, 6174. 2007

ENDEAVOR BRASIL. **5W2H: é hora de tirar dúvidas e colocar a produtividade no seu dia a dia**. Site. 2015 <<https://endeavor.org.br/5w2h/>> Acesso em: 27 abr. 2017, 11:40.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas: ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Blucher. 2009.

GENERAL MOTORS. **Color Management: Imagination meet Reality**. 2013.

GENERAL MOTORS. **Measuring What the Customer Values: Automotive Paint Quality Metrics**. 2013.

MINITAB. **O que são limites de controle**. Disponível em: <<http://support.minitab.com/pt-br/minitab/17/topic-library/quality-tools/control-charts/basics/what-are-control-limits/>>. Acesso em: 17 maio. 2017.

_____. **Limites de especificação na análise de capacidade**. Disponível em: <<http://support.minitab.com/pt-br/minitab/17/topic-library/quality-tools/capability-analyses/data-and-data-assumptions/specification-limits/>>. Acesso em: 17 maio. 2017.

PLANO ACTION. **Carta de Controle Estatístico do Processo**. Site. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/controle-estatistico-do-processo/graficos-ou-cartas-de-controle>>. Acesso em: 20 de agosto de 2017.

_____. **Gráficos ou Cartas de Controle**. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/controle-estatistico-do-processo/graficos-ou-cartas-de-controle>>. Acesso em: 27 de abril de 2017.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. 1. ed. São Paulo: Atlas S.A 2008.

SANTANA, C. J. et al. **O Uso do Nível Sigma para Comparação de Processos Diferentes: Um Estudo de Caso**. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de produção. 2004. Florianópolis. Anais eletrônicos: ABEPRO, 2004. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2004_enegep0202_1636.pdf >. Acesso em: 17 julho 2017.

SILVA, E. L., MENEZES E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 2005.

TECNOCOR. **Colorimetria**. São Paulo. 2008.

VENKI. **Conheça 10 indicadores de desempenho de processo (KPI)**. Site. 2010. Disponível em: < <http://www.venki.com.br/blog/indicadores-de-desempenho-de-processos/> > Acesso em: 27 abril. 2017, 12:17.