

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DO NÚMERO DE PARADAS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA, EM UMA EMPRESA DE TRANSPORTE PÚBLICO LOCALIZADA EM PETROLINA/PE

Bárbara Évelin Oliveira Sampaio, barbaraevelinsamp@gmail.com¹

Marcos Vinicius Sousa dos Santos, mascosv_ss@hotmail.com²

Ana Cristina Castro Gonçalves Silva, anacristina.silva@univasf.edu.br¹

José de Castro Silva, castro.silva@univasf.edu.br¹

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Av. Antônio C. Magalhães, 510 - Country Club, Juazeiro - BA, 48902-300.

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário, Natal - RN, 59078-970.

Resumo: A grande exigência por uma gestão eficiente de recursos materiais, financeiros e humanos é uma realidade em todos os setores. No setor de transporte público não é diferente. Durante as duas últimas décadas este setor vem sofrendo uma crise, onde perde-se milhões de passageiros ano a ano, devido à queda do nível de qualidade no serviço, a baixa confiabilidade dos veículos, atrasos entre outros fatores. É reconhecido que a gestão da manutenção é uma forte aliada para melhoria da qualidade tanto na produção de produtos, quanto de serviços. No sentido de aperfeiçoar o nível do serviço do setor de manutenção da empresa, e minimizar a atuação de um círculo vicioso de falhas, este trabalho propõe-se a sugerir ações para reduzir o número de paradas de manutenção corretiva, em uma empresa de transporte público na cidade de Petrolina-PE. Através da metodologia DMAIC e suas respectivas ferramentas, buscou-se encontrar as causas raízes dos principais defeitos que afetam a frota de ônibus. Foi possível também observar a forte relação entre os problemas organizacionais, humanos e físicos, denotando um encadeamento de ações que iniciam-se nas causas organizacionais, trazendo como consequência as causas humanas e físicas.

Palavras-chave: Transporte Público, Manutenção Corretiva, DMAIC

1. INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos tem-se elevado a pressão por melhores indicadores de produtividade, disponibilidade e confiabilidade nas organizações, intensificando os esforços dos diversos processos de trabalho no sentido de desenvolver melhores práticas, bem como, a aplicação dos ativos da melhor maneira possível (Braidotti Júnior, 2011).

A gestão da manutenção destaca-se por ser uma forte aliada para o alcance desses propósitos. Sua finalidade, segundo Branco Filho (2008) é definir metas e objetivos através de normas de procedimento de trabalho, a fim de se obter um melhor aproveitamento de pessoal, máquinas e materiais em uma organização.

No contexto da gestão de frotas, o planejamento da manutenção é ponto crucial para o bom desempenho das atividades dentro da organização, em especial nas empresas de transportes de materiais e de passageiros (Nascimento Neto *et al.* 2012). Os autores ainda enfatizam que é essencial que seus sistemas produtivos estejam capacitados para operar dentro do conceito de confiabilidade, principalmente em empresas de transporte público, pois além de todas as questões de produtividade, contabiliza-se ainda os aspectos relacionados à qualidade do atendimento e à segurança dos passageiros e funcionários.

Com intuito de alcançar o bom funcionamento das atividades de manutenção e as metas traçadas, faz-se necessário um sistema de manutenção bem estruturado e compatível com a empresa, bem como a aplicação eficiente de metodologias de resolução de problemas como: PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) (Xenos, 2004). Existem outras metodologias equivalentes ao PDCA, que subdividem-se em diferentes etapas, porém percorrem caminhos semelhantes, como exemplos tem-se a DMAIC (*Define-Measure-Analyse-Improve-Control*), e a MASP (Método de Análise e Solução de Problemas).

A metodologia DMAIC, utilizada neste trabalho, visa o aperfeiçoamento de processos por meio da seleção correta dos processos que possam ser melhorados e das pessoas a serem treinadas para obter os resultados (Carvalho *et al.* 2005). Segundo Loureiro (2012) ela possui como pontos chaves a delimitação e medição do problema com foco no cliente, verificação da causa, eliminação dos maus hábitos, gestão dos riscos, quantificação dos resultados e manutenção das mudanças.

Deste modo, buscou-se através do presente trabalho utilizar a metodologia DMAIC a fim de propor melhorias para os problemas referentes às paradas de manutenção corretiva em uma frota de ônibus de uma empresa de transporte público, com o propósito de melhorar a disponibilidade da frota.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Gestão da Qualidade em Serviços

O setor de serviços tem influência e participação relevante no PIB brasileiro, entre os anos de 2003 a 2013 o valor adicionado ao PIB passou de 64,7% para 69,4%, devido ao crescimento deste setor (Brasil, 2013).

Em 2016, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou um recuo de 5% das atividades do setor de serviços, o pior resultado desde 2012. Sendo o segundo ano de queda; em 2015, a baixa foi de 3,6%. Conforme a Pesquisa Mensal de Serviços, o segmento de Transportes, o que inclui movimentação de carga e de passageiros, acumulou a maior queda com -10,4%, o setor está entre os que tiveram o pior desempenho (NTU, 2015).

O pacote de serviços inclui bens facilitadores, instalações de apoio, informações, serviços explícitos e implícitos, de acordo com Fitzsimmons e Fitzsimmons (2010). As atividades de transporte e manutenção são caracterizadas como serviços de infraestrutura e comerciais respectivamente, tratando-se de transporte público, as diversas atividades de manutenção realizadas nos veículos podem ser compreendidas, tanto como serviços implícitos, como serviços explícitos, interferindo direta e indiretamente na percepção do usuário deste serviço.

Nas análises e avaliações do nível de qualidade dos serviços, alguns critérios são essenciais, Carvalho et al. (2005) apontam algumas dimensões da qualidade apreciadas nessa avaliação, os chamados aspectos tangíveis do serviço: atendimento, confiabilidade, rapidez de resposta, competência, cortesia, credibilidade, consistência, segurança, acessibilidade, comunicação, velocidade, flexibilidade e entendimento do cliente. Moraes et al. (2011) destacam que o monitoramento da interface manutenção – qualidade do serviço para satisfação dos clientes em empresas de transporte urbano, é vital para a permanência e crescimento.

O controle da manutenção da frota é uma atividade crítica em toda companhia desse setor, pois ao manter a regularidade nas manutenções preventivas e preditivas pode proporcionar menores custos, aumentando a vida útil dos veículos (Moraes et al. 2011). Sua atuação visa, aumentar a disponibilidade do veículo, preservar seu estado de conservação, minimizar o desgaste, garantir maior confiabilidade e segurança do transporte. Viabilizando também, o atendimento de requisitos como: disponibilidade, frequência, pontualidade, tempo de viagem, conforto, facilidades, segurança e custo para o usuário (Vuchic, 2005).

2.2. Metodologia DMAIC

A DMAIC segundo Carpinetti (2010), é uma metodologia interativa de melhoria semelhante ao PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) e ao MASP (Método de Análise e Solução de Problemas), apenas estruturada de maneira diferente.

Esta metodologia possui grande potencial para desvendar problemas, evita julgamentos precipitados ou errôneos que bloqueiam a identificação da causa real, que tem como consequência a origem de procedimentos não conformes. Deste modo ela garante a redução da taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e processos (Fernandes e Marins, 2008; Santos e Martins, 2008).

A execução da DMAIC percorrem cinco etapas (Figura 1): Definir (*define*), Medir (*measure*), Analisar (*analyse*), Melhorar (*improve*) e Controlar (*control*). Por meio dos conceitos e caracterizações sobre a DMAIC pelos autores Carvalho (2014); Werkema (2012); Teixeira (2016); Andrietta, Miguel (2003); e, Rechulski e Carvalho (2004), foi possível compor tais definições para cada etapa:

Definir – Inicialmente, define-se com precisão, clareza e objetividade o escopo do projeto, também são escolhidos metas e objetivos estratégicos, processos chave que afetam muito as expectativas do consumidor e que representam oportunidades potenciais de melhorias. Identifica-se inclusive nas etapas desse processo qual é o seu produto, quem é o seu cliente e quais são as suas expectativas, priorizando em paralelo os requisitos importantes para o crescimento da empresa, através de ganhos mensuráveis e sustentáveis.

As ferramentas de qualidade mais utilizadas nesta fase são: *brainstorming*, gráfico de Pareto, gráfico de tendência, estratificação de dados, folha de verificação, matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), diagrama de Ishikawa e histograma (Marshall Júnior et al. 2006; Carpinetti, 2010).

Medir - Determina-se o local ou foco do problema, identificam-se as métricas válidas e confiáveis, indicadores-chave da eficiência e da eficácia que irão colaborar no desdobramento de uma infraestrutura de medição.

Nesta etapa é importante estudar o estado atual do processo e quais as fontes de variações potenciais, elaborar um plano de coleta de dados que permita ter uma visão geral de: quem coletará e/ou compilará os dados; quais questionamentos serão necessários; quantas observações ou itens serão suficientes; com que frequência será preciso realizar medições; onde achar os dados e informações importantes; quanto de recurso será necessário para obter os dados; como serão treinadas as pessoas; como o processo de medição será monitorado; e o que deve ser modificado ou adaptado para facilitar a sistemática da medição.

Para fase de medição ferramentas como gráfico de Pareto, *brainstorming*, folha de verificação, estratificação, histograma e carta de controle são as mais aplicadas (Marshall Júnior et al. 2006).

Analisar – Alguns autores consideram a fase mais importante do ciclo DMAIC. Nesta fase são analisados os dados coletados e a partir destes estudam-se e apontam-se causas raízes dos defeitos, fontes de variações mais importantes do processo, seus impactos, oportunidades para melhoria e objetivos quantitativos para cada oportunidade. Avalia-se também GAPs entre desempenho real e meta de desempenho.

Para esta fase propõe-se o uso de tais ferramentas: diagrama de Ishikawa, método dos 5 porquês, diagrama de afinidade, FMEA, brainstorming, bem como ferramentas estatísticas como teste de hipótese, análise de variância e de regressão (Marshall Júnior *et al.* 2006; Carpinetti, 2010).

Melhorar – Questionam-se quais aperfeiçoamentos são necessários para melhorar a capacidade de um processo. Em seguida propõe-se um modelo de intervenção com o objetivo de eliminar, minimizar ou atenuar, de modo significativo, a atuação das causas raízes e consequentemente reduzir o nível de defeitos existentes. Contudo, a melhoria do processo alvo é obtida por projetos que englobam soluções criativas para controlar e prevenir problemas. Em um ponto de vista simples e geral, esta etapa direciona-se a propor, avaliar e executar soluções para cada problema prioritário. No desenvolvimento da fase melhorar, Marshall Junior *et al.* (2006) destacam o Plano de Ação – 5W2H, FMEA, Matriz Esforço Impacto, Brainstorming e Diagrama de Afinidades como as comumente utilizadas.

Controlar – Verificada a performance dos aperfeiçoamentos propostos e implementados, busca-se nesta fase preservar e garantir que o alcance das metas e melhorias sejam mantidos a longo prazo, dominando os pontos vitais para manter a capacidade de processo. Seu desenvolvimento ocorre através do auxílio de um plano de supervisão e do controle dos procedimentos em nível atual de desempenho, do monitoramento das variações dos parâmetros por meio das métricas determinadas.

Segundo Marshall Junior *et al.* (2006), a fase de controle possibilitará que o melhoramento seja contínuo e que os ganhos serão preservados. A documentação de tais procedimentos permite que os padrões estabelecidos se perdurem. Por fim, na fase de controle empregam-se as ferramentas como: gráfico de Pareto, histograma, poka-yoke e cartas de controle.

2.3. Tipos de Manutenção

A manutenção possui diversas vertentes para sua atuação, também chamadas de políticas ou estratégias de manutenção, que serão colocadas em prática, de acordo com as definições ou políticas gerenciais estabelecidas (Pinto e Xavier, 2012). As comumente definidas nas literaturas são: manutenção corretiva, preventiva, preditiva, detectiva e engenharia de manutenção “Figura 1”. Para Branco Filho (2008), a combinação de todos os tipos de manutenção, de modo balanceado, para cada caso e cada empresa, promove um melhor rendimento.

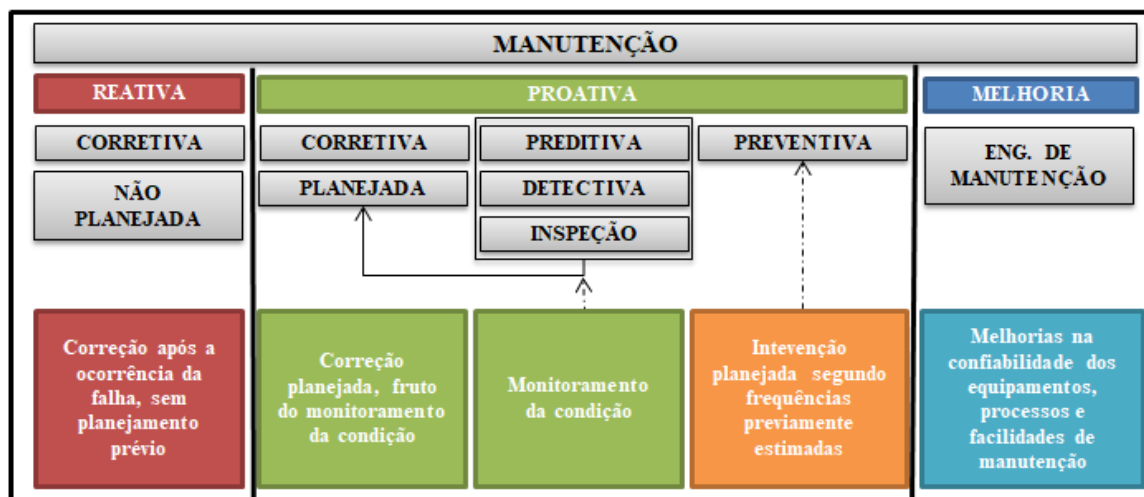


Figura 1. Tipos de Manutenção, adaptado de Pinto e Xavier (2012).

3. Método de pesquisa

Neste trabalho obteve-se através de observações in loco, entrevistas e discussões em grupo com os funcionários do setor de manutenção, dados que auxiliaram a composição das ferramentas de qualidade aplicadas. Como exemplo tem-se o Mapa do Processo, os Diagramas de Ishikawa e a Análise de Causa Raiz, caracterizando este trabalho como pesquisa qualitativa.

Entende-se que esta pesquisa também é considerada quantitativa, devido ao uso das ferramentas Gráfico de Pareto e a Matriz Causa & Efeito, que transformam informações em dados numéricos para auxiliar na análise do problema. Em resumo do ponto de vista quanto a abordagem do problema, este trabalho é qualitativo e quantitativo.

No presente estudo, buscou-se investigar o processo de paradas de manutenção corretiva na empresa de transporte público, localizada na cidade de Petrolina- PE, no intuito de realizar diagnósticos para os problemas encontrados,

obtendo o auxílio das diversas ferramentas e procedimentos indicados pela metodologia DMAIC. Para tal realização, o trabalho desdobrou-se em 06 fases, como demonstradas na “Figura 2”.

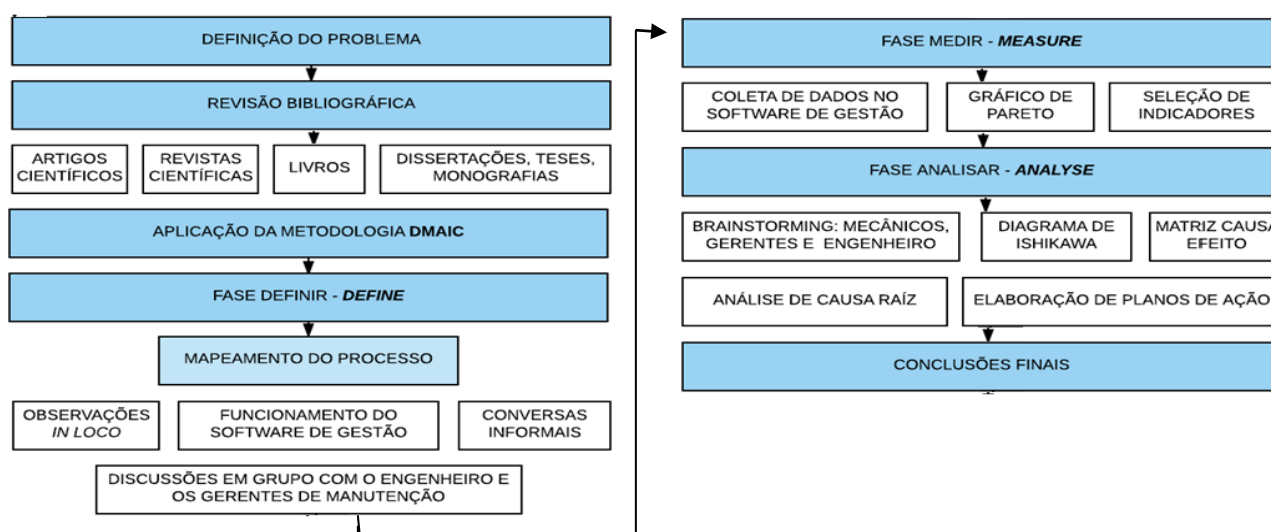


Figura 2. Fluxograma das fases da pesquisa

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Apresentação da Empresa do Estudo de Caso

A empresa deste estudo de caso, é uma concessionária do serviço público de transporte coletivo urbano, localizada na cidade de Petrolina-PE. Foi criada em junho de 2012, sendo responsável pelo transporte mensal de 500.000 passageiros em média, totalizando 6.000.000 por ano. Esta empresa conta com um quadro de 218 funcionários, que subdivide-se entre os setores: Administrativo, Centro de Controle de Operação (CCO) e Manutenção.

4.2. Caracterização da Frota de Ônibus

A empresa é responsável por operar em 12 linhas, que possuem uma extensão média de 28 quilômetros por percurso. Atualmente a frota é constituída por 40 veículos, 34 em operação e 6 reservas (dias úteis). Aos sábados a frota em operação reduz aproximadamente 18% e aos domingos 47%. Cada ônibus opera em linhas fixas, sendo substituído pelo reserva, somente se estiver impossibilitado de realizar o percurso.

Para o presente estudo, analisou-se apenas os dados de 27 veículos. Estes, foram escolhidos devido a disponibilidade de dados históricos no sistema, já que, no início do ano de 2016 uma parte da frota foi renovada, o qual impossibilitou a aplicação desta linha de estudo sobre os novos veículos.

Os 27 ônibus urbanos que compõe a frota antiga diferenciam-se através de:

- ✓ Modelo de chassi: Mercedes Bens, Volvos e Volkswagen.
- ✓ Tipo de carroceria: Citmax, Caio Apache Vip e Marcopolo Torino.
- ✓ Tipo de motor: Eletrônico (série 12) e Mecânico (série 10);
- ✓ Idade: Varia entre 2 e 10 anos, resultando em uma idade média de 6,5 anos.

Tais diferenças não implicam no desenvolvimento do estudo, pois os modos de falhas apresentados pelos veículos são muito semelhantes, e suas particularidades não afetam a análise geral do problema.

4.3. Caracterização dos Modos de Falhas

Durante todo o período de operação dos ônibus, o Centro de Controle de Operação (CCO) mantém-se em funcionamento com o propósito de monitorá-los, informando a manutenção o momento em que o veículo apresenta algum problema ou falha mecânica, entre outras atividades. Este é responsável por inserir na Ordem de Serviço (OS) as informações necessárias para que a manutenção inicie suas ações de correção o problema.

As falhas apresentadas pelos veículos e inseridas nas OSs, estão estruturadas em grupos de serviços, que incluem os diversos subsistemas pertencentes aos ônibus. Estas encontram-se divididas em 19 grupos: Motor, Embreagem, Caixa de Marchas, Suspensão, Elétrica, Funilaria, Bilhetagem Eletrônica, Freios, Sistema Pneumático, Direção, Transmissão, Sistemas Embarcados, Diferencial, Arrefecimento, Eixo Dianteiro, Eixo Traseiro, Borracharia, Lubrificação Geral e Acelerador.

Para cada grupo de serviço, citado anteriormente, existem uma série de defeitos atrelados a ele, para o subsistema Motor, por exemplo, têm-se: motor fumaçando, motor sem força, temperatura alta, barulho no motor, não pega na

partida, luz do óleo do motor acesa, luz de falha grave, entre outros. Juntamente com o grupo de serviço, o defeito apresentado também é inserido na OS.

4.4. Aplicação da Metodologia DMAIC

O desenvolvimento desta metodologia restringiu-se apenas a aplicação das fases: Definir (*Define*), Medir (*Measure*) e Analisar (*Analyse*). Ao finalizar tais etapas, foi elaborado alguns planos de ações com o objetivo de propor soluções para minimizar os problemas identificados, a fim de reduzir o número de retornos de manutenção corretiva dos ônibus.

4.4.1. Etapa Definir – DEFINE

Para o desdobramento desta etapa, também fez-se necessário determinar indicadores, limites deste projeto e a equipe de trabalho, detalhados na carta do projeto “Figura 3”. Em seguida elaborou-se o mapa do estado atual do processo (SIPOC) conforme “Figura 4”, o que possibilitou identificar todas as etapas que o compõe, bem como a voz do cliente. Com a aplicação do gráfico de Pareto “Figura 5”, observou-se que os subsistemas Elétrica, Freio e Motor foram os que apresentaram mais ocorrências, sendo responsáveis por quase 41% do total de defeitos.

Sumário Executivo / Contrato do Projeto			Definição da Meta	KPI's do Projeto
Título: Melhoria no processo de manutenção corretiva dos ônibus.		Líder: Bárbara Sampaio	Reduzir em 20% o número de falhas apresentados em 2015, consequentemente a taxa de falhas.	° Número de falhas ° Taxa de Falhas
Cliente: Centro de Controle de Operações, Usuário do transporte público, Diretoria.	Área: Oficina de manutenção	Patrocinador: Diretor Geral	Limites do Projeto (Inclui/Exclui)	
Objetivo do Projeto			Inclui: Inserir novas etapas no processo.	Exclui: Solucionar causas externas ao setor e ao ambiente. Manutenções corretivas externas (socorro). Estudar atividades relativas ao almoxarifado, que também está incluso no setor de manutenção.
Histórico do Problema			Restrições do Projeto	
Desenvolver a metodologia DMAIC dentro do setor de manutenção da empresa, mais especificamente nas atividades realizadas na oficina, em busca do aumento/melhoria da qualidade e do nível de serviço de manutenção realizado pelos funcionários.			Trabalhar sempre com a mesma frota de 27 veículos.	
A partir do levantamento de dados históricos das falhas, fornecido pelo sistema de gestão de manutenção, verificou-se durante o ano de 2015, foram registradas 2598 falhas mecânicas, excluindo as manutenções corretivas realizadas fora da oficina (conhecidas como, socorro), para uma frota composta por 27 ônibus. Dentre eles os subsistemas: Elétrica e Freio com os maiores índices de falhas, correspondendo a 427 e 401 falhas, respectivamente.			Requisitos do Cliente	
			Aumentar a qualidade do serviço de manutenção, reduzir o número de falhas durante a operação, atender os horários definidos.	
			Contribuições para o negócio	
			Aumento da eficiência operacional da frota e sua confiabilidade, elevando também a disponibilidade para operação e credibilidade da empresa.	

Figura 3. Carta do projeto

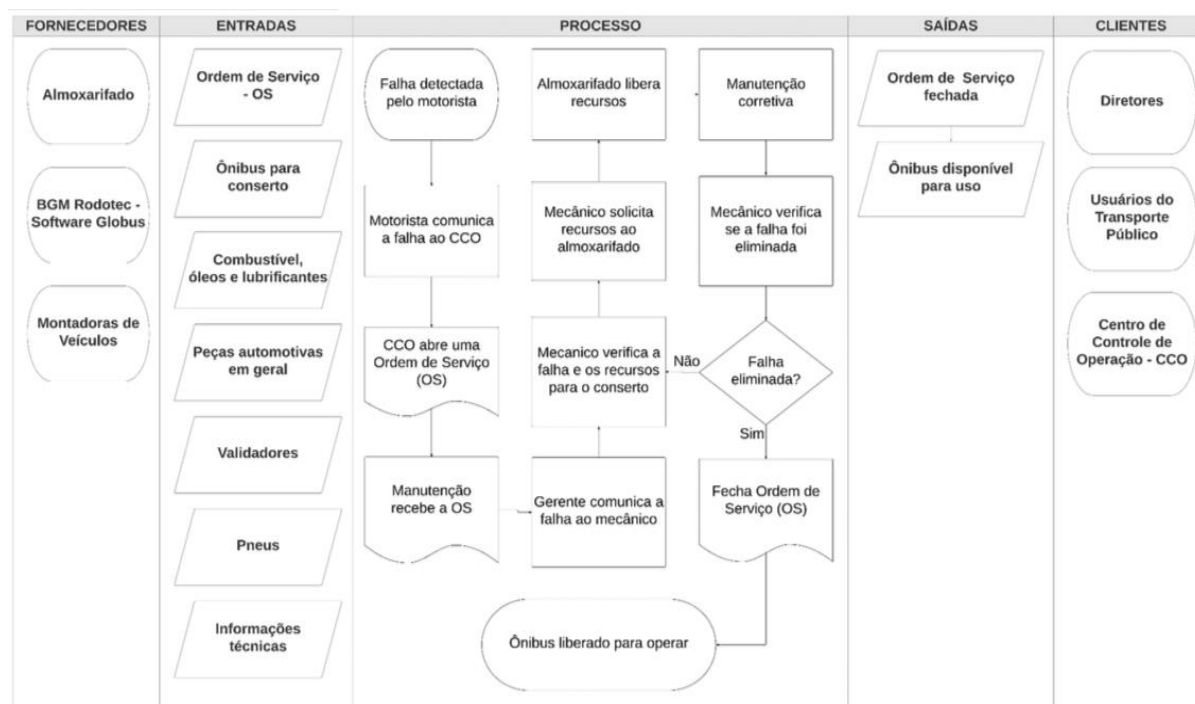


Figura 4. Mapa SIPOC do processo - Manutenção Corretiva do Ônibus

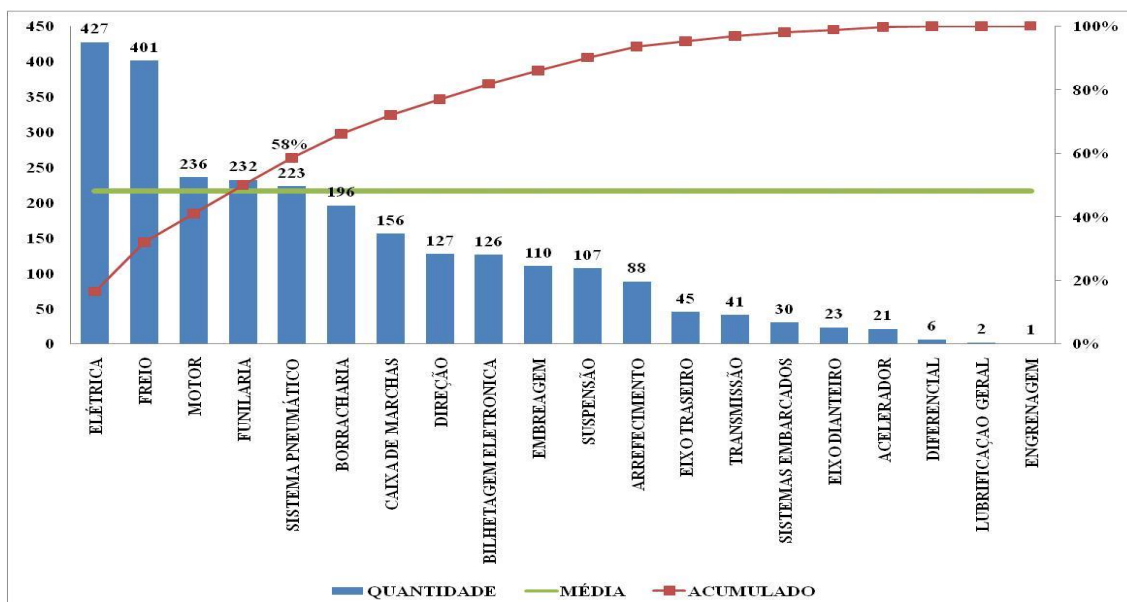


Figura 5. Gráfico de Pareto dos grupos de serviços

Para análise, resolveu-se detalhar os modos de falhas presentes nos principais grupos de serviços, levantar as causas potenciais dessas falhas e avaliar a influência (peso) de cada causa nos outros subsistemas.

Através deste levantamento de dados, foram enumerados 201 defeitos apresentados na frota, dentro do período de análise, onde os principais são relacionados aos subsistemas: freio, caixa de marchas, motor, elétrica e sistema pneumático.

A meta foi estabelecida com base no número de defeitos, visando reduzir no mínimo 20% do valor atual, buscando ultrapassar este percentual. Para a meta determinada estima-se que este número caia para aproximadamente 2078 defeitos por ano. Devido ao tempo de desenvolvimento do trabalho, só foi possível realizar análises de 46,81% dos defeitos, sendo estes os que possuem os maiores índices de falhas e consequentemente contribuem maior degradação na frota.

4.4.2. Etapa Medir – MEASURE

A etapa Medir iniciou-se com a investigação sobre o foco do problema, com a utilização do gráfico de Pareto “Figura 6” para sintetizar os dados e direcionar a tomada de decisões.

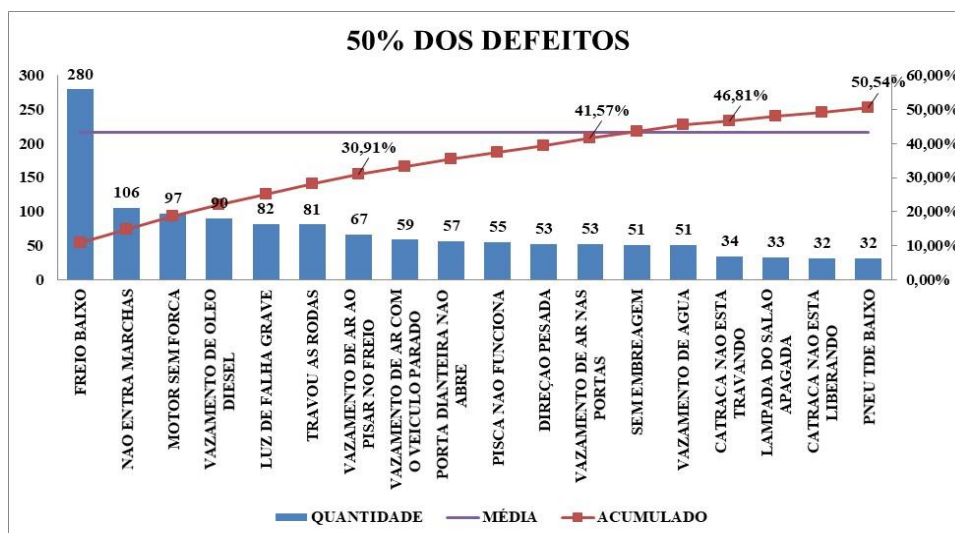


Figura 6. Gráfico de Pareto para os defeitos mais recorrentes

O número de falhas deve ser monitorado mensalmente e comparado com o respectivo mês do ano anterior, com base no gráfico apresentado na “Figura 7”. A fonte de obtenção deste indicador foi a mesma, através da coleta de dados no software de gestão e sua síntese em planilhas do Excel®.

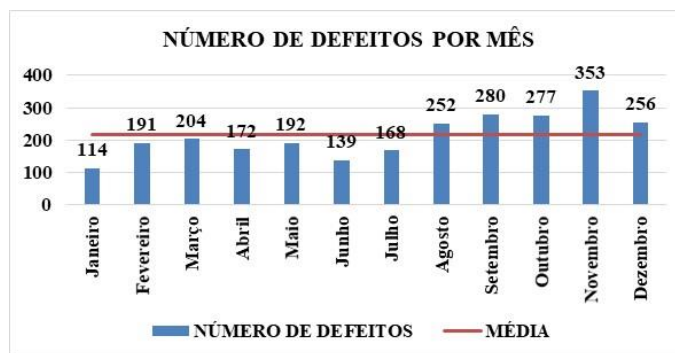


Figura 7. Número de defeitos por mês

Para o cálculo da taxa de falhas, de acordo com a literatura, são necessários dados sobre o número de falhas e número de horas em operação, porém tratando-se de veículos, existe maior coerência em utilizar a quilometragem no lugar de horas. Deste modo, utilizou-se o número de falhas e a quilometragem real, no período de 2015, para obtenção deste percentual.

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Quilometragem percorrida}} = \frac{2598}{106109,5} \times 100 = 2,45 \quad (1)$$

Caso a meta estabelecida seja alcançada, reduzindo aproximadamente 20% do número de falhas na mesma quilometragem percorrida, tem-se uma estimativa da taxa de falhas de 1,95%, conforme o cálculo utilizando a equação “Taxa de Falhas – Eq. 1-2”.

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Quilometragem percorrida}} = \frac{2078}{106109,5} \times 100 = 1,95 \quad (2)$$

4.4.3. Etapa Analisar – ANALYSE

De início, foram selecionados os principais defeitos demonstrados na fase anterior, para análise de suas causas. Estas, foram feitas a partir da aplicação de diagramas de *Ishikawa* para cada defeito. A partir deste tratamento, pôde-se elaborar a matriz causa-efeito, para relacionar cada defeito a cada problema específico e quantificar seus respectivos impactos. Finalizada a composição e preenchimento da matriz, obteve-se uma escala demonstrando as causas que possuíam mais correlações com outros defeitos e geradoras de maiores impactos. Por meio desses resultados, destacou-se as causas-alvos que seriam priorizadas na elaboração de planos de ações de melhoria.

Os diagramas de *Ishikawa* aplicados foram direcionados para cada um dos 15 defeitos destacados na etapa anterior: freio baixo, não entra marchas, motor sem força, vazamento de óleo diesel, luz de falha grave, travou as rodas, vazamento de ar ao pisar no freio, vazamento de ar com veículo parado, porta dianteira não abre, pisca não funciona, direção pesada, vazamento de ar nas portas, sem embreagem, vazamento de água e catraca não está travando. Na “Tabela 1”, encontra-se cada defeito e seu respectivo número de possíveis causas encontradas na elaboração dos diagramas de *Ishikawa*.

Tabela 1. Número de causas por defeito

Defeitos	Número de causas
Freio baixo	13
Não entra marchas	13
Motor sem força	9
Vazamento de óleo diesel	12
Luz de falha grave	8
Travou as rodas	6
Vazamento de ar ao pisar no freio	8
Vazamento de ar com veículo parado	7
Porta dianteira não abre	7
Pisca não funciona	8
Direção pesada	15
Vazamento de ar nas portas	5
Sem embreagem	11
Vazamento de água	15
Catraca não está travando	7
TOTAL	131

No total foram encontradas 131 causas, porém antes de seguir para a composição da matriz causa-efeito, estas foram tratadas através de análises com o engenheiro mecânico, o gerente de manutenção e o gestor de frotas, uniformizando as causas similares e desconsiderando causas incoerentes. Após este tratamento restaram 84 causas, que compuseram a Matriz Causa & Efeito.

Na matriz causa & efeito, as avaliações de relacionamento das causas com cada defeito, foram realizadas apenas pelo engenheiro de mecânico e o gerente de manutenção, que ao fim do seu preenchimento e soma de cada alternativa, resultou em um *ranking* das causas que exercem maior impacto nos defeitos levantados. Estas causas foram avaliadas não apenas pelo caráter técnico dos eventos, mas também com base na realidade observada dentro da empresa, e do seu quadro de funcionários. Na “Tabela 2”, estão apresentadas as causas com maiores índices de gravidade.

Tabela 2. *Ranking* das principais causas identificadas pela Matriz Causa & Efeito

Posição	Causa	Pontuação	L
1 ^a	Baixa qualificação dos mecânicos	113	O
2 ^a	Aplicação de peças usadas	104	O
3 ^a	Controle de preventiva/revisão ineficiente	84	O
4 ^a	Mecânico não verifica se existe vazamento	82	H
5 ^a	Mangueiras obstruídas	73	F
6 ^a	Baixa motivação dos mecânicos	68	O
7 ^a	Arruelas de vedação sem vedar	64	F
8 ^a	Não vedou as válvulas corretamente	64	H
L: O – Organizacionais		H – Humanas	F - Físicas

Após a obtenção do *ranking* das causas com maiores índices, onde estes poderiam variar em uma escala de 0 à 135, foram destacadas oito causas raízes. Optou-se por priorizar e propor ações de melhoria para apenas oito das causas, devido à complexidade de resolução destas. Constatou-se que dentre as oito citadas anteriormente existem três naturezas de origem distintas atuantes, dividindo-as em: raízes físicas, humanas e organizacionais. Para então, por fim, elaborar os Planos de Ações de Melhorias como sugestões para redução do impacto gerado por estas causas.

5. CONCLUSÃO

A metodologia DMAIC permitiu levantar elementos necessários para o desenvolvimento do trabalho, sem que houvesse distanciamento do problema central. O detalhamento e aplicação de suas etapas, atuaram como um filtro, onde foram analisados a maioria dos defeitos e suas possíveis fontes, a fim de reduzir, restringir e facilitar a visualização das causas mais agravantes, no problema de retornos de manutenção corretiva.

Para quem busca solucionar problemas, o conhecimento sobre as fases do processo e seus fatores chaves são importantes, pois apresentam-se no sentido de auxiliar a determinação de onde se quer chegar, e o que realmente importa para seus principais clientes. Na etapa Definir foi possível encontrar tais respostas, as quais nortearam os próximos passos do trabalho. O mapeamento do processo, elaborado por meio do mapa SIPOC, foi uma ferramenta que, ao aplicá-la pôde-se identificar com clareza os reais clientes do processo, suas exigências, como todo o processo foi desenvolvido, os responsáveis por cada etapa e, qual era o objetivo principal do processo de manutenção corretiva da empresa. Uma vez que, uma falha no mapeamento pode comprometer todo o trabalho e chegar a resultados sem grande relevância para empresa, devido a não compreensão de como funcionam os processos internos e o que agrega valor para seus clientes. Neste trabalho fatores como: baixo custo de manutenção, alta disponibilidade do veículo, alta confiabilidade, segurança, frequência e continuidade do serviço, foram compreendidos como requisitos dos clientes.

Através da metodologia DMAIC, com auxílio das ferramentas: mapa do processo, gráfico de Pareto, diagrama de Ishikawa, matriz causa & efeito, análise de causa raiz e 5WH, observou-se um perfil organizacional em que sua estrutura, cultura e ambiente apresentavam diversos entraves para que o objetivo principal da manutenção fosse realizado efetivamente. Para isto, foram elaborados planos de ação, sugerindo medidas que atuem no sentido de capacitar e motivar os funcionários, bem como disponibilizar recursos manuais, visuais e técnicos para minimizar a ocorrência de falhas.

6. REFERÊNCIAS

- Aguiar, S. 2006. “Integração das Ferramentas da Qualidade ao PDCA e ao Seis Sigma”. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda.
- Andrietta, J. M.; Miguel, P. A. C. 2003. “O Programa Seis Sigma Aplicado a Processos Administrativos”. Revista Ciência & Tecnologia, Santa Bárbara d’Oeste, v. 11, n° 22 – p. 49-56.
- Associação Nacional Das Empresas De Transporte Urbano – NTU. 2015. “Anuário NTU: 2014 – 2015”. Brasília: NTU.

- Braidotti Junior, J. W. 2011. “A falha não é uma opção”. In: Congresso Brasileiro de Manutenção, 26. Curitiba, Anais... Paraná: ABRAMAN, 2011. Disponível em: <http://www.abraman.org.br/arquivos/192/192.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2016.
- Branco Filho, G. 2008. “A organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção”. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda. ISBN 978-85-7393-680-3.
- Brasil. 2013. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. “Importância do setor terciário”. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=4&menu=4485> Acesso em: 12 fev. de 2015.
- Carpinetti, L. C. R. 2010. “Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas”. São Paulo: Atlas.
- Carvalho, C. F. T. de. 2014. “Entendendo a metodologia seis sigma e suas principais ferramentas”. Campinas: Universidade São Francisco, 2014.
- Carvalho, M. M. De; Paladini, E. P.; Bouer, G; Ferreira, J. J. Do A.; Miguel, P. A. C.; Samohyl, R. W.; Rotondaro, R. G. 2005. “Gestão da Qualidade: Teoria e Casos”. Rio de Janeiro: Elsevier.
- FERNANDES, S. T.; MARINS, F. A. S. 2008. “Aplicação do Lean Seis Sigma na logística de transportes”. In: SBPO, 40 - João Pessoa – Anais... Paraíba: UNESP, 2008.
- Fitzsimmons, J. A.; Fitzsimmons, M. J. 2010. “Administração de serviços: operações, estratégia e tecnologia da informação”. 6ª ed.. Porto Alegre: Bookman.
- Innovo Group. 2015. “Quem Somos: Metodologia”. Disponível em: <http://www.innovogroup.com.br/site/metodologia.php>. Acesso em: 13 fev. de 2015.
- Loureiro, T. M. S. 2012. “Aplicação da metodologia de DMAIC a uma unidade de abate”. 2012. Dissertação (Mestrado em Gestão da Qualidade e Segurança Alimentar). Escola superior de tecnologia e gestão – IPL, Leiria.
- Marshall Junior, I.; Cierco, A. A.; Rocha, A. V.; Mota, E. B.; Leusin, S. 2006. “Gestão da Qualidade”. 8ª ed..Rio de Janeiro: Editora FGV.
- Morais, J. M. O.; Gomes, I. C. M.; Paiva, I. V. L. De; Pinto, A. B.; Neto, A. P. F. 2011. “Análise e otimização da gestão da manutenção em uma empresa do setor de transporte urbano do interior Potiguar”. In: ENEGEP, 31, 2011- Belo Horizonte. Anais... Minas Gerais: UFERSA, 2011.
- Nascimento Neto, L. P. Do; Araújo, H. De A. B. T.; Lopes, R. S.; Gomes, G. R. S.; Cavalcante, C. A. V. 2012. “Uso da análise snapshot e do conceito de delaytime para definição de tempos de inspeção: um estudo de caso para o planejamento de manutenção de frotas”. In: ENEGEP, 32, 2012- Bento Gonçalves. Anais... Rio Grande do Sul: UFPE, 2012.
- Pinto, A. K.; Xavier, J. N. 2012. “Manutenção – Função Estratégica”. 4ª ed.. Rio de Janeiro: Qualiymark Editora. ISBN 978-85-414-0040-4.
- Rechulski, D. K.; Carvalho, M. M. de. 2004. “Programa de qualidade Seis Sigma – características distintivas do modelo DMAIC e DFSS”. Programa de Iniciação Científica (PIC) – EPUSP – nº 2.
- Santos, A. B.; Martins, M. F. 2008. “Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações”. Revista Gestão e Produção, São Carlos, v. 15, n 1, p 43-56.
- Teixeira, R. G. 2016. “A utilização da metodologia DMAIC para a elaboração de um projeto de redução de tempo de máquina quebrada em uma indústria têxtil”. Disponível em: http://www.leansixsigma.com.br/ACERVO/ACERVO_46171046.PDF. Acesso em: 15 fev. de 2016.
- Vuchic, R. V. 2005. Urban Transit: Operations, Planning and Economics. New Jersey: John Wiley & Sons Inc.
- Werkema, M. C. C. 2012. “Criando a cultura Seis Sigma”. Rio de Janeiro: Elsevier, v.1.
- Xenos, H. G. d’P. 2004. “Gerenciando a Manutenção Produtiva”. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

APPLICATION OF THE DMAIC METHODOLOGY FOR REDUCING THE NUMBER OF CORRECTIVE MAINTENANCE STOPS, IN A PUBLIC TRANSPORT COMPANY LOCATED IN PETROLINA/PE

Bárbara Évelin Oliveira Sampaio, barbaraevelinsamp@gmail.com¹

Marcos Vinicius Sousa dos Santos, mascosv_ss@hotmail.com²

Ana Cristina Castro Gonçalves Silva, anacristina.silva@univasf.edu.br¹

José de Castro Silva, castro.silva@univasf.edu.br¹

¹ Federal University of the San Francisco Valley – UNIVASF, Av. Antônio C. Magalhães, 510 - Country Club, Juazeiro - BA, 48902-300.

² Federal University of Rio Grande do Norte - UFRN, Av. Senador Salgado Filho, 3000 - Campus Universitário, Natal - RN, 59078-970.

Abstract: *The great demand for efficient management of material, financial and human resources is a reality in all sectors. In the public transportation sector it is no different. During the last two decades this sector has suffered a crisis, where millions of passengers are lost year after year, due to the drop in the level of quality in the service, the low reliability of the vehicles, delays among other factors. It is recognized that maintenance management is a strong ally for quality improvement in both product production and service. In order to improve the service level of the company's maintenance sector and minimize the performance of a vicious circle of failures, this paper proposes to suggest actions to reduce the number of corrective maintenance stops in a public transportation company in the city of Petrolina-PE. Through the DMAIC methodology and its respective tools, we tried to find the root causes of the main defects that affect the bus fleet. It was also possible to observe the strong relationship between organizational, human and physical problems, denoting a chain of actions that begin in organizational causes, resulting in human and physical causes.*

Keywords: Public Transport, Corrective Maintenance, DMAIC