



APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE DE MODOS DE FALHA E EFEITOS (FMEA) NO SISTEMA AUTOMÁTICO DE BILHETAGEM ELETRÔNICA (SABE) EM UMA EMPRESA DE TRANSPORTE SOBRE TRILHOS

Angelo J.S.Vasconcelos¹, Adalberto Nunes², Flávia Garrett Azevedo³

¹ Pós-graduação Curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Estácio Recife – PE, agvasco5@gmail.com

² Professor do Centro Universitário Estácio do Recife – PE, adalbertonunes2012@gmail.com;

³ Professora do Centro Universitário Estácio do Recife – PE, bioeng.garrett@gmail.com

RESUMO

O artigo propõe um modelo de visualização de falhas potenciais para o controle do sistema automático de bilhetagem eletrônica – SABE. O modelo viabiliza, também, as condições de melhoria contínua na qualidade das ações de manutenção e operacionalidade do sistema, permitindo conceder um melhor suporte às estratégias de gestão para o restabelecimento de uma arrecadação financeira regular e eficiente, usando a ferramenta da gestão da qualidade: A FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Para tanto foi realizado um estudo de caso nos processos de gerenciamento de arrecadação, manutenção técnica, sua organização e, operacionalidade do sistema.

Palavras-chave: Gerenciamento de riscos, Análise de Falhas, Confiabilidade.

ABSTRACT

The article proposes a model for visualizing potential failures to control the automatic ticketing system - SABE. The model also enables the conditions for continuous improvement in the quality of the maintenance and operational actions of the system, allowing to grant better support to the management strategies for the reestablishment of a regular and efficient financial collection, using the quality management tool: FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). For that, a case study was carried out in the management of collection, technical maintenance and its organization and operation of the system.

Key words: Risk management, Failure analysis, Reliability.



1. Introdução

Bilhetagem eletrônica é a terminologia empregada para representar um conjunto de elementos englobando: tecnologia; organização; política tarifária e recursos humanos envolvidos na arrecadação, distribuição e controle das receitas provenientes de um sistema de cobrança de tarifas.

No transporte público, a bilhetagem estabelece vínculos sociais, econômicos e tecnológicos (VILLEGAS, 1997).

1.1 Ferramenta FMEA

A aplicação do FMEA impacta diretamente no retorno financeiro da empresa que é decorrente da minimização e eliminação de falhas potenciais nos processos produtivos. É uma ferramenta de auxílio à gestão da qualidade aplicada à confiabilidade que tem sua principal aplicação para a melhoria de um produto ou processo já em operação, a partir da identificação das causas das falhas ocorridas e seu posterior bloqueio. Também auxilia na detecção das falhas potenciais em produtos ou processos, ainda na fase de projeto. É apresentada no formato de formulários sendo preenchido com o auxílio da equipe técnica envolvida no processo e auxiliado por um mapa de análise de risco. Nestes formulários reúnem-se todas as informações relevantes da ferramenta para facilitar no seu desenvolvimento, análise e interpretação. (Silveira, Cristiano 2010)

Os estudos de Palady (2004) demonstram que a ferramenta FMEA “é mais eficaz quando aplicada em um esforço de equipe”. Afirma, ainda, que essa equipe deve ser formada por um grupo de quatro a sete pessoas que compreendam como o projeto, processo ou serviço é projetado, produzido, utilizado e mal utilizado.

Este trabalho visa de um modo geral, fornecer um procedimento de correção técnica, baseado nos princípios sustentados pela FMEA, que permita às empresas reduzirem os riscos de falhas potenciais constituintes de seu sistema automático de bilhetagem eletrônica (SABE). Desta forma, verificando os modos de falhas potenciais e buscando a melhoria contínua, por meio do mapeamento das etapas do processo do sistema de forma integrada, ou seja, pelo lado do processo de manutenção e pelo lado dos operadores responsáveis pelo funcionamento do processo.

3. Material e Métodos

O princípio de aplicação desta metodologia foi o uso da ferramenta da gestão da qualidade: O FMEA. Foram utilizados dados estatísticos de falhas operacionais da base de dados TOTVS (Julho/2016 a Agosto/2017) referente ao SABE, observando às reincidências de falhas potenciais nos processos de análise.

Neste estudo foram identificados os principais modos de falhas potenciais em todos os processos, em seguida são avaliados os riscos e seus efeitos através do índice **NPR** (Número de Prioridade de Risco) e, baseando-se nesta avaliação, foram decididas as ações para eliminação ou diminuição dos riscos, aumentando a confiabilidade do produto ou processo.



4. Resultados e Discussões

A implantação da ferramenta FMEA no SABE foi realizada com a colaboração técnica informativa, devidamente representada pelas áreas envolvidas como: Manutenção preventiva e corretiva, operacional, laboratório de eletrônica e gestor do SABE.

O tempo empregado para a implantação foi de aproximadamente um ano, no período de junho/2016 a Julho/2017. As áreas em que se implantou a ferramenta foram: gerenciamento de arrecadação; manutenção técnica e sua organização; recursos humanos envolvidos e operacionalidade do sistema. Os modos de falhas relacionados a estes processos tendem a gerar baixos índices de arrecadação financeira, insatisfações aos usuários e alto custos de manutenção do sistema.

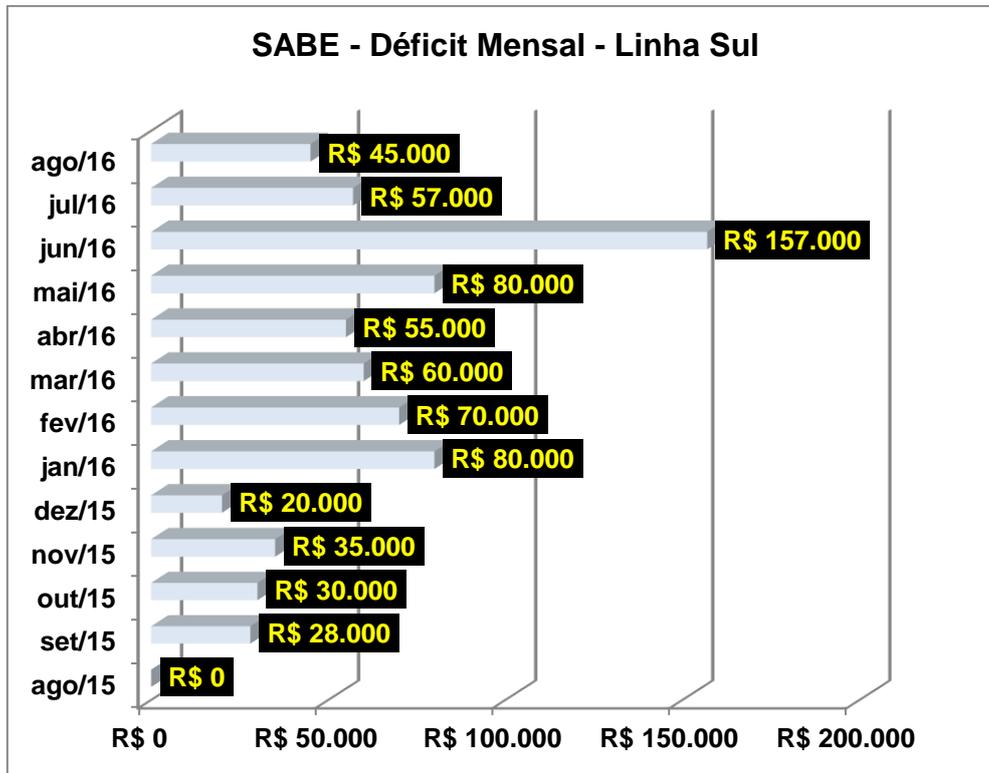
Foi realizado um levantamento dos dados estatísticos de arrecadação no servidor do SABE no período de agosto 2015 a agosto 2016 e de falhas abertas no sistema (TOTVS – Julho/2016), coletados e apresentados conforme mostrado na Tabela 01 e nas Figuras 01 e 02 evidenciando os déficits na arrecadação financeira neste período nas linhas sul e centro.

Tabela 1 – Falhas operacionais (Julho/2016)

Sonorização	2	1,48%
Painel Mensagens	14	10,37%
CFTV	51	37,78%
IDT	9	6,67%
Cronometria	1	0,74%
Telefonia	2	1,48%
SABE	56	41,48%
Outros	0	0,00%
Totalização	135	

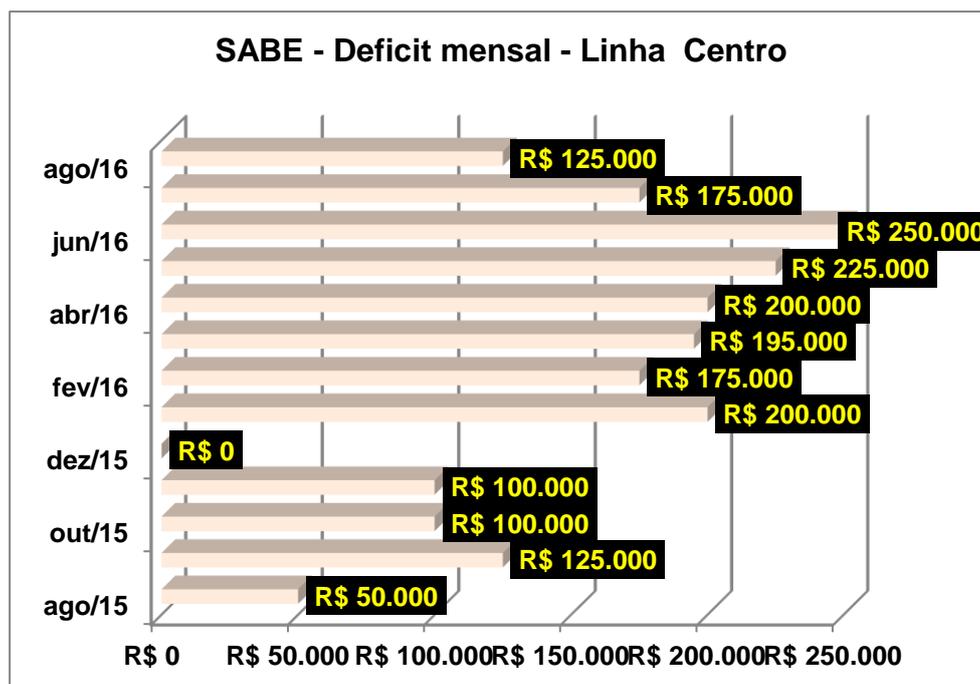
Fonte: Base de dados TOTVS, 2016.

Figura 01: Déficit mensal – Linha Sul (Agosto/2015 a Agosto/ 2016).



Fonte: (Autor – SABE/2016)

Figura 02: Deficit mensal - Linha Centro (Agosto/2015 a Agosto/ 2016)



Fonte: (Autor – SABE/2016)

Analisando a Tabela 01, verifica-se uma demanda de falhas operacionais no sistema de 56 falhas/mês, e conforme Figuras 01 e 02, um déficit financeiro de R\$502 mil no período de Janeiro de 2016 a Junho 2016 na linha sul e de R\$ 1.245 mil na linha Centro no mesmo período, totalizando um déficit total de R\$1.747.000 em todo o sistema.

Para aplicação da técnica, foram analisados os modos de falhas potenciais relacionadas e tendo como indicador, a regularização das arrecadações financeiras no sistema. Essas falhas potenciais têm influenciado as consequentes perdas nas arrecadações financeiras (Figura 03), tornando o sistema SABE ineficiente na sua operacionalidade.

Figura 03: Deficit mensal - SABE (Janeiro/2016 à Agosto/ 2016)

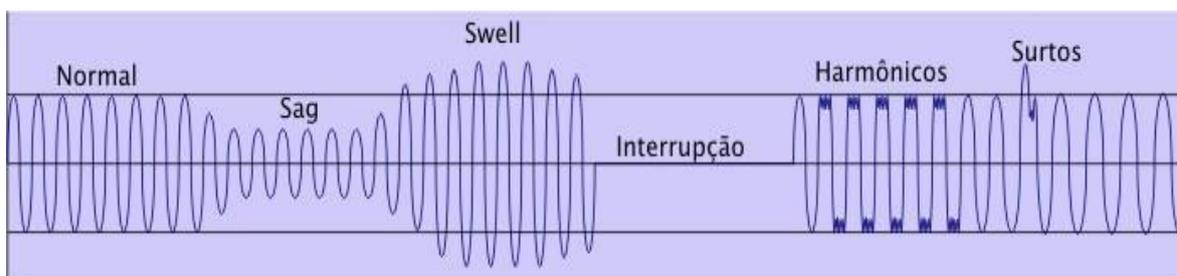
L.Centro	L.Sul	Jan/16 a Jun/16
R\$ 1.245.000	R\$ 502.000	R\$ 1.747.000

Fonte: Autor

Conforme direcionamentos do FMEA foram discriminados as falhas potenciais e suas respectivas causas e efeitos, e classificadas de acordo com o grau de ocorrência, detecção e severidade, aos quais foram identificados os principais modos potenciais de falhas:

- a) **Instabilidade no Processo de Validação de Créditos**, tendo um efeito na interrupção do serviço devido aos distúrbios que afetam a qualidade da energia elétrica (Figura 04), provocando a instabilidade na validação de crédito nos bilhetes, apresentando um NPR=900 (Número de prioridade de risco).

Figura 04: Distúrbios na Rede elétrica



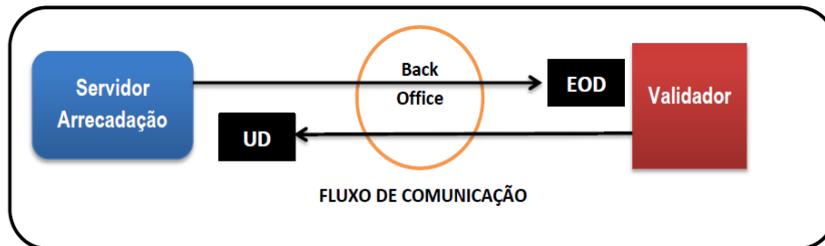
Fonte: Logmaster (1999)

Neste modo de falha, foram recomendadas ações de manutenções corretivas e preventivas nos NO-BREAKS das estações e que foi realizado com parcialidade, mostrando uma reavaliação de NPR=648;

- b) **Vários bloqueios Inativos na rede V3lan**, não atualizando os dados binários ao servidor (Figura 05).



Figura 05: Atualização de Dados



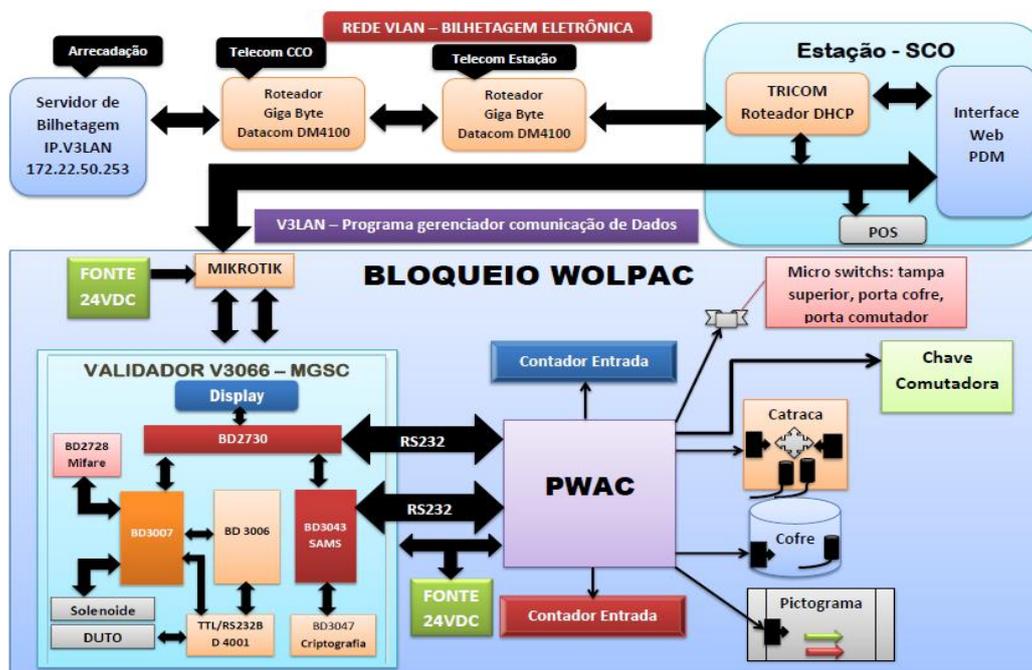
Fonte: Autor – Adaptado PRODATA, 2004

Apresentando um **NPR=700**, causando uma diminuição na arrecadação financeira do SABE, e que foram recomendadas ações de esclarecimentos técnicos operacionais no sentido de tornar esses bloqueios ativos, as quais obtiveram êxito com a reavaliação de **NPR=4**;

- c) **Baixo Rendimento técnico Profissional** com um **NPR=450**, sendo recomendadas ações de estímulos à inteligência emocional, no sentido de amenizar os conflitos interpessoais dentro das equipes, com ações parciais e apresentando uma reavaliação de **NPR=256**;
- d) **Erros nas Atuações Técnicas** com um **NPR=450**, causando as perdas dos créditos usados (**binários UD** – dados usados), sendo recomendada uma nova logística nos procedimentos de manutenção, inclusive, com modificações significativas na logística de procedimentos técnicos envolvendo a equipe do laboratório de eletrônica, apresentando uma reavaliação de **NPR=63**;
- e) **Desconhecimento do Sistema de Bilhetagem** com um **NPR=450** e tendo como correção, uma aplicação de treinamento intensivo do sistema SABE

(Figura 06) para todas as equipes de manutenção (Corretivas e Preventivas), não atingindo a totalidade, apresentando uma reavaliação de **NPR=100**;

Figura 06: Arquitetura SABE



Fonte: Autor

f) **Laboratório fora de rede** com um **NPR=700**, deixando ineficientes os testes operacionais dos validadores V3066 e os POS MSD 4600, necessitando ser interligada a rede SABE. Não foi obtido êxito, mas com algumas ações parciais obtivemos uma reavaliação de **NPR=350**;

g) **Falta de Manutenções preventivas nas Catracas Mecânicas** com um **NPR=540**, causando as quedas das catracas em horário operacional, e tendo como recomendação, retorno imediato das atividades de manutenção noturnas, a qual não foi atendida devido à falta de logística disponível, entretanto, com algumas ações parciais conseguimos baixar o **NPR=300**;

h) **Congestionamento nas Linhas de bloqueios** com um **NPR=600**, evido haver diferença de tarifas: Metrô/Ônibus. As recomendações são as inserções de bloqueios híbridos em todo o sistema para melhorar os fluxos operacionais. Até a presente data fizemos inserções de **77 bloqueios híbridos** em **18 (29)** estações das linhas sul e centro, apresentando uma reavaliação de **NPR=75**.

i) **Visão sistêmica da rede V3LAN**, com um **NPR=500**. Gestor, manutenção e operação não tendo a visão sistêmica do SABE. As recomendações foram as emissões diárias de relatórios técnicos de ativos na rede V3LAN disponibilizados para todos envolvidos na operacionalidade do sistema. Com isso, obtivemos uma reavaliação de **NPR=75**;



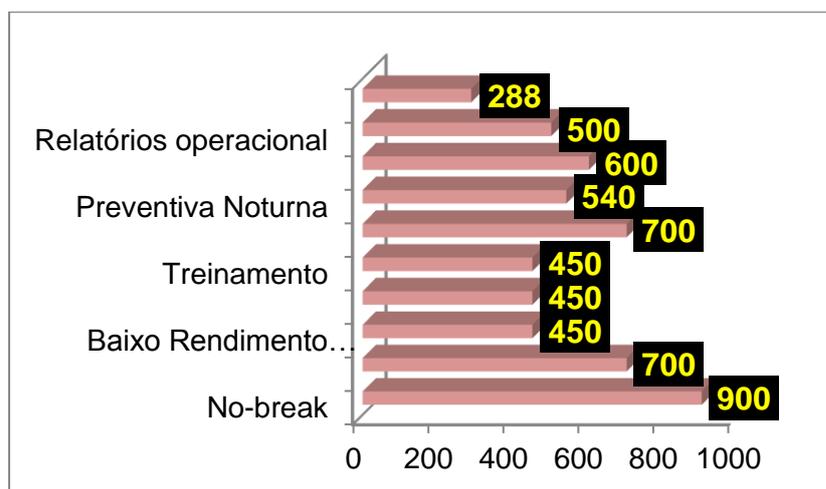
j) **Sem suporte do Gestor às atividades de manutenção**, com **NPR=288** causando retrabalho nas atividades de manutenção, devido não ter acesso direto ao suporte de gestão. Com as ações recomendadas de livre acesso ao suporte de gestão, obtivemos um **NPR=8**.

Foram verificados dez modos de falhas potenciais no sistema SABE (Figuras 07 e 08).

Apesar de não conseguir eliminar a maioria dos modos de falhas potenciais no processo, a regularidade na arrecadação foi normalizada, visto que as falhas potenciais de maior interferência na perda dos binários UD (USAGE DATA) processados foram eliminadas.

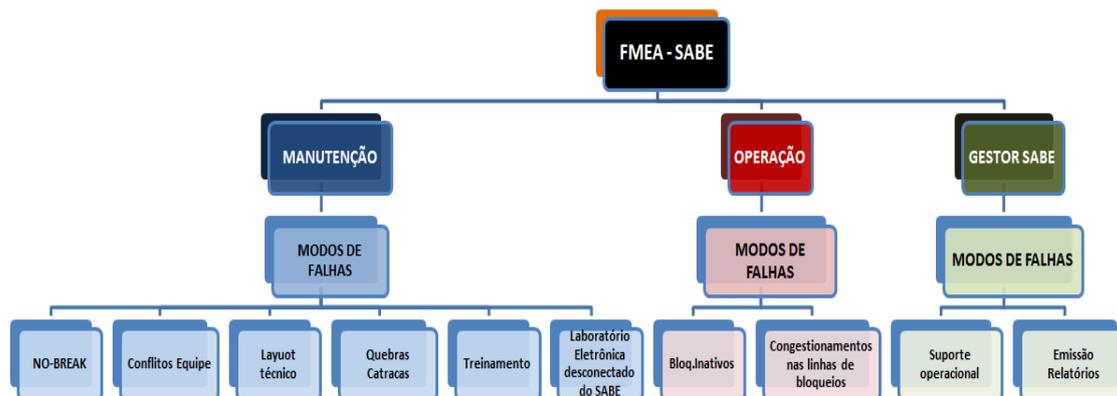
Nestes modos de falhas potenciais houve uma redução do NPR: **Vários bloqueios Inativos na rede V3lan** de **700** para **04** e **Erros nas Atuações Técnicas** **450** para **63**. Na etapa seguinte iniciou-se o preenchimento do formulário FMEA conforme Figuras 07 e 08.

Figura 07: Modos de Falhas Potenciais - Início do Processo



Fonte: Autor

Figura 08: Modos de Falhas Potenciais – por setores



Fonte: Autor

5. Considerações Finais

A eficiência na arrecadação do SABE irá perdurar com a aplicação das ações técnicas corretivas e, também, nas ações de melhoramentos recomendadas aos modos de falhas potenciais em todas as etapas do processo, sendo constantemente gerenciados os seus respectivos indicadores de desempenho evidenciados pela ferramenta FMEA.

Metodologias como a FMEA asseguram que as falhas potenciais no decorrer do processo sejam detectadas, impedindo possíveis erros antes não previstos na fase operacional do processo. Esta ferramenta proporciona confiabilidade na operacionalidade do SABE atuando na prevenção e eliminação de erros, motivo pelo qual seu estudo e aplicação nas empresas devem ser cada vez mais enfatizados.

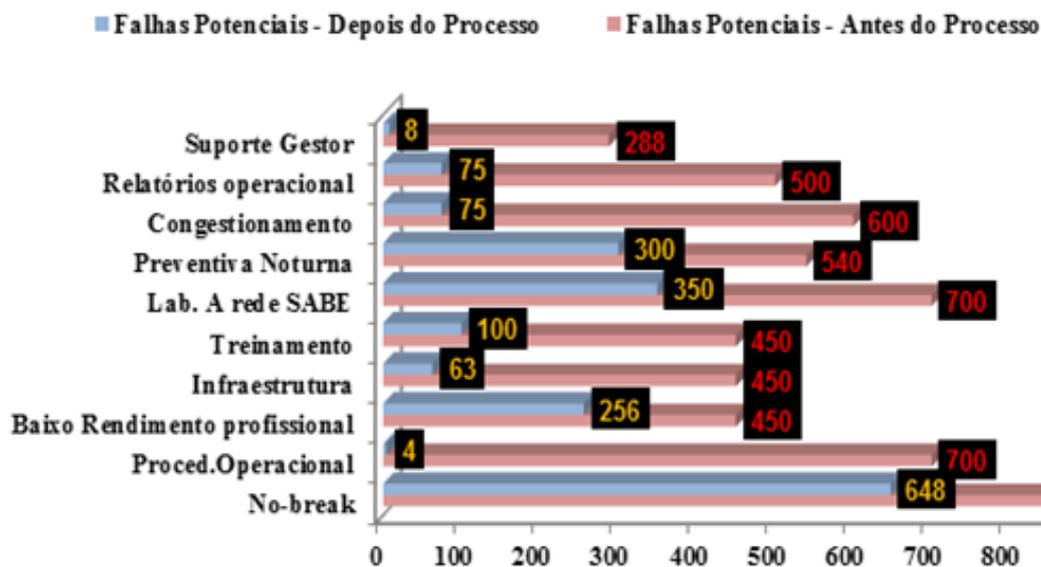
A elaboração do mapa de risco e o preenchimento do formulário FMEA, figuras 07 e 08 respectivamente, foram essenciais para o mapeamento de falhas potenciais e seus efeitos, dando embasamento técnico às ações de melhoramentos na operacionalidade e eficiência do sistema, decorrentes da diminuição das falhas operacionais, conforme dados (Figura 09) e, a eliminação ou, diminuição dos modos de falhas potenciais (Figura 10).

Figura 09: Falhas (Agosto/2017)

Sonorização	4	3,96%
Painel Mensagens	7	6,93%
CFTV	60	59,41%
IDT	11	10,89%
Cronometria	3	2,97%
Telefonia	9	8,91%
Bilhetagem	7	6,93%
Outros	0	0,00%
Totalização	101	

Fonte: Base de dados TOTVS (2017)

Figura 10: Comparação – Falhas Potenciais



Fonte: Base de dados TOTVS (2017)

Através desta metodologia alguns modos de falhas foram eliminados parcialmente nos processos, outros diminuídos à sua gravidade, solucionando preventivamente problemas que iriam tornar-se não conformidades, causando instabilidade e ineficiência na arrecadação financeira do SABE e, possíveis custos com retrabalhos, sucateamento de materiais e ineficácia operacional do sistema.

Sem uma análise preliminar do processo com as áreas envolvidas, a utilização desta ferramenta da gestão da qualidade não teria êxito na detecção de ocorrência dos modos de falha potenciais. Portanto é indispensável o uso da técnica para que o processo ou produto tenha sua qualidade assegurada, satisfazendo às necessidades e expectativas de êxito na estabilização operacional do SABE.

6. Referências

- [1] VILLEGAS, M.D. (1997). Procedimento de avaliação dos sistemas de bilhetagem automática para transporte público por ônibus. Tese de Mestrado – PET/COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro – RJ.
- [2] SILVEIRA, M. A importância do plano de gerenciamento de crises em empresas prestadoras de serviços: estudo de caso. RP em Revista, v. 8, n. 25, p. 1-24, 2010.
- [3] Palady, P. *FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram*. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.