

DETECTORES DE IMPACTO DE RODAS: DEFEITOS SUPERFICIAIS EM RODAS DE LOCOMOTIVAS E SUAS CAUSAS.

PAULO CESAR GALDINO
FELIX



A EVOLUÇÃO
PASSA
POR AQUI

O AUTOR

PAULO CESAR GALDINO FELIX

- Engenheiro Mecânico – Universidade Federal do Ceará (1998)
- Mestre em Engenharia de Materiais – Universidade Federal do Ceará (2001)
- Prestação de serviços de Manutenção de Locomotivas – CFN e Metrofor - Fortaleza(2000-2004)
- Analista Operacional na Manutenção de Locomotivas – FCA e VLI (2004 até hoje)





Valores

- Pessoas diferenciadas em relação a SEGURANÇA.
- Buscar RESULTADOS de forma persistente e consistente.
- PESSOAS integradas e valorizadas multiplicam resultados.
- EMPREENDER, criar e melhorar com paixão.
- RESPEITO às pessoas sempre.
- Nossas ações fazem diferença para o CLIENTE.
- Pessoas inconformadas, com ATITUDE CERTA para resolver.
- Fazer mais com menos, com SIMPLICIDADE.

Corredor Centro-Sudeste

Atualmente este corredor é uma das principais rotas de exportação do Brasil. É importante para a movimentação de fertilizantes, combustíveis, fosfatos e para o escoamento de soja e açúcar por meio do Porto de Santos.

É formado por:

- Terminal Integrador Portuário Luiz Antônio Mesquita - Tiplam (SP)
- Terminais integradores de carregamento: TI Uberaba (MG) e TI Guará (SP)
- Ferrovia Centro-Atlântica

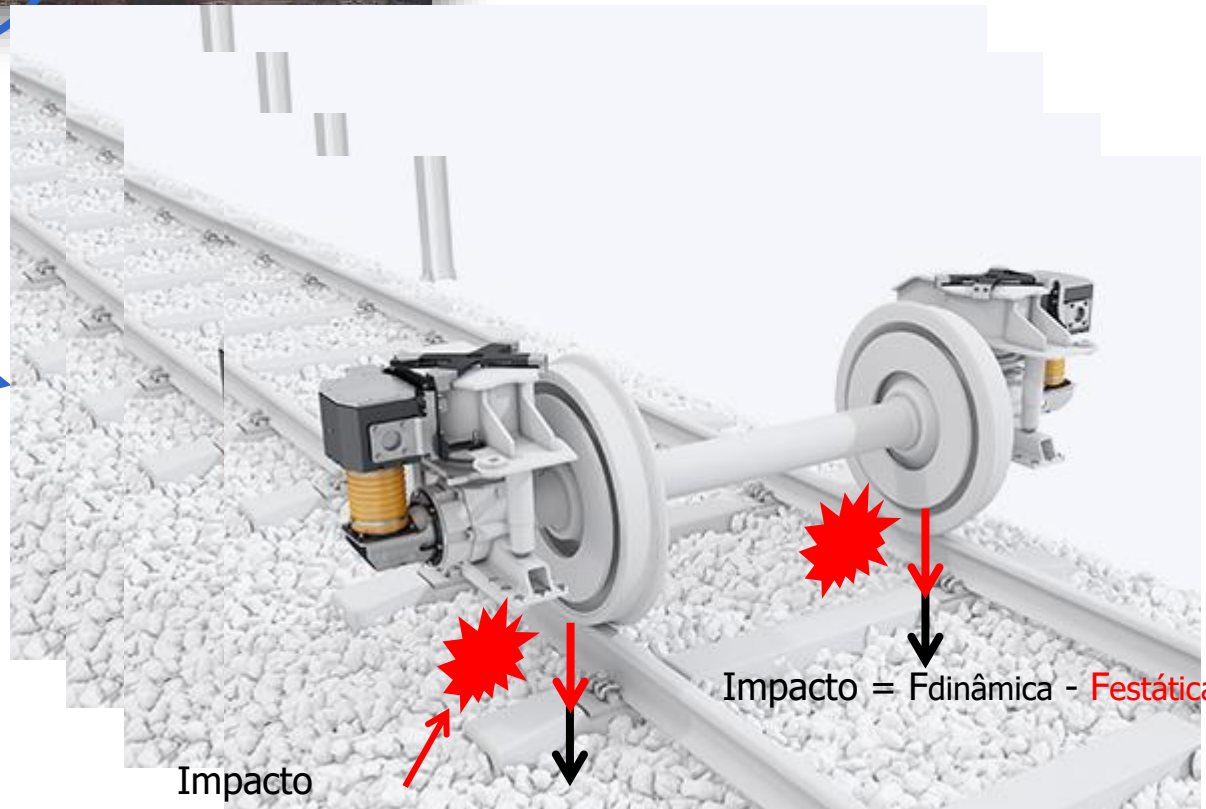
Estados de abrangência: Goiás, Minas Gerais, São Paulo, além do Distrito Federal.



QUAL A FREQUÊNCIA DOS IMPACTOS



COMO OCORRE O PROBLEMA



ANÁLISE DO FENÔMENO

Os impactos são determinados em níveis. E a locomotiva é multada podendo acumular no máximo **6 pontos**

	2 pontos na carteira	Baixo $120 \text{ KN} \leq \text{Impacto} \leq 199 \text{ KN}$ Próxima entrada em oficina
	3 pontos na carteira	Médio $200 \text{ KN} \leq \text{Impacto} \leq 349 \text{ KN}$ Dois impactos reistrados ou estiver no critério Baixo e apresentar um impacto nessa faixa Próxima entrada em oficina
	6 pontos na carteira	Alto $350 \text{ KN} \leq \text{Impacto} \leq 449 \text{ KN}$ Quando ocorrer um impacto A locomotiva completa o ciclo e entra na próxima oficina
	6 pontos na carteira	Severo $> 450 \text{ KN}$ Quando ocorrer um impacto A Locomotiva é imobilizada no trecho e retirada do trem. Precisa ser enviada outra locomotiva para seguir com o trem

A troca de locomotiva com impacto severo no trecho da Rumo é contabilizada como uma faixa e com isso há uma perda R\$ **35.000,00**



ANÁLISE DO FENÔMENO

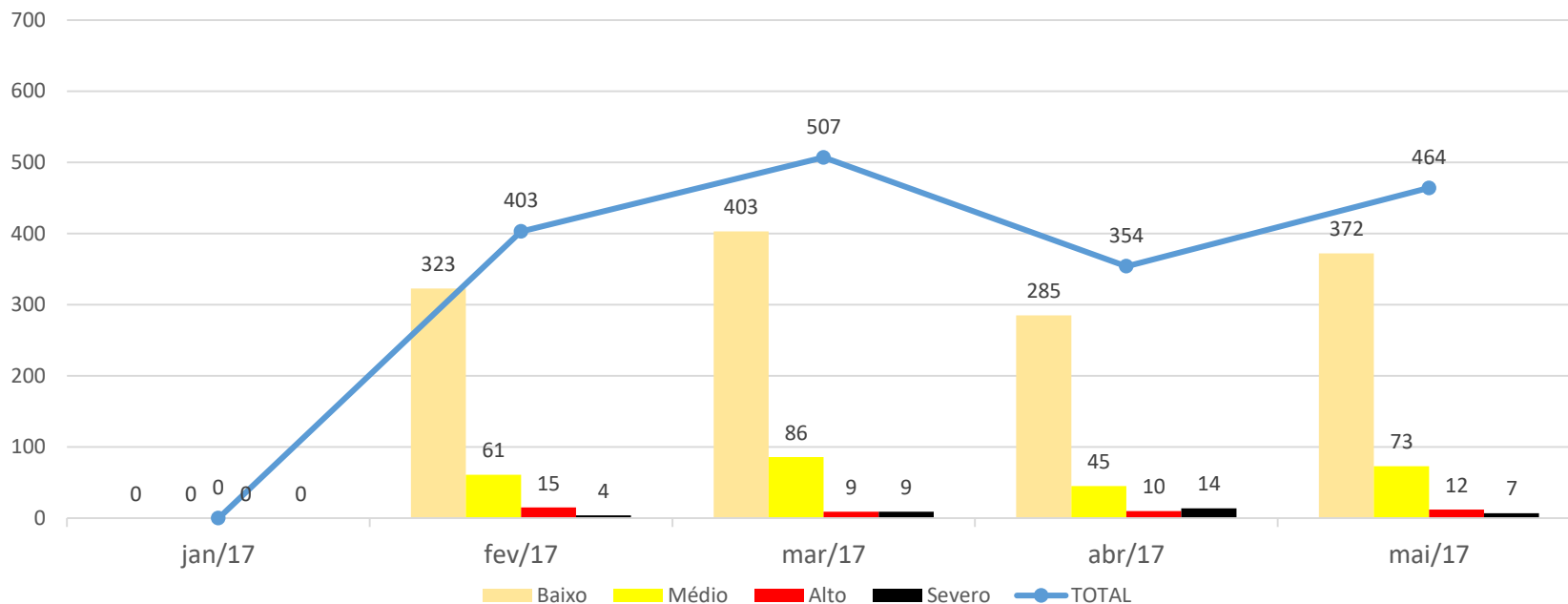
Importância do Tratamento do Problema

- Custos: Despesas de **R\$ 1.441.536,00** com troca de rodeiros por causa de impactos
- Recorrência do problema: Todas as locomotivas que trocaram rodeiros reincidiram no problema do arraste
- Segurança: Os impactos de rodas além de danificar a via podem causar quebra de trilhos e avarias do material rodante
- Perda de produção: Bloqueio de locomotivas no trecho da Rumo



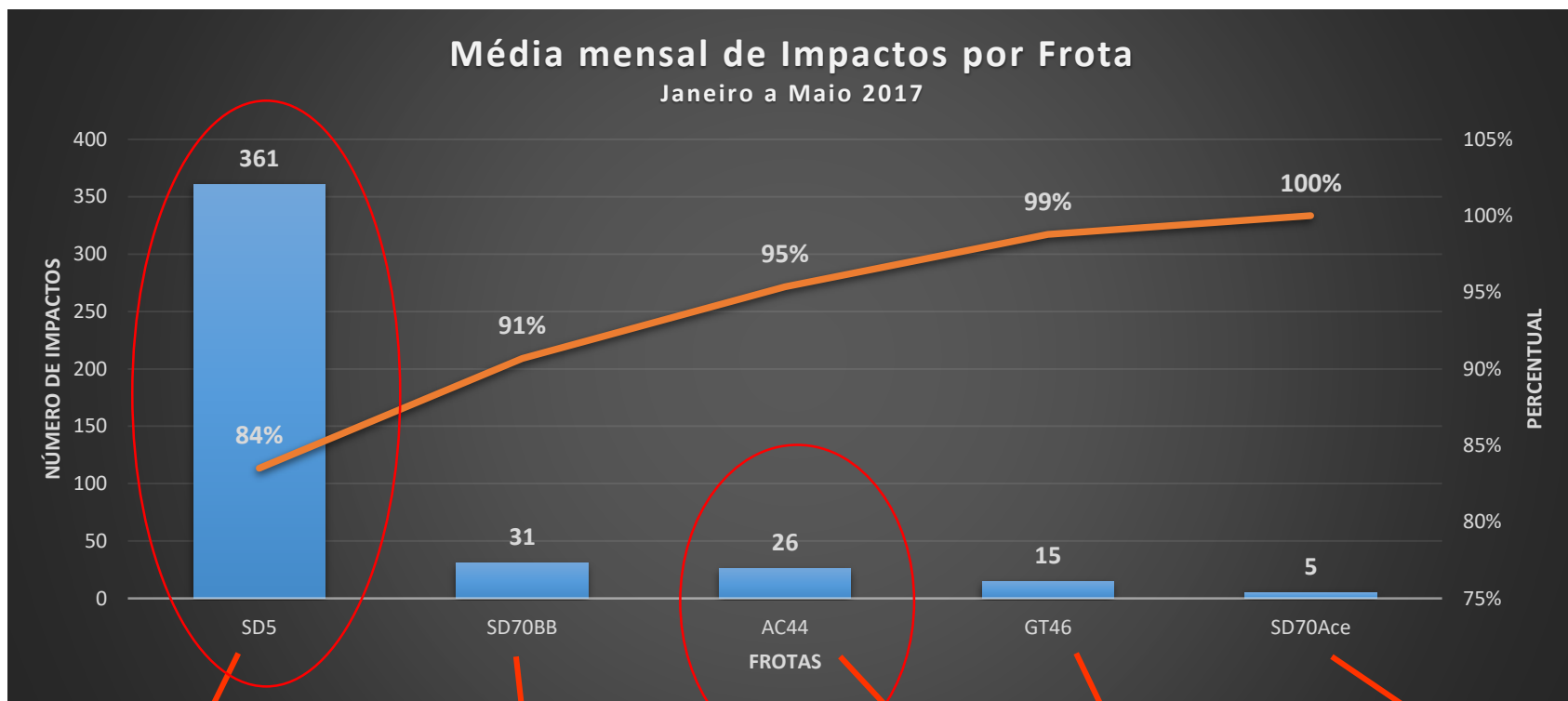
ANÁLISE DO FENÔMENO

Impactos de Roda 2017



- Grande número de impactos registrados nos Way sides (1.771 impactos em 4 meses)
- Grande número de impactos Altos (48 impactos em 4 meses)
- Grande número de impactos severos (35 impactos em 4 meses)
- Alto número de locomotivas bloqueadas pela ALL (32 locomotivas em maio)

ANÁLISE DO FENÔMENO



ANÁLISE DO FENÔMENO

Frotas Priorizadas para Tratamento



Frota SD5:

- 84% dos impactos
- Maior frota do Corredor



Frota AC44:

- Circula no trecho de bitola larga no intercâmbio com a Rumo
- Risco de bloqueio caso não seja tratada

ANÁLISE DOS PROCESSOS

Metodologia Utilizada na Investigação do Problema

Peritagem

Exame visual



Teste de campo

Acompanhamento de trens



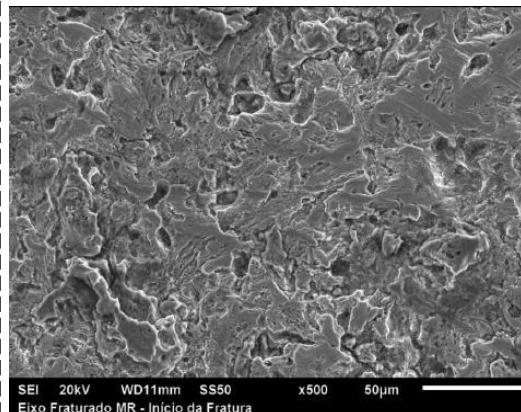
Simulador

SI TIME	COORDENADA	End	Vel. end	SPEED	ACCEL	Loc. POS	Loc. TE	1 BP	MAX DRAFT	MAX BUFF	MAX S. BUFF
SI	05548117	MP.kms	%	%	km/h	km/h/m	Tons	Pol	Car	Tons	Car
1107	01.2400	88.408	-0.00	2.00	26.9	4.4	0.00	0	25	30	84
1108	01.2500	88.403	-0.00	2.00	26.4	-1.9	0.00	4	25	34	84
1109	01.2600	88.405	-0.00	2.00	26.1	-7.6	0.00	13	26	34	84
1110	01.2700	88.408	-0.00	2.00	26.1	14.3	0.00	18	26	33	84
1111	01.2800	88.423	-0.00	2.00	25.6	18.6	0.00	25	27	31	84
1112	01.2900	88.440	-0.00	2.00	25.1	-22.3	0.00	30	26	31	84
1113	01.3000	88.399	-0.00	2.00	25.1	-25.5	0.00	35	25	31	84
1114	01.3100	88.380	-0.00	2.00	24.6	-28.4	0.00	40	24	31	84
1115	01.3200	88.386	-0.00	2.00	24.1	-33.8	0.00	45	23	31	84
1116	01.3300	88.388	-0.00	2.00	23.7	-42.7	0.00	50	22	31	84
1117	01.3400	88.373	-0.00	2.00	23.4	-47.7	0.00	56	24	34	84
1118	01.3500	88.386	-0.00	2.00	23.1	-45.7	0.00	57	5	34	84
1119	01.3600	88.388	-0.00	2.00	22.8	-45.5	0.00	58	30	34	84
1120	01.3700	88.393	-0.00	2.00	22.6	-45.4	0.00	58	27	34	84

Telemetria



Metalografia das rodas



Literatura

Monitoring and Managing RCF and Rail Surface Conditions (ICRI and collaborative projects)

Eric Magel – Principal Research Officer, National Research Council, Canada

ANÁLISE DOS PROCESSOS

Análise Metalográfica

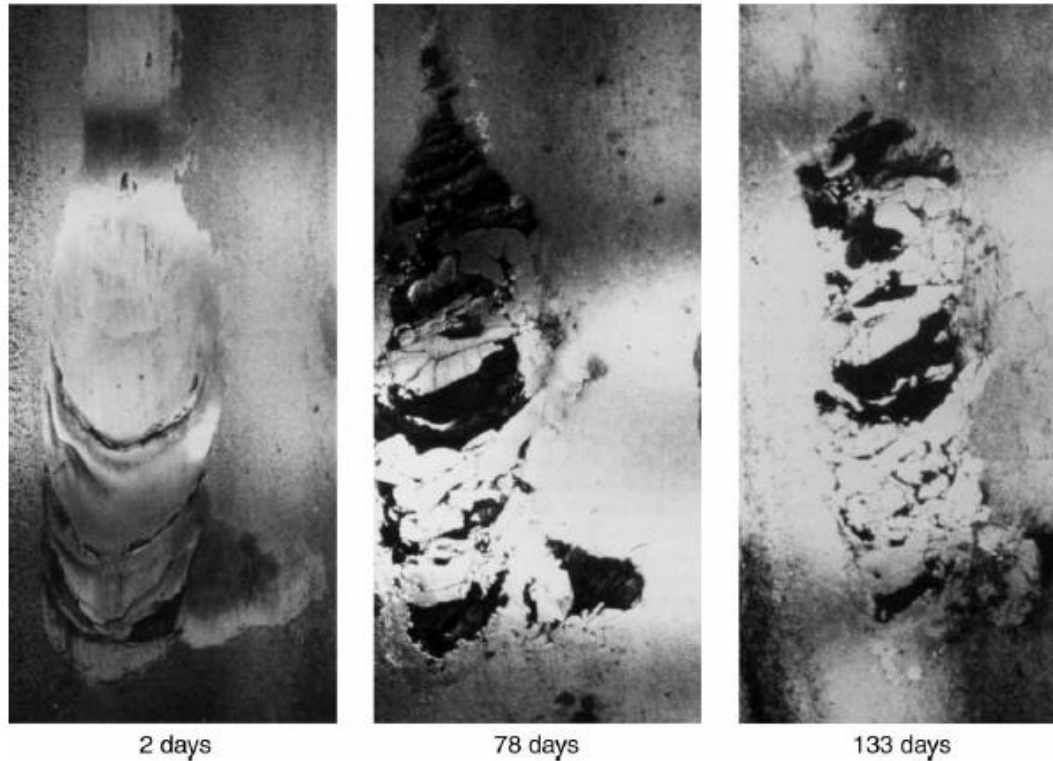


Fig. 3 Progression of wheel damage, days after original slide

Imagem extraída do artigo

Calculation of temperatures in a sliding wheel/rail system and implications for wheel steel development
K J Sawley

Foi evidenciada presença de Martensita

ANÁLISE DOS PROCESSOS

Peritagem de Rodeiros

Maior parte dos rodeiros com marcas de arraste



ANÁLISE DOS PROCESSOS

Peritagem de Rodeiros

Também foram identificados uma pouca quantidade de rodeiros com sinais de Fadiga de Contato de Rolamento (RCF – Rolling Contact Fatigue)



ANÁLISE DOS PROCESSOS

Peritagem de Rodeiros



- Em 35% das locomotivas inspecionadas não foram encontrados defeitos superficiais nos rodeiros
- Pelas dificuldades de tratamento e pela quantidade, não foi priorizada a fadiga de contato

ANÁLISE DOS PROCESSOS

Parada de Trens
por impacto de rodas

Material

Molas quebradas



Molas de material inadequado



Perda de elasticidade das molas



Aço das rodas fora de especificação



Mão de obra

Diferença de altura de rodas além do permitido



Aplicação do freio independente mais o freio dinâmico acima de 10 km/h.



Circulação da locomotiva sem aliviar o freio manual.



Método

Excesso de locomotivas rebocadas mortas em trens



Falta de chapas de desgaste na caixa de rolamento



Controle de velocidade apenas com o freio dinâmico (sem aplicar MFA)



AC44 Aplic. freio independ. mais freio din. com a loco movimento.



Máquina

Amortecedor vertical não conforme



Excesso de folga nas caixas de rolamento



Molas das caixas de rolamento fora do encaixe



Curva de frenagem dinâmica deslocada para esquerda (16Km/h)



Meio ambiente

Desgaste superficial por fadiga de contato



Causa confirmada



Causa não confirmada

ANÁLISE DOS PROCESSOS

Parada de Trens por impacto de rodas – Estratificação por tipo de defeito

Arraste de Rodas

60%

- Curva de frenagem dinâmica deslocada para esquerda na SD5 (16Km/h)
- Aplicação do freio independente mais o freio dinâmico acima de 10 km/h na SD5
- AC44 Aplic. freio independ. mais freio din. com a loco movimento
- Circulação da locomotiva sem aliviar o freio manual.
- Excesso de locomotivas rebocadas mortas em trens
- Controle de velocidade apenas com o freio dinâmico (sem aplicar MFA)

Desbalanceamento Peso por Roda

35%

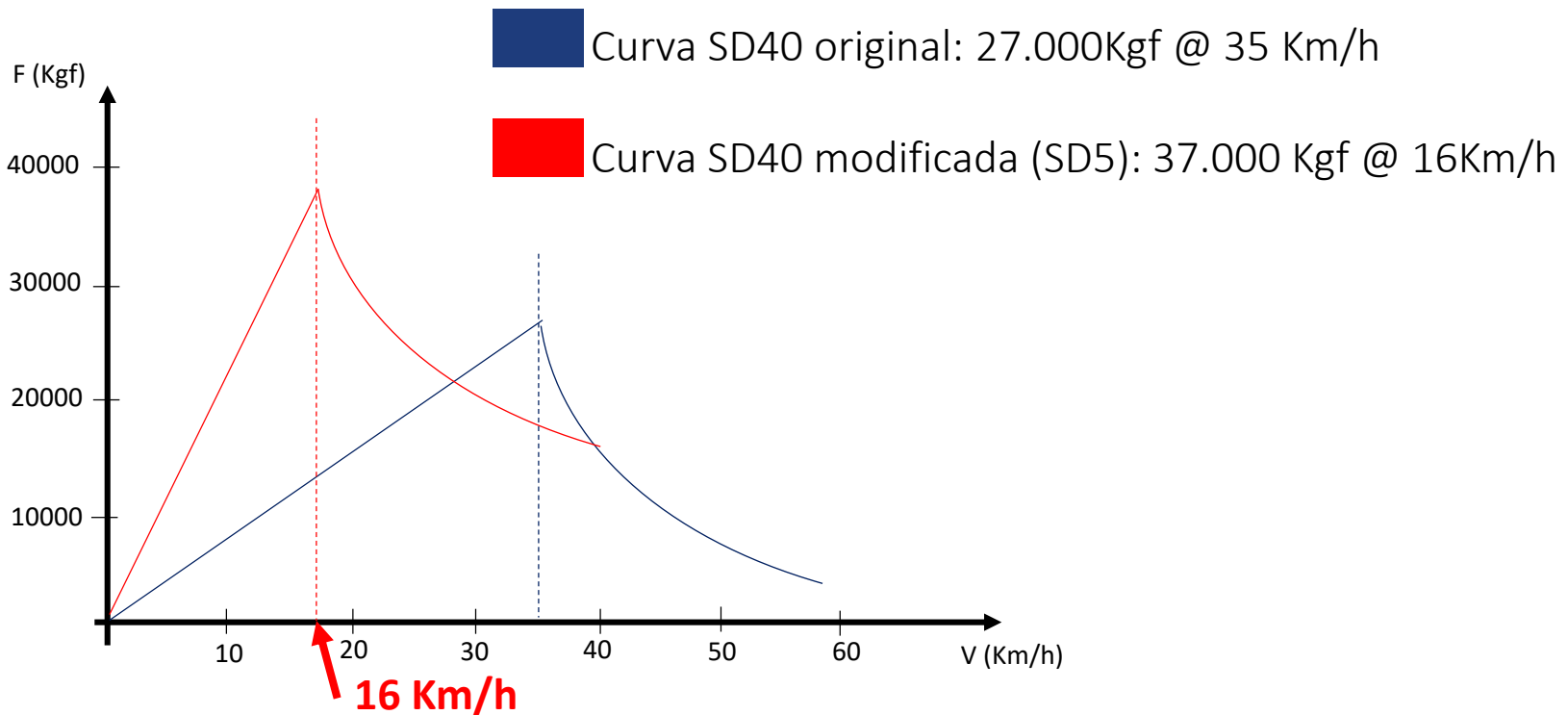
- Perda de elasticidade das molas
- Falta de chapas de desgaste na caixa de rolamento
- Excesso de folga nas caixas de rolamento
- Molas das caixas de rolamento fora do encaixe
- Molas quebradas

Fadiga de contato de rolamento

5%

PLANO DE AÇÃO

Curva de frenagem dinâmica deslocada para esquerda na SD5 (16Km/h)

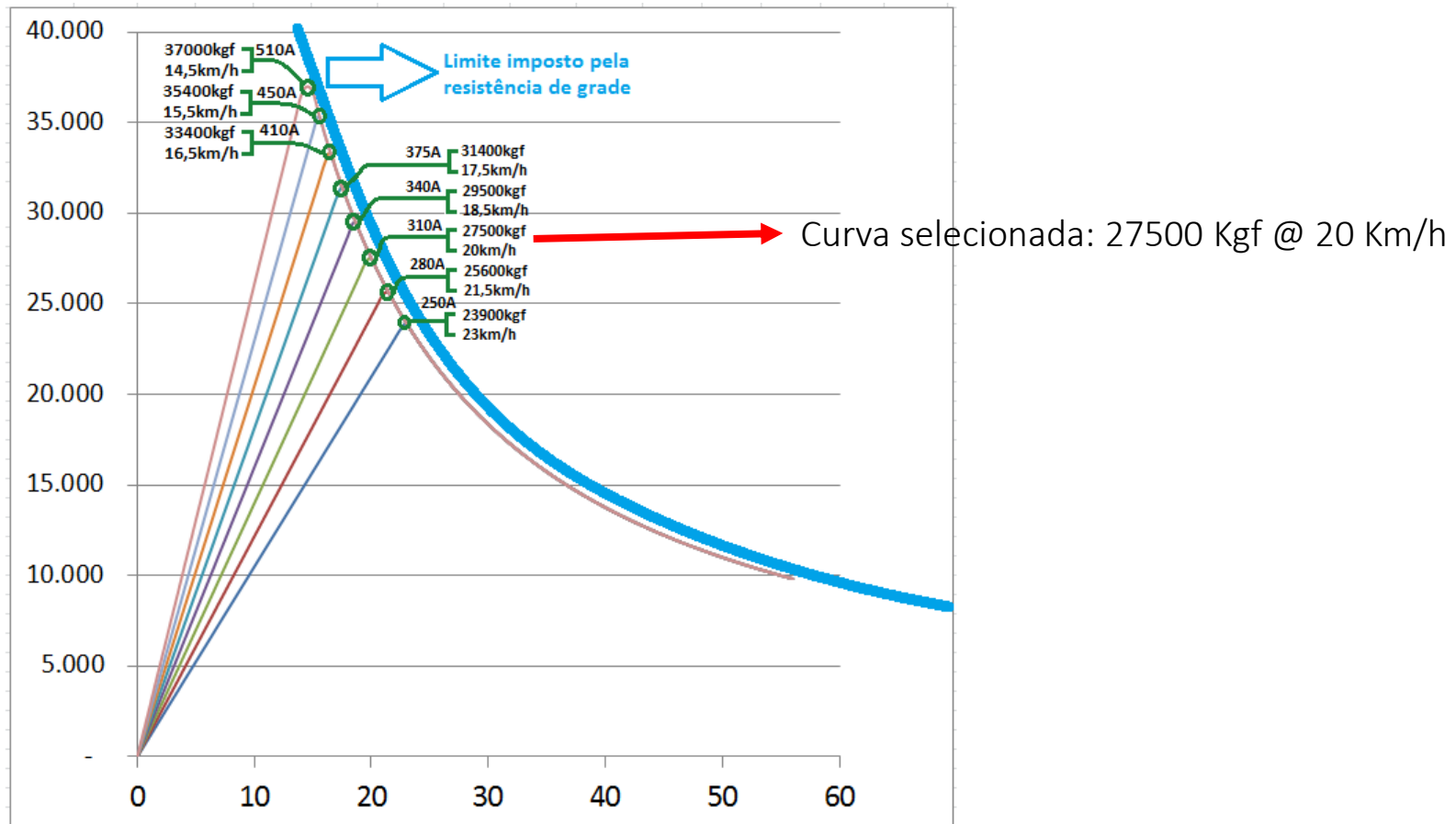


- Norma operacional de aplicação de freio independente em dinâmico permitia aplicar até 25% do de independente abaixo de 16 Km/h (De acordo Norma AAR R-802)

- Ação: A Engenharia de Operação reduziu a velocidade máxima para aplicação de independente em dinâmico para 10 Km/h para frota SD5

PLANO DE AÇÃO

Curva de frenagem dinâmica deslocada para esquerda na SD5 (16Km/h)



Ação:

Modificação da curva atual da frota SD5. O fabricante cobrou R\$ 9.800,00 por locomotiva em um total de R\$ 705.600,00 para frota SD5

* Ação adiada para o segundo semestre de 2017 dentro do pacote de transferência de tecnologia obtido na compra de locomotivas novas (SD70BB)

PLANO DE AÇÃO

Aplicação do freio independente mais o freio dinâmico acima de 10 km/h. Falha Operacional.



- Ações:
- Reuniões com as supervisões
- Divulgação de desvios operacionais identificados na telemetria para tratamento pela respectiva Supervisão do Operador
- Fixação de informativos nas cabines

PLANO DE AÇÃO

Aplicação do freio independente mais o freio dinâmico acima de 10 km/h.

VL! INFORMATIVO DE LOCOMOTIVAS 18/10/2017

A APLICAÇÃO EM CONJUNTO DE FREIO DINÂMICO E FREIO INDEPENDENTE CAUSA ARRASTE DE RODAS DAS LOCOMOTIVAS QUE POR SUA VEZ CAUSA DEFORMAÇÃO (CALO) NA BANDAGEM. ESSES CALOS SÃO MUITO PREJUDICIAIS TANTO PARA VIA PERMANENTE QUANTO PARA OS ROLAMENTOS E MANCAIS DAS LOCOMOTIVAS E POR ISSO ESSAS LOCOMOTIVAS SÃO BARRADAS NOS DETECTORES DE IMPACTOS DA RUMO E DA VLI



IMAGENS DE RODAS RETIRADAS DE LOCOMOTIVAS SD40 EM UBERABA

AS LOCOMOTIVAS SÃO DOTADAS DE REGISTRADORES DE EVENTOS (ZEIT, ROT, GOP) QUE NÃO DEIXAM ESSES EVENTOS PASSAREM DESPERCEBIDOS



EM DINÂMICO

FREIO INDEPENDENTE

VELOCIDADE ACIMA DE 10

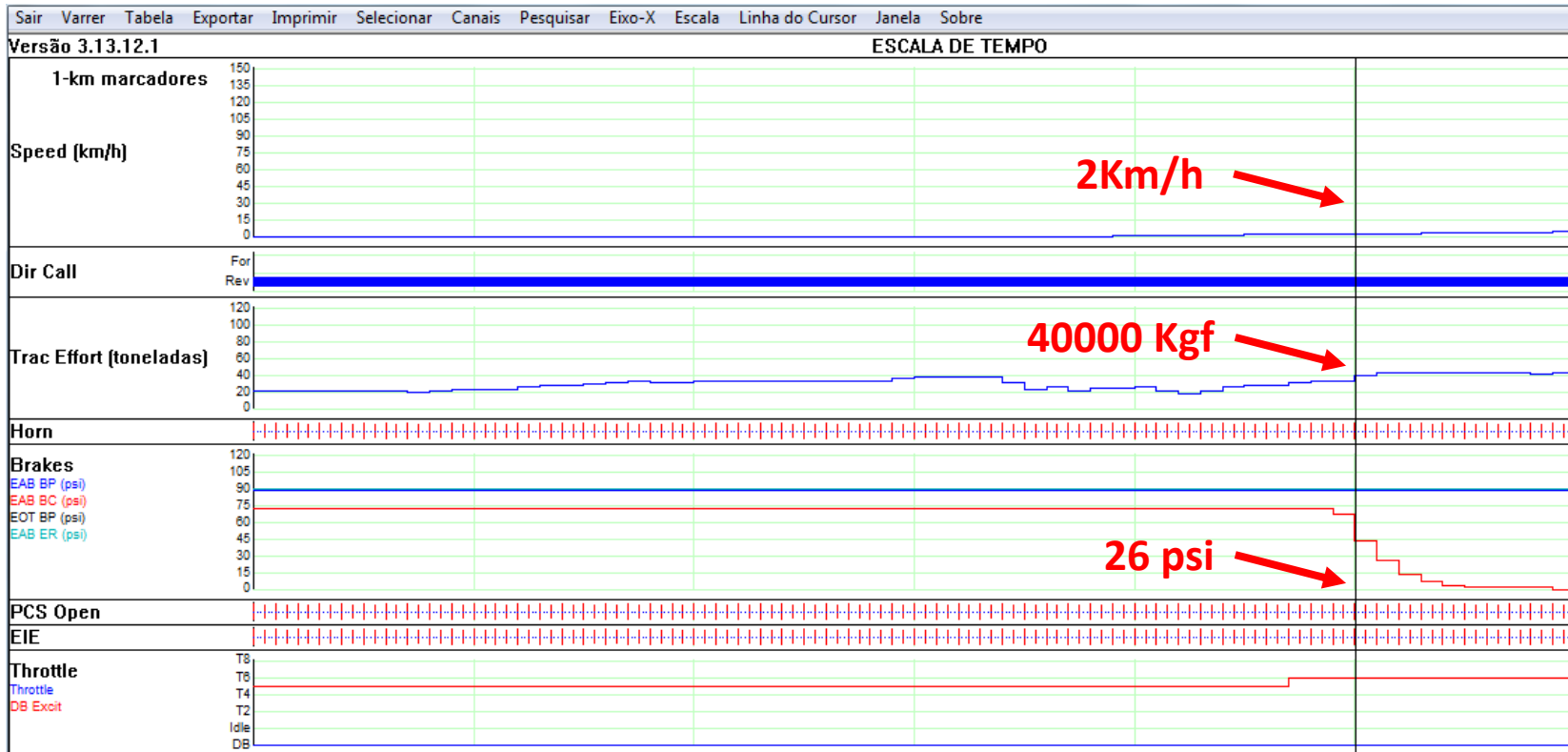
PEDE-SE ENTÃO O MÁXIMO DE CUIDADO AO OPERAR TRENS EVITANDO A APLICAÇÃO DE FREIO INDEPENDENTE QUANDO ESTIVER EM FREIO DINÂMICO SENDO PERMITIDO APENAS NOS SEGUINTE CASOS:
LOCOMOTIVAS COM MOTORES DE TRACÇÃO DC (CORRENTE CONTÍNUA; U20, U22, BB36, SD40): ABAIXO DE 10 KM/H PODE-SE ENTRAR COM NO MÁXIMO 20 PSI DE FREIO INDEPENDENTE.
LOCOMOTIVAS COM MOTORES DE TRACÇÃO AC (SD70AC, SD70BB, GT46 e AC44): NÃO NÃO É PERMITIDA A APLICAÇÃO DE FREIO INDEPENDENTE EM DINÂMICO EM NENHUMA VELOCIDADE.

Em caso de Dúvida Consultar o GAF - Grupo de Análise de Falhas: (34)3318-4803/4841



PLANO DE AÇÃO

Aplicação de freio independente mais freio dinâmico com a loco em movimento AC44



Ações:

- Mudança de procedimento de arrancada na Serra de Santos
- Treinamento da equipe
- Acompanhamento de ROT

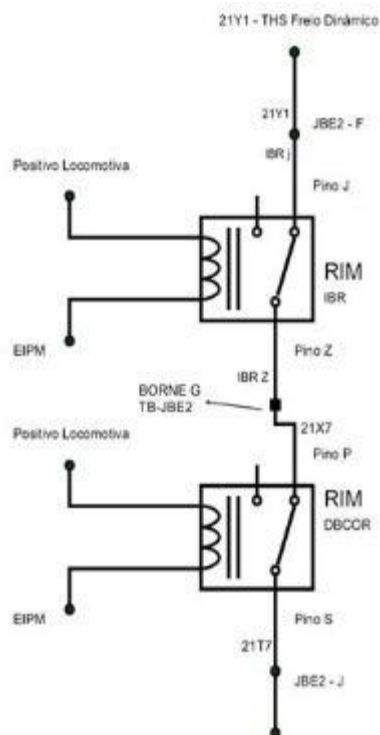
PLANO DE AÇÃO

Aplicação do freio independente mais o freio dinâmico acima de 10 km/h.

Ações:

- Intertravamento do Freio Eletrônico com o Freio Dinâmico
- Instalação do relé IBR no circuito do freio eletrônico
- Corte do dinâmico com aplicações de freio independente acima de 14 Km/h
- Validado com a Engenharia de Operação

Esquema elétrico da modificação do freio eletrônico



Executando a modificação



Informativo de Alteração

VL!

ATENÇÃO:

ESTA LOCOMOTIVA ESTÁ COM O FREIO ELETRÔNICO MODIFICADO PARA CORTAR O FREIO DINÂMICO CASO SEJA REALIZADA UMA APLICAÇÃO MAIOR QUE 14 PSI NO FREIO INDEPENDENTE

ESTA AÇÃO VISA REDUZIR OS RISCOS DE ARRASTE DE RODAS E O CONSEQUENTE IMPACTO GERADO

EM CASO DE DÚVIDA FAVOR CONSULTAR A ENGENHARIA DE LOCOMOTIVAS (34-3318-4803/4841)

PLANO DE AÇÃO

Circulação da locomotiva sem aliviar o freio manual.

- Frotas SD5 e AC44

Ação

- Intensificação de DTO's – Diagnósticos Técnicos Operacionais pelos Inspectores da Operação

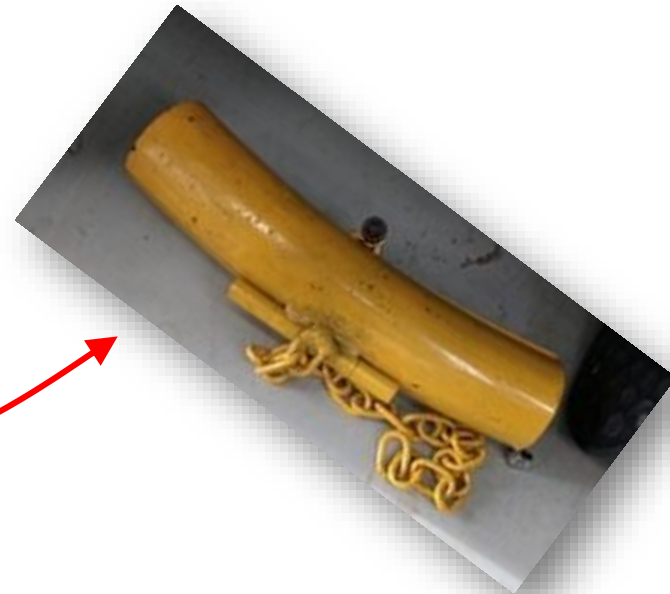
PLANO DE AÇÃO

Excesso de locomotivas rebocadas mortas em trens

- Muitas ocorrências de furto de cabos jumper forçando a Operação a colocar várias locomotivas rebocadas mortas em trem

Ações:

- Compra emergencial de cinquenta cabos jumper
- Travamento do cabo jumper na locomotiva para dificultar o roubo
- Limitação de duas locomotivas rebocadas mortas em trem optando-se por rebocar comandadas com cabo jumper passado



PLANO DE AÇÃO

Controle de velocidade apenas com o freio dinâmico (sem aplicar MFA)

O que diz a Literatura

Recomendações da ABA para o uso do freio dinâmico:

A ABA recomenda usar $2/3$ a $3/4$ da FR_{din} para controlar o trem em uma descida. Isto porque, como a resistência ao deslocamento do trem varia por causa das intensidades das curvas e rampas, o maquinista pode fazer uma aplicação dos freios da composição – já considerando o valor acima recomendado – e controlar as variações através da manipulação do freio dinâmico. Deve-se lembrar que, para uma descida em uma rampa prolongada, a **redução máxima** deve ser conforme abaixo:

Fonte: American Air Brake Association (ABA)

PLANO DE AÇÃO

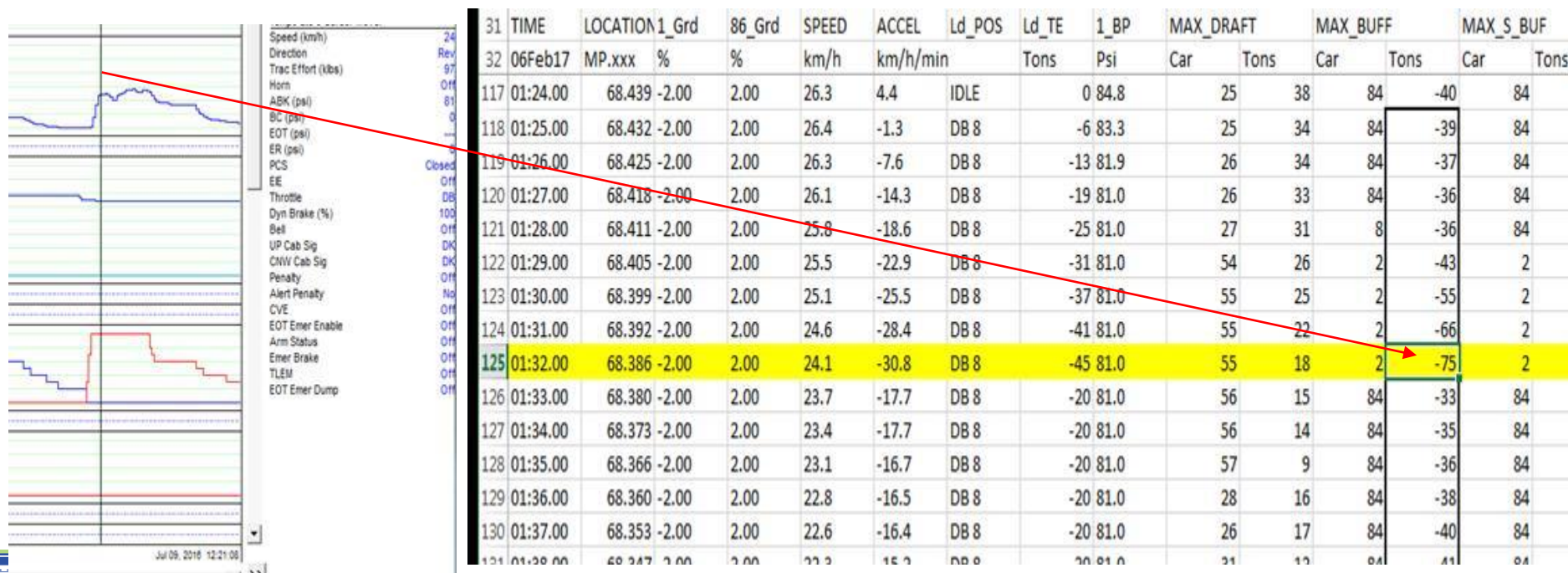
Controle de velocidade apenas com o freio dinâmico (sem aplicar MFA – AC44 e SD5)

ROT da loco 8573.

O dinâmico é levado ao máximo rapidamente.

Intervalo de gravação de 1 seg e simulado com aderência de trilho molhado.

Quando o esforço de compressão chegou a 75 ton ocorreu uma falta de aderência e a loco se protegeu reduzindo assim a excitação e conseqüentemente reduziu o esforço de compressão. Momento que nos leva a crer que houve o deslizamento de um rodeiro.



PLANO DE AÇÃO

Desbalanceamento de peso por rodas

- Perda de elasticidade das molas
- Falta de chapas de desgaste na caixa de rolamento
- Excesso de folga nas caixas de rolamento
- Molas das caixas de rolamento fora do encaixe
- Molas quebradas





VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS

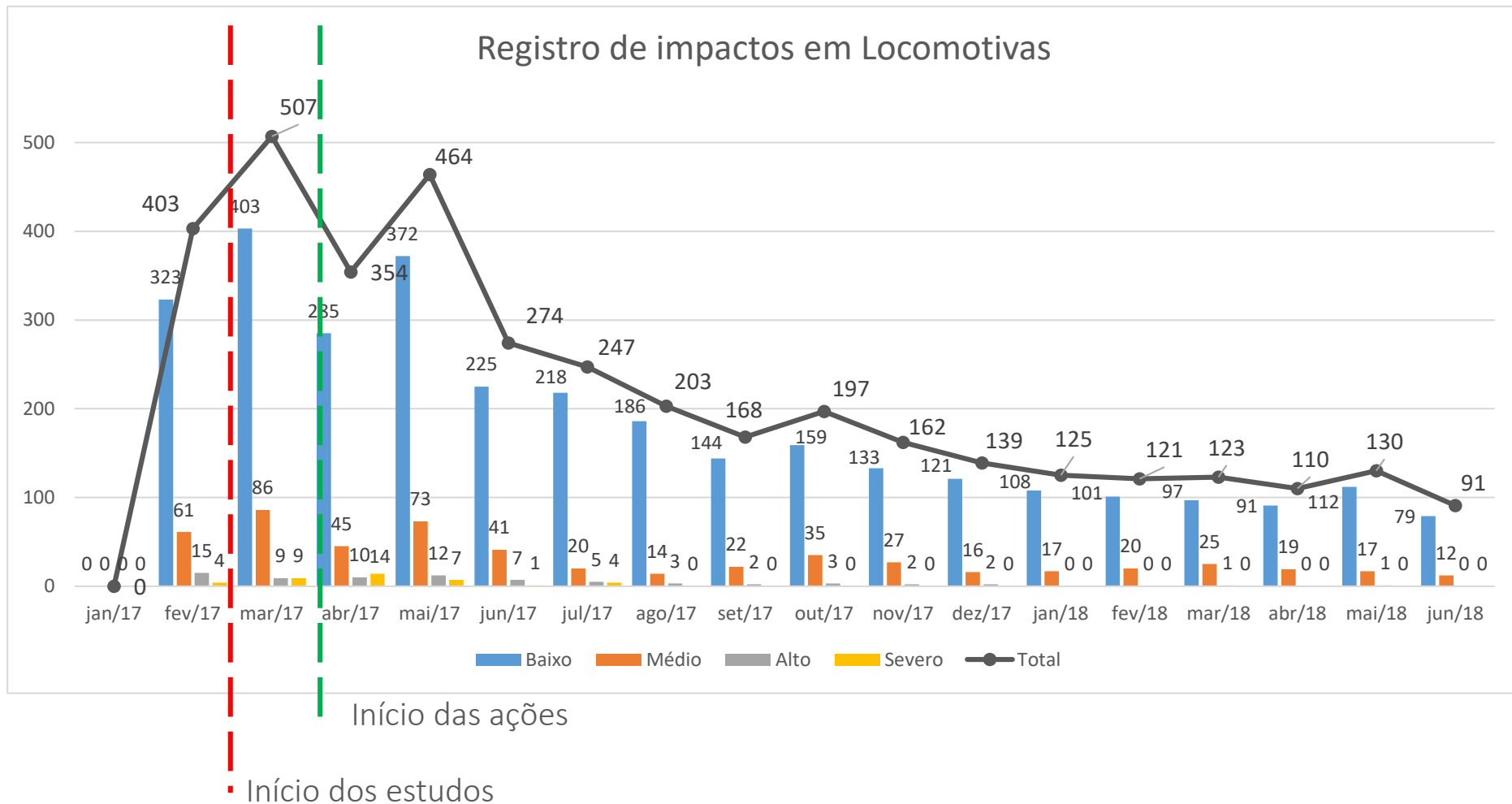
Desbalanceamento de peso por rodas

Ações:

- Padronização do processo de inspeção de locomotivas com impacto
- Aquisição de chapas de desgaste faltantes
- Retenção de locomotivas para soldagem de chapas

Passo	Etapas / Tarefa (O que fazer?)	Como fazer / Ilustração (Execução)	Parâmetro	Anomalia	Ação de Correção
04	Examinar molas da suspensão	<p>Examinando com uma lanterna a existência de molas quebradas ou mal encaixadas na caixa de rolamento ou no alojamento da aranha do truque</p> 	Nolas inteiras e bem encaixadas	Mola quebrada ou mal encaixada	Substituir molas quebradas Encaixar molas desencaixadas
05	Conferir folga longitudinal das	<p>Com um calibre de lâmina conferindo a folga total das caixas de rolamento</p> 	Folgas longitudinais de acordo com a Tabela 1	Chapa telha desgastada ou quebrada Chapa de desgaste da caixa de	Substituir chapa telha Substituir chapa de desgaste

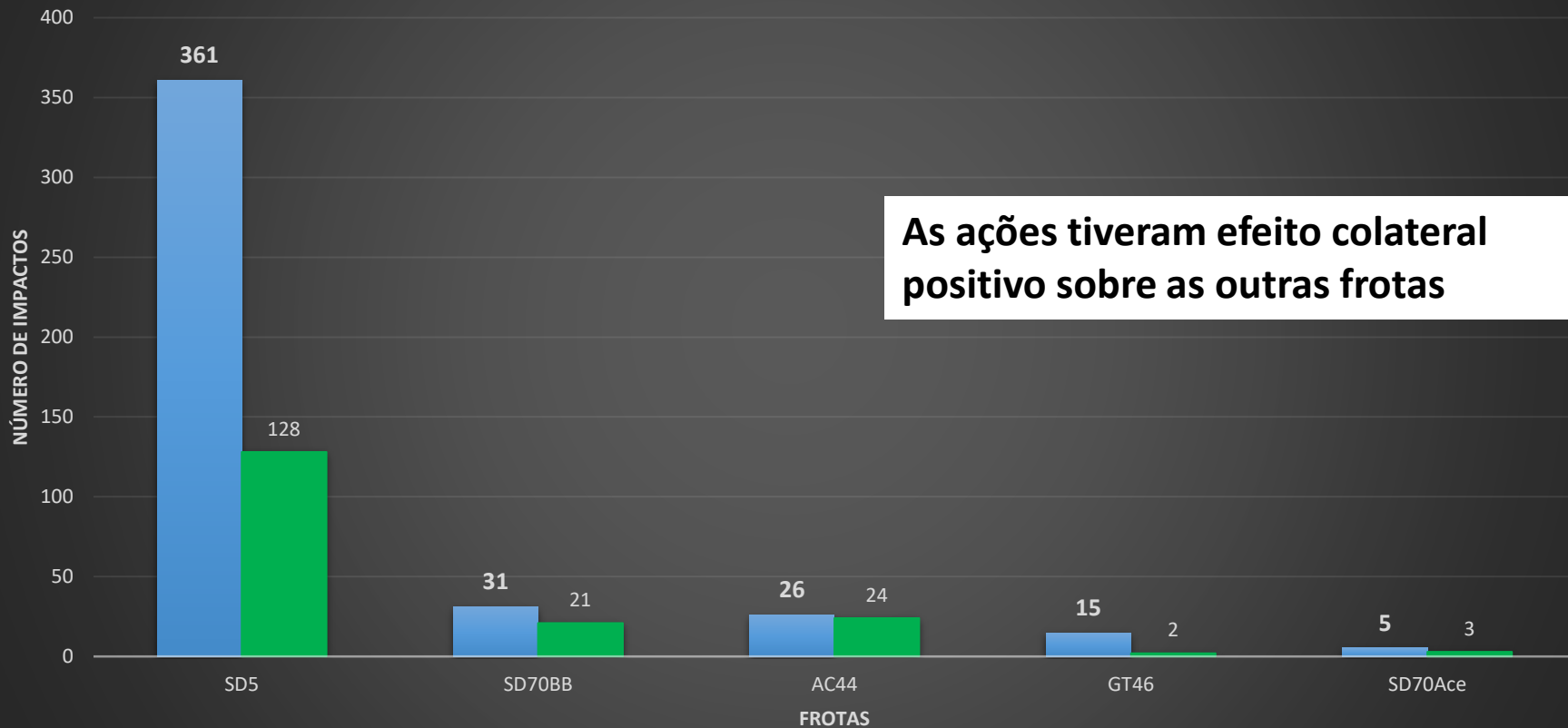
VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS



VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS

Média mensal de Impactos por Frota

Janeiro a Maio Vs Outubro Dezembro/2017



As ações tiveram efeito colateral positivo sobre as outras frotas

64,5%

30%

8%

87%

40%

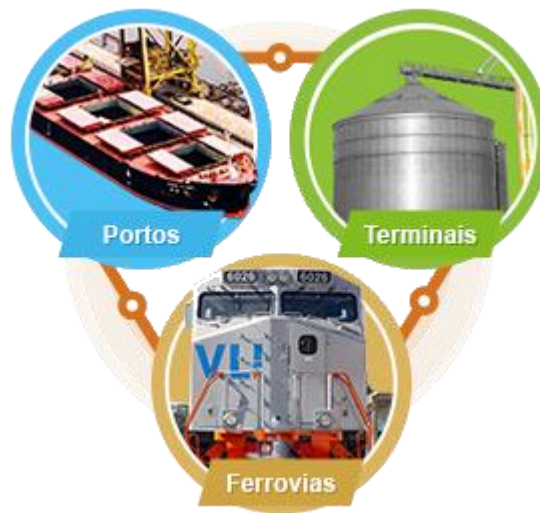
VERIFICAÇÃO DE RESULTADOS

- Redução De 59% dos impactos registrados (média de fevereiro a maio de 2017 comparado com a média de outubro a dezembro de 2017)
- Desde julho de 2017 não houveram mais impactos severos
- Nenhum trem foi bloqueado na Rumo logística
- Redução em 70 % da troca de rodeiros

PRÓXIMOS PASSOS

- 2018 – Modificação de curva de dinâmico da frota SD5 (Combate ao Arraste de rodas)
- 2018 – Instalação de intertravamento de freio dinâmico com freio independente na frota AC44 (Combate ao Arraste de rodas)
- 2018 - Instalação de torno de subsolo para torneamento econômico de rodas em Paulínia (combate a RCF)
- 2018 - Instalação de lubrificadores de trilho no Corredor Centro sudeste (Combate a RCF)
- 2019 - Instalação de modificadores de atrito no Corredor Centro Sudeste (Combate a RCF)

OBRIGADO!



VLI!

Com Você Criamos Valor!

DETECTORES DE IMPACTO DE RODAS: DEFEITOS SUPERFICIAIS EM RODAS DE LOCOMOTIVAS E SUAS CAUSAS.

PAULO CESAR GALDINO
FELIX



A EVOLUÇÃO
PASSA
POR AQUI