

Alarme de Tendência Hot Wheel

1º Nilton de Freitas^{1*}, 2º Eduardo Campolina Martins Siano¹, 3º Fellipe Castro Barbosa Costa¹

¹ Gerencia de Engenharia de Material Rodante, Avenida Brasil, 2001 – 36060-010 – Juiz de Fora - MG

e-mail: 1ºnilton.freitas@mrs.com.br, 2ºeduardo.campolina@mrs.com.br,
3ºfellipe.castro@mrs.com.br

Resumo O Alarme de Tendência Hot Wheel - HWD2 leva em consideração as temperaturas máximas apresentadas por um vagão em diferentes equipamentos de Hot Wheel distribuído subsequentemente ao longo da malha, sendo que essas temperaturas não necessariamente precisam pertencer a uma mesma roda. Caso a temperatura de uma roda obedeça aos critérios parametrizados, é enviado um e-mail com as seguintes informações: o número do vagão, o prefixo do trem, o site, a data do alarme, o rodeiro, a roda, o sentido do trem, posição do veículo na composição e o histórico de temperaturas. O vagão é marcado para que, seja inspecionado até o carregamento, evitando-se um alarme de Hot Wheel e interrupção de tráfego. Atualmente a MRS possui 9 equipamentos distribuídos por toda a malha ferroviária em condições de operações diversas, que foram analisadas para criação dos critérios de Alarme de Tendência Hot Wheel e assim evitar a geração de um Alarme Hot Wheel, com isso, a interrupção do tráfego ferroviário. Na MRS os alarmes de Hot Wheel é o principal motivo de interrupção de tráfego causa vagão. Com a introdução do HWD2 os alarmes de Hot Wheel reduziram em proximamente 20%.

Palavras-Chaves: 1ª Vagões; 2ª Aquecimento de Roda, 3ª Monitoramento e 4ª Hot Wheel

1. INTRODUÇÃO

As rodas ferroviárias possuem tensão de compressão na região do aro devido ao processo de tratamento térmico (têmpera e revenimento), que inibe a propagação de trincas por fadiga, tornando a roda mais segura.

As rodas em serviço funcionam como tambor de freio e ainda suportam cargas laterais e verticais.

Quando os freios são aplicados, a pista de rolamento da roda é aquecida pelo atrito da sapata de freio. O aço da pista se aquece tentando expandir, mas é contraído pelo corpo da roda mais frio do que o aro. Se a superfície da pista é aquecida à alta temperatura pela frenagem, pode causar mudança estrutural na superfície de rolamento da roda, devido à elevada carga térmica, criando uma estrutura diferente na roda e possibilitando a nucleação de trincas na interface estrutural. Em casos severos ou muito tempo de frenagem, a reversão completa da tensão de compressão pode ocorrer. Esta situação permite a propagação de trincas por fadiga em serviço na área tensionada podendo levar a fratura da

roda e conseqüentemente um descarrilamento do vagão.

Sabendo da importância de controlar a temperatura das rodas ferroviárias a MRS em 2006 adquiriu 4 sistemas de controle de temperatura de rodas que denomina Hot Wheel, depois, mais 1 em 2008, outro em 2009 e 3 em 2014. Os equipamentos contribuem para o programa de prevenção de acidentes e confiabilidade do material rodante. Ao todo, são 9 pontos distribuídos por toda a malha.

De 2006 a 2011 a MRS utilizou os Hot Wheel apenas como forma CORRETIVA para retirar de circulação as rodas de vagões que atingissem temperaturas com potencial de causar danos ao material rodante, mas já identificava a necessidade de redução das interrupções por Alarmes de Hot Wheel.

Após a instalação dos equipamentos de Hot Wheel nos sites de Demétrio Ribeiro, Andrade Pinto e Paraibuna em set/2014, tornou-se possível identificar os perfis de aquecimento de roda em vagões vazios e, a partir disso, criar um alarme que diagnosticasse com antecedência aqueles casos de elevadas temperaturas que eram indicados somente

pelos equipamentos existentes em Mario Belo e Mantiqueira.

2. DESENVOLVIMENTO

Devido a necessidade de redução das interrupções por Alarmes de Hot Wheel (HW), e após a instalação dos equipamentos de Hot Wheel nos sites de Demétrio Ribeiro, Andrade Pinto e Paraibuna, tornou-se possível identificar os perfis de aquecimento de roda em vagões vazios e, a partir disso, criar um alarme que diagnosticasse a tendência ao aumento de temperatura das rodas do vagão antes dos alarmes de Hot Wheel, este denominou-se alarme de tendência Hot Wheel (HWD2).

2.1. Definições

Pré-Alarmes Hot Wheel (HWD): Alerta que é enviado a uma área de atendimento na qual a temperatura é inferior a alarmes de Hot Wheel e é utilizada apenas uma medição de temperatura, criado em abril de 2012.

Alarmes de Tendência (HWD2): Alerta que é enviado a uma área de atendimento na qual a temperatura é inferior a alarmes de Hot Wheel e é utilizado duas ou mais medições criado em abril de 2015.

Localização dos 9 equipamentos de Hot Box distribuídos ao longo da malha ferroviária da MRS pode ser observada na figura 1.

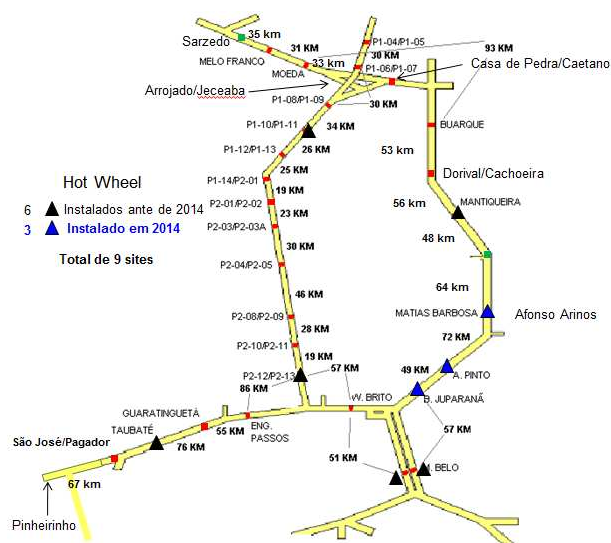


Fig. 1 Distribuição dos 9 equipamentos Hot Wheel na MRS.

Os equipamentos de Demétrio Ribeiro, Andrade Pinto e Paraibuna foram colocados

estrategicamente para ter um melhor monitoramento das temperaturas das rodas no vazio visto que problema de freio em vagões vazios podem calejar rodas e provocar acidentes em AMV (Aparelho de Mudança de Via), desta forma com o objetivo de não gerar mais alarmes de Hot Wheel o parâmetro colocado para estes equipamentos foi igual ao do carregado 340°C, e assim a MRS obteve o monitoramento das rodas no vazio a cada 50 km aproximadamente, podendo criar alarmes de tendência Hot Wheel (HWD2).

2.2. Objetivo

- Utilizar os equipamentos de Hot Wheel existentes nos sites de Mario Belo, Demétrio Ribeiro, Andrade Pinto, Paraibuna e Mantiqueira para detectar um pré-aquecimento das rodas de um vagão vazio através da análise da temperatura máxima das rodas do vagão em cada site;
- Evitar a geração de um Alarme Hot Wheel e, com isso, a interrupção do tráfego ferroviário.

2.3. Alarme de Tendência Hot Wheel (HWD2)

O Alarme de Tendência Hot Wheel leva em consideração as temperaturas máximas apresentadas por um vagão ao longo dos cinco sites citados anteriormente, sendo que essas temperaturas não necessariamente precisam pertencer a uma mesma roda. Caso um vagão apresente um comportamento que se enquadre em algum dos critérios criados, será emitido um e-mail com as seguintes informações: vagão, o prefixo do trem, temperatura máxima de roda em cada site, a data do alarme, o sentido do trem, qual a posição do veículo na composição e por qual ou quais critérios esse vagão foi identificado, conforme indicado no exemplo da Figura 2:

Vagão com tendência de HotWheel.

Observações
 - Vmáx (1x118 2x115 3x68 4x53)
 - Vmáx (1x173 2x168)
 - Vmáx (1x129 2x105 3x83)
 - Vmáx (1x101 2x101 3x38 4x76 5x44)

Vagão: 7366361 (GDU) Endereço Roda: 4E
 Prefixo Trem: NSF0205
 Site: MANTIQUEIRA Sentido: Norte
 Data do alarme: 03/09/2015 17:22:00 Veículo: 6

Vagão GDU-7366361														
Site	Data	Trem	Veículo	Rodeiro	TEMP Roda D	TEMP Roda E	Med Trem Roda D	Med Trem Roda E	Mayor TEMP Roda Trem	Mayor TEMP Roda Vagão	TEMP Med Roda Trem	TEMP Med Roda Vagão	Fator Med Roda	Velocidade (km/h)
MANTIQUEIRA	03/09/2015 17:22:00	NSF0205	6	4 (sentido circulação)	88	172	3,81	2,22	172,00	172,00	3,01	97,88	32,48	43
PARAIBUNA	03/09/2015 14:22:00	NSF0205	6	4 (sentido circulação)	202	102	3,76	3,51	237,00	202,00	3,64	122,00	33,56	31
ANDRADE PINTO	03/09/2015 12:58:00	NSF0205	6	4 (sentido circulação)	306	116	18,34	17,09	306,00	306,00	17,72	201,88	11,40	53
DEMÉTRIO RIBEIRO	03/09/2015 11:53:00	NSF0205	6	1 (sentido circulação)	134	207	2,01	3,23	207,00	207,00	2,62	136,38	52,01	35
MARIO BELO LINHA 2	03/09/2015 08:56:00	NSF0205	4	1 (sentido circulação)	191	169	1,65	1,69	191,00	191,00	1,67	164,38	98,39	27,5

Fig. 2 Padrão de e-mail a ser enviado para o Alarme de Tendência Hot Wheel.

2.3.1. Parametrização do HWD2

Para criação dos critérios do alarme de tendência HWD2 analisou-se 62 casos de pré-almes Mantiqueira (HWD), pois o site de Mantiqueira é o ultimo de uma sequencia de 5 sites para os vagões em uma mesma condição, neste caso VAZIO, assim criaram-se grupos específicos de perfis de aquecimento, buscando identificar aquele que melhor serviria de base para a criação de um critério de alarme de tendência HWD2. A Figura 3 mostra alguns desses perfis encontrados:

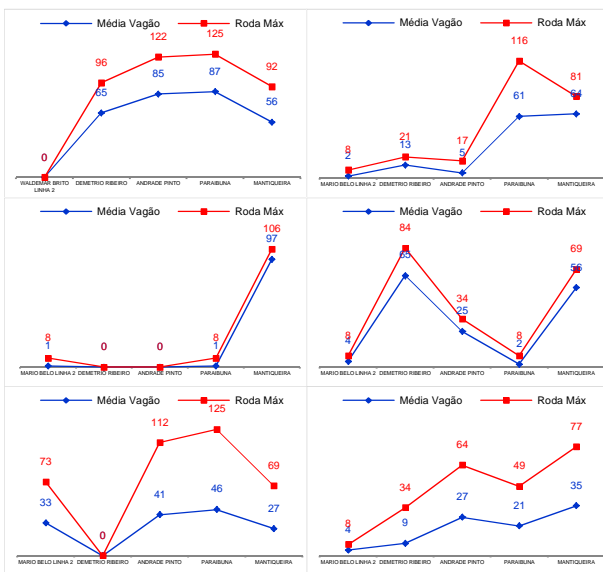


Fig. 3 Perfis de aquecimento ao longo dos sites Mario Belo Linha 2, Demétrio Ribeiro, Andrade Pinto, Paraibuna e Mantiqueira.

O perfil a ser selecionado deveria permitir um melhor monitoramento do sintoma de aquecimento de roda e, além disso, terem sido constatadas falhas de freio ou quaisquer outras que serviriam como potenciais para a elevação da temperatura desses vagões. Sendo assim, os perfis escolhidos foram aqueles que apresentavam características semelhantes aos indicados na Figura 4:

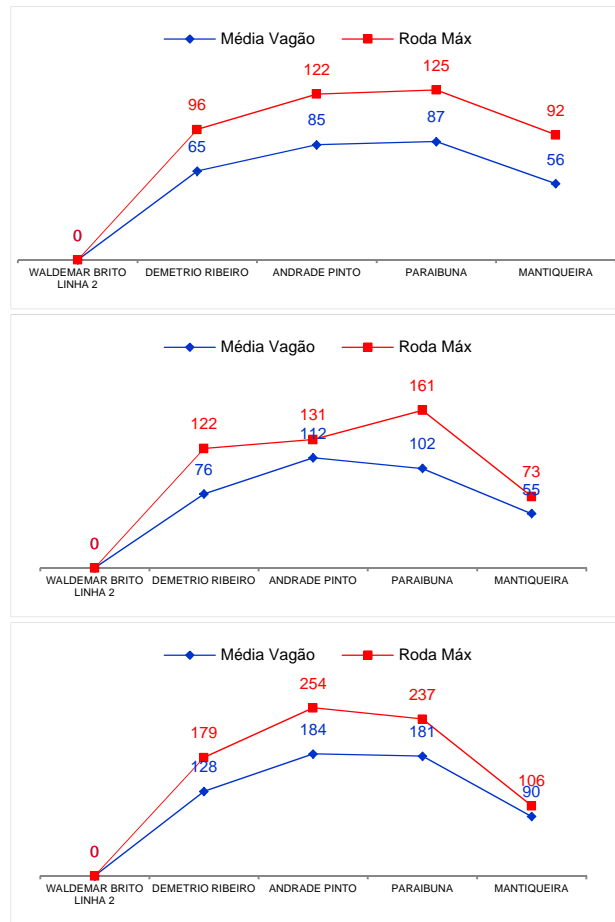


Fig. 4 Perfis de aquecimento utilizados como referência para escolha dos vagões base para determinação dos critérios.

Da amostra de 62 pré-almes HWD, 11 vagões se enquadraram no perfil escolhido. Porém, em um deles (o vagão GDT 729072) verificou-se um “Nada constatado” no momento da inspeção, logo, o mesmo não foi utilizado para a elaboração dos critérios. A Tabela 1 mostra a lista dos vagões selecionados e suas respectivas temperaturas site a site:

Tabela 1. Lista dos 11 vagões selecionados (incluindo o 729072) e suas respectivas temperaturas (°C) site a site.

	613027	730631	732264	734872	728678	736802	729072	731574	731182	729052	730537
Demétrio R	96	122	179	8	102	8	61	99	145	134	204
Andrade P	122	131	254	174	207	73	92	253	266	137	188
Paraibuna	125	161	237	169	153	153	112	317	253	134	174
Mantiqueira	92	73	106	81	99	69	69	139	186	88	131

A partir daí, surgiram os seguintes critérios:

• **Critério A**

O critério baseia-se em parâmetros relacionados a cinco (5) passadas e quatro (4) temperaturas de referência. Para construí-lo, escolhemos o vagão 613027 como base para a determinação dos parâmetros, visto que ele possui melhores características para um critério de 4 parâmetros e, além disso, segundo inspeção realizada em oficina, apresentava potenciais de falhas no sistema de freio que poderiam contribuir para um aquecimento das rodas (coletor de pó e ajustador de folga vencidos).

Utilizando as temperaturas do vagão selecionado ao longo dos quatro sites, criaram-se quatro parâmetros de forma que o GDT 613027 fosse incluído no critério da maneira mais rigorosa possível. Com isso, chegamos ao seguinte resultado da figura 5:

Tabela 2. Proposta para critério A.

Parâmetro	Descrição
1°	Em uma janela de 5 sites 1 site ultrapassou 124°C
2°	Em uma janela de 5 sites 2 sites ultrapassou 121°C
3°	Em uma janela de 5 sites 3 sites ultrapassou 95°C
4°	Em uma janela de 5 sites 4 sites ultrapassou 91°C

Aplicando o critério criado na lista de vagões a serem analisados gerou o resultado mostrado na Tabela 2.

Tabela 3. Resultado da aplicação do Critério A nos 11 vagões selecionados para análise.

	613027	730631	732264	734872	728678	736802	729072	731574	731182	729052	730537
Demétrio R	96	122	179	8	102	8	61	99	145	134	204
Andrade P	122	131	254	174	207	73	92	253	266	137	188
Paraibuna	125	161	237	169	153	153	112	317	253	134	174
Mantiqueira	92	73	106	81	99	69	69	139	186	88	131
1° Parâmetro	OK		OK		OK			OK	OK		OK
2° Parâmetro	OK	OK	OK		OK			OK	OK	OK	OK
3° Parâmetro	OK	OK	OK	OK	OK			OK	OK	OK	OK
4° Parâmetro	OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	OK	OK
Status	ALARMA		ALARMA		ALARMA			ALARMA	ALARMA		ALARMA

Nota-se, que dos 10 vagões (visto que o 729072 não entra na análise), 6 vagões se enquadraram no critério criado da figura 5, ou seja, 60% dos casos. Porém, observou-se que

se a temperatura do primeiro parâmetro fosse alterada para 87°C obter-se-ia uma melhor aderência da amostra ao critério. Sendo assim, temos um novo critério a ser analisado:

Tabela 4. Ajuste da proposta para critério A.

Parâmetro	Descrição
1°	Em uma janela de 5 sites 1 site ultrapassou 124°C
2°	Em uma janela de 5 sites 2 sites ultrapassou 121°C
3°	Em uma janela de 5 sites 3 sites ultrapassou 95°C
4°	Em uma janela de 5 sites 4 sites ultrapassou 87°C

Aplicando os novos parâmetros, gerou-se o seguinte resultado mostrado na Tabela 5:

Tabela 5. Resultado da aplicação do Critério A após a alteração nos 11 vagões selecionados para análise.

	613027	730631	732264	734872	728678	736802	729072	731574	731182	729052	730537
Demétrio R	96	122	179	8	102	8	61	99	145	134	204
Andrade P	122	131	254	174	207	73	92	253	266	137	188
Paraibuna	125	161	237	169	153	153	112	317	253	134	174
Mantiqueira	92	73	106	81	99	69	69	139	186	88	131
1° Parâmetro	OK		OK		OK			OK	OK	OK	OK
2° Parâmetro	OK	OK	OK		OK			OK	OK	OK	OK
3° Parâmetro	OK	OK	OK	OK	OK			OK	OK	OK	OK
4° Parâmetro	OK	OK	OK	OK	OK	OK		OK	OK	OK	OK
Status	ALARMA		ALARMA		ALARMA			ALARMA	ALARMA	ALARMA	ALARMA

Com isso, chegou-se a uma aderência de 70% dos vagões selecionados ao Critério A.

• **Critério B**

O Critério B baseia-se em parâmetros relacionados a cinco (5) passadas e três (3) temperaturas de referência e tem por finalidade atingir os casos em que o Critério A não foi assertivo.

Dessa vez, vagão escolhido para servir de base para a elaboração dos parâmetros foi o 730631, visto que ele não se enquadrava apenas no 4° parâmetro do Critério A e, portanto, não alarmaria. Além disso, segundo consta na resolução da solicitação de tráfego, o vagão foi encontrado com freio manual apertado e, portanto, é um caso a ser considerado. Para isso, desconsiderou-se a menor temperatura apresentada (73°C) por esse vagão em uma das passadas e então

determinaram-se, a princípio, quais seriam as temperaturas que serviriam de base para os três parâmetros. Sendo assim, chegamos ao seguinte critério da tabela 6:

Tabela 6. Proposta para critério B.

Parâmetro	Descrição
1°	Em uma janela de 5 sites 1 site ultrapassou 160°C
2°	Em uma janela de 5 sites 2 sites ultrapassou 130°C
3°	Em uma janela de 5 sites 3 sites ultrapassou 121°C

Aplicando o critério na lista de vagões a serem analisados chegou-se ao resultado mostrado na Tabela 7:

Tabela 7. Resultado da aplicação do Critério B nos 11 vagões selecionados para análise.

	613027	730631	732264	734872	728678	736802	729072	731574	731182	729052	730537
Demétrio R	96	122	179	8	102	8	61	99	145	134	204
Andrade P	122	131	254	174	207	73	92	253	266	137	188
Paraibuna	125	161	237	169	153	153	112	317	253	134	174
Mantiqueira	92	73	106	81	99	69	69	139	186	88	131
1º Parâmetro		OK	OK	OK	OK			OK	OK		OK
2º Parâmetro		OK	OK	OK	OK			OK	OK	OK	OK
3º Parâmetro		OK	OK					OK	OK	OK	OK
Status		ALARMA	ALARMA					ALARMA	ALARMA		ALARMA

Considerando que o vagão 729072 continua fora da análise, pelos mesmos motivos citados no critério anterior, observou-se uma aderência de 50% dos casos ao critério de três passadas, sendo que, o vagão 730631, que não havia se enquadrado no Critério A, agora foi atingido pelo Critério B.

• Critério C

Por último temos o Critério C, critério que se baseia em parâmetros relacionados a cinco (5) passadas e duas (2) temperaturas de referência. Assim como o Critério B, esse terceiro critério tem por finalidade atingir aqueles casos que ainda não foram enquadrados nos dois critérios anteriores.

Sabe-se que os vagões 734872 e 736802 foram os únicos que ainda não se enquadraram em nenhum dos dois critérios. Porém, o 736802, apesar de um caso de freio manual apertado, não apresenta temperaturas adequadas para a criação parâmetros restritivos o suficiente para um critério de duas

passadas. Logo, utilizou-se o 734872 como referência, visto que este também é um caso de freio manual apertado. Para isso, selecionaram-se apenas as duas maiores temperaturas apresentadas por esse vagão. Logo, têm-se os seguintes parâmetros demonstrado na tabela 8:

Tabela 8. Proposta para critério B

Parâmetro	Descrição
1°	Em uma janela de 5 sites 1 site ultrapassou 173°C
2°	Em uma janela de 5 sites 2 sites ultrapassou 168°C

De maneira análoga aos critérios A e B, a Tabela 9 mostra os resultados obtidos na aplicação do Critério C:

Tabela 9. Resultado da aplicação do Critério C nos 11 vagões selecionados para análise.

	613027	730631	732264	734872	728678	736802	729072	731574	731182	729052	730537
Demétrio R	96	122	179	8	102	8	61	99	145	134	204
Andrade P	122	131	254	174	207	73	92	253	266	137	188
Paraibuna	125	161	237	169	153	153	112	317	253	134	174
Mantiqueira	92	73	106	81	99	69	69	139	186	88	131
1º Parâmetro			OK	OK	OK			OK	OK		OK
2º Parâmetro			OK	OK				OK	OK		OK
Status			ALARMA	ALARMA				ALARMA	ALARMA		ALARMA

O terceiro critério obteve uma a aderência de 50% dos casos, e como planejado, incluiu o vagão 734872 em sua assertividade.

Em resumo, após a determinação dos três critérios, dentre os 11 casos a selecionados, 9 se enquadraram em pelo menos um critério. Eliminando o GDT 729072 da análise chega-se a conclusão que os Critérios A, B e C fornecem uma aderência de 90% dos casos analisados. Essa conclusão fica mais evidente ao observar a tabela 10:

Tabela 10. Resultado da aplicação dos Critérios A, B e C nos 11 vagões selecionados para análise.

	613027	730631	732264	734872	728678	736802	729072	731574	731182	729052	730537
Demétrio R	96	122	179	8	102	8	61	99	145	134	204
Andrade P	122	131	254	174	207	73	92	253	266	137	188
Paraibuna	125	161	237	169	153	153	112	317	253	134	174
Mantiqueira	92	73	106	81	99	69	69	139	186	88	131
Critério A	X		X		X			X	X	X	X
Critério B		X	X					X	X		X
Critério C			X	X				X	X		X

Além dos critérios A, B e C, durante os teste do algoritmo criado pela MRS para gerar alarme automaticamente encontrou-se mais 1 vagões que possibilitava a criação de mais 1 critérios, e foi alterado o critério A para possibilitar pegar mais um vagão .

Em 31/03/2015 o GDT-7347782 alarmou em HWD Mantiqueira com 77°C, e apresentou Freio Manual Apertado, com o seguinte histórico de temperatura nos 5 sites, como mostra a tabela 11.

Tabela 11. Histórico de temperatura GDT-7347782.

Site	TEMP Roda D	TEMP Roda E	Maior TEMP Roda Vagão
MANTIQUEIRA	73	77	77
PARAIBUNA	102	61	102
ANDRADE PINTO	102	64	102
DEMETRIO RIBEIRO	61	99	99
MARIO BELO LINHA 2	45	28	45

Com a análise da tabela 11 criou-se um novo critério que leva em consideração 5 sites e 5 temperaturas conforme tabela 12.

Tabela 12. Novo critério.

Parâmetro	Descrição
1°	Em uma janela de 5 sites 1 site ultrapassou 101°C
2°	Em uma janela de 5 sites 2 sites ultrapassou 101°C
3°	Em uma janela de 5 sites 3 sites ultrapassou 98°C
4°	Em uma janela de 5 sites 4 sites ultrapassou 76°C
5°	Em uma janela de 5 sites 4 sites ultrapassou 44°C

Em 04/04/2015 o GDT-7350210 alarmou em HWD Mantiqueira com 69°C, com o seguinte histórico de temperatura nos 5 sites, como mostra a tabela 13.

Tabela 13. Histórico de temperatura GDT-7350210.

Site	TEMP Roda D	TEMP Roda E	Maior TEMP Roda Vagão
MANTIQUEIRA	69	64	69
PARAIBUNA	119	92	119
ANDRADE PINTO	116	69	116
DEMETRIO RIBEIRO	8	0	8
MARIO BELO LINHA 2	54	45	54

Analisando a tabela 13 alterou-se o critério A conforme tabela 14.

Tabela 14. Alteração do Critério A.

Parâmetro	Descrição
1°	Em uma janela de 5 sites 1 site ultrapassou 118°C
2°	Em uma janela de 5 sites 2 sites ultrapassou 115°C
3°	Em uma janela de 5 sites 3 sites ultrapassou 68°C
4°	Em uma janela de 5 sites 4 sites ultrapassou 53°C

3. CRIAÇÃO DE UM ALARME DE TENDÊNCIA HOT WHEEL

Após todas as análise chegou-se em 4 critérios para o HWD2, conforme tabela 15.

Tabela 15. Alteração do Critério A.

Critério	Parâmetros*
(C) 2 sites	1 _{173T} + 2 _{168T}
(B) 3 sites	1 _{129T} + 2 _{105T} + 3 _{83T}
(A) 4 sites	1 _{118T} + 2 _{115T} + 3 _{68T} + 4 _{53T}
(novo) 5 sites	1 _{101T} + 2 _{101T} + 3 _{98T} + 4 _{76T} + 5 _{44T}

*Usou-se uma simbologia para maior facilidade em descrever o critério, exemplo: O critério “5 sites” 1_{101T}+2_{101T}+ 3_{98T}+4_{76T}+ 5_{44T} significa 1 (número de sites) 1_{01T}(temperatura máxima de roda do vagão), logo para este critério entende-se que em uma janela de 5 sites 1 site ultrapassou 101°C, 2 sites ultrapassou 101°C, 3 sites ultrapassou 98°C, 4 sites ultrapassou 76°C e 5 sites ultrapassou 44°C.

4. RESULTADOS

O Alarme de Tendência Hot Wheel – HWD2 teve sua implantação em 13/04/2015, e no gráfico da figura 5 nota-se que após a implantação do mesmo houve uma redução do número de alarmes Hot Wheel com impacto na circulação dos trens da MRS.

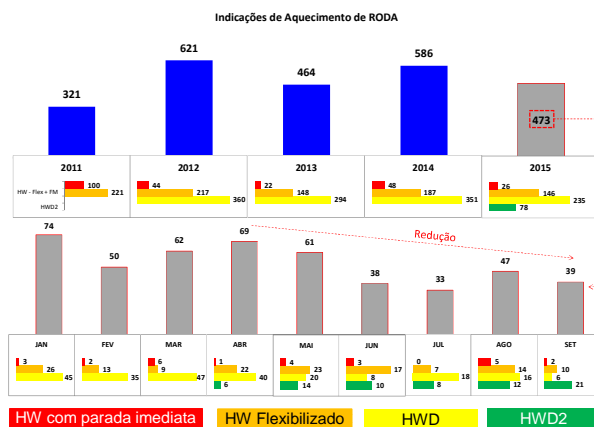


Fig. 5 Gráfico de acompanhamento das rodas alarmada em Hot Wheel, Pré-alarمة hot Wheel – HWD e alarme de tendência Hot Wheel – HWD2.

A aquisição dos 3 equipamentos de Hot Wheel (Demétrio Ribeiro instalado em 10/09/2014, Andrade Pinto instalado em 16/09/2014 e Paraibuna instalado em 22/09/2014) visando a criação de um alarme de tendência Hot Wheel,

tornou o monitoramento das rodas mais preciso e confiável, o que leva a criação de novos parâmetros reduzindo as rodas alarmadas em Pré Alarmes - HWD e Alarmes HW adotados pela MRS.

Embora a criação destes alarmes de tendência Hot Wheel seja recente nota-se que é uma poderosa ferramenta para a redução de alarmes e otimização de parâmetros, e que quanto mais equipamentos instalados ao longo da malha, melhor o monitoramento e gerenciamento dos ativos sem risco a segurança operacional.

5. CONCLUSÕES

Como se verificou quanto mais monitoramento, ou seja, mais pontos de medições, consegue um maior controle sobre a temperatura das rodas ferroviárias aumentando assim segurança e a confiabilidade do material rodante juntamente com a disponibilidade do ativo.

6. REFERÊNCIAS

- [1] *Gestão de parada de trem em função da modelagem matemática do fenômeno Hot Wheel aplicada em vagões ferroviários*, VIII Prêmio AmstedMaxion de Tecnologia Ferroviária, São Paulo, Brasil, 2010.
- [2] HARMON, 2000. Micro Hot Wheel Detector. System Manual.