



AEAMESP



Titulo do Artigo: IMPLANTAÇÃO DE PROCESSO DE PRÉ-MONTAGEM DE AMV'S
NA EFVM

Autores:

Cláudio Fenando Loureiro dos Reis

Clevonildo Santos

Luciano Pereira dos Santos

Renato Lataliza Vasconcelos

Ricardo de Paula Koehler



AEAMESP



21ª SEMANA DE TECNOLOGIA METROFERROVIÁRIA

2º PRÊMIO TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO METROFERROVIÁRIOS

Categoria 3: Inovações Tecnológicas

Título: IMPLANTAÇÃO DE PROCESSO DE PRÉ-MONTAGEM DE AMV'S NA EFVM

Introdução

A Vale produz e comercializa minério de ferro, pelotas, níquel, concentrado de cobre, carvão, bauxita, alumina, alumínio, potássio, caulim, manganês e ferroligas. Ela foi fundada em 1942, criada pelo governo brasileiro como Companhia Vale do Rio Doce. Em 1997, tornou-se uma empresa privada (Vale SA, 2015). Para dar suporte ao desenvolvimento e escoamento da produção, a Vale atua como operadora logística. Ela opera, no Brasil, a Estrada de Ferro dos Carajás no norte do país e a Estrada de Ferro Vitória a Minas na região sudeste.

A Estrada de Ferro Vitória a Minas (EFVM) consiste basicamente em um corredor de exportação de minério e produtos agrícolas que liga o porto de Tubarão em Vitória - Espírito Santo a região central do Estado de Minas Gerais. São aproximadamente 900 km de ferrovia de bitola métrica. A maior parte deste trecho, algo em torno 600 km, trata-se de linha dupla e o restante de linha singela, conforme a Figura 1.



Figura 1 – Mapa Geral da Estrada de Ferro Vitória a Minas. (Vale SA, 2015)

A ferrovia é dividida basicamente em linha tronco e ramais. A linha tronco é o principal trecho da ferrovia e é dela que se derivam os ramais. A linha tronco da EFVM compreende o trecho entre Tubarão (TU) a Itabira (IT). São 540 km de ferrovia de linha dupla. Esta linha além de coletar os minérios dos outros ramais para exportação também abastece o Vale do Aço onde estão localizadas grandes siderúrgicas tais como a Usiminas e Aperam (Antiga Acesita).

O Ramal de Fabrica se refere ao trecho que liga a linha tronco, na altura da cidade de Nova Era (DDC), a mina de Fabrica que fica próximo ao município de Congonhas. Este trecho possui 168 km de linha, onde 62 km são compostos por linha dupla e o restante por linha singela. Neste ramal estão localizadas as minas de Água Limpa (Rio Piracicaba), Fazendão, Alegria (Mariana), Timbopeba e Fabrica (Ouro Preto). Por ele também são transportados insumos e produtos siderúrgicos para a Açominas e interface com a MRS.

Para fazer a ligação da EFVM com a região metropolitana de BH a Companhia Vale do Rio Doce adquiriu da Rede Ferroviária Federal S/A no início dos anos 90 um trecho de ferrovia que liga o Ramal de Fabrica na altura do município de Santa Bárbara ao Município de Santa



AEAMESP



Luzia. Tal trecho é conhecido como Ramal de Belo Horizonte e possui 88 km de linha onde destes 20 km é formado por linha dupla. Neste ramal estão localizadas as Minas de Brucutu, Gongo Soco, Córrego do Meio e possui interface com a Ferrovia Centro Atlântica para o transporte de grãos.

O presente trabalho, que foi desenvolvido na ferrovia apresentada, tem o objeto de apresentar a implantação do projeto de pré-montagem de Aparelhos de Mudança de Via (AMV) na EFVM e suas motivações. Este projeto teve o objetivo de implantar uma estrutura e o processo que permitirá a execução de uma série de tarefas, que antes eram executadas em campo na linha interditada, em estaleiro. Com ele, espera-se um aumento da qualidade com uma maior estabilidade dimensional dos AMV's renovados, uma vez que o bitolamento e a etapa de implantação de ordenadas e flechas serão realizadas em um ambiente controlado e sem intervalo de tempo delimitado. Outro resultado esperado é do tempo de interdição de via para a execução desta atividade no campo.

Este projeto foi desenhado de forma que ao final de sua implantação, seja possível o envio dos dormentes chapeados com as placas especiais de AMV para o campo. Para isto foi idealizada uma estrutura onde haveria a parte metálica de um AMV montada (jacaré, agulhas, trilhos e contratrilhos) e devidamente ajustada que, juntamente com os demais componentes e estruturas, será denominada de gabarito. Anexada a ele foi engenhada uma estrutura de macacos para a sua elevação e rebaixamento e montada uma série de calhas compatíveis com o espaçamento e o comprimento dos dormentes para garantir que os mesmos sejam sempre montados na mesma posição. Tal estrutura deverá ser duplicada de forma a montar AMV's à esquerda e a direita. Juntamente com isto, foram verificadas questões logísticas de recebimento e despacho de materiais, o que levou a sua implantação



AEAMESP



no Centro de Distribuição de Materiais da Via (CDMV) da EFVM, situado no município de João Neiva - ES.

A materialização deste projeto se deu, basicamente, pela implantação da infraestrutura no CDMV, elaboração do procedimento de pré-montagem no estaleiro e alteração do procedimento de trabalho para renovação no trecho.

Diagnóstico

O projeto em questão foi idealizado a partir de dois pilares: redução de tempos de interdição de via e qualidade. O primeiro pilar consiste na redução dos tempos de interdição de via. Com a tendência de aumento de volume para os próximos anos, conforme demonstra o gráfico da Figura 2, este é um indicador que permite inferir que os tempos para interdição de via serão cada vez mais restritos e impactantes na capacidade de produção da ferrovia.

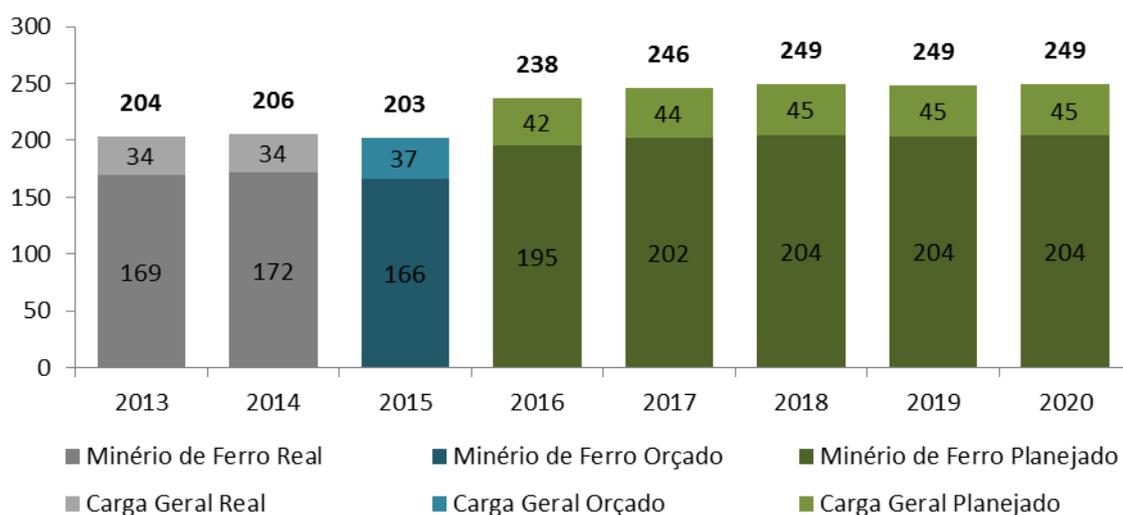


Figura 2 – Executado 2013-2014 e orçado 2016-2020 em milhões de toneladas brutas transportadas para EFVM. (Vale, 2015)

Tal projeto visa à redução dos tempos de interdição de via para a Renovação de Aparelhos de Mudança de Via na EFVM com a realização de parte dos trabalhos fora da via. Esta redução se dará a partir da execução de etapas laboriosas como a furação e o chapeamento dos dormentes. Tal prática já é realizada em ferrovias brasileiras e estrangeiras. A Figura 3 demonstra, como exemplo, a fábrica da VAE-Nortrak nos Estados Unidos da América que serviu como referência.



AEAMESP

21ª Semana de
Tecnologia
Metroferroviária
2015



Figura 3 – Fabrica de Aparelho de Mudança de Via VAE-NORTRAK. (Vale SA, 2010).

O segundo pilar que sustenta o projeto é o da qualidade. Tal pilar está intimamente ligado ao primeiro, pois quanto menos tempo for destinado à manutenção dos AMV's mais difícil será a implantação das medidas de flechas, ordenadas e bitolas necessárias à implantação do AMV. Tal atividade que, ainda hoje, é realizada de forma artesanal com equipamentos de pequeno porte, realizada sobre a via em tráfego constante ou com pequenos intervalos de manutenção, com tempos limitados de execução, poderá ter a sua qualidade severamente comprometida;

Como exemplo para evidenciar tal problema, será tomado o conjunto de AMV's formados pelo circuito de chaves da EFVM denominado "RH53". Este conjunto é composto quatro AMV's formando um travessão universal (Brina, 1988), conforme a demonstra a Figura 4 e está localizado na região de Governador Valadares – MG.

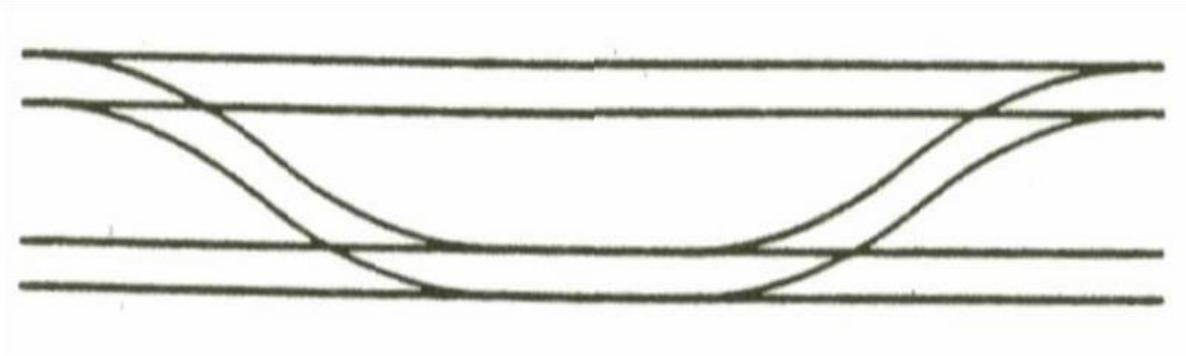


Figura 4 – Travessão Universal padrão. (Brina, 1988)

Os AMV's que compõe o travessão universal da RH 53 possuem as seguintes características (Vale SA, 2013):

- Bitola: 1007mm;
- Agulhas: Retas, Elevação Graduada, Detalhe 6100, TR 68, 9,144m de comprimento, Norma Arema 118-03;
- Jacarés: Nº20, TR68, Plano Arema 625-03;
- Fixação: Elástica (Grampo Denik 12mm);
- Raio de concordância: 599,400m;
- Contratrilhos: Arema 6m de comprimento;
- Dormentação: Madeira (Hard-wood).

Este conjunto de AMV passou por serviços de renovação, ou seja, substituição total de todos os seus componentes e desguarnecimento de lastro, durante o mês de abril de 2014. Foram tomadas medidas de bitola com equipamento automatizado de medição denominado "Amber" fornecido pela Geismar do Brasil em novembro/2014. Este equipamento está demonstrado na Figura 5.



Figura 5 – Dispositivo “Amber” fornecido pela Geismar do Brasil em inspeção na região de Governador Valadares-MG.

No circuito foram tomadas as medidas de bitola a cada 25cm na região do AMV compreendida entre o final da Agulha (couce) e o ultimo dormente de AMV após o Jacaré (fim do AMV). Estas medidas foram agrupadas e analisadas através das teorias e métodos de análise estatística de processos (Montgomery & Runger, 2003). No projeto do AMV é especificado que a bitola nominal é de 1007mm podendo variar de 1005 a 1010mm. A bitola é um indicador importante para qualidade de um AMV, visto que ela impacta diretamente nas cotas de salvaguarda, fator preponderante para a segurança da circulação dos trens e durabilidade dos componentes. A Figura 6 demonstra os resultados obtidos e a estatística destas medidas.

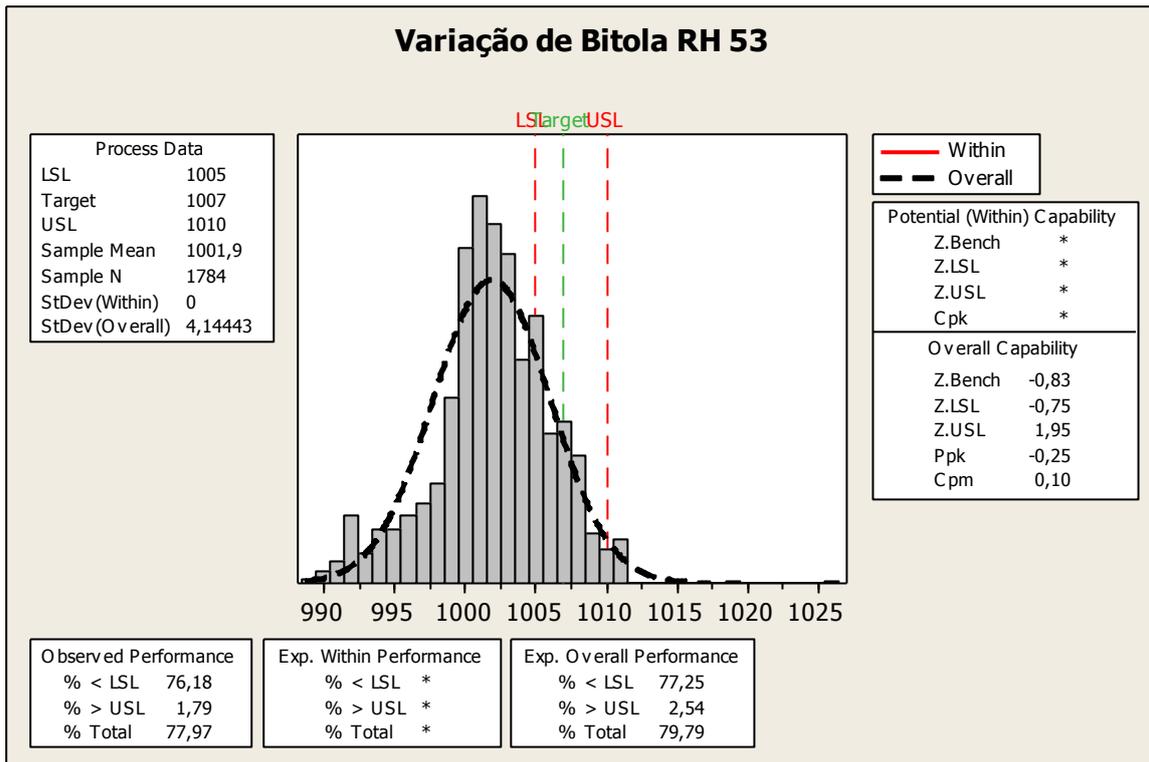


Figura 6 – Análise estatística da variação de bitola nos AMV's do circuito de chaves da RH 53(Governador Valadares – MG).

Como pode ser verificado nos resultados apresentados acima, a bitola média na região medida apresenta variações de 989mm a 1026mm. Possui um desvio padrão de 4,14mm e média de 1001,9m. O intervalo especificado era de 1007 a 1010mm. Pode ser constatado que apenas 22.03% das observações estão contidas nesse intervalo. Com isto pode se concluir que a instabilidade dimensional dos AMV's desta região apresentam variações consideráveis e comprometedora ao cumprimento do nível de serviço esperado para este local.

Tais variações tem, dentre outras menos relevantes, como causa a execução de serviços de bitolamento e implantação de flechas em linha interdita paralela a serviços de correção geométrica com tempo limitado como uma de suas principais causas. Desta forma, a implantação da pré-montagem dos AMV's visa contribuir de forma significativa para reduzir



AEAMESP



estas distorções uma vez que o serviço será realizado em ambiente controlado e com tempo relativamente elevado.



AEAMESP



Implantação do Projeto

A partir da planta geral do AMV (Vale SA, 2013), conforme especificado anteriormente, foram dimensionadas, de forma a abrigar um AMV completo, duas bases de concreto, planas, de formato trapezoidal e com resistência suficiente para suportar a movimentação de componentes sobre as mesmas.

Estas bases foram elaboradas de forma a receber dispositivos de elevação, que serão descritos posteriormente, levando em consideração o comprimento e a largura dos dormentes. Desta forma, cada base ficou com as seguintes dimensões:

- Base Menor: 5,0m;
- Base Maior: 7,5m;
- Comprimento: 60,0m;
- Área: 375,00 m²;
- Espessura: 16 cm;
- Volume de concreto: 60,00 m³.

A distância média entre as duas bases, que foram dispostas simetricamente, é de 12,5m o que liberou uma área de 750m² para a movimentação de materiais e embalagem. A Figura 7 mostra uma visão geral da base logo após a concretagem.



Figura 7 – Base do AMV esquerdo logo após a concretagem em processo de cura.

Sobre a base de concreto foram implantadas calhas que servirão de berços para os dormentes. Estas calhas foram posicionadas e dimensionadas respeitando-se o espaçamento e o comprimento dos dormentes conforme a planta geral do AMV (Vale SA, 2013). Esta estrutura será utilizada de referência para o posicionamento correto dos dormentes durante os serviços de montagem e chapeamento no gabarito. Tais calhas foram fixadas no concreto com parafusos tipo “parabolts”, conforme a Figura 9. A distância entre elas foram determinadas a planta do AMV (Vale SA, 2013). A Figura 8 demonstra uma visão geral de tais dispositivos fixados sobre a base de concreto.



Figura 8 – Visão geral da base com as calhas e os macacos fixados.



Figura 9 – Detalhe demonstrando os parafusos do tipo “Parabolt” fixo no concreto.

Integrada a esta estrutura foi implantado um sistema de elevação constituído por oito unidades de levante por gabarito. Cada unidade é composta por uma longarina de comprimento variável e dois macacos mecânicos de fuso de movimento axial. Um exemplo de unidade de elevação que compõe tal sistema está demonstrado na Figura 10.

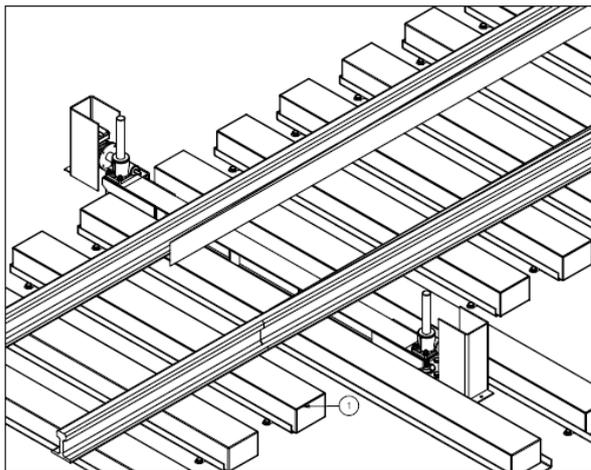


Figura 10 – Detalhamento da unidade de elevação.



Série “B”

Figura 11 – Detalhe demonstrando modelo de macaco utilizado para compor as unidades de elevação.

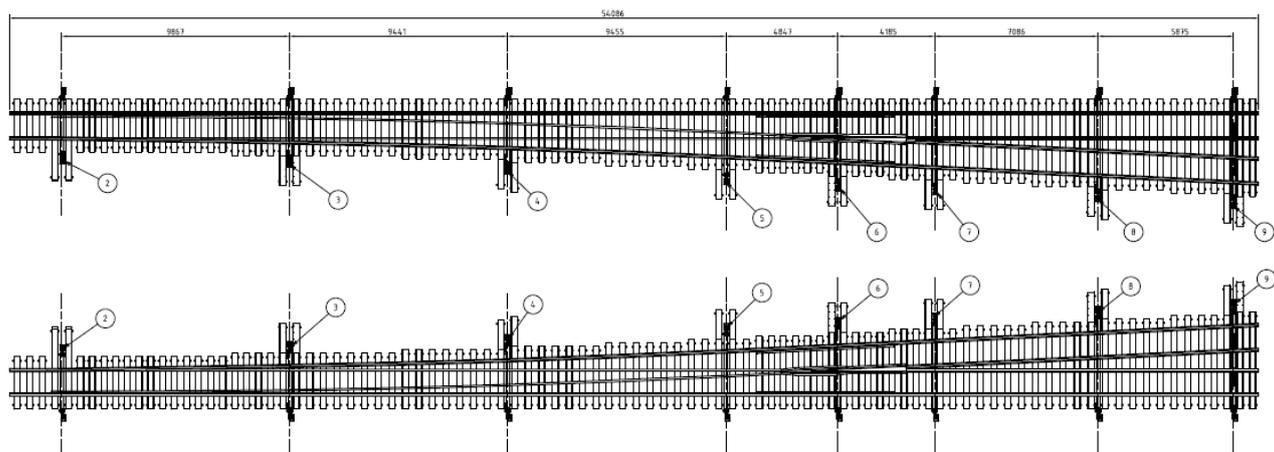


Figura 12 – Distribuição das unidades de elevação ao longo do gabarito de montagem de AMV.

Baseado na planta do AMV de referência as unidades de elevação foram dimensionadas e montadas nas posições demonstradas no quadro da Figura 13.

Posição		Distância Acumulada(m)	Largura da Longarina(m)
Dormente Anterior	Dormente Posterior		
1	2	0	2,480
20	21	9,867	2,630
36	37	19,308	2,930
52	53	28,367	3,380
61	62	33,610	3,680
69	70	37,795	4,130
81	82	44,881	3,806
91	92	50,756	4,430

Figura 13 – Quadro demonstrando as posições das unidades de elevação relativas ao AMV com seus respectivos comprimentos.

Para a movimentação e operação das unidades de elevação foi dimensionado um sistema elétrico e de automação. Neste sistema foi incluído um painel de operação que permite o acionamento do sistema através de botões devidamente identificados. Ele possibilita a elevação do conjunto como um todo ou de uma determinada viga. Estes painéis estão demonstrados na Figura 14.



Figura 14 – Painéis de controle das unidades de elevação.

Dando prosseguimento ao projeto foram montados dois AMV' conforme a planta geral da ferrovia (Vale SA, 2013), para ser soldado e servir de referência para o chapeamento dos dormentes.

Em janeiro de 2015 foi iniciada a montagem destes AMV's no CDMV. Os trabalhos foram executados por equipe de manutenção próprias da EFVM. O serviço contou com as seguintes etapas:

- Posicionamento dos dormentes (Figura 15);



Figura 15 – Posicionamento dos dormentes na calha.

- Posicionamento das ferragens (Figura 16, Figura 17, Figura 18 e Figura 19);



Figura 16 – Posicionamento da placas para serem fixados nos trilhos



Figura 17 – Posicionamento dos Jacarés



Figura 18 – Posicionamento dos trilhos de encosto.



Figura 19 – Posicionamento das placas entre o trilho e o dormente.

- Locação e alinhamento do trilho reto (Figura 20);



Figura 20 – Alinhamento dos trilhos de encosto com suporte topográfico.

- Posicionamento dos trilhos, jacarés e demais ferragens (Figura 21);



Figura 21 – Corte e furação dos trilhos para montagem do AMV.

- Implantação de bitola, flechas e ordenadas (Figura 22).



Figura 22 – Bitolamento do AMV e distribuição da flechas.

Seguidas as etapas enumeradas anteriormente, o AMV foi concluído conforme demonstrado na Figura 23.



Figura 23 – AMV pronto.

Foi adotado como premissa para o gabarito, que a variação máxima de bitola nominal é de $\pm 1\text{mm}$. Uma vez alcançado este objetivo foram liberados para soldagem do sistema de fixação de bitola e flechas.

O sistema de fixação de bitola e flechas será constituído pela soldagem de “shoulders” para fixação dos trilhos do AMV nas longarinas das unidades de elevação e pela soldagem de cantoneiras para manutenção de flechas e manutenção ao longo de todo o AMV. Estes dispositivos tem a função de manter as flechas e a bitola do gabarito, além de mantê-lo devidamente alinhado durante a movimentação do gabarito e dos dormentes. A Figura 24 demonstra o processo de soldagem enquanto que a Figura 25 demonstra o detalhe do Shoulder posicionados nas unidades de elevação.



Figura 24 – Processo de soldagem dos Shoulders e das cantoneiras de fixação da bitola.



Figura 25 – Shoulder soldado na longarina para garantia de alinhamento e bitola do AMV.

Cantoneiras foram soldadas ligando os trilhos de forma a manter a bitola fixa durante as operações de levante e abaixamento do conjunto para a fixação e remoção dos dormentes chapeados. A Figura 26 mostra o exemplo de uma cantoneira montada. Foram distribuídas 19 cantoneiras ao longo do AMV que somadas as 8 unidades de elevação existentes totalizaram 27 pontos fixos ao longo do AMV que garantem a estabilidade dimensional do conjunto.



Figura 26 – Cantoneira soldada entre os trilhos para garantia de bitola, flecha e alinhamento.

Após o fechamento desta etapa o gabarito ficou pronto para entrar em produção, conforme a Figura 27.



Figura 27 – Conjunto pronto para entrar em regime de produção.

Análise dos Resultados

O gabarito foi colocado em operação em maio/2015 e já produziu 6 conjuntos de dormentes chapeados para AMV 20 que foram distribuídos ao longo da EFVM para implantação. Em amostragem realizada em um conjunto que foi montado no gabarito apresentado foram obtidos os resultados demonstrados na Figura 28.

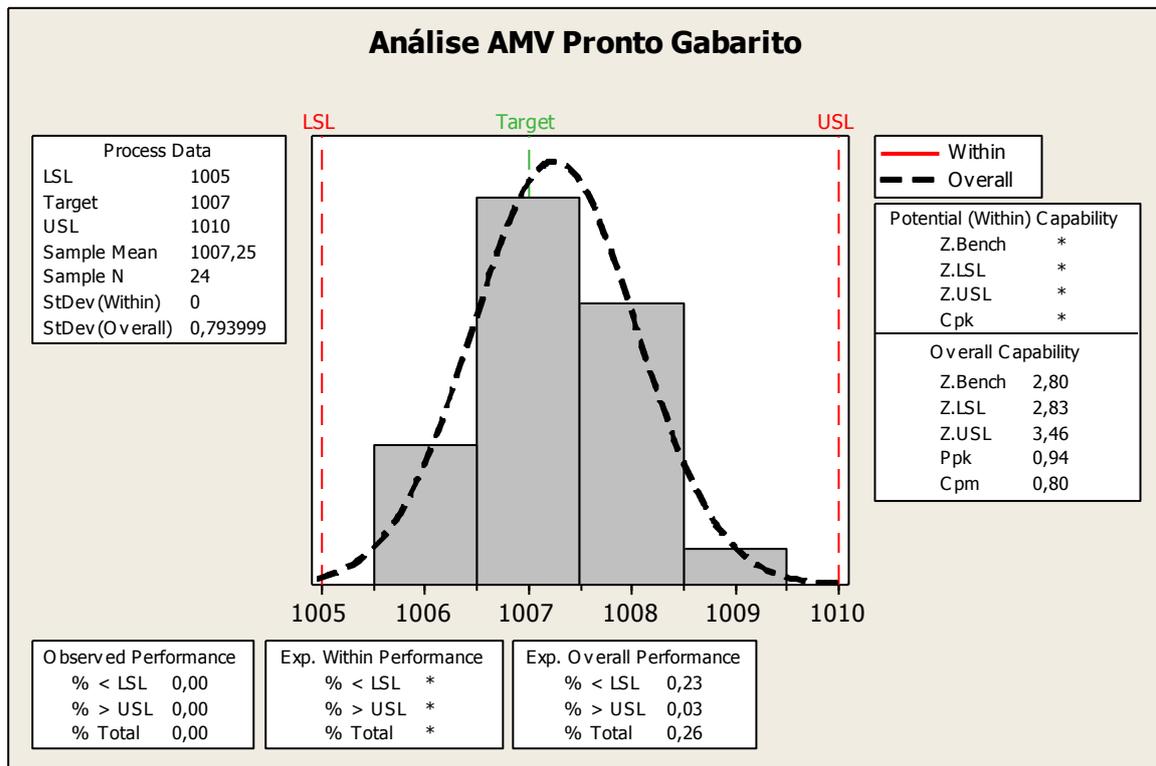


Figura 28 – Análise da variação de bitolas do AMV construído no estaleiro.

Como pode ser constatado, nenhuma medida foi encontrada fora do limite estipulado enquanto que a média da amostra coletada está tendendo para o valor nominal de 1007mm e o desvio padrão caiu significativamente em comparação com a Figura 6. Esta estabilidade irá garantir uma implantação correta dos AMV's no campo garantindo assim o comprimento das cotas de salvaguarda especificada para EFVM. Embora estas medidas tenham sido



AEAMESP



tomadas antes do AMV ser aplicado no campo, espera-se que a rigidez das fixações e dos dormentes não ofereçam margem para uma alteração significativa destes resultados.

Outro aspecto, embora intangível, trata-se da melhoria das condições de trabalho e organização das frentes de serviço no campo. Há uma redução significativa de trabalhos manuais e semimecanizados no campo que permitirão um ganho no tempo total de interdição da via devido à eliminação destas tarefas. Estima-se que seja reduzida em uma semana o tempo de execução dos serviços de renovação completa de um travessão universal com a implantação deste modelo de trabalho. Tais medidas ainda estão em fase de coleta e análise das informações.



AEAMESP



Conclusão

Uma vez identificada à necessidade de se melhorar os tempos de renovação de AMV's na EFVM e melhorar a qualidade destes serviços foi elaborado um projeto para reduzir a execução das atividades em campo e transferi-la para uma estrutura paralela onde os serviços poderão ser realizados em ambiente controlado e sem pressão de tempo. Foi demonstrado que a qualidade dimensional, através da medição de bitolas, em uma AMV recém-implantado é baixa e que este problema é significativo para a garantia da segurança e da qualidade da via.

Desta forma, foi elaborado um projeto que permitia a pré-montagem dos AMV's em um estaleiro e demonstrada às etapas para a sua implantação até a entrada em produção. Após isto foram demonstrados os resultados onde ficou evidente os ganhos de qualidade dimensional dos AMV que serão enviados para montagem no campo. Este ganho foi demonstrado a partir da comparação do percentual de bitolas fora do limite técnico estabelecido, variação da média e desvio padrão.

Sendo assim, baseado nos dados demonstrados, pode-se concluir que sistema implantado garante a melhoria significativa da qualidade dos AMV's montados na EFVM e que irá contribuir para a redução dos tempos de interdição da via para tais tarefas.

Futuramente, pretende-se evoluir tal projeto para o envio do AMV completo para o campo para minimizar ao máximo a necessidade de intervenções sobre a linha em tráfego e a execução do máximo possível de atividades em estaleiro.



AEAMESP



Bibliografia

- Brina, H. L. (1988). *Estradas de Ferro: Via Permanente*. (2 ed., Vol. I). Belo Horizonte: UFMG.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2003). *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. São Paulo: LTC.
- Vale SA. (2010). *Visita Técnica da Fabricas e Ferrovias de AMV's com Ponta móvel*. Estrada de Ferro Carajás, GAVPT. Vitória ES: Vale SA.
- Vale SA. (08 de Julho de 2013). *Aparelho de Mudança de Via No 20, Trilho TR-68, Bitola 1007. 01FESU - AMV - VM012, 1*. Vitória, Espírito Santo, Brasil: Vale SA.
- Vale SA. (2015). *Vale Ferrovias*. Acesso em 29 de Julho de 2015, disponível em Vale Ferrovias:
<http://www.vale.com/brasil/PT/business/logistics/railways/Paginas/default.aspx>