



SOLDAGEM ELÉTRICA APLICADA EM COMPONENTES: NOVA CONCEPÇÃO DE MODELO DE TRABALHO NA EFC

Annyele Marques¹; Iran Rezende²; Fernando Azevedo³, Ricardo Souza⁴, José Santos⁵

¹VALE EFC, MA — Brasil

²VALE EFC, MA — Brasil

³VALE EFC, MA — Brasil

⁴VALE EFC, MA — Brasil

⁵VALE EFC, MA — Brasil

RESUMO

A soldagem elétrica por centelhamento (Flash Butt Welding – FBW), é um processo em que duas extremidades de trilhos são unidas usando calor e pressão. Para a execução de soldas na via, é necessário que sejam previamente aprovadas em ensaios laboratoriais conforme padrões normativos nacionais e internacionais, e em conformidade com os PNRs (Padrões Normativos), garantindo a integridade e a qualidade das juntas soldadas em ferrovias de carga e de passageiros. A aplicação da soldagem móvel na EFC (Estrada de Ferro Carajás) com soldadoras rodoferroviárias, é uma prática em serviços de substituição de trilhos na via permanente. No caso em estudo, aplicou-se o modelo de trabalho para soldar o componente JIC (Junta Isolada Colada), que no contexto ferroviário regulado pela ANTT (Agência Nacional de Transportes Terrestres), é um componente essencial da superestrutura de via permanente, projetado para separar eletricamente seções de trilho, garantindo a sinalização e a segurança operacional. A nova concepção do modelo de trabalho iniciou-se no TFPM (Terminal Ferroviário Ponta da Madeira), cuja premissa era de realizar 230 soldas aluminotérmicas em 2025 no processo de soldagem de juntas. O TFPM concentrava a maior demanda de substituição de JIC da EFC. Com a implantação bem-sucedida do modelo operacional (35% de aplicação), identificou-se a oportunidade de replicar a estratégia para Açailândia-MA, visando padronização, qualidade, confiabilidade e produtividade do sistema. Apesar da eficácia técnica da soldagem aluminotérmica, o processo envolve riscos à segurança e ao ambiente operacional, mitigados com a implantação da soldagem elétrica móvel em JIC na EFC.

Palavras-chave: Soldagem Elétrica Móvel, Junta Isolada Colada (JIC), Novo Modelo de Trabalho.



1. INTRODUÇÃO

A soldagem elétrica móvel na EFC é realizada pelas Soldadoras de Trilhos, equipamentos rodoferroviários que podem circular em estradas e ferrovias com velocidade de até 60 km/h. As soldas são realizadas nas atividades de substituição de Trilhos e Componentes de Via Permanente.



Figura 1. Caminhão de Solda Elétrica - EFC

As etapas de preparação da solda são importantíssimas para a qualidade da junta soldada, incluindo o corte, limpeza, alinhamento e nivelamento das extremidades dos trilhos a serem soldados. Durante a soldagem os dados das principais variáveis do processo são apresentados em tempo real pelo sistema de gerenciamento de soldas. Ao final de cada solda executada, um relatório gráfico é gerado contendo os dados da solda e o parecer de conformidade com os parâmetros de referência.

Na última etapa do processo de soldagem uma força de até 120 ton. é aplicada nos trilhos por um período inferior a 1 segundo, formando a junta soldada. O material excedente é removido para que a solda possua o mesmo perfil do trilho novo. Para se realizar esse processo, ensaios laboratoriais foram realizados para garantir a qualidade da solda: ensaio de flexão estática, ensaio de flexão dinâmica (fadiga), análise de macrografia (Zona termicamente afetada), análise de micrografia, perfil de dureza longitudinal, análise de composição química, conforme as normas (AS 1085.20), (AREMA, 2020), (EN 14587-1), (ABNT NBR 7590), (ABNT NBR 11449).

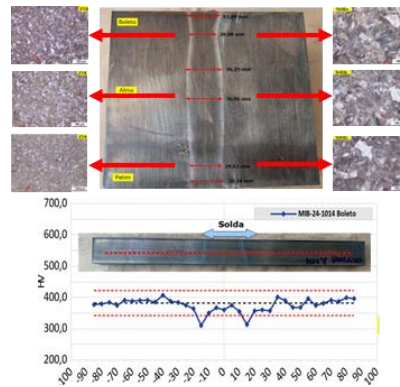


Figura 2. Ensaios Laboratoriais

A soldagem elétrica aplicada no componente JIC (Junta Isolada colada), reforça além da sua função primária de segmentar eletricamente o circuito de via, permitindo a detecção de ocupação da linha por trens, e viabilizando o funcionamento dos sistemas de sinalização e controle de tráfego, a sua importância operacional, onde as JICs estão sujeitas à esforços mecânicos e ciclos de cargas dinâmicos, o que acelera sua degradação e torna a sua manutenção especialmente desafiadora (MACIEL, 2025).

Na Estrada de Ferro Carajás, cada SB (Sessão de Bloqueio) é compreendido por 04 AMVs (Aparelho de Mudança de Via), sendo os AMVs 01 e 02 na linha de número 01, e os AMVs 03 e 04 na linha de número 02. Ao total, são 28 JICs formando esse circuito, conforme mostra o esquemático (figura 03).



Figura 3. Ensaios Laboratoriais Esquemático de Distribuição de Juntas Isolantes nos TUs (Travessão Universal)

A implantação da boa prática ocorreu em função do volume de soldas aluminotérmicas identificadas no TFPM, com potencial de redução da exposição aos riscos, redução do tempo de execução da atividade, otimização de mão de obra e material. Nesse processo, etapas importantes são executadas previamente, como por exemplo inspeções para realizar o levantamento da demanda.

2. DESENVOLVIMENTO

As principais ações desenvolvidas para a implantação do nova concepção do modelo de trabalho, foram aplicadas estrategicamente e detalhadas por etapa.

2.1. Levantamento da Demanda



Inspeções nos pátios X1, X2 e X3, para realizar o levantamento da demanda. Informações de quantidade de JIC, tipo de trilho, quantidade de trilho a ser soldado e o seu tamanho, a logística de carga e descarga, o local de trabalho para organização de toda a condição inicial, com identificação das JICs, estoque de trilhos a soldar, estoque de JICs soldadas e liberadas, e consolidação da meta diária de produção para atender a carteira SAP com atividade de soldagem.

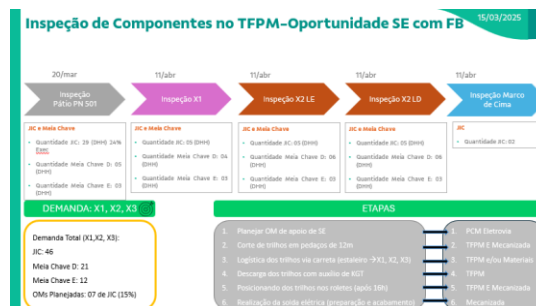


Figura 4. Detalhamento da Inspeção em Campo

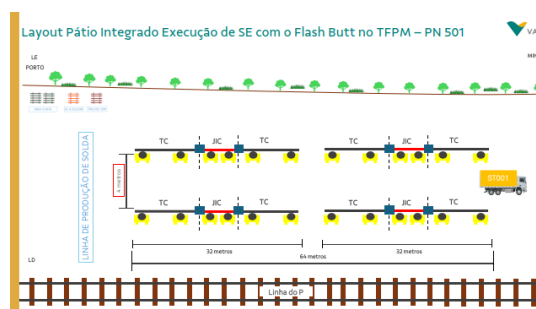


Figura 5. Layout Integrado de Execução de Solda Elétrica em JIC no TFFM

Dentro desse processo, participaram as áreas de Manutenção Mecanizada de Via Permanente, Gerência de Ativos Lineares I (GAL I), Confiabilidade e Engenharia de Via Permanente, Planejamento e Controle da Manutenção de Via Permanente (PCM), Infraestrutura, Saúde e Segurança. Uma equipe formada por multifunções, como operadores mantenedores, soldadores, técnicos de soldagem, engenheiros, programadores, analistas, supervisores e gerentes.

2.2. Execução da Soldagem Elétrica em Componente (JIC) - TFFM

Para a execução das soldas, foi construído um miniestaleiro (fora da linha sinalizada), montado com roletes para formar a base, onde os trilhos e a JIC ficavam apoiados sobre ele.



Figura 6. Layout Miniestaleiro – TFPM

2.3. Padronização da Nova Concepção de Modelo de Trabalho

O processo de padronização da nova concepção do modelo de trabalho ganhou força e se instalou em Açailândia – MA, em PFL (Pátio da Floresta). O miniestaleiro possui condições iniciais maiores, com frente de trabalho para executar 18 soldas em JICs por dia. Após a soldagem, as JICs são estocadas e distribuídas ao longo da ferrovia.



Figura 7. Layout Miniestaleiro – Açailândia – MA



Figura 8. Layout Miniestaleiro – Açailândia – MA

Durante a soldagem os dados das principais variáveis do processo são apresentados em tempo real pelo sistema de gerenciamento de soldas. Ao final de cada solda executada, um relatório gráfico é gerado contendo os dados da solda e o parecer de conformidade com os parâmetros de referência.

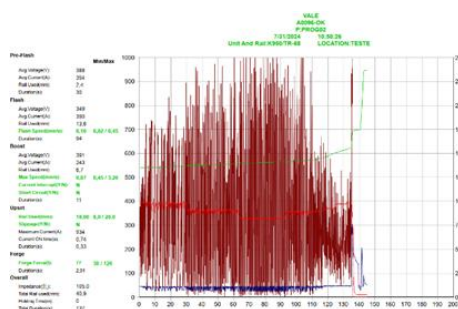


Figura 9. Gráfico Pós Solda Gerado Pelo Caminhão de Solda Elétrica



Figura 10. Confirmação Do Resultado Pós Solda

Os principais resultados incluindo Tabelas e Figuras, quando necessárias; e a Discussão, que devem ser descritos objetivamente e devem sempre que possível estabelecer comparações entre os resultados mais relevantes obtidos pelos autores e resultados já apresentados na literatura ferroviária por outros autores. A busca contínua por soluções que promovam ambientes de trabalho mais seguros, eficientes e sustentáveis levou a Vale S.A., por meio do Terminal Ferroviário de Ponta da Madeira (TFPM), a implementar uma mudança significativa nos processos de soldagem de trilhos e componentes ferroviários. A substituição progressiva da soldagem aluminotérmica pela tecnologia de soldagem elétrica por centelhamento (Flash Butt Welding – FBW) representou um marco na gestão de Segurança e Saúde no Trabalho (SST), com impactos diretos na qualidade de vida dos colaboradores e na confiabilidade operacional da Estrada de Ferro Carajás (EFC). Este case apresenta os resultados concretos dessa transformação, destacando os ganhos obtidos em termos de redução de riscos ocupacionais, melhoria das condições ergonômicas, aumento da produtividade e padronização da qualidade das soldas. A seguir, são detalhados os indicadores comparativos antes e depois da implantação da boa prática, evidenciando os benefícios tangíveis e intangíveis alcançados ao longo dos primeiros meses de operação com a nova tecnologia.



Em Saúde e Segurança, a matriz de risco da solda elétrica com 12 riscos mapeados, e a matriz de solda aluminotérmica com 87, o que reflete diretamente na qualidade de vida dos colaboradores.

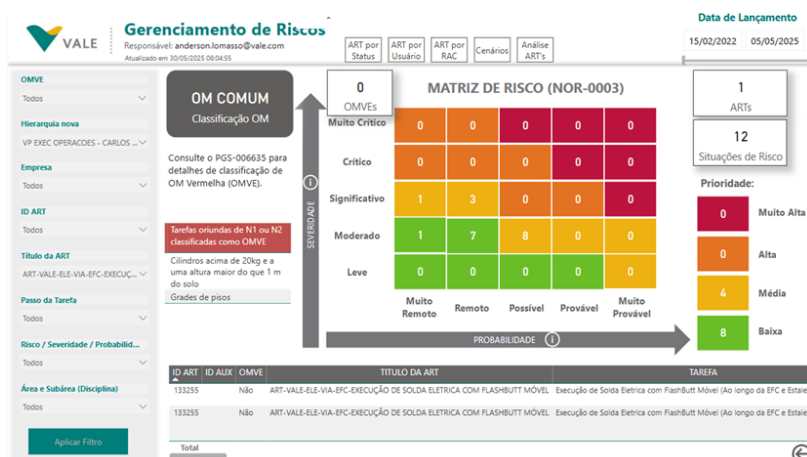


Figura 11. Matriz de Risco de Solda Elétrica

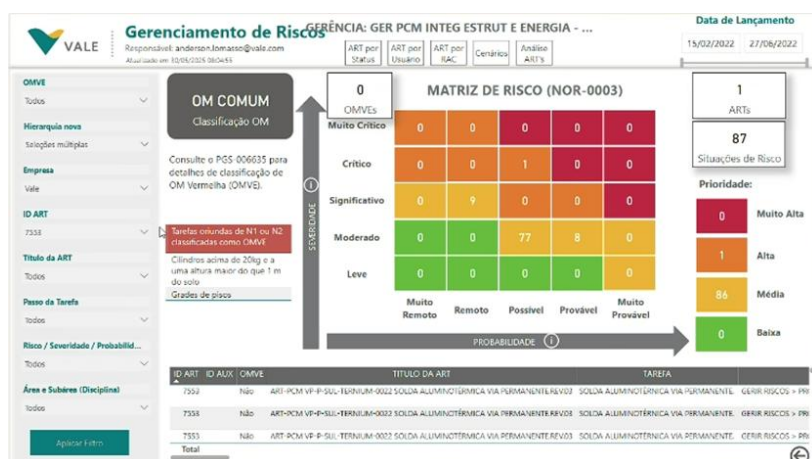


Figura 12. Matriz de Risco de Solda Aluminotérmica

Em produtividade, redução de 16 soldas aluminotérmicas em TU, 17% do geral.

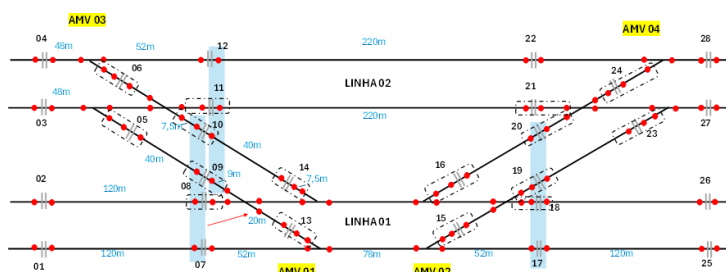


Figura 13. Layout Distribuição de JICs em TU

Em produtividade, ganho de 92% com a implantação do miniestaleiro em TFPM.

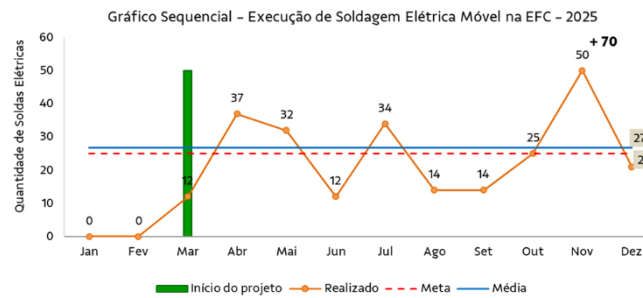


Figura 14. Gráfico de Execução de Solda Elétrica Móvel na EFC

Em produtividade:

1. Eliminação de 2 juntas metálicas, 8 parafusos, 2 bondeamentos e aperto de parafusos;
2. Eliminação de 90 minutos de 3 colaboradores;
3. Facilidade no encaixe do trilho pelo equipamento (KGT);

Em qualidade, o modelo de trabalho foi aprovado pela Engenharia, a satisfação dos executantes.

Em meio ambiente, uma redução de 73% na emissão de CO².

Em custos, ganho de 67% por solda (aluminotérmica x solda elétrica).



4. CONCLUSÃO

A implantação da tecnologia de soldagem elétrica por centelhamento (Flash Butt Welding – FBW) no Terminal Ferroviário de Ponta da Madeira (TFPM) representa um marco na evolução das práticas de Segurança e Saúde no Trabalho (SST) da Vale S.A. Em um cenário desafiador, onde a soldagem aluminotérmica ainda é amplamente utilizada, a transição para um processo mais seguro, automatizado e eficiente demonstrou não apenas viabilidade técnica, mas também um compromisso genuíno com a integridade física dos colaboradores e a excelência operacional.

A boa prática aqui apresentada sintetiza o que há de mais moderno em gestão de riscos ocupacionais, ao reduzir de forma expressiva a exposição a agentes físicos, químicos e ergonômicos. A substituição de 81 soldas aluminotérmicas em apenas cinco meses de operação, com uma redução de 87 para 12 riscos mapeados, evidencia o impacto direto na qualidade de vida dos trabalhadores, foi possível reduzir também o tempo de substituição de JIC, saindo de 01 hora e 30min para 45 minutos, além disso a padronização do processo, o controle em tempo real das variáveis de soldagem e a rastreabilidade dos dados reforçam a confiabilidade e a sustentabilidade da operação ferroviária.

Mais do que uma inovação técnica, o projeto se destaca pela integração de múltiplas áreas, pela capacitação das equipes e pela visão estratégica de longo prazo. A iniciativa não apenas elevou os padrões de segurança, mas também fortaleceu a cultura de prevenção e valorização da vida, pilares fundamentais para uma empresa que opera em ambientes de alta complexidade.

Este case é, portanto, um exemplo concreto de como a tecnologia, aliada à gestão integrada e ao protagonismo das pessoas, pode transformar desafios em oportunidades, promovendo ambientes de trabalho mais seguros, produtivos e sustentáveis. A experiência do TFPM com a FBW é uma referência para o setor ferroviário nacional e um passo firme rumo ao futuro da segurança industrial no Brasil.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a Vale por sempre incentivar o a pesquisa e o desenvolvimento.

6. REFERÊNCIAS

AS 1085.20: Railway Track Material, Part 20: Welding of Steel Rail.

AREMA: Manual for Railway Engineering, Chapter 4 – Rail (2020).

EN 14587-1: Railway Applications - Infrastructure - Flash Butt Welding of New Rails.

ABNT NBR 7590: Trilho Vignole – Requisitos.

ABNT NBR 11449: Trilho Vignole – Solda – Determinação da Resistência à Fadiga.



MACIEL, Allan, Metodologia de Análise Integrada para Predição de Intervenções em
Juntas Isoladas Coladas na Estrada de Ferro Carajás – 2025

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres



ELETRIC WELDING APPLIED TO COMPONENTS: A NEW WORK MODEL CONCEPT IMPLEMENTED ON THE EFC

ABSTRACT

Não esquecer de colocar a versão do resumo em inglês, sem uso de parágrafo, e no final, as palavras-chave, seguindo a mesma sequência apresentada na página 1.

Electric flash butt welding (FBW) is a process in which two rail ends are joined using heat and pressure. To perform welds on track, it is necessary that they are previously approved in laboratory tests in accordance with national and international standards, and in compliance with the PNRs (Normative Standards), ensuring the integrity and quality of welded joints in both freight and passenger railway systems.

The application of mobile welding on the EFC (Carajás Railway) using road-rail welding machines is a common practice in rail replacement activities on the mainline track. In the case under study, the work model was applied to weld the GIB (Glued Insulated Joint), which, within the railway context regulated by ANTT (National Land Transport Agency), is an essential component of the track superstructure, designed to electrically isolate rail sections to ensure signaling and operational safety.

The new concept for the work model began at the TFPM (Ponta da Madeira Railroad Terminal), whose initial premise was to perform 230 aluminothermic welds in 2025 as part of the joint welding process. TFPM concentrated the highest demand for GIB replacement on the EFC. With the successful implementation of the operational model (35% application rate), the opportunity was identified to replicate the strategy in Açailândia-MA, aiming for standardization, quality, reliability, and productivity of the system.

Despite the technical effectiveness of aluminothermic welding, the process involves safety and operational environment risks, which were mitigated by implementing mobile electric welding for GIBs on the EFC.

Keywords: Mobile Electric Welding, Glued Insulated Joint (GIB/JIC), New Work Model.