



EIXO FERROVIÁRIO VALLOUREC.

TECNOLOGIA A SERVIÇO DA PRODUTIVIDADE.



MERCADO

No Brasil, as ferrovias são utilizadas para transportar grandes cargas por longas distâncias, com baixo custo de manutenção, pequena emissão de poluentes, grande eficiência energética e excelente nível de segurança.

Entre as tendências atuais do transporte ferroviário, destacam-se o aumento da capacidade de carregamento por vagão, a redução de custos e a renovação tecnológica.



SISTEMA FERROVIÁRIO BRASILEIRO

EXTENSÃO:

30.129 km.

ABRANGÊNCIA:

22 estados.
Distrito Federal.

PRINCIPAIS CARGAS:

Minério de ferro, carvão mineral, combustível, fertilizante, produtos agrícolas e siderúrgicos.

PRINCIPAIS PORTOS:

Santos (SP), Paranaguá (PR), Rio de Janeiro (RJ), Itajaí (SC), Vitória (ES) e São Luís (MA).

LIGAÇÕES:

Argentina, Bolívia e Uruguai.



EIXO FERROVIÁRIO TUBULAR

Tecnologia exclusiva Vallourec



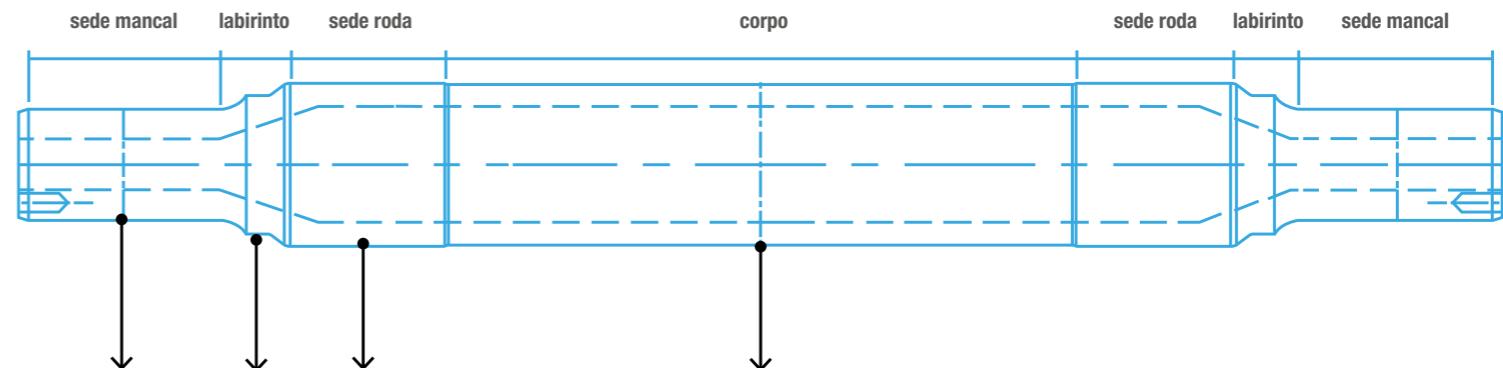
Líder mundial na produção de tubos de aço sem costura, a Vallourec desenvolveu o eixo ferroviário tubular como solução para aumentar a quantidade de carga transportada. Pesando até 250 kg menos que o eixo convencional maciço,

reduz em uma tonelada a tara dos vagões. A diminuição de peso foi possível com a utilização de um elevado grau de aço, capaz de garantir as propriedades mecânicas necessárias à sua aplicação.

**ATÉ 40% MAIS
LEVE QUE O EIXO
CONVENCIONAL
MACIÇO**

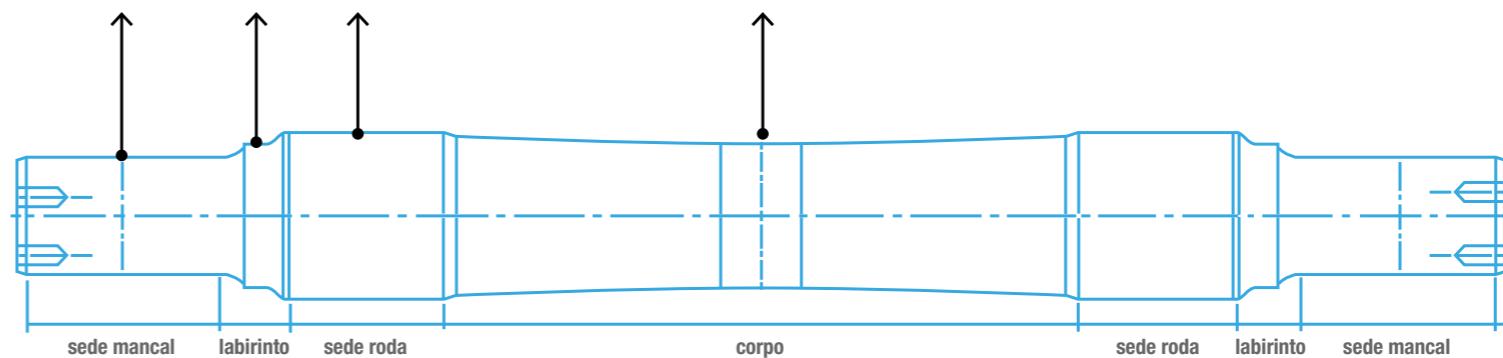


EIXO FERROVIÁRIO TUBULAR



A sede mancal, o labirinto
e a sede roda são iguais

O diâmetro tubular é
maior que o maciço



EIXO FERROVIÁRIO MACIÇO

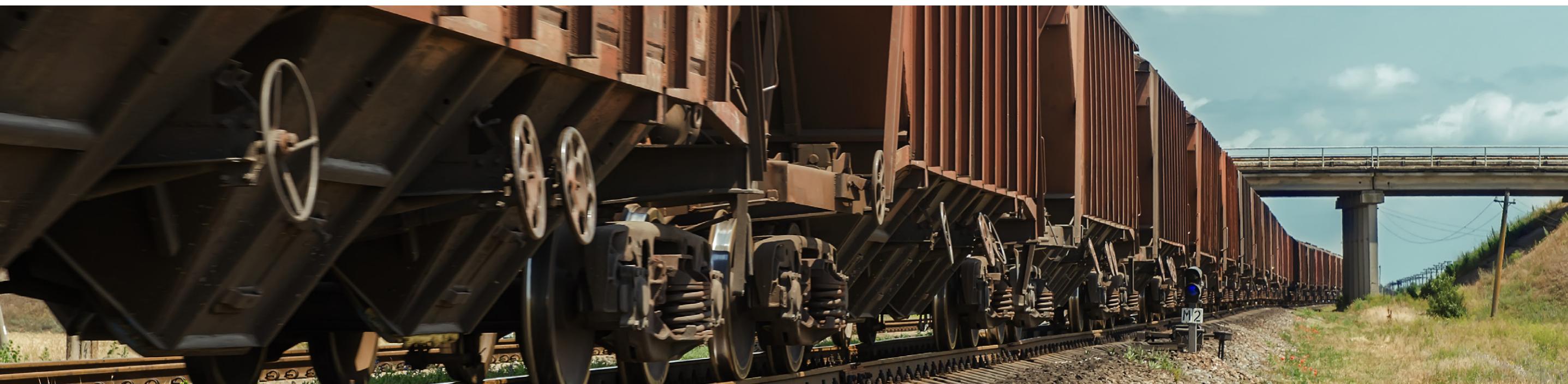
DESAFIO

Por estar submetido a esforços dinâmicos não amortecidos, devido à sua localização abaixo da suspensão do vagão, o eixo ferroviário possui função crítica para a segurança e o desempenho da ferrovia. O componente trabalha em ambiente agressivo por conta das variações de temperatura, umidade, corrosão e impactos. E sofre, ainda, a influência de agentes mecânicos, em função das interferências de montagem com o rolamento e a roda.

*Design leve
e inovador*

*Aço com elevado
grau de resistência*

*Totalmente
intercambiável
com o modelo
convencional*





PROJETO PILOTO

O *know-how* de mais de 60 anos contribuiu para o desenvolvimento de um novo grau de aço utilizado no eixo ferroviário tubular. Foi desenvolvido a partir da experiência da Vallourec na fabricação de tubos sem costura para as indústrias petrolífera e automotiva.

Os primeiros protótipos foram fabricados após os testes iniciais feitos no Brasil, em 2005. Testes complementares foram realizados na França e na Inglaterra até a validação do produto, em 2010.

Antes do eixo ferroviário ser levado a campo, foram realizados - pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo, contratado pela Vallourec - ensaios de fadiga com protótipos em escala real por dois anos.

TESTES DE CAMPO

Entre 2007 e 2010, uma das maiores empresas de mineração do mundo - em parceria com a Vallourec - realizou testes de campo, com medição de tensão, temperatura e vibração, incluindo telemetria, por mais de sete meses na última geração de protótipos.

Uma condição imposta pelo cliente para garantir a confiabilidade dos testes é que contassem com o suporte técnico do Transportation Technology Center Inc. (TTCI) - empresa de

tecnologia subsidiária da Associação Americana de Ferrovias (AAR), referência global em normatização e tecnologia ferroviária.

O tratamento e a análise dos dados conforme normas específicas - combinando a curva de fadiga obtida em laboratório e o histograma de tensões atuantes - atestaram que o eixo tubular não acumularia danos, o que, em termos de engenharia, significa um componente com vida infinita. Um eixo ferroviário é projetado para utilização superior a 25 anos, mesmo sob esforço cíclico de fadiga.





TESTES INSTRUMENTADOS

Em 2014, foram realizados testes instrumentados em outras ferrovias da região Sudeste, com os mesmos resultados positivos. Ao longo do período de testes, a Vallourec adaptou alguns processos de manutenção já existentes e desenvolveu um tipo de inspeção específica para o componente tubular. O novo método foi desenvolvido por técnicos no Brasil e na França, sendo depois patenteado.

Encontra-se em fase de elaboração no CB06 - Comitê Metroferroviário Brasileiro a proposta de Norma ABNT relativa ao novo componente e aos requisitos de inspeção.

EVOLUÇÃO DO USO DO COMPONENTE

2010

Venda de 200 eixos de bitola larga. Em operação ainda hoje na região Norte.

2011

Venda de 400 eixos de bitola métrica para ferrovia na região Sudeste.

2016

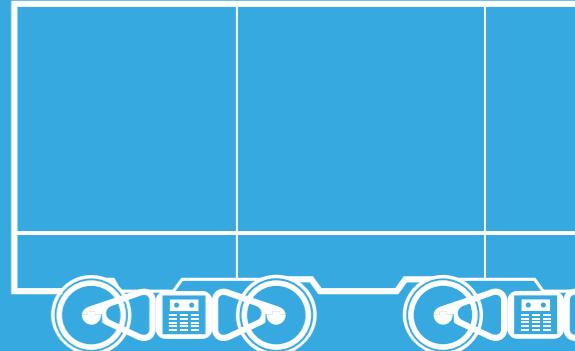
Venda de 120 eixos de maior capacidade para avaliação de potencial em projeto de expansão.

2017

Fechamento do primeiro grande contrato.

2018

Fornecidos eixos tubulares para mais de 1.000 vagões.



BENEFÍCIOS

AUMENTO DA CAPACIDADE DE CARGA TRANSPORTADA

Amplia a capacidade de carga transportada - mantendo inalterado o número de viagens e de vagões - com a consequente elevação das receitas com transporte.

VEJA SÓ

- Até 40% *mais leve* do que o eixo convencional maciço, reduzindo a tara dos vagões em até 1 tonelada.
- Dispensa a troca de vagões e o aumento da capacidade da via permanente. Totalmente intercambiável, pode ser adaptado em vagões antigos.



Tipos de eixos e seus pesos

Peso bruto máximo por vagão	t	150	130	130	110
Bitola da via	m	1,6	1,6	1,6	1,0
Manga de rolamento	-	G - 7" X 12"	F - 6½" X 12"	K - 6½" X 9"	K - 6½" X 9"
Peso do eixo tubular	kg	420	400	395	260
Peso do eixo maciço	kg	670	562	558	360
Redução de peso de cada eixo tubular	kg	250	162	163	100
Redução total de peso de vagão com 4 eixos tubulares ao invés de maciços	kg	1000	648	652	400

Mesmo com a redução do peso teórico do eixo tubular para 420 kg (OFT 39U) - o que corresponde a redução de 250 kg sobre o peso de um eixo maciço de 670 kg -, ainda é esperado o mesmo desempenho em serviço do eixo maciço GDU.





BENEFÍCIOS

ATÉ 1% DE ECONOMIA DE ÓLEO DIESEL

Com o eixo ferroviário tubular, a composição torna-se mais leve no trecho vazio do ciclo. Há economia também quando a capacidade adicional de carga útil não é utilizada no trecho carregado.

ENTENDA MELHOR

Considerando uma viagem de retorno porto-mina, esta diferença chega a 330 toneladas para um trem com 330 vagões. Existem modelos matemáticos e ferramentas de simulação que permitem análises comparativas sobre os ganhos com redução do peso com excelente precisão.



BENEFÍCIOS

MENOR QUANTIDADE DE CICLOS PARA TRANSPORTAR A MESMA CARGA

Redução dos custos de frete com a diminuição do número de viagens para escoar o mesmo volume de cargas/ano.

VEJA ESTE EXEMPLO

A economia de frete pode chegar a 0,8%, que representa, em algumas operações de mineração, R\$ 8 milhões por ano.

BENEFÍCIOS

REDUÇÃO DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Diminuição dos custos de manutenção da via permanente, do material rodante e dos componentes. Nesse caso, como a composição retorna mais leve, o eixo tubular sofre menos impacto de peso não amortecido sobre trilhos e rodas, aumentando sua vida útil.

DANOS MINIMIZADOS

A carga mais leve reduz o aquecimento dos rolamentos, o lascamento das rodas, os danos aos trilhos, a manutenção de lastro e muito mais. Além disso, retarda a necessidade de reparos na via permanente e/ou em obras de arte em situações críticas por razões estruturais.



BENEFÍCIOS

MAIOR CONFIABILIDADE

A combinação da tecnologia Phased-Array com a geometria do eixo tubular permite detectar descontinuidades de apenas 1 mm em qualquer posição.

Um método seis vezes superior ao da técnica convencional, o que contribui para antecipar a detecção de trincas que poderiam se propagar por fadiga.

A inspeção pode ser feita também pela parte interna da manga, diretamente sob a região de groove causado pelo anel de desgaste ou pelo *fretting* do rolamento, uma das principais causas de reprovação e falhas de eixos em todo o mundo.

Desde o início de sua utilização, em 2010, os eixos tubulares têm apresentado maior resistência ao groove do que os eixos maciços. Isso pode ser atribuído à dureza superficial do eixo tubular, que é 40% superior à do maciço.

Propriedades mecânicas e metalúrgicas

Eixo	Maciço	Tubular	Variação
Norma	AAR M-101	Vallourec	-
GRAU	F	RR1	-
Tratamento térmico	Duplo normalizado e revenido	Normalizado	-
LE (MPa)	345	552	+60%
RT (MPa)	607	689	+14%
AI (%)	16	14	-12%
Grão ASTM	>5 (<56 µm)	>7* (<28 µm)	50% menor**
Dureza (HB)***	180	250	+40%

(*) Superfície externa (**) Usando a lei “Grão ASTM = – 3,2877 – [6,6439 x log(Lmm)]” (***) Não é especificado pela AAR M-101

DANOS MINIMIZADOS

*Garantia de inspeção por ultrassom Phased-Array
– na fabricação e em serviço.*

Groove: dano gerado pelo “fretting” no eixo - no formato de um anel escurecido, sulco ou cavidade na sede dos rolamentos -, podendo, em casos extremos, levar à nucleação e à propagação de trincas por fadiga.

Fretting: atrito entre duas superfícies devido a um movimento microscópico mais prolongado, como acontece entre o rolamento e o eixo. A Norma AAR estabelece fórmula de cálculo para o “índice de fretting” de cada tipo de eixo.

VALUE PROPOSITION: VALOR AGREGADO COMPROVADO

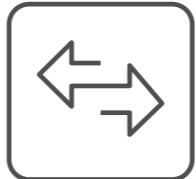
Com o propósito de demonstrar aos clientes o valor dos produtos desenvolvidos, a Vallourec utiliza a metodologia Value Proposition, que analisa diversos fatores para quantificar os ganhos reais com a utilização de um produto ou serviço. Como o eixo tubular Vallourec é um modelo inovador em relação ao utilizado no mundo, os esforços para demonstrar o valor do produto foram um grande desafio estratégico para a empresa.



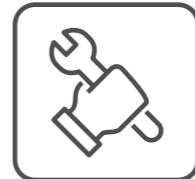
Até 1% de economia em combustível



Aumento da capacidade de carga transportada



Menos viagens para transportar a mesma carga



Redução dos custos de manutenção



Maior confiabilidade

Está interessado em receber uma análise customizada para a sua ferrovia?

Fale conosco pelo e-mail eixoferroviariotubular@vallourec.com.

Se preferir, ligue: +55 (31) 3328-2817.