

Relatório de radiografia e análise por elementos finitos da emenda

Cliente xyz | Correia ST2800 | Largura de 1.828 mm | 105 cabos por extremidade

Elaborado por Andrew I. Hustrulid, PhD, PE

Resumo dos resultados

Esta avaliação compara a disposição conforme construída, interpretada da radiografia da emenda do Cliente xyz, com uma referência conforme projetada, gerada no SteelCordSplice, por análise bidimensional de elementos finitos (FEA). Na referência, ambos os cabos externos apontam no sentido de movimento confirmado da correia.

A maior força de tração amostrada nos cabos é 1,84 vez a parcela uniforme conforme construído, contra 1,44 conforme projetado: aumento de 27,5%. O centro de tração calculado conforme construído está 62,7 mm à esquerda do centro da correia. A tensão de cisalhamento p95 na borracha é 10,2% maior que no caso conforme projetado; a p99 é 19,1% maior.

As estimativas radiográficas indicam um viés de 19,4° em relação à direção transversal, passos de aproximadamente 640 e 620 mm e folga mediana de 53 mm entre pontas de cabos curtos opostos.

Resultados calculados sob a mesma carga

Grandeza	Conforme projetado	Conforme construído espaçamento ajustado
Maior tração amostrada / parcela uniforme	1,44 vez	1,84 vez*
Cisalhamento p95 na borracha	0,001178 MPa	0,001299 MPa
Cisalhamento p99 na borracha	0,001455 MPa	0,001733 MPa
Centro de tração na seção intermediária	2,9 mm à esquerda	62,7 mm à esquerda

* O máximo de 1,84 ocorre no cabo B104. Todos os resultados usam tração total de 1 kN na correia; são resultados do modelo, não cargas operacionais medidas.

Base da avaliação

Conforme projetado identifica a disposição de referência esperada, não um desenho aprovado pelo fabricante. Conforme construído identifica o modelo radiográfico, incluindo trajetórias inferidas e ajustes locais de espaçamento. Ambos usam diâmetro provisório de 7,6 mm e escala de imagem assumida. A comparação não determina a resistência nem a vida remanescente da emenda, nem mede o desalinhamento da correia.

Radiografia da emenda

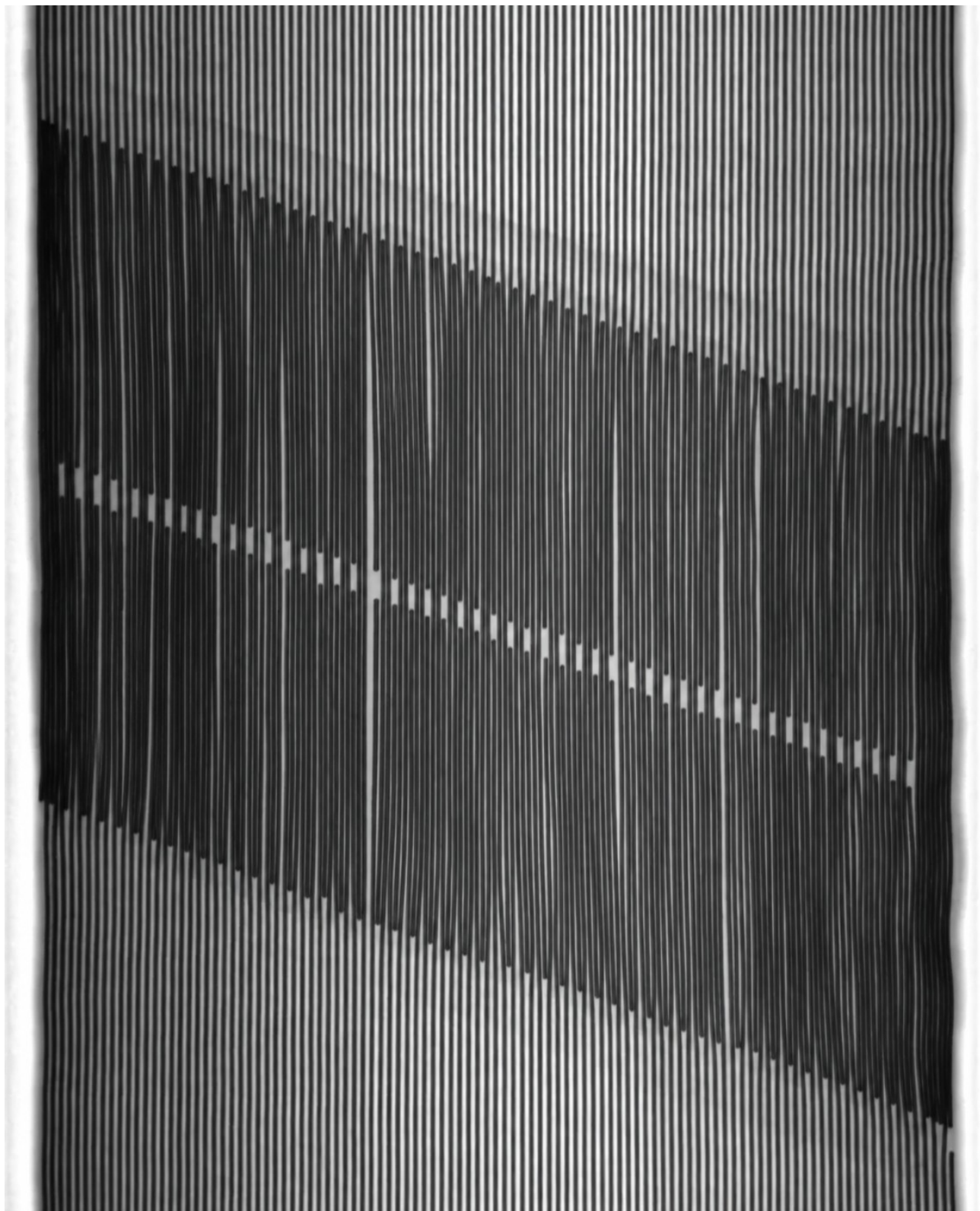


Figura 1. Reconstrução radiográfica ilustrativa. O detalhe reconstruído é inferido; a identificação dos cabos, as medições e a FEA usam a radiografia original.

Identificação dos cabos

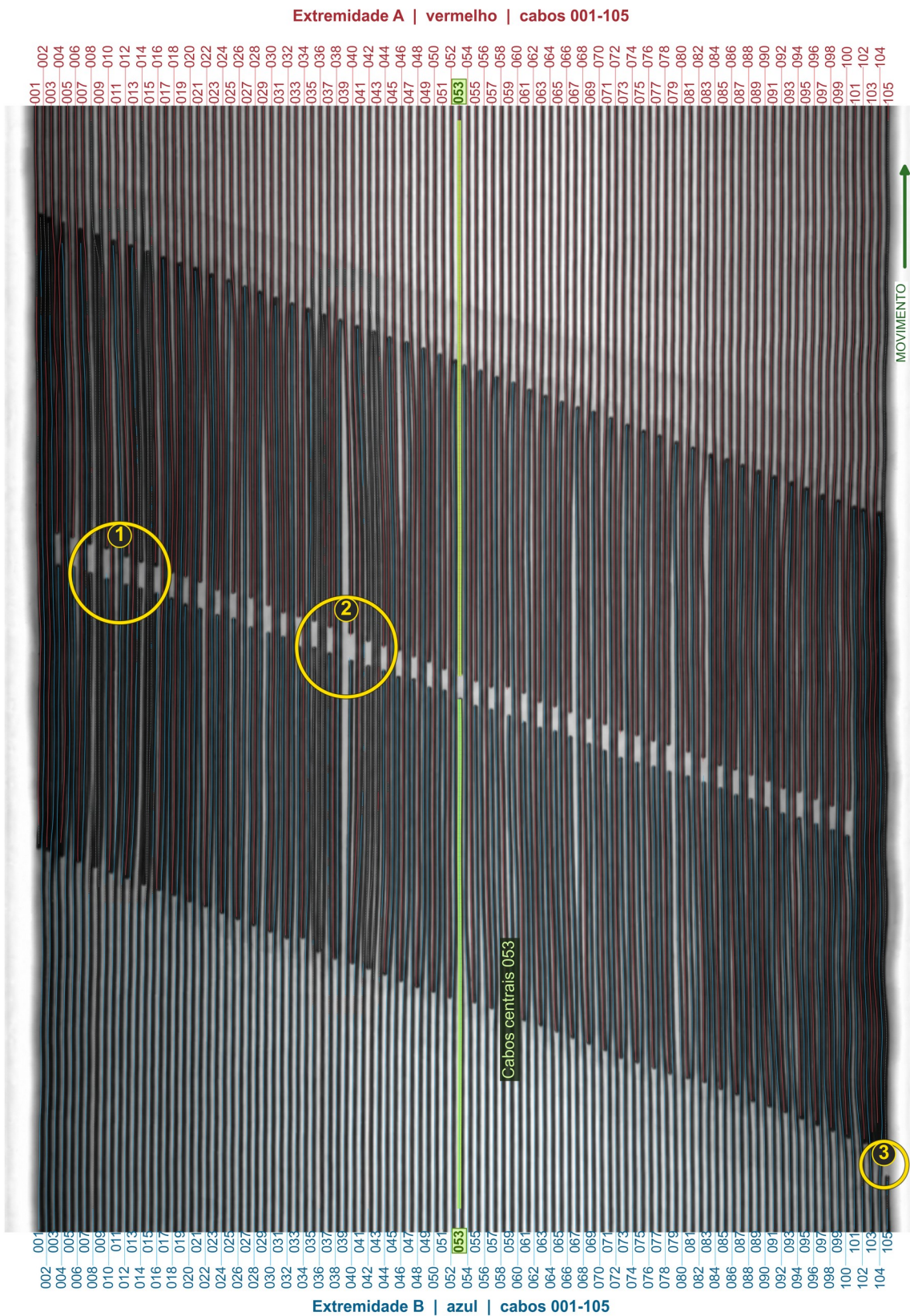


Figura 2. Trajetórias da radiografia original sobre a ilustração. A001-A105 entram por cima; B001-B105, por baixo. Verde: cabos centrais 053. Linhas cinzas tracejadas indicam incerteza. Círculos amarelos localizam os detalhes a seguir.

Contagem de cabos e revisão da disposição

A radiografia mostra 105 cabos em cada extremidade da correia, com todas as 210 trajetórias numeradas. Isso confirma a contagem nas extremidades, mas não cada trajetória pela emenda. Das 210 trajetórias, 164 não têm trechos assinalados como incertos, 40 são parcialmente incertas e 6 são incertas por inteiro.

Trajetoórias incertas por inteiro: A008, A014, A105, B008, B036, B042. Sua continuidade pela emenda não pode ser resolvida de forma independente nesta imagem.

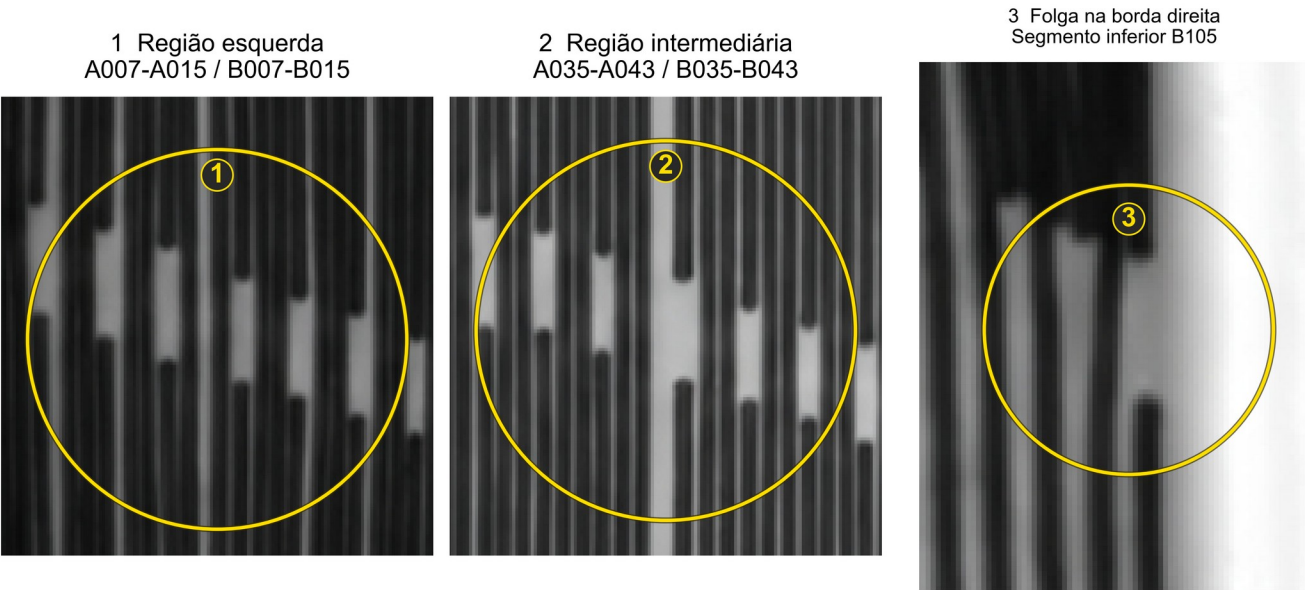


Figura 3. Ilustração ampliada. Os círculos amarelos localizam irregularidades identificadas na radiografia original; os intervalos correspondem ao mapa numerado.

Centro, repetições e bordas

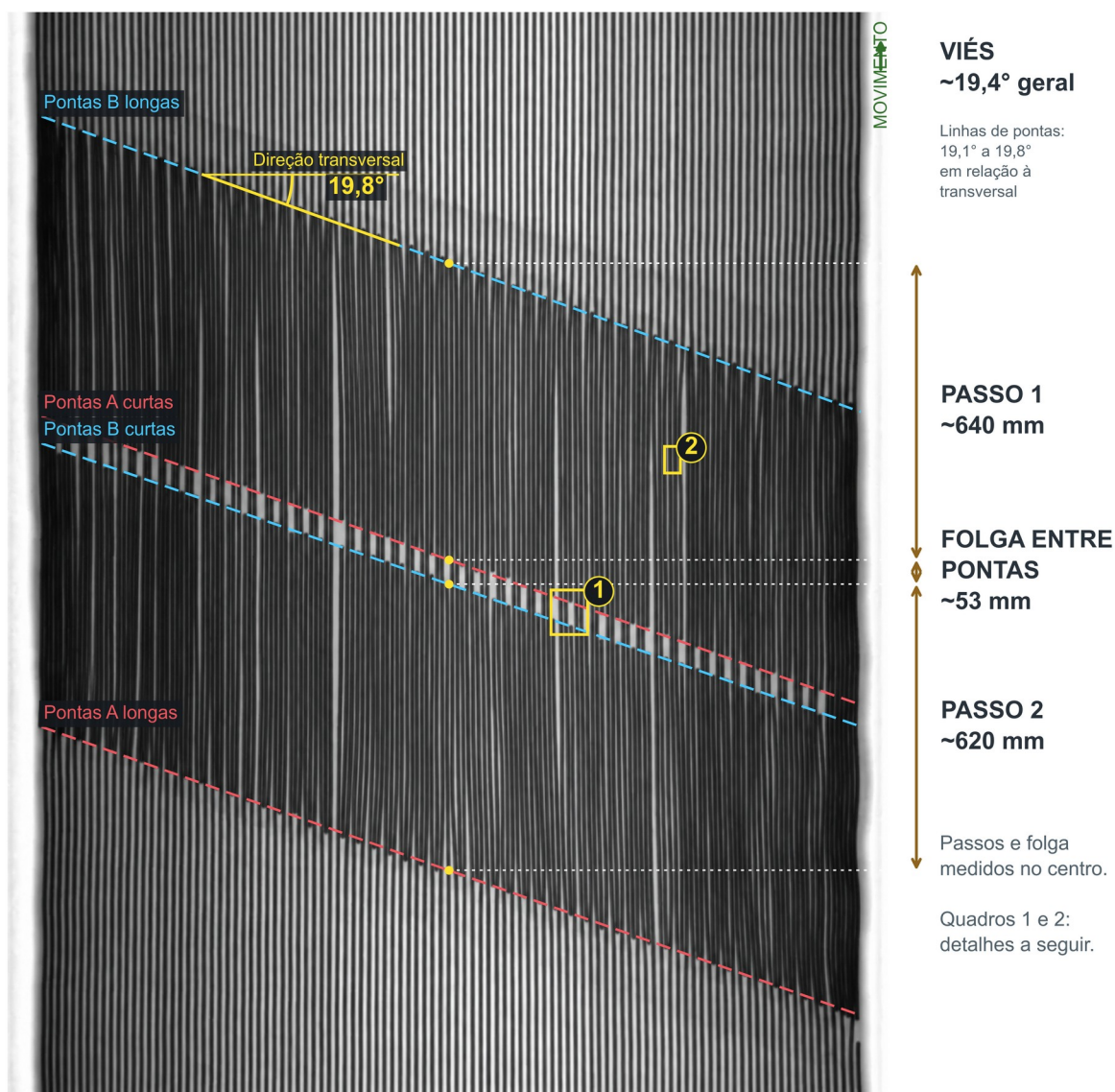
Local	Resultado em relação � referência conforme projetada
Centro	O par de cabos curtos opostos A053/B053 está correto. Os cabos longos vizinhos são B052/B054 conforme construído; a referência posiciona A052/A054 junto ao centro. Portanto, a ordem dos cabos ao redor difere.
Repetições por lado	Conforme projetado, há 26 repetições de três posições de cada lado do centro. A interpretação conforme construída tem 25 grupos reconhecíveis à esquerda e 24 à direita, seguidos de grupos irregulares nas bordas. Essa contagem não significa que todos os grupos estejam dispostos corretamente.
Borda esquerda	Parece incorreta. A interpretação conforme construída posiciona A001 no lado externo, apontando contra o movimento da correia, em vez do cabo longo B necessário. O baixo contraste deixa trechos de A001/B001 inferidos.
Borda direita	O cabo longo contínuo B105 esperado na borda não aparece na disposição traçada. Uma folga visível separa seu segmento inferior de um segmento superior de identidade não resolvida. O agrupamento de cabos longos adjacentes também difere.

Uma repetição compreende um cabo longo A, um cabo longo B e um par de cabos curtos opostos, em três posições. Doze dos 25 grupos do lado esquerdo incluem trechos inferidos.

Os círculos 1 e 2 mostram espaçamento e alinhamento irregulares das pontas em A007-A015 / B007-B015 e A035-A043 / B035-B043. O círculo 3 indica a folga na borda direita. A proximidade das trajetórias projetadas não comprova contato físico.

Cliente xyz | Dimensões radiográficas

Largura 1.828 mm | 105 cabos por extremidade | sentido indicado



Passos medidos longitudinalmente. Linhas tracejadas: ajuste às pontas da radiografia original.

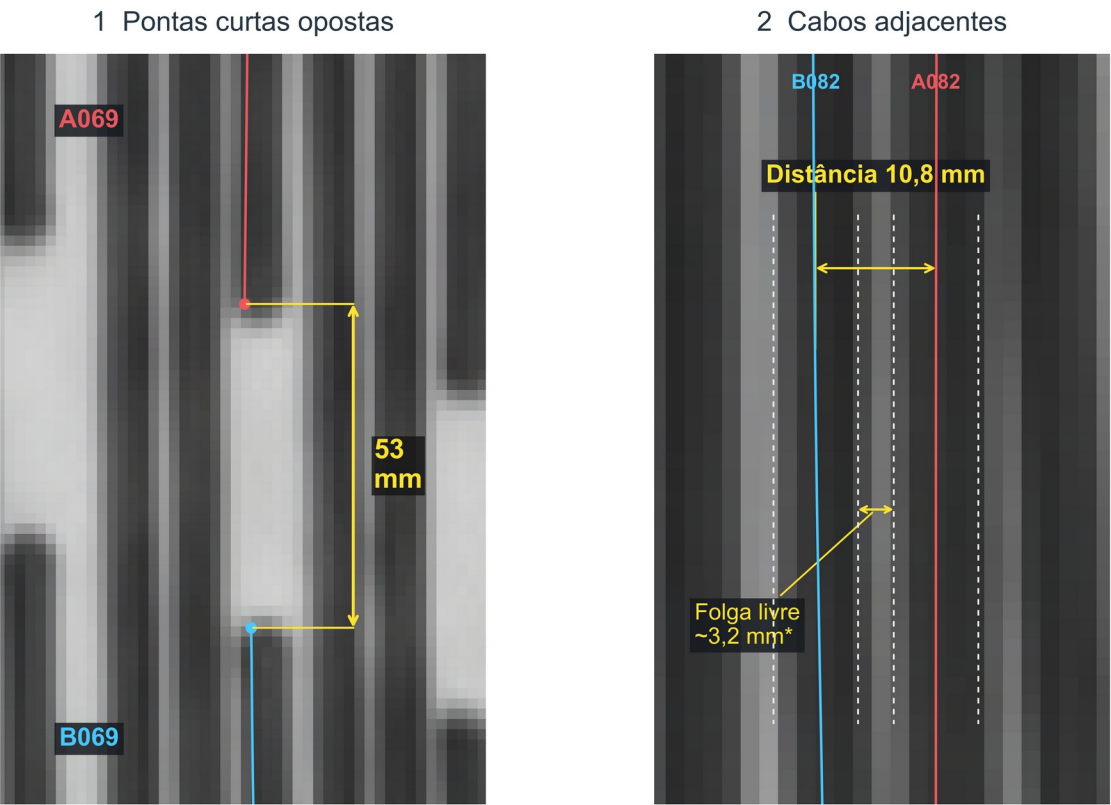
Escala: 2,407 mm/pixel; assumem-se 25 mm de borracha na borda e diâmetro de cabo de 7,6 mm.

Dimensões aproximadas; assumem-se escalas transversal e longitudinal iguais. As folgas variam.

Figura 4. Medições da radiografia original sobre a ilustração. Os passos e a folga entre pontas são medidos longitudinalmente no centro da correia; o viés é medido em relação à direção transversal.

Folgas entre os cabos

Folgas | Detalhes radiográficos ampliados



*Folga lateral livre = distância entre centros - diâmetro provisório de 7,6 mm.

Bordas brancas tracejadas: diâmetro assumido. As bordas reais não são resolvidas com precisão.

Exemplos locais. Na emenda amostrada: distância mediana ~10,8 mm; folga entre pontas ~53 mm.

Figura 5. Folgas medidas na radiografia original sobre a ilustração. As bordas brancas tracejadas usam o diâmetro provisório; o fundo contém detalhe inferido.

Dimensão	Estimativa radiográfica aproximada
Ângulo de viés em relação à direção transversal	19,4°
Passo axial superior / inferior no centro da correia	640 / 620 mm
Folga entre pontas curtas opostas (mediana)	53 mm
Distância entre centros dos cabos na emenda (mediana)	10,8 mm
Folga lateral livre (distância entre centros menos diâmetro)	3,2 mm

As quatro linhas de pontas ajustadas apresentam ângulos de 19,1° a 19,8°. Os percentis 5 a 95 da folga entre pontas abrangem 43 a 63 mm em 40 pares de cabos curtos.

Assumem-se 25 mm de borracha na borda, diâmetro de cabo de 7,6 mm e escalas transversal e longitudinal iguais. Um pixel original equivale a cerca de 2,4 mm. A folga lateral livre depende do diâmetro assumido.

Modelo da emenda por elementos finitos

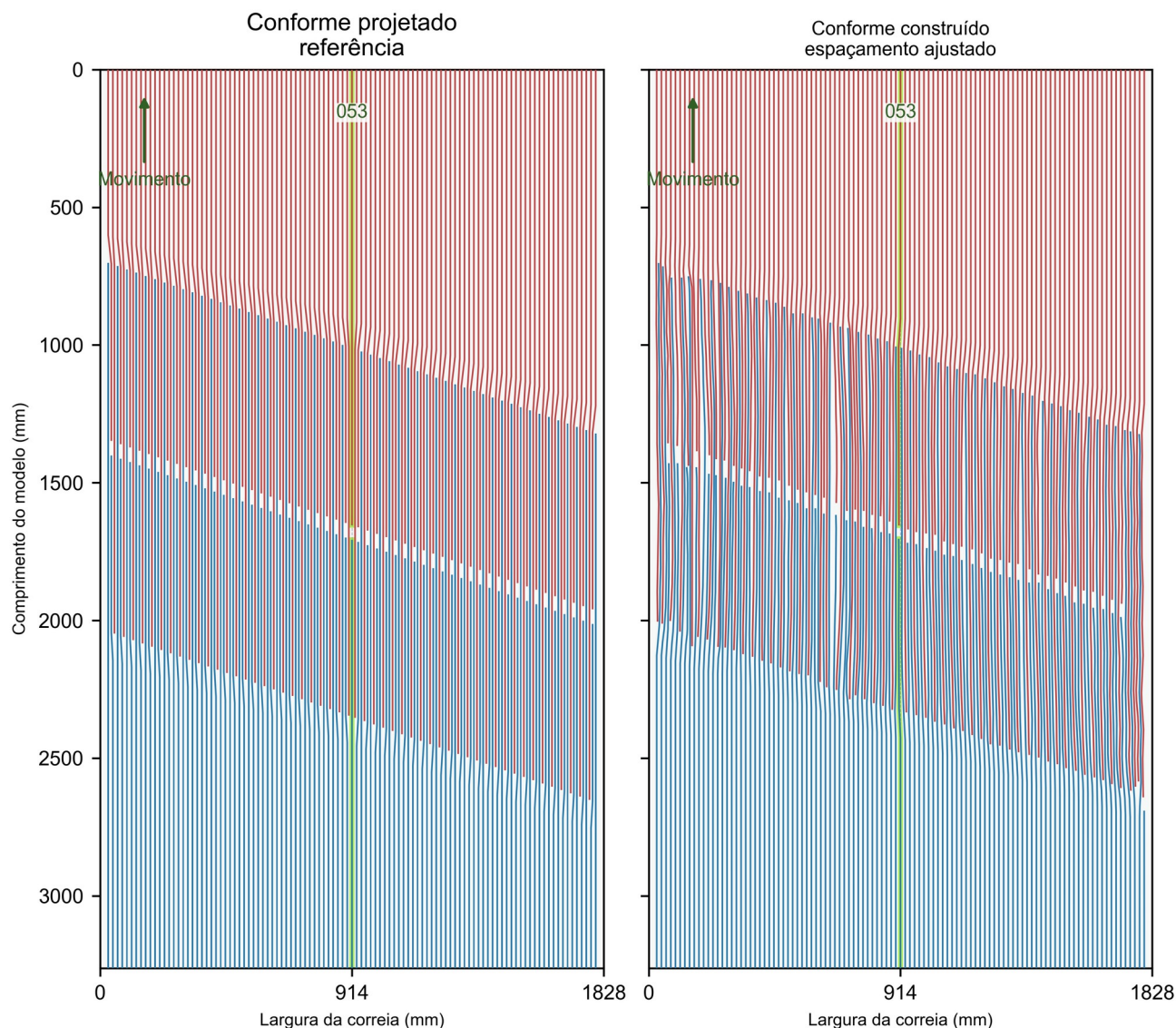


Figura 6. Conforme projetado e conforme construído. Vermelho: extremidade A. Azul: extremidade B. Verde: cabos centrais A053/B053. Conforme projetado, os cabos longos B001/B105 ocupam ambas as bordas e apontam no sentido de movimento.

A referência conforme projetada tem um par central de cabos curtos e 26 repetições de três posições por lado: 157 posições ao todo. Do centro para fora, cada repetição é longo A, par curto A/B e longo B. Assim, ambas as bordas terminam em cabos longos B no sentido de movimento. Conforme construído, predomina a sequência longo B, longo A e par curto, com grupos irregulares nas bordas.

O modelo conforme construído inclui o segmento inferior visível de B105 e mantém a trajetória superior incerta como hipótese A105. Os ajustes locais de espaçamento chegam a 3,93 mm. Ambos os modelos usam núcleo de 7,6 mm, faixas de 5,969 mm, transições nominais de 100 mm e 500 mm adicionais de correia em cada extremidade.

Tração nos cabos

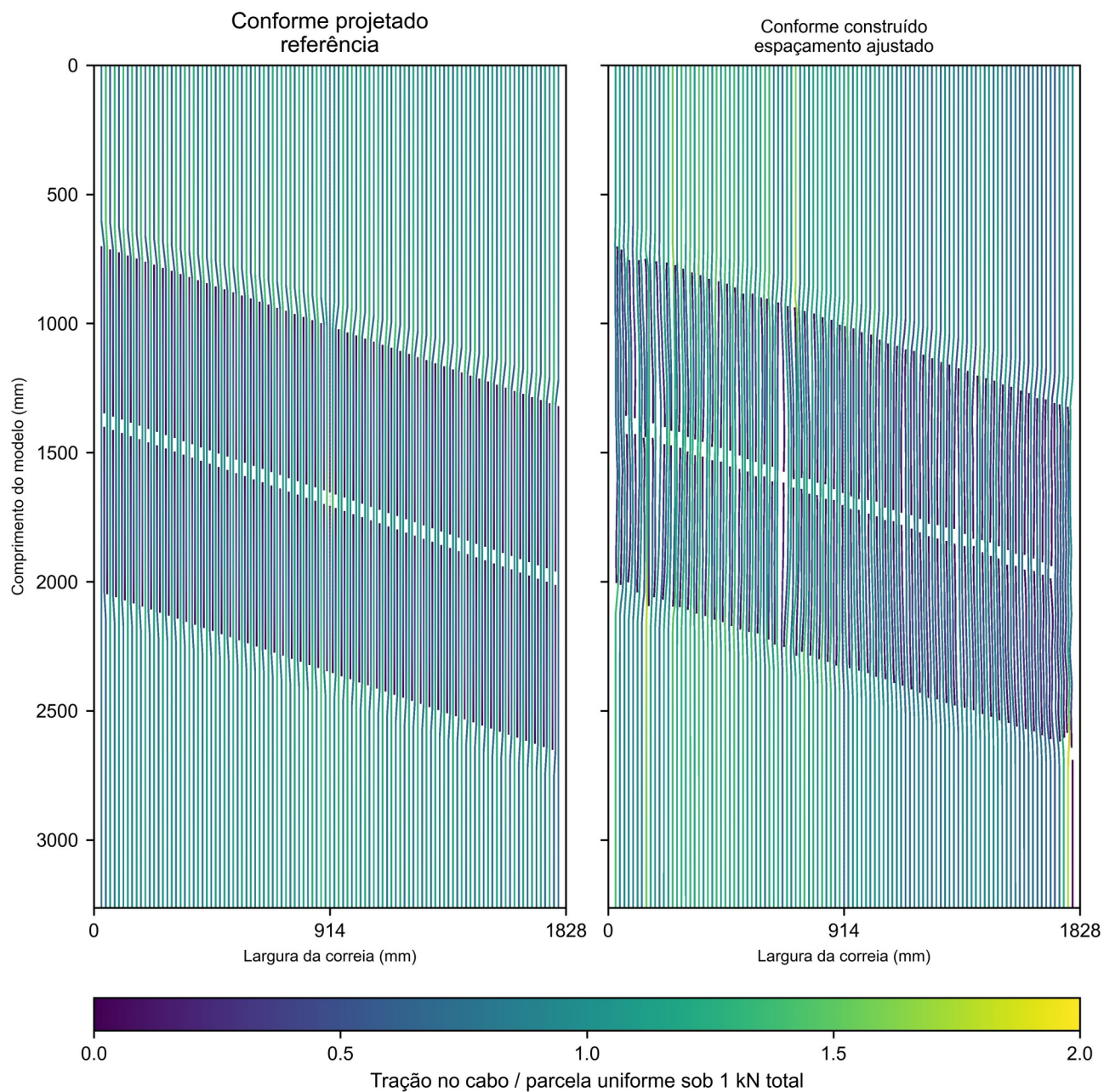


Figura 7. Forças de tração calculadas em escala de cores comum. O valor 1,0 equivale a 9,524 N por cabo sob a carga total de referência de 1 kN.

A maior tração amostrada conforme construído é 1,84 vez a parcela uniforme, 84% acima da distribuição uniforme. É 27,5% maior que o máximo conforme projetado de 1,44 vez. O máximo de 1,84 ocorre no cabo B104.

Os mapas localizam concentrações de carga na geometria assumida. Não representam forças medidas nem uma resistência nominal individual do cabo.

Transferência de carga por cisalhamento na borracha

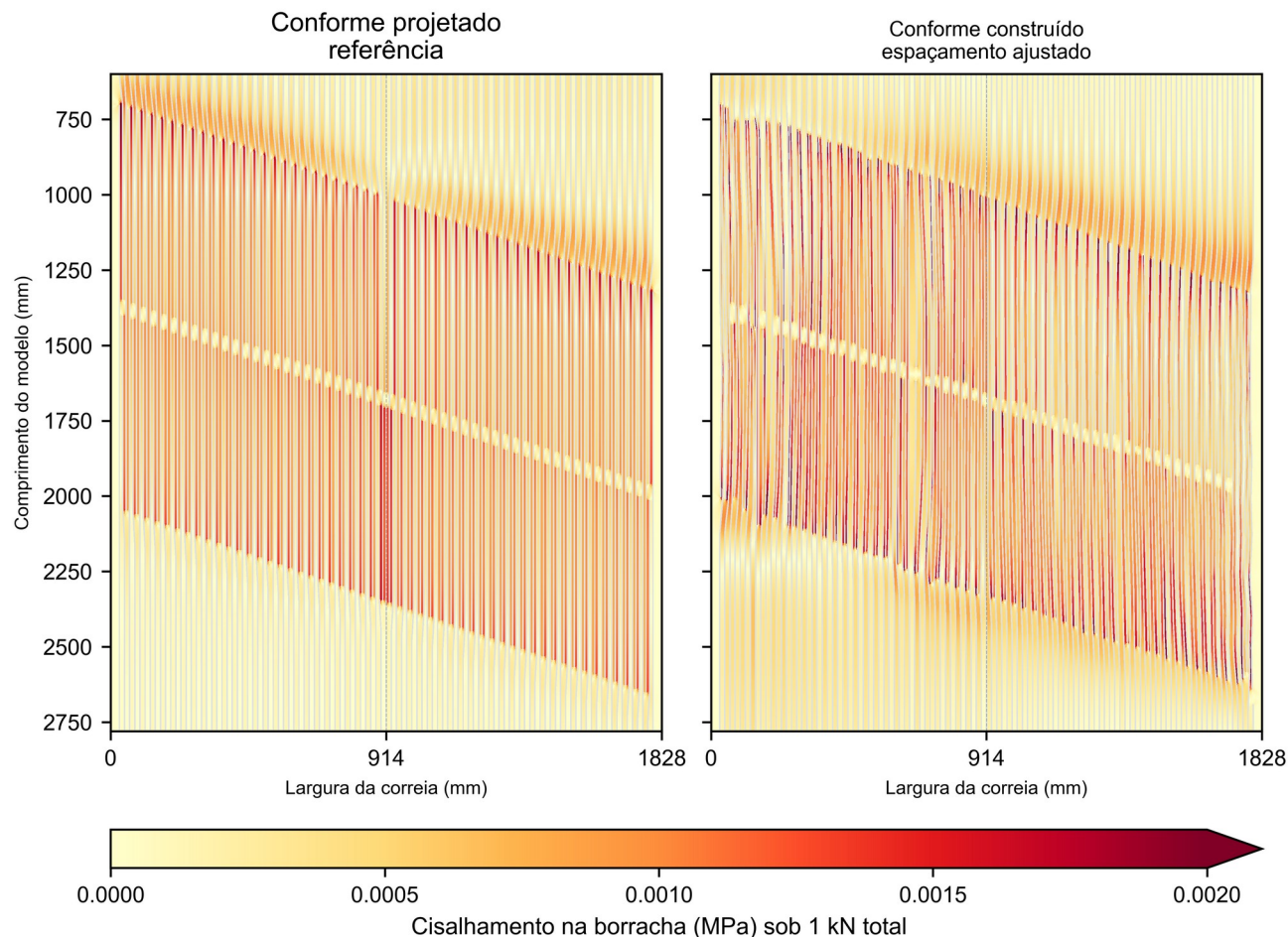


Figura 8. Cisalhamento na borracha em escala comum de 0 a 0,002 MPa, sob tração total de 1 kN. Valores superiores saturam a escala; as regiões cinzas são faixas dos cabos.

Conforme construído, o cisalhamento p95 na borracha é 10,2% maior que conforme projetado; o p99 é 19,1% maior. Esses percentis, ponderados pela área, indicam a tensão abaixo da qual se encontram 95% e 99% da área de borracha avaliada. A comparação mostra onde a disposição altera a transferência local de carga.

Hipóteses e verificações do modelo

O cálculo assume elasticidade linear e aderência perfeita: módulo da borracha de 6 MPa e módulo efetivo do cabo de 99,37 GPa. Ensaio numérico com diâmetros de 7,3 a 8,0 mm deram desvios do centro de tração de -63,2 a -62,5 mm conforme construído. O refinamento da malha alterou o alongamento e o cisalhamento p95 em, no máximo, 0,27%.

O diâmetro provisório se baseia na carga de ruptura necessária de 48,75 kN por cabo e em uma construção de referência publicada. A escala longitudinal é assumida a partir da largura da imagem. Picos locais nas pontas e trajetórias não resolvidas permanecem como limitações do modelo.

Fontes: reconstrução radiográfica do caso e resultados FEA salvos, setembro de 2026; Metso Conveyor Solutions Handbook (tabela de resistência dos cabos de referência).

Equilíbrio de carga e indicador de alinhamento

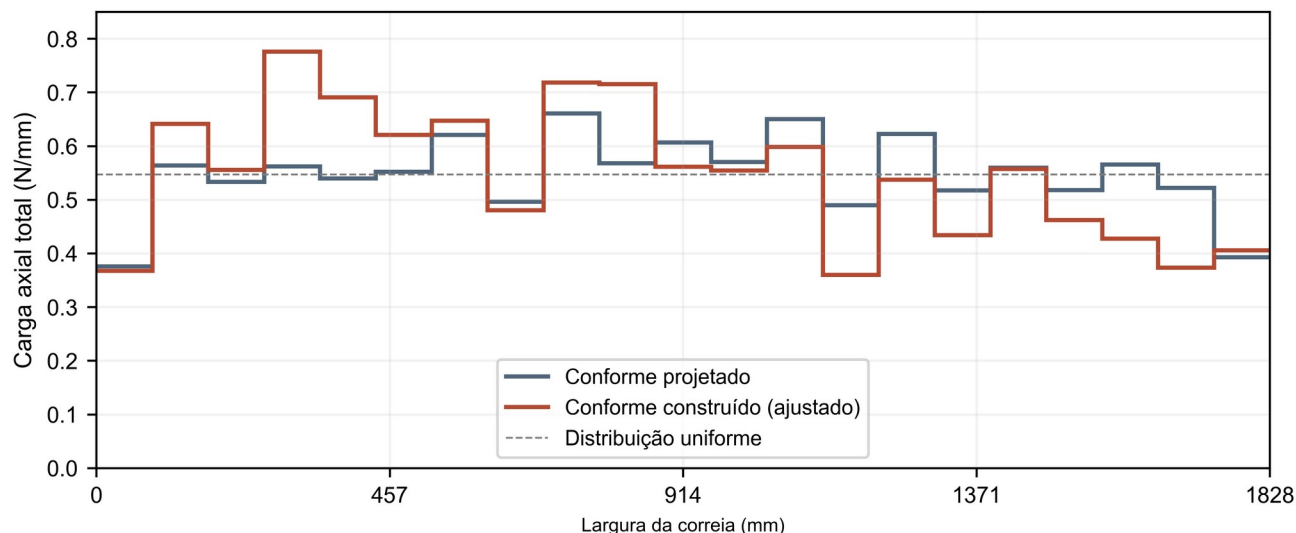


Figura 9. Carga axial do aço e da borracha ao longo da largura na seção intermediária. Ambos os casos usam tração total de 1 kN.

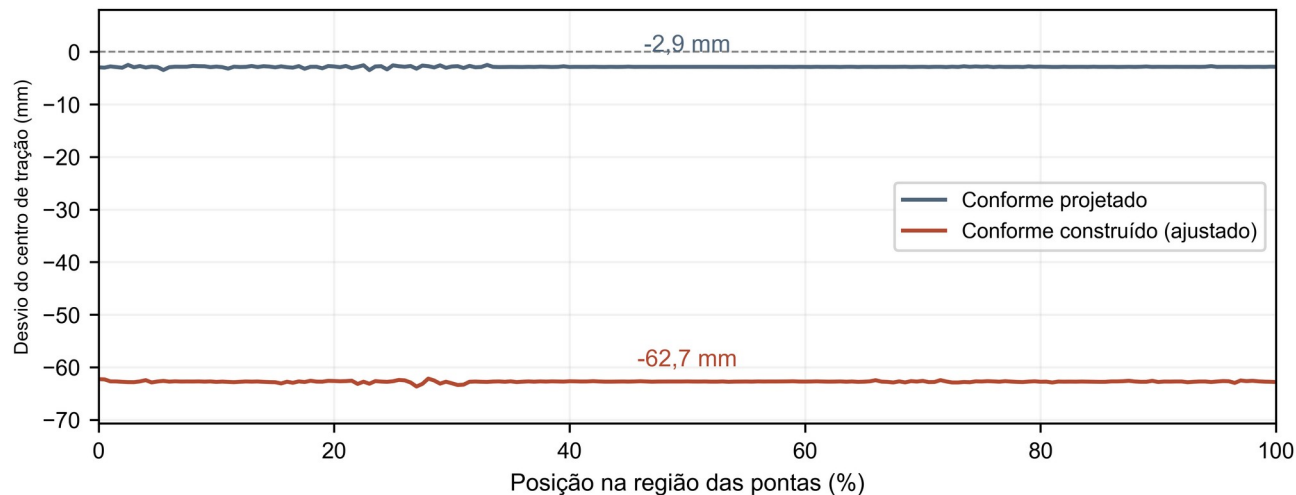


Figura 10. Centro de tração calculado ao longo da região das pontas. Valores negativos indicam o lado esquerdo na radiografia; o eixo central está a 914 mm da borda esquerda.

Na seção intermediária, o modelo conforme construído transmite 56,1% da carga axial pela metade esquerda. Seu centro de tração está 62,7 mm à esquerda do centro, contra 2,9 mm à esquerda conforme projetado.

Esse desvio serve como indicador de assimetria estática de carga relacionado ao alinhamento. Depende da disposição e das restrições nas extremidades do modelo; não prevê o deslocamento lateral da correia, sua direção nem o momento de um evento de desalinhamento.