

# RETROFIT DE CONJUNTO ELEVADOR DE BOBINA DE AÇO DE UMA LINHA DE CORTE TRANSVERSAL (LCT)\*

*Pablo Altoé Amorim<sup>1</sup>  
Flávio da Silva Abreu<sup>2</sup>  
Luciano Tristão Rangel<sup>3</sup>  
Gabriel Rodrigo da Silva Menezes<sup>4</sup>  
Rafaela Cosmo<sup>4</sup>  
Matheus Rhein Martins<sup>4</sup>*

## Resumo

Visando um aumento na linha de produção de tubos com costura, uma empresa especializada na fabricação de tubos vislumbrou, através de uma alteração estrutural no projeto construtivo de um conjunto elevador de bobinas, a oportunidade de redução do tempo de parada para troca das bobinas de aço. Este artigo apresenta o projeto de retrofit por meio de análises estruturais do conjunto elevador de bobinas que compõe uma máquina de Linha de Corte Transversal. A concepção do projeto teve como premissa atender a operação do equipamento com um aumento na capacidade nominal de 20 toneladas para 32 toneladas, sendo validado por um software de simulação por meio do método dos elementos finitos (MEF). Os pontos críticos do projeto após as alterações propostas foram evidenciados a fim de apresentar as medidas que serão tomadas para o atendimento da nova capacidade nominal de carga do equipamento, tornando o projeto viável para execução.

**Palavras-chave:** Análise estrutural; Simulação computacional; Projeto de máquinas.

## RETROFIT OF STEEL COIL LIFT ASSEMBLY FROM A STEEL METAL SLITTING MACHINE

### Abstract

Aiming for an increase in the seamed pipe production line, a company specializing in pipe manufacturing saw, through a structural change in the constructive design of a coil lift assembly, the opportunity to reduce the downtime for steel coil replacement. This paper presents the retrofit design by means of structural analysis of the coil lift assembly that makes up a Cross Cutting Line machine. The design of the project had as premise to attend the operation of the equipment with an increase in nominal capacity from 20 tons to 32 tons, being validated by simulation software using the finite element method (FEM). The critical points of the project after the proposed changes were evidenced in order to present the measures that will be taken to meet the new nominal load capacity of the equipment, making the project feasible for execution.

**Keywords:** Structural Analysis; Computational Simulation; Elements of Machine Design.

- <sup>1</sup> *Mestre Engenheiro Mecânico, Professor, Unidade de Engenharia e Computação, FAESA Centro Universitário, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- <sup>2</sup> *Estudante de Engenharia Mecânica FAESA Centro Universitário, Supervisor de Manutenção, CEDISA, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*
- <sup>3</sup> *Estudante de Engenharia Mecânica FAESA Centro Universitário, Técnico de Inspeção, Flexibras Tubos Flexíveis Ltda, Vitória, Espírito Santo, Brasil*
- <sup>4</sup> *Estudante de Engenharia Mecânica, Unidade de Engenharia e Computação, FAESA Centro Universitário, Vitória, Espírito Santo, Brasil.*

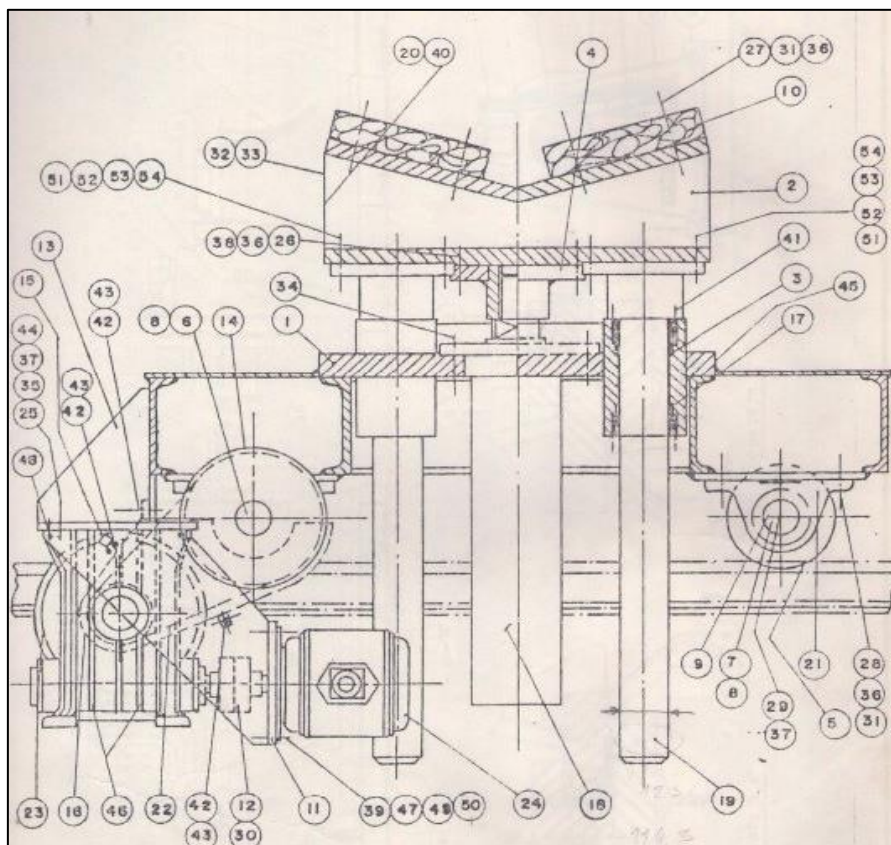
## 1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho consiste na elaboração e análise estrutural de um novo conjunto elevador de bobinas de aço-carbono com capacidade nominal de 32 toneladas para uma empresa de fabricação de tubos. O sistema é composto por uma máquina de Linha de Corte Transversal (LCT) fabricada no ano de 1986.

Atualmente, as bobinas de aço suportadas pelo equipamento são de 20 toneladas. O retrofit prevê o aumento da capacidade da linha de produção em 12 toneladas, em consequência, reduzindo consideravelmente o número de paradas para troca da bobina de aço durante o dia de operação da linha.

Para o desenvolvimento, realizou-se a coleta de dados técnicos de acordo com os manuais de manutenção e operação. Em consonância à coleta dos dados, foi realizado o levantamento de campo para a correta caracterização do cenário de operação do equipamento durante a modelagem computacional. Logo, foram feitas análises dos esforços e tensões atuantes por meio de softwares do método dos elementos finitos (MEF), sempre levando em consideração aspectos normativos pertinentes ao projeto.

O processo LCT integra um conjunto de elevação de bobinas de até 20 toneladas para serem desbobinadas, endireitadas e cortadas. De forma simplificada, esse conjunto consiste em uma base de elevação com quatro hastes guia e um cilindro central de elevação. A elevação é realizada por meio de fluido hidráulico no cilindro central e a movimentação do conjunto é por meio de um motoredutor que gira um eixo motriz constituído de rodízios em um trilho (Figura 1).



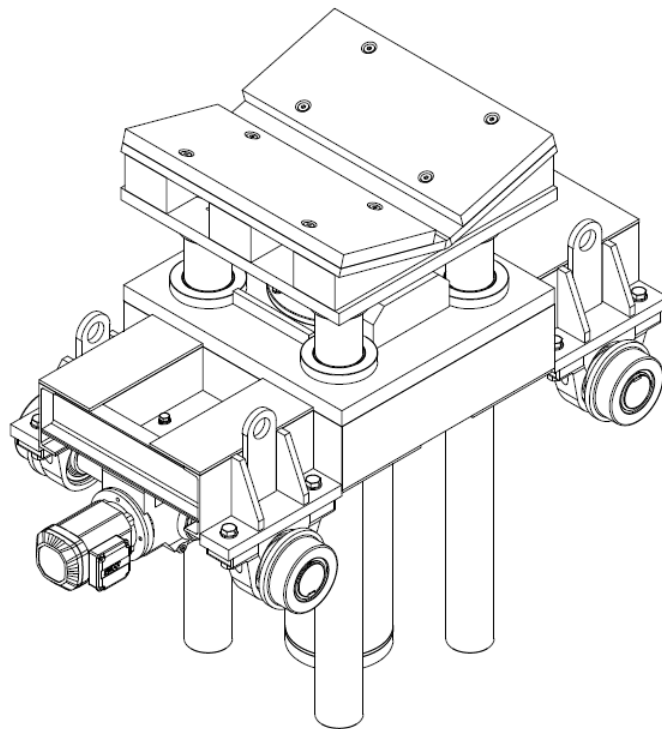
**Figura 1.** Croqui do conjunto elevador de bobina da máquina LCT.

As premissas adotadas para o projeto são:

- Aumentar capacidade nominal de carga da máquina para bobinas de até 32 toneladas e diâmetro externo de 2300mm;
- O conjunto deve possuir dimensões adequadas ao local de instalação;
- A base civil foi dimensionada para cargas maiores que as cargas consideradas no projeto de retrofit;
- Atender as normas regulamentadoras pertinentes;
- Desenvolver um novo cilindro que aproveite a bomba e as conexões atuais.

## 2 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Com base nas normas de cálculo estrutural [1 e 2] foram considerados os estados-limites últimos e os estados-limites de serviço levando em consideração a segurança da estrutura (Figura 2) quando o elemento está sujeito às condições severas dos carregamentos previstos em toda a vida útil. Os estados-limites de serviço estão relacionados com o desempenho da estrutura sob condições normais e anormais de utilização.



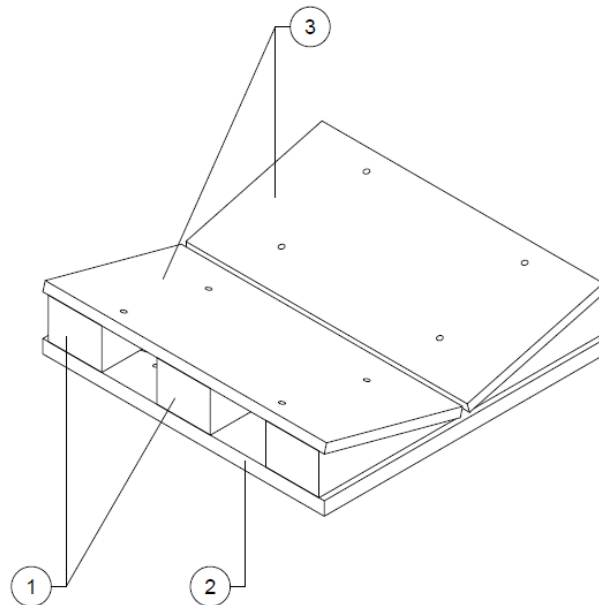
**Figura 2.** Modelo 3D do conjunto elevador de bobina projetado.

Para projetar o cilindro hidráulico (Figura 3) levou-se em consideração uma pressão nominal parametrizada na bomba de 130 bar. É previsto uma perda de carga no sistema de 15%, logo, estima-se uma pressão de trabalho de 110,5 bar. A velocidade de elevação será de aproximadamente 1 m/min. Para construção da camisa do cilindro, elemento crítico do cilindro, foi considerado o aço tubo ST-52 que possui elevada resistência mecânica, soldabilidade ilimitada e excelentes propriedades de usinagem.



**Figura 3.** Modelo 3D do cilindro hidráulico projetado.

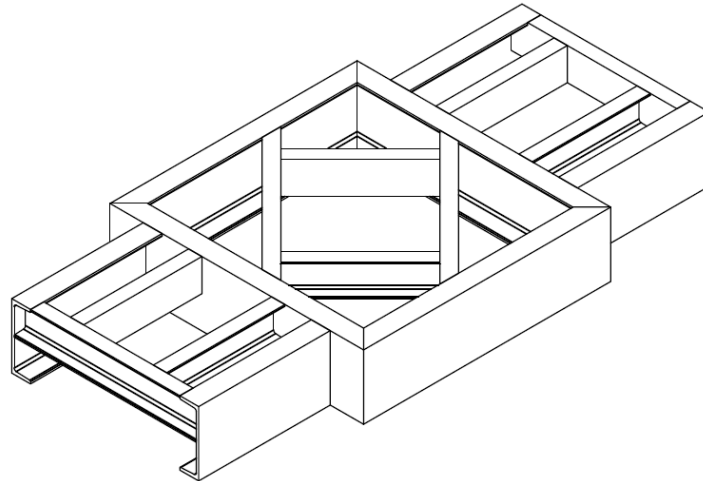
O berço de elevação (Figura 4) foi projetado com o aço ASTM A36, utilizando chapas de 1", 1.1/2" e 6". Sendo a de maior espessura o item 1 da Figura 4 utilizada para proporcionar uma base de sustentação à chapa dobrada, item 3 da Figura 4, que serve de apoio de restrição de movimento da bobina quando posicionada em sua face superior. A chapa de 1.1/2" servirá de base para o berço de elevação onde os flanges são fixados para que os quatro eixos-guias direcionem o suporte da bobina de acordo com o curso da haste do cilindro hidráulico, evitando carregamentos radiais no mesmo.



**Figura 4.** Modelo 3D do berço de elevação.

Para que não ocorra o contato direto da bobina de aço com o berço, foram inseridas duas placas de polietileno de alta densidade com ultra alto peso molecular e baixo peso específico (UHMW). Este material possui elevada resistência a impactos e alta resistência à abrasão, pertinentes para o projeto.

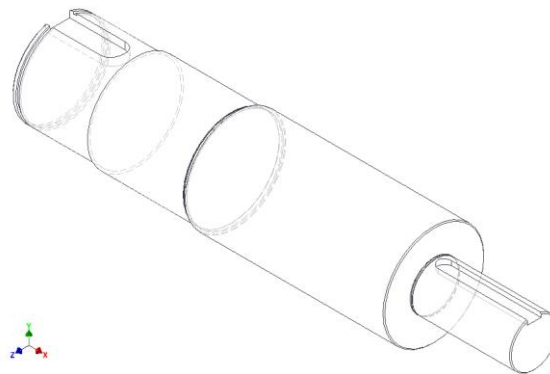
Para construção da alma do chassi (Figura 5) foram utilizadas vigas U de aço ASTM A36, que conferem resistência mecânica ao arranjo modelado e uma base sólida para apoio do cilindro hidráulico, assim como sustentação à carga nominal requerida pelo cliente.



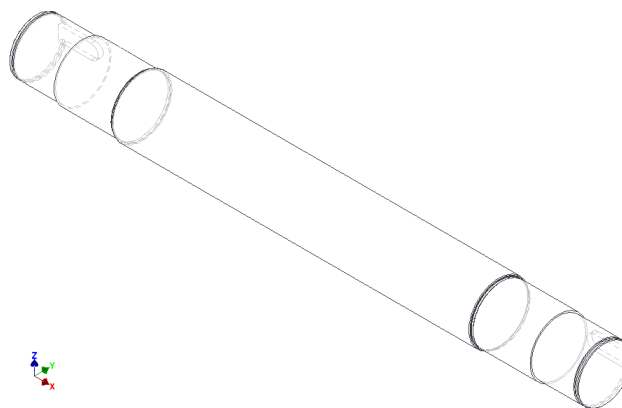
**Figura 5.** Modelo 3D da alma do chassi.

O eixo motriz (Figura 6) e o eixo movido (Figura 7) foram modelados considerando o motoredutor cônico modelo KA77B DRN80MP4, fabricante SEW, com eixo oco de 50 mm de diâmetro. O eixo possui torque de saída máximo de 1550 Nm, atendendo a necessidade do projeto e sendo melhor escolha no quesito custo benefício. A velocidade de atuação do cilindro é parametrizada para aproximadamente 4 m/min.

Para a construção dos eixos foi utilizado o aço SAE 4140 que apresenta boa resistência mecânica, média usinabilidade e temperabilidade relativamente alta. Material largamente utilizado na fabricação de diversas máquinas e equipamentos, bem como componentes com eixos, pinos, bielas e virabrequins.



**Figura 6.** Modelo 3D do eixo motriz.

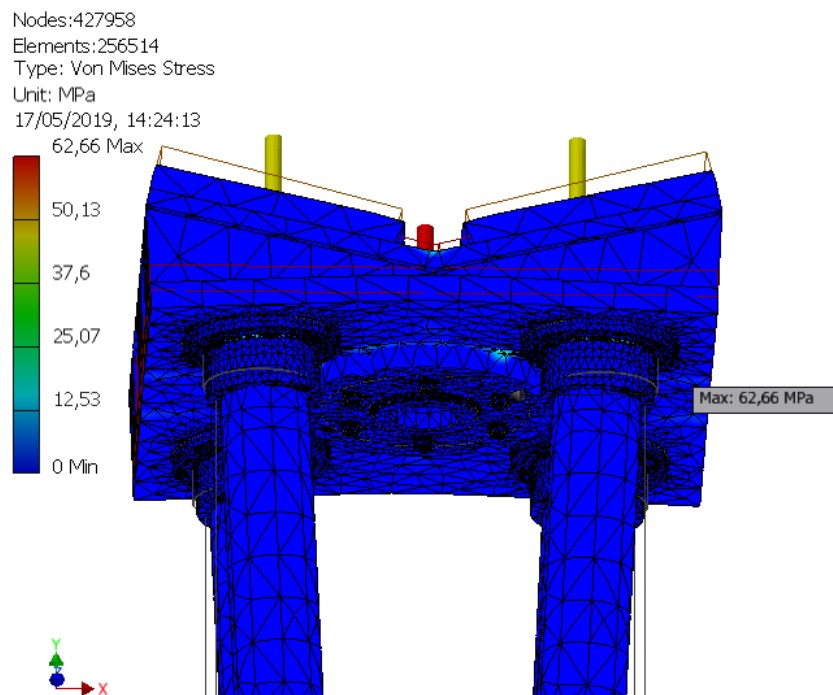


**Figura 7.** Modelo 3D do eixo movido.



Para validação do projeto foram realizadas análises pelo método dos elementos finitos no mesmo software. A geometria de partes críticas do conjunto elevador de bobina, submetidas aos carregamentos e restrições foram subdivididas em pequenas partes, denominadas de elementos, os quais passam a representar o domínio contínuo do problema. A divisão da geometria em pequenos elementos permite resolver um problema complexo, subdividindo-o em problemas mais simples, o que possibilita ao computador realizar com eficiência estas tarefas [4].

No subconjunto berço de elevação com as hastes guias, verificou-se uma distribuição uniforme das tensões por toda a estrutura, de intensidade baixa, porém como esperado, as maiores tensões com máxima de 62,66 MPa na região de fixação do flange da haste do cilindro hidráulico. O fator de segurança mínimo nesta estrutura é de 3,3 sobre a tensão de escoamento, o que ocorre próxima a região da tensão máxima no flange da haste do cilindro hidráulico, conforme Figura 8.



**Figura 8.** Análise estrutural - subconjunto berço de elevação com as hastes guias.

Para o cilindro hidráulico focou-se na análise da camisa do cilindro (Figura 9), que por sua vez apresentou um aumento considerável de tensões, porém distribuídas de forma uniforme, com uma região de intensidade aceitável de 254,6 MPa no furo de inserção do fluido hidráulico.

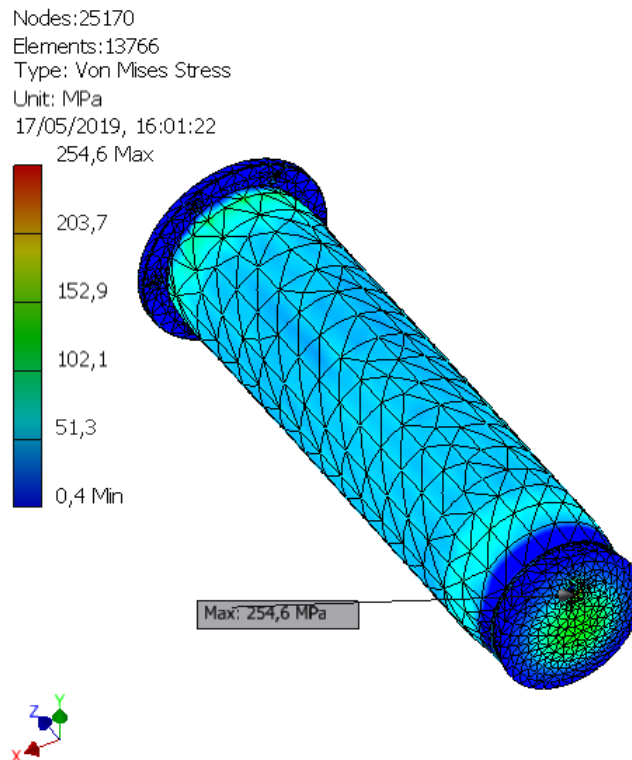


Figura 9. Análise estrutural – camisa do cilindro hidráulico.

Na validação do chassi (Figura 10) o resultado obtido para tensão de Von Misses, levando em consideração a situação mais crítica de operação foi de 379,7 MPa, acima do limite de escoamento do material. Contudo, somente em um determinado ponto, o que não compromete a integridade da estrutura, apresentou-se apreciável distribuição uniforme das tensões.

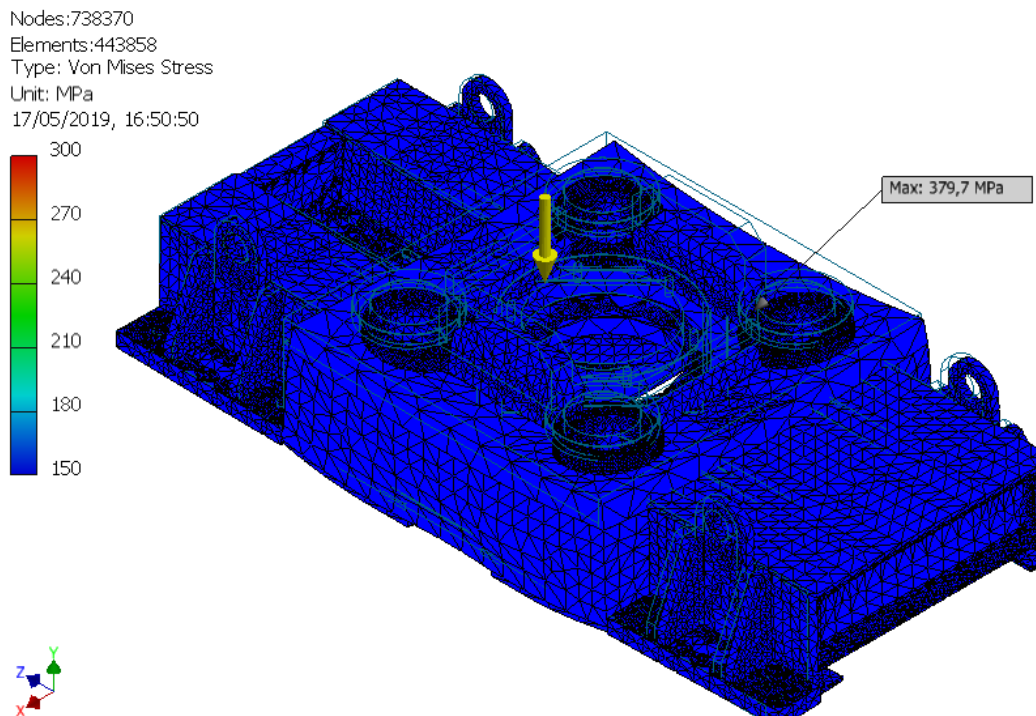


Figura 10. Análise estrutural – subconjunto chassi.

O fato de trabalhar com a simetria no dimensionamento de toda estrutura do conjunto elevador de bobinas, facilitou na igual distribuição da carga para pontos de contato nos eixos bem como o seu dimensionamento.

Para o eixo motriz foi adotado um carregamento de 86.250 N, torque de 470 Nm, módulo de elasticidade 206 GPa e módulo de rigidez de 80 GPa. Este eixo foi dimensionado em duas partes simétricas onde a seção de menor diâmetro é posicionada dentro do eixo oco do motoredutor, como mostra a Figura 11.

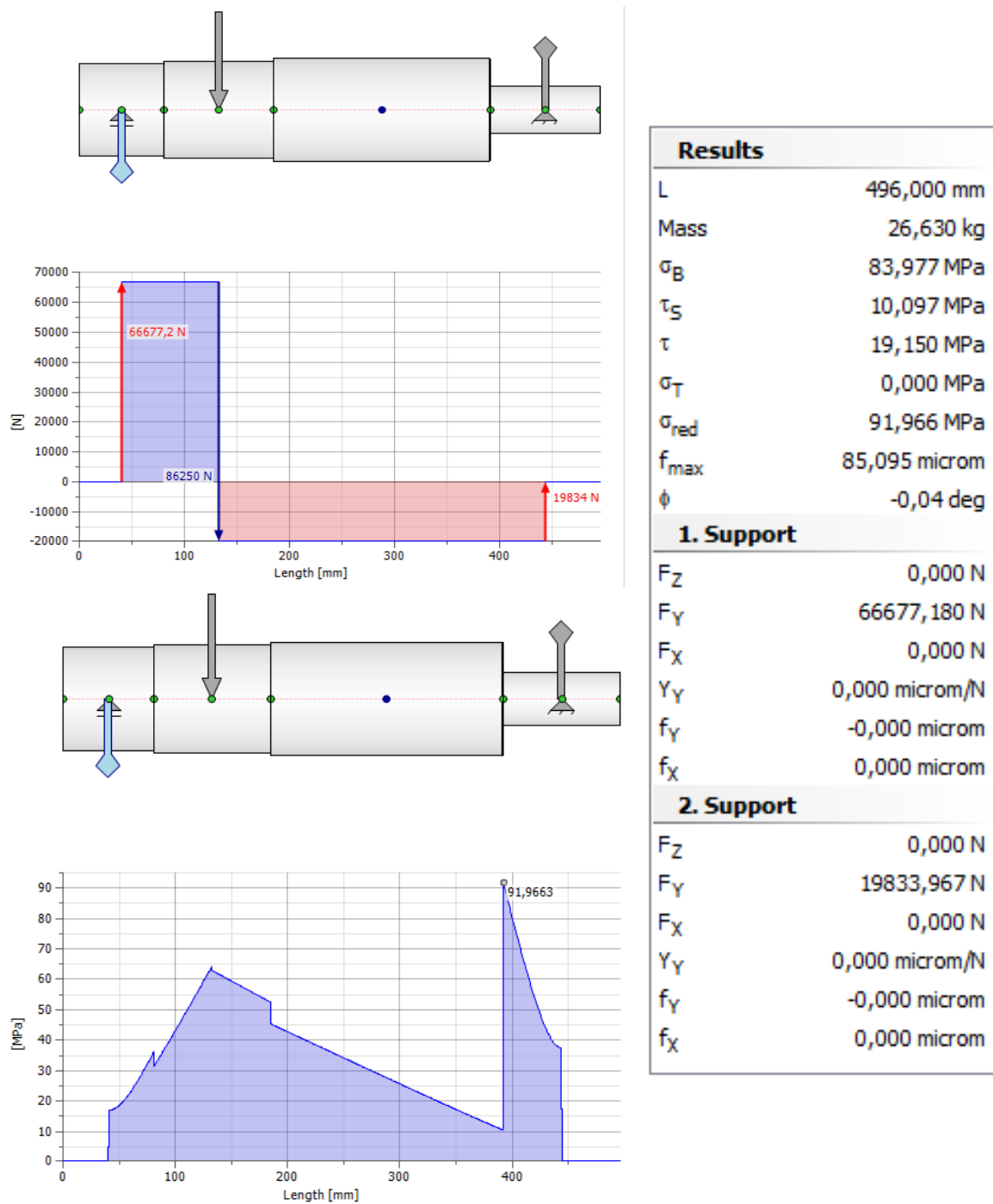


Figura 11. Análise estrutural – eixo motriz.



Por fim o eixo movido possui uma similar construção comparada ao eixo motriz, diferenciando-se por ser um eixo único com seção central de mesmo diâmetro. Nas análises foram adotadas duas cargas de 86.250 N em cada extremidade, módulo de elasticidade de 206 GPa e módulo de rigidez de 80 GPa, como pode ser observada na Figura 12.

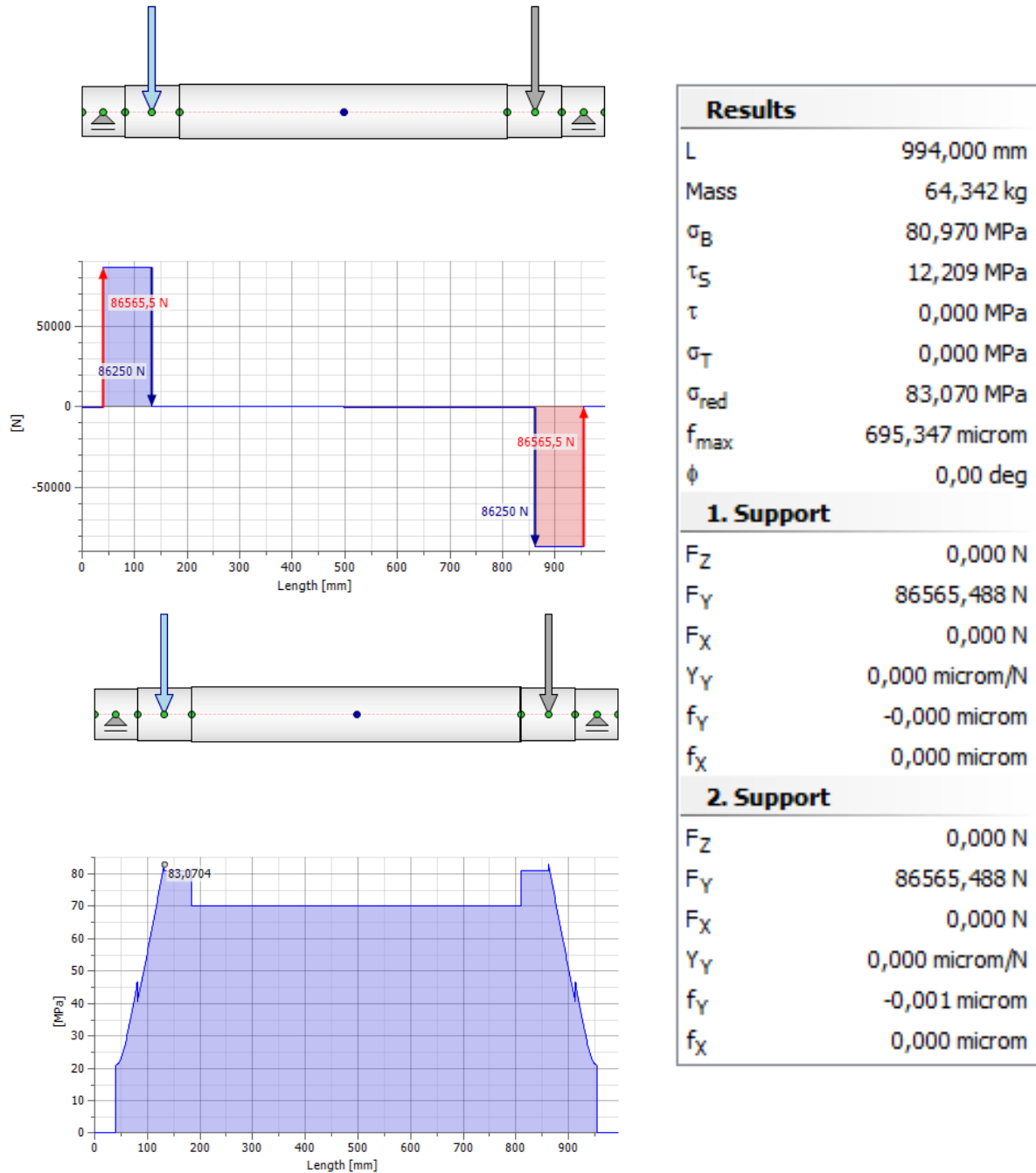


Figura 12. Análise estrutural – eixo movido.

### 3 CONCLUSÃO

O método de simulação computacional para análises estruturais e validação de projetos de máquinas é de suma relevância, pois propicia a identificação de circunstâncias adversas características do projeto desenvolvido, bem como a identificação de pontos críticos, onde haverá uma maior exigência estrutural dos componentes do LCT.

Os resultados das análises estáticas demonstraram que o novo conjunto elevador de bobina atende aos requisitos de capacidade nominal de 32 toneladas solicitados pelo cliente e que esta mesma carga não afetará em seu comportamento estrutural quando submetido durante seu período de operação.

### REFERÊNCIAS

- 1 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8400: Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas. Rio de Janeiro, 1984.
- 2 Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. 2003.
- 3 Budynas, R.G; Nisbett, J.K. Elementos de máquinas de Shigley: projeto de engenharia mecânica. Tradução João Batista de Aguiar, José Manoel de Aguiar. 8 ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- 4 Desai, C.S.; Abel, J.F.. Introduction to the finite element method; a numerical method for engineering analysis. Van Nostrand Reinhold, 1971
- 5 Hibbeler, R, C.: Resistência dos Materiais. 7º Edição. Pearson Education do Brasil, 2010.
- 6 Norton, R, L.: Projetos de Máquinas: Uma Abordagem Integrada. 4º Edição. Bookman, 2013.