

Desenvolvimento de ferramenta de dimensionamento de cabos de aço de ponte rolante com python para fins acadêmicos

Alexandre Alvarenga Palmeira^{1,2}; 0000-0002-9271-8858

Izabel de Oliveira da Mota²; 0000-0001-6276-5381

Cirlene Fourquet Bandeira²; 0000-0001-7034-2477

Leticia Alvim Dias¹; 0009-0000-3586-0439

Raniel Miranda Pinheiro²; 0009-0003-4646-8215

Yuri Gustavo Jovencio Miranda²; 0009-0001-4458-6651

1 – UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Tecnologia, Resende, RJ

2 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ

alex.a.palmeira@gmail.com

Resumo: A ponte rolante é um equipamento utilizado para movimentar cargas pesadas, realizando deslocamentos verticais e horizontais por meio de um cabo de aço, essencial para suportar atividades repetitivas. O cabo de aço é o principal elemento de sustentação nos equipamentos de elevação, embora outros, como correntes de elo, correntes articuladas e cordas de cânhamo, também sejam utilizados. O presente trabalho desenvolveu uma ferramenta para o dimensionamento de cabos de aço utilizando o software PyCharm Community Edition 2023.3.3, programada em Python. O projeto tomou como referência as normas ABNT NBR 8400:1984, as diretrizes do livro de Shigley (2016), e utilizou o catálogo da CIMAF, fabricante de cabos de aço para o setor industrial. Conforme esperado, o dimensionamento do cabo de aço, realizado de acordo com a norma ABNT NBR 8400:1984 e o catálogo da CIMAF, utilizando o algoritmo desenvolvido no software PyCharm Community Edition 2024.2.1 em linguagem PYTHON, atendeu aos parâmetros do projeto. Foi possível calcular o diâmetro do cabo, identificar a carga atuante e ajustar o fator de segurança de forma prática, considerando a aplicação específica. Assim, garantiu-se a confiabilidade do conjunto da ponte rolante, com elevada praticidade e segurança.

Palavras-chave: Dimensionamento. Cabo de Aço. ABNT NBR 8400:1984. Catálogo CIMAF. Python

INTRODUÇÃO

A ponte rolante é um equipamento de deslocamento e de elevação de cargas, A característica usual de uma ponte rolante é o deslocamento, sendo realizado na vertical

e na horizontal para içamento vertical de cargas por um cabo de aço e onde sua resiliência é necessária para repetitivas atividades.

Segundo NASSAR (2011), os cabos de aço são elementos de sustentação que estão presente na maioria dos equipamentos de elevação de carga, também há outros elementos bastante utilizados, como correntes de elo, correntes articuladas e cordas de cânhamo, mas o cabo de aço se destaca como o elemento mais utilizado.

Em uma indústria, é imprescindível a redução de custos de um processo, e a logística do processo é um dos fatores que pesa no preço final ao consumidor, e o encurtamento das distancias percorridas desde a matéria prima até a entrega do produto é crucial para garantir um sistema eficiente de movimentação (TAMASAUSKAS, 2000).

Em um fábrica de automóveis, por exemplo, os sistemas de movimentação são muito importantes, pois mover os produtos rapidamente através das operações internas minimiza o tempo entre o pagamento dos materiais e o recebimento da receita de vendas de seus produtos, acelerando o retorno financeiro (LANGUI, 2001).

De acordo com SHIGLEY (2016), a primeira consideração para dimensionar um cabo é determinar a carga, pois é um elemento que irá a falha caso a carga exceda a sua resistência última.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver uma ferramenta para o dimensionamento do cabo de aço, gerado através do *software PyCharm Community Edition 2023.3.3*, em uma programação na linguagem *Python*. Tomando como referência as normas ABNT NBR 8400:1984, e o catálogo CIMAFA, fabricante de cabos de aço para o setor industrial, de forma a se calcular o diâmetro do cabo, identificar a carga atuante e ajustar o fator de segurança de forma prática, considerando a aplicação específica

MÉTODOS

Com base na norma ABNT NBR 8400:1984, é construindo um algoritmo em *Python* que, através de alguns dados de entrada inserido pelo usuário, o algoritmo é capaz de calcular o diâmetro do cabo de aço, e interpretar os dados e parâmetros inseridos,

identificando os fatores recomendado pela norma, para posteriormente, calcular o diâmetro do cabo em função destes, as equações são obtidas da norma e do livro de SHIGLEY (2016), equações estas que, serão apresentadas abaixo:

$$d_c = Q_1 \sqrt{T} \quad (1)$$

Na equação 1, d_c é o diâmetro do cabo, Q_1 é o fator de dimensionamento, e T o esforço máximo de tração (daN).

$$T = \frac{(1,1 * \psi * Q) + S_G}{n_{rend} * N_{cabos}} \quad (2)$$

Na equação 2, ψ é o coeficiente dinâmico, S_G a carga devido ao próprio peso, n_{rend} o rendimento mecânico do sistema de cabeamento e N_{cabos} o número de cabos.

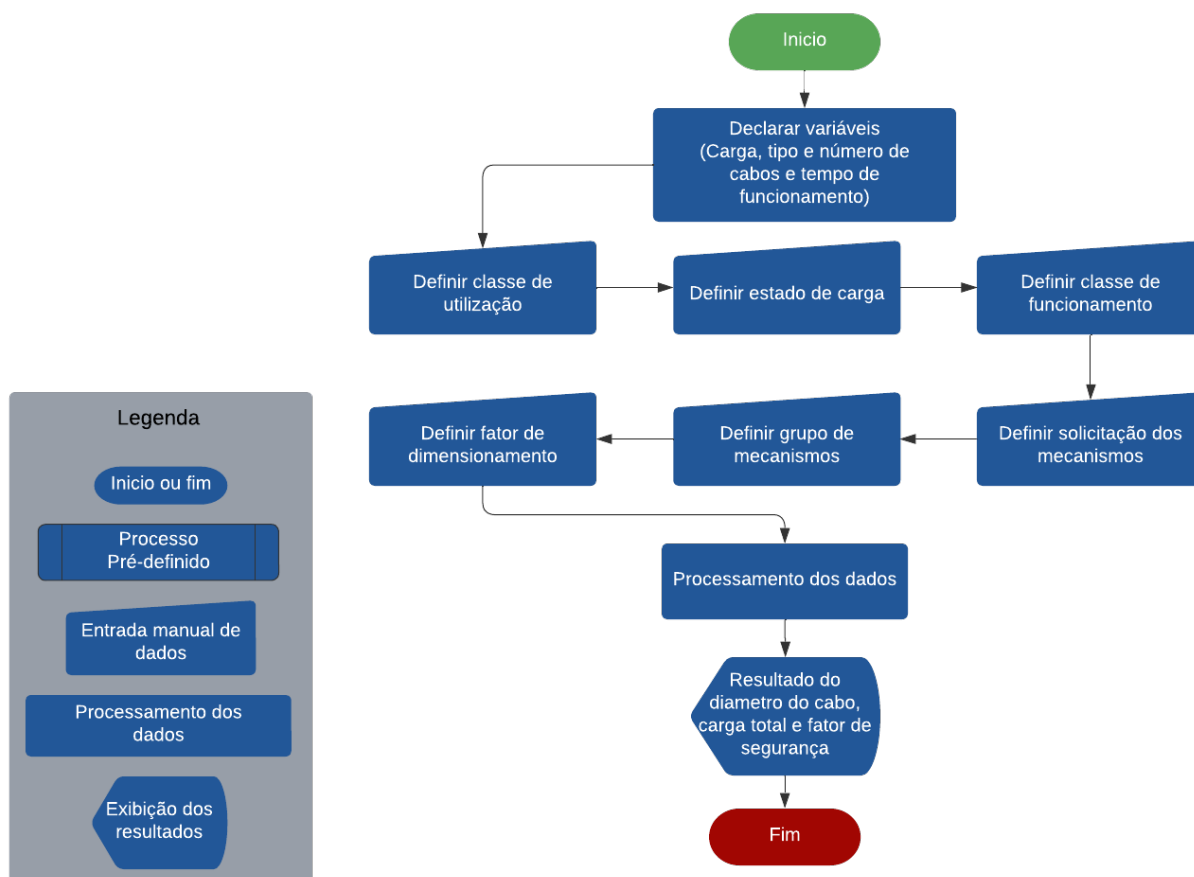
$$n_{rend} = n_{man}^{N_{Polias}} \quad (3)$$

Na equação 3, n_{man} é o rendimento mecânico do mancal da polia e N_{Polias} é o número de polias em rotação a contar a equalizadora.

Para demonstrar o passo a passo para dimensionar o cabo, pode-se visualizar o fluxograma na figura 1, para compreender todo o fluxo de informações necessárias para dimensionar o cabo. Com base no fluxograma, foi desenvolvido a ferramenta de dimensionamento capaz de calcular o diâmetro, a tensão e o fator de segurança do cabo em função dos dados de entrada, todo o algoritmo é escrito em *Python*.

O *Python* é uma linguagem de programação de alto nível, interpretada por algoritmo ou script, amplamente utilizado em desenvolvimento de *software*, aplicações *Web*, *Machine learning* (aprendizado de máquina) e na ciência de dados, sendo uma linguagem bastante versátil, e uma das mais usadas atualmente, e com ela, é desenvolvido uma ferramenta utilizando o *software PyCharm Community Edition 2023.3.3*, *software* de licença gratuita para desenvolver e compilar algoritmos.

Figura 1: Fluxo de dimensionamento do cabo.



Fonte: autoria própria

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Definidas as equações e o software, e alguns critérios tabelados de acordo com a norma ABNT NBR 8400:1984. Para o caso a seguir, foram utilizado os critérios referentes a ponte rolante, com uma utilização regular de uso, com equipamentos carregados com a carga nominal de projeto (100% de uso), o tempo médio de uso diário de 3 horas e um cabo normal. Velocidade de 0,4 m/s, a partir dessas considerações, é obtido fatores que, serão disponibilizados na tabela 1.

Tabela 1 - Valores disponibilizados pela norma ABNT NBR 8400:1984

Variável em função da norma	Consideração para o projeto	Valor em função da norma
Aplicação	Ponte Rolante	Fator de segurança (6 a 8)
Classe de utilização	Classe B (Utilização regular em serviço intermitente)	Número de levantamentos ($2,0 \times 10^5$)
Estado da carga	Pesado (100% de uso)	Fração mínima da carga máxima ($P = 1$)
Classe de funcionamento	Tempo médio de funcionamento diário estimado (h)	Duração total teórica da utilização em horas (6300 horas)
Solicitação dos mecanismos	Mecanismo ou elemento submetido a solicitações próxima da solicitação máxima	Fração da solicitação máxima ($P = \frac{2}{3}$)
Grupo de mecanismos	Classe de funcionamento V2 e estado de solicitação 3	3 M
Equipamento	Pontes ou pórticos rolantes	Coefficiente dinâmico ($1 + 0,6 * velocidade$)

Fonte: autoria própria

Além dos critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 8400:1984, para o projeto será considerado o uso de 4 cabos de aço do tipo normal, o uso de 3 polias, o rendimento do mancal de 0,99 (mancal de rolamento), a carga de içamento de 500 Kgf e o moitão com o peso de 40kg, os dados utilizados são inseridos no algoritmo, e parte da programação em *Python* pode ser visualizado na figura 2.

Figura 2: Parte do algoritmo da ferramenta de dimensionamento de cabo de aço.

```
# Dimensionamento de cabo de aço para ponte rolante - NBR 8400
from math import sqrt
#Carga de serviço (em Kgf)
Carga_nominal = 500
#Peso do moitão (em Kgf)
Peso_moitao = 40
#Fator de segurança (Ponte Rolante 6 a 8)
sg = 6
#Número de cabos
ncabos = 4
#Tipo de cabo (Normal ou rotativo)
tipo_cabo = 'Normal'
#Tempo de funcionamento diário estimado
average_time = 3
#Velocidade a atingir na subida/descida
vl = 0.4
print(f'Os dados preenchidos são: Carga {Carga_nominal} Kgf, peso do moitão: {Peso_moitao} Kgf, número de cabos: {ncabos}, '
      f'cabo {tipo_cabo} e tempo médio de uso de {average_time} horas')
# 1 Passo: Definir classe de utilização
Class_use = 'A'
Class = ['A', 'B', 'C', 'D']
lifting_cycles = [6.3*10**4, 2.0*10**5, 6.3*10**5, 2.0*10**6]
# 2 Passo: Definir estado de carga
state_of_charge = 3
if state_of_charge == 0:
    P = 0
```

Fonte: autoria própria

Ao executar o algoritmo, o diâmetro do cabo de aço de acordo com a ABNT NBR 8400:1984 é de 4,41 mm, podendo utilizar o cabo de diâmetro comercial mais próximo acima deste, no caso, o de 6,4 mm do catálogo da CIMAF, resultando em um fator de segurança 5 em relação ao cabo de 4,41mm, a carga total foi de 1734,11 Newtons sobre os cabos de aço, considerando utilizar o cabo de diâmetro comercial superior mais próximo do obtido, o fator de segurança pela NBR é igual a 5.

Para o dimensionamento do catálogo da CIMAF com o fator de segurança 6, o diâmetro do cabo obtido foi de 14,5 mm com a carga total de 10,4 kN, o resultado de ambos pode ser observado conforme a figura 3:

Figura 3 - Diâmetro do cabo calculado pela ferramenta.

```
Os dados preenchidos são: Carga 500 Kgf, peso do moitão: 40 Kgf, número de cabos: 4, cabo Normal e tempo médio de uso de 3 horas
Classe de funcionamento: V2
O grupo de mecanismos é: 3 m
O fator utilizado da classe de funcionamento: 3 m
O tipo de cabo: Normal
Use 1 para "Ponte rolante ou pórtico", e 2 para "Guindaste com lança": 1
Coeficiente dinâmico usado: 1.24
A carga total: 1734.11 N
O diametro do cabo: 4.41 mm
O diametro mais proximo do cabo do catalogo CIMAF a ser utilizado é 6.4 mm
A força máxima do cabo de 6.4 mm é de 2500.0 Newtons
O fator de segurança segundo a NBR é de 5.0
CIMAF
A força no cabo considerando o fator de segurança é de 10.40 kN
O diametro do cabo a ser utilizado de acordo com a tabela Cimag é de 14.5 mm

Process finished with exit code 0
```

Fonte: autoria própria

CONCLUSÕES

Conforme esperado o dimensionamento do cabo aço, de acordo com a norma ABNT NBR 8400:1984 e o catálogo da CIMAF, pelo algoritmo implementado no software livre PyCharm Community Edition 2024.2.1, na linguagem PYTHON, atendeu os parâmetros de projeto, pois foi possível calcular o diâmetro do cabo, conhecer a carga que atua nos cabos, e incrementar o fator de segurança para o projeto com facilidade, pois esse fator depende da aplicação, sendo assim, foi assegurado a confiabilidade do conjunto de ponte rolante com uma praticidade e segurança elevada. Para uma ponte rolante com utilização regular, operando com carga nominal de projeto (100% de capacidade), tempo médio diário de uso de 3 horas e equipada com um cabo padrão. Cujas velocidade de operação é de 0,4 m/s, com um sistema de elevação de 4 cabos de aço do tipo normal, 3 polias, um rendimento de mancal de 0,99 (mancal de rolamento), uma carga de içamento de 500 kgf e um moitão com peso de 40 kg, o algoritmo implementado no software livre PyCharm Community Edition 2024.2.1, na linguagem PYTHON, tendo como base a norma ABNT NBR 8400:1984 e o catálogo da CIMAF, mostrou ser bastante eficiente, dimensionando o cabo de aço com o fator de segurança 6, o diâmetro de 14,5 mm, permitindo uma elevação máxima de carga no cabo 10,4 kN

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao UniFOA pelo apoio no desenvolvimento técnico-científico através dos pelos mecanismos de desenvolvimento disponibilizados e pelo incentivo discente através do programa Institucional de Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8400: Cálculo de equipamento para levantamento e movimentação de cargas**. Rio de Janeiro, 1984. 108 p.

CIMAF. **Manual Técnico de Cabos**. Osasco – SP. Agosto de 2012. Disponível em: . Acesso em: 05 maio 2024.

JETBRAINS S.R.O. **PyCharm**. Versão 2023.3.3. Community Edition. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://www.jetbrains.com/pt-br/pycharm/>. Acesso em: 23 abr. 2024.

LANGUI, C. A. **Pontes Rolantes - A importância do equipamento nas áreas de produção industrial - Pontes rolantes**. 50p. Monografia (MBA em Gerência Empresarial) - Departamento de Economia, Contabilidade, Administração e Secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2001.

NASSAR, W. R. **Apostila de Máquinas de Elevação e Transporte**. Universidade de Santa Cecília - São Paulo. 2004. PASSOS, L. C. Apostila: Técnicas de instalação, operação, manutenção, testes e inspeção: pontes rolantes, guindastes giratórios e acessórios de movimentação de cargas. Make Engenharia, Assessoria e Desenvolvimento. 2011.

TAMASAUSKAS, A. **Metodologia do Projeto Básico de Equipamento de Manuseio e Transporte de Cargas – Ponte Rolante – Aplicação não siderúrgica**. 2000. Dissertação de mestrado - Escola Politécnica de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecânica, São Paulo, 2000.