

Reynaldo Lima

## Sumário

<b>1 Problema 1</b>	<b>1</b>
<b>2 Problema 2</b>	<b>3</b>
<b>3 Problema 3</b>	<b>6</b>

## 1 Problema 1

Os resultados aqui apresentados são obtidos ao executar o arquivo *hm4\_test1.py*, enviado junto a este trabalho. Como resultado da otimização SLSQP com as restrições impostas (deslocamento  $q_1$ , seção  $H_1$  e seção  $H_2$ ), tem-se:

Tabela 1: Valores da otimização do problema 1.

Variável	Valor
$n_{iter}$	12
$n_{fev} + n_{jac}$	30
$Vol.$	0.007300032818685251
$q_1$	1.00005807 (mm)
$H_1$	0.15
$T_1$	0.00615343
$H_2$	0.15
$T_2$	0.00601329

Além disso, acompanha-se o progresso da otimização nas Figuras 1, 2 e 3, onde o número de iteração 0 refere-se ao estado inicial. Observamos que na Figura 1 o volume converge com as iterações para o valor final apresentado na Tabela 1. Já na Figura 2, é possível observar a restrição seguir (aqui em *mm*) de forma razoavelmente comportada, com excessão da segunda iteração, onde o valor da variável saiu do escopo plotado. Na Figura 3, por fim, vê-se o progresso de cada componente do vetor área ao ser atualizado em cada iteração. Observamos que o problema converge de forma razoavelmente rápida e no Problema 2 comparar-se-á esse progresso com o do algoritmo de OSA.

Variação do volume

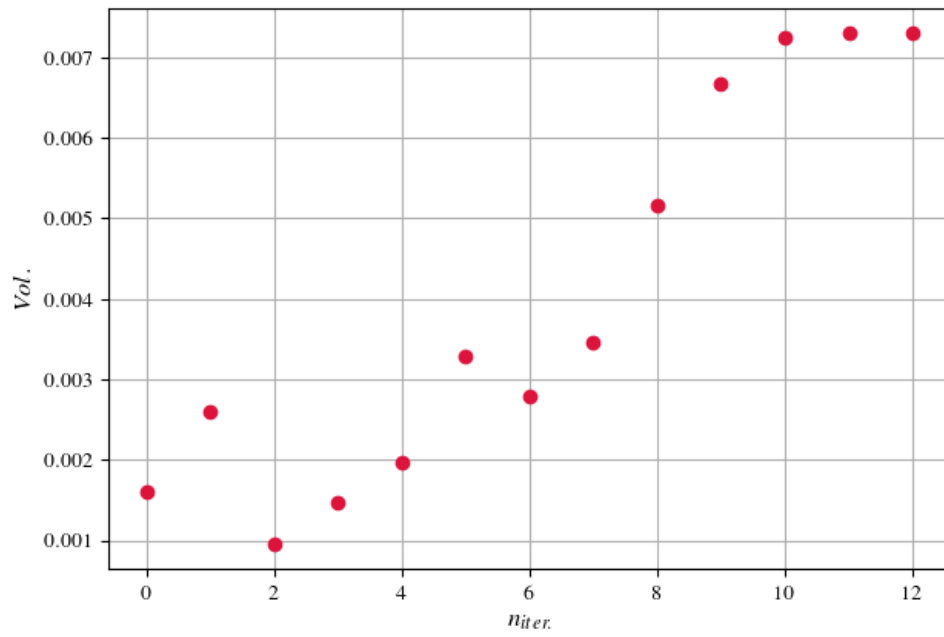


Figura 1: Variação do volume por iteração.

Variação da restrição

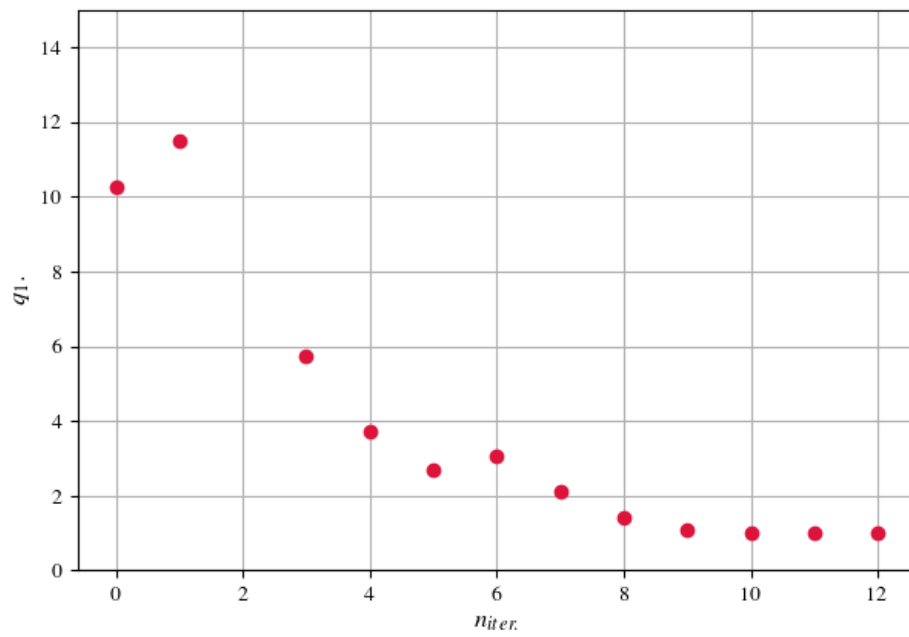


Figura 2: Variação da restrição por iteração.

### Varição do vetor área

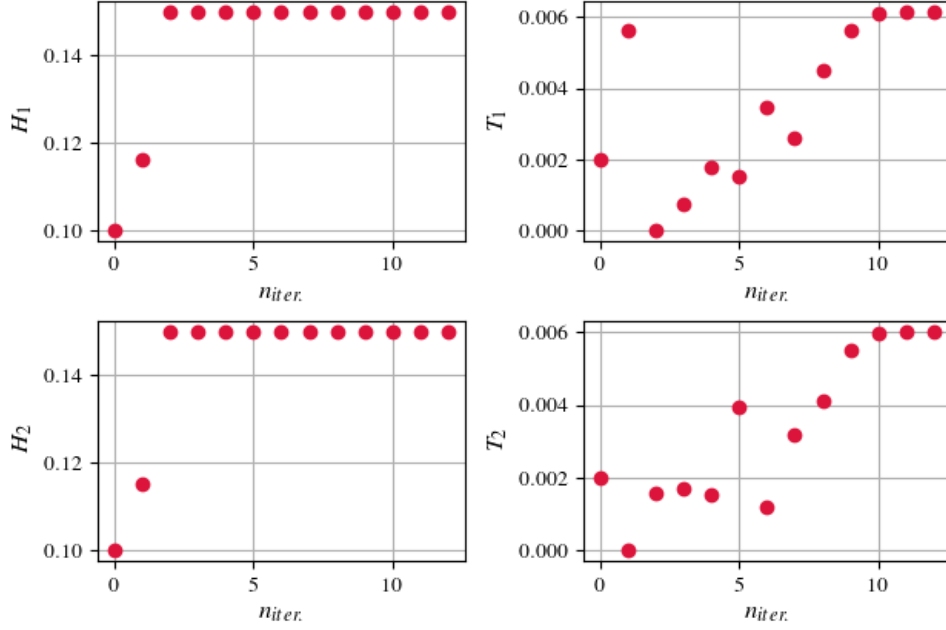


Figura 3: Variação da área por iteração.

## 2 Problema 2

Os resultados aqui apresentados são obtidos ao executar o arquivo `hm4_test2.py`, enviado junto a este trabalho. Na Tabela 2, apresentamos os resultados para a otimização com a janela fornecida de 30%.

Tabela 2: Valores da otimização do problema 2.

Variável	Valor
Janela	30%
$n_{iter}$	6
$Vol.$	0.007300413590515512
$q_1$	0.9999995351437991 (mm)
$H_1$	0.15
$T_1$	0.00617432
$H_2$	0.15
$T_2$	0.00599303

Para esse problema, porém, é conveniente analisar o quanto a janela de variações do problema influencia na solução do problema. Os resultados desta análise se encontram na Tabela 3, onde o número de iterações e volume final da otimização são mostrados para 5%, 20%, 30%, 65% e 100% de janelas.

O progresso das otimizações pode ser observado nas Figuras 4, 5 e 6, onde são escolhidas a serem estudadas as janelas de 5% e 30%, pois a primeira apresenta um crescimento lento e a segunda já chegou num ponto ótimo de iterações, considerando a variação de

Tabela 3: Valores da otimização em função da janela do OSA.

Janela	$n_{iter}$	Vol.
5%	24	0.007300440124813757
20%	8	0.0073008747404476665
30%	6	0.007300413590515512
65%	5	0.007300413790648535
100%	4	0.007300409621658049

Variação do volume

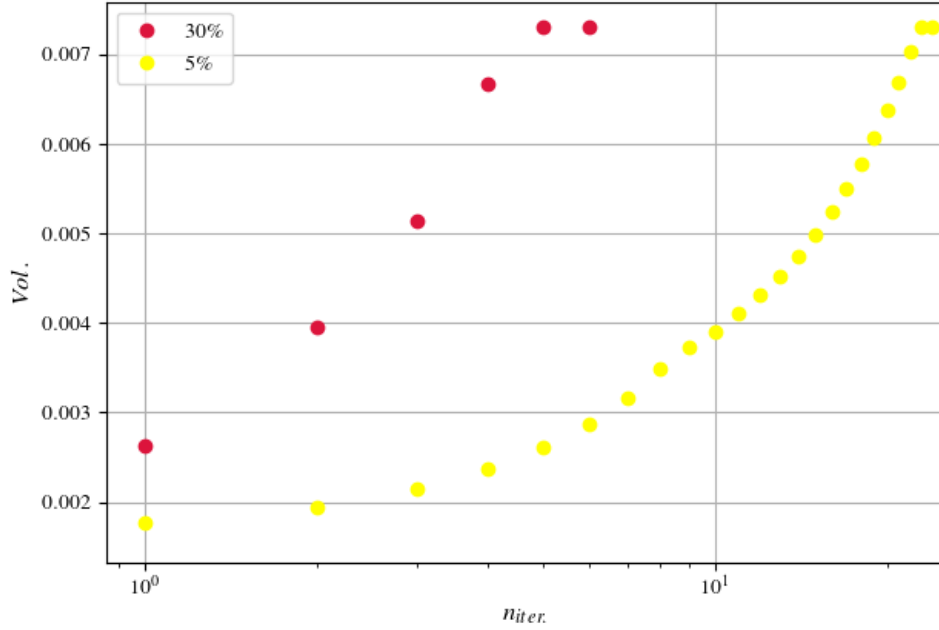


Figura 4: Variação do volume por iteração, comparando diferentes janelas, em escala logarítmica no número de iterações.

1 iteração para uma diferença de 35% na janela (linhas 3 e 4 da Tabela 3). Observa-se que foi escolhida uma escala logarítmica para o número de iterações de modo a melhor analisar o progresso das otimizações.

Quando comparamos ainda os resultados da operação com janela de 30%, já no ótimo do método OSA, observamos uma vantagem em relação ao modo utilizado no problema 1. Isso se deve a não linearidade do problema original, simplificado para funções mais simples e que são muito próximas do valor esperado no intervalo de interesse (janela aplicada).

Os Problemas 1 e 2 resolveram uma mesma estrutura, discretizada como dois elementos para a análise. Este problema limitou o deslocamento vertical no centro da viga linear, que, por mais que seja de interesse para o projeto, não é fundamentalmente o parâmetro de interesse no estudo de falhas. Por isso, no Problema 3 é feita uma análise de critério de falhas, da qual é feita a otimização, introduzindo agora 4 restrições (análise da tensão máxima normal e de flambagem, havendo dois elementos), em comparação com o problema original, de 1 única restrição no deslocamento.

### Variação da restrição

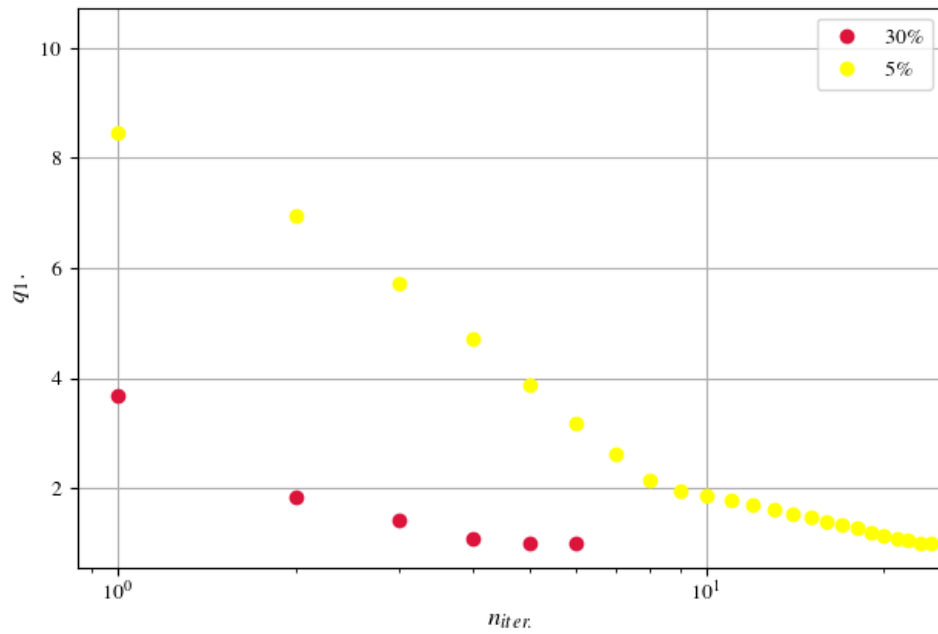


Figura 5: Variação da restrição por iteração, comparando diferentes janelas, em escala logarítmica no número de iterações.

### Variação do vetor área

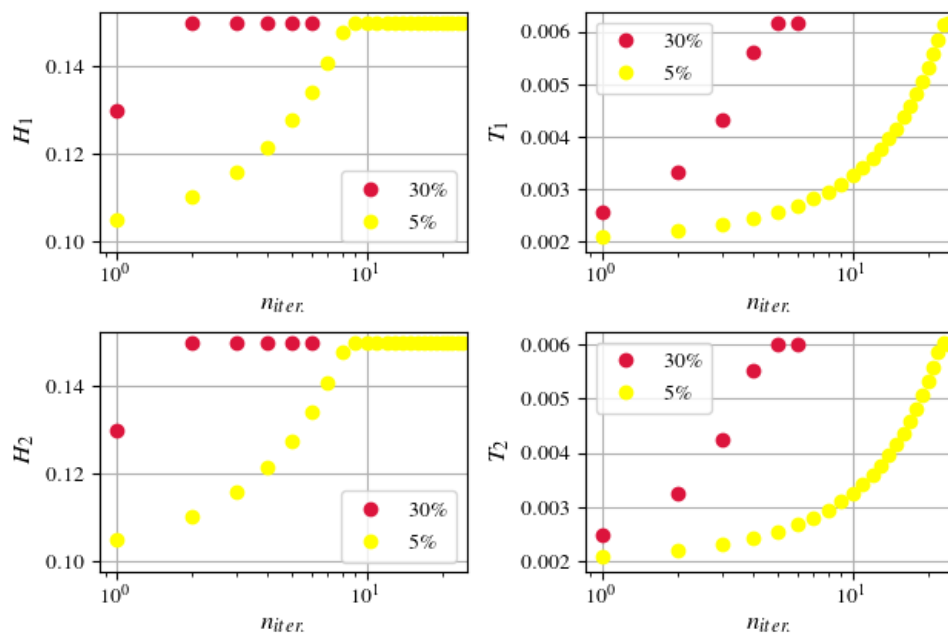


Figura 6: Variação da área por iteração, comparando diferentes janelas, em escala logarítmica no número de iterações.

### 3 Problema 3

Os resultados aqui apresentados são obtidos ao executar o arquivo *hm4\_test3.py*, enviado junto a este trabalho. Será descrita a análise com uma otimização SLSQP em comparação com o resultado do problema aproximado (OSA) com janela de 30%.

Inicialmente, analisam-se os resultados gerais obtidos para a otimização SLSQP, presente na Tabela 4. Observa-se, como um dos resultados de maior interesse, que encontra-se um mínimo no volume ao explorar-se ao extremo as restrições de flambagem (que aparentam limitar uma maior diminuição nas espessuras e comprimento de área), enquanto para a restrição normal, no elemento dois, encontra-se uma tensão longe do máximo (restrição longe do seu limite ativo). Isso mostra que o que restringe uma diminuição posterior no volume é o efeito de flambagem ao longo da viga, junto à resistência no engaste.

Tabela 4: Valores da otimização SLSQP do problema 3.

Variável	Valor
$n_{iter}$	9
$n_{fev} + n_{jac}$	20
$Vol.$	0.0024797076014167903
$(g_{N_{L/U}})_{1,top}^1$	4.4643422292267587e-10
$(g_{N_{L/U}})_{1,top}^2$	- 0.37981193465300744
$(g_{CR})_{1,top}^1$	4.4644732355436645e-10
$(g_{CR})_{1,bot}^2$	- 5.865598007304129e-10

Já os resultados obtidos pela otimização OSA, são mostrados na Tabela 5, mostram que o método OSA consegue resultados muito próximos do ótimo encontrado anteriormente, mas com um número de iterações consideravelmente menor.

Tabela 5: Valores da otimização OSA do problema 3.

Variável	Valor
Janela (OSA)	30%
$n_{iter}$	4
$Vol.$	0.002479710820558877
$(g_{N_{L/U}})_{1,top}^1$	4.054529370023374e-07
$(g_{N_{L/U}})_{1,top}^2$	- 0.3800304201625605
$(g_{CR})_{1,top}^1$	3.9733758994131563e-07
$(g_{CR})_{1,bot}^2$	- 1.1478676091858375e-06

Por fim, nas Figuras 7 e 8, observa-se o progresso do volume e das restrições, respectivamente, comparando a velocidade de convergência entre os métodos SLSQP com o OSA. Como era esperado, o método OSA mostra-se mais rápido, quando escolhida uma janela suficientemente larga. Com a Figura 8, especificamente, observamos ainda o progresso das restrições violadas. A restrição mais violada,  $g_{N_{L/U}}$ , por sua vez, acaba por ser respeitada no ponto de mínimo volume da otimização.

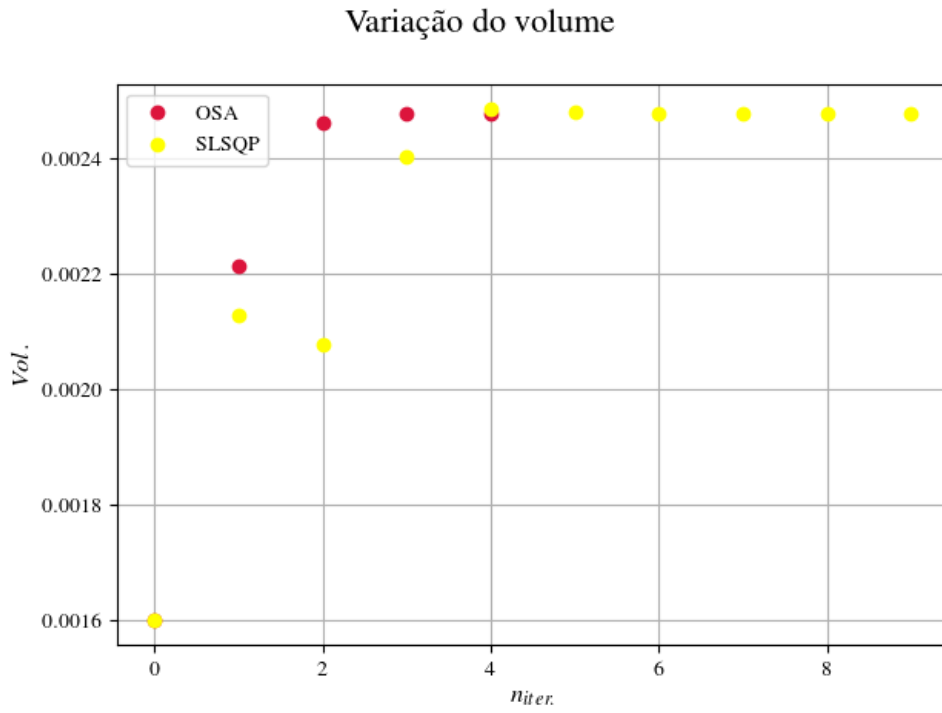


Figura 7: Variação do volume por iteração, comparando diferentes métodos.

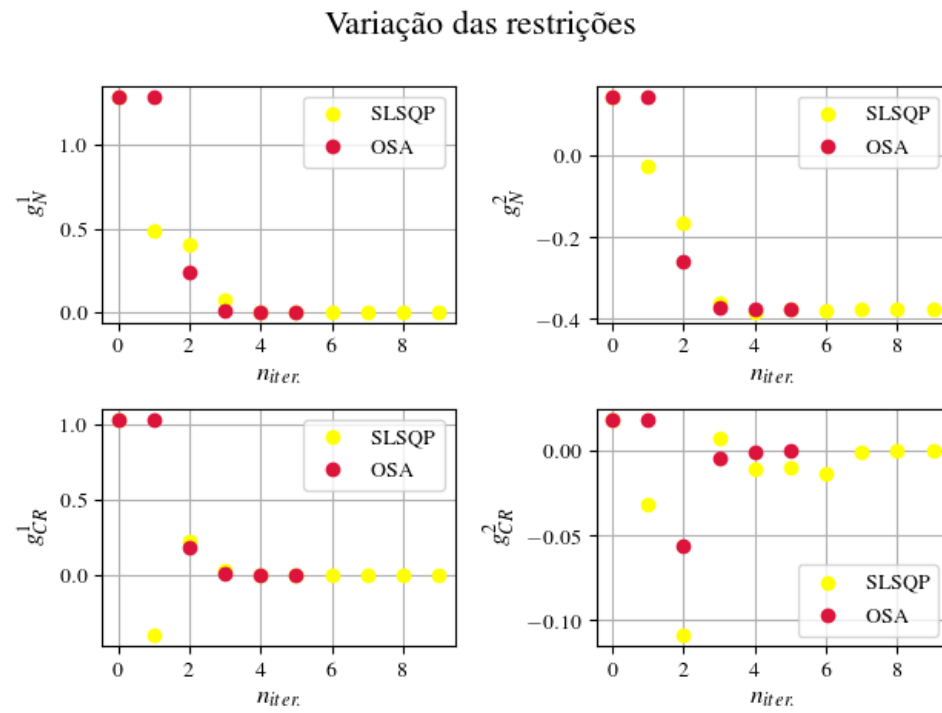


Figura 8: Variação das restrições por iteração, comparando diferentes métodos.