

OTIMIZAÇÃO APLICADA EM PROJETO DE CAIXA D'ÁGUA METÁLICA¹

Evandro Bertoldi², Nara Liege Barbieri³, Everton Bertoldi⁴.

¹ Trabalho de Projetos do Curso de Engenharia Mecânica

² Coordenador Engenharia de Produto na Bruning Tecnometal Ltda, Engenheiro Mecânico,
evandro.bertoldi@unijui.edu.br

³ Autônoma, Engenheira Agrônoma, narabarbieri@yahoo.com.br

⁴ Supervisor Engenharia de Produto na Rotoplastyc Industria de Rotomoldados Ltda, Aluno do Curso de Engenharia de Produção Mecânica da UPF, evertonbertoldi@hotmail.com

Introdução

Desde o princípio, a humanidade procura formas instintivas para obter o melhor resultado possível em qualquer de suas atividades cotidianas, como por exemplo, escolher entre várias possibilidades um trajeto mais rápido ou mais curto entre a casa e o trabalho. Para problemas mais complexos, a intuição foi deixada ao largo para privilegiar o uso de artifícios técnicos desenvolvidos para otimizar essas atividades.

Otimizar é projetar um sistema qualquer objetivando a melhor resposta sob determinados aspectos do problema. É encontrar as variáveis do sistema em estudo, de modo que o rendimento do sistema seja próximo do valor ótimo, baseado em um critério prévio de busca.

Souza e Mendes (2001) mencionam que a busca do ótimo deve atender a uma característica muito importante para qualquer método de otimização, o equilíbrio entre eficiência e eficácia, de forma a garantir não só a correta solução do problema, mas também uma solução geral.

No Brasil, a utilização dos métodos convencionais de otimização é bastante difundida, focalizando principalmente a minimização de custos, sendo os primeiros trabalhos da década de 1980. Entre outros, tem-se os trabalhos de Araújo (1980) e Sanabio (1984), que trataram da otimização estrutural de pórticos planos. Medrano (1994), que investigou a otimização do custo de vigas de concreto armado e a análise elastoplástica de sólidos e estruturas. Soares (1997), que desenvolveu uma formulação para a minimização do custo de uma seção transversal de uma viga através de um método de aproximações combinadas, usando como variáveis de projeto a altura da viga e as áreas de aço. Kripta (1998), que investigou o uso de técnicas de programação matemática para reduzir e uniformizar os esforços em grelhas, em função das condições de contorno de lajes em uma estrutura.

Devido à importância do processo de otimização aplicado no desenvolvimento de produtos, o trabalho que será apresentado tem como objetivo, otimizar o projeto de uma caixa d'água metálica

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: IV Seminário de Inovação e Tecnologia

através de verificações entre as relações de diâmetros e alturas da caixa d'água que proporcionarão o menor custo possível.

Serão apresentadas as etapas de desenvolvimento dos cálculos de otimização da caixa d'água, obtendo-se as dimensões do projeto ideal considerando o menor custo final do produto. Espera-se que possamos aplicar estes métodos no decorrer do desenvolvimento de várias atividades de projeto, obtendo-se um excelente desempenho no desenvolvimento de produtos.

Metodologia

De acordo com Cortês (2010), em um problema de otimização há a necessidade de identificar variáveis envolvidas e seus limites de variação, bem como os parâmetros relevantes ao problema, de maneira a poder equacioná-las em relações matemáticas, com o objetivo de representar formalmente o problema e suas restrições, para então buscar a solução.

Para o desenvolvimento da otimização, analisaram-se quais variáveis de projeto seria necessário considerar no cálculo, para atender o objetivo proposto de verificar as relações de diâmetros e alturas da caixa d'água que proporcionarão o menor custo total.

Inicialmente deduziu-se a eq. (1) para o custo total (C), que se trata da soma do custo total da matéria-prima (Ca), do custo total do processo de soldagem (Cs) e do custo total da galvanização (Cg).

$$C = Ca + Cs + Cg \quad (1)$$

Após desenvolvida a equação do C, deduziu-se as demais variáveis que compõem o mesmo. Na eq. (2) é representada a equação para o Ca em função do custo unitário da chapa (Cua), e da massa total de matéria-prima (M).

$$Ca = Cua.M \quad (2)$$

O Cua trata-se de uma constante, no qual será posteriormente estipulado um valor, e o M, representado na eq. (3), trata-se de uma variável do cálculo de otimização em função do volume total da matéria-prima e do peso específico do aço.

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: IV Seminário de Inovação e Tecnologia

$$M = \left(2 \cdot \left(\frac{\pi D^2}{4} \cdot e \right) + \pi \cdot D \cdot L \cdot e \right) \cdot \rho \quad (3)$$

Na sequência, deduziu-se a equação do C_s , mostrado na eq. (4), em função do custo unitário de soldagem (C_{us}) e do comprimento total de soldagem (L_s).

$$C_s = C_{us} \cdot L_s \quad (4)$$

O C_{us} trata-se de uma constante, no qual será posteriormente estipulado um valor, e o L_s , representado na eq. (5), trata-se de uma variável do cálculo de otimização em função da altura da caixa d'água (L) e do perímetro relacionado ao diâmetro da caixa d'água (D), na parte superior e inferior.

$$L_s = L + 2 \cdot \pi \cdot D \quad (5)$$

Em seguida deduziu-se a equação do C_g , mostrado na eq. (6), em função do custo unitário de galvanização (C_{ug}) e da área da superfície do tanque (A).

$$C_g = C_{ug} \cdot A \quad (6)$$

O C_{ug} trata-se de uma constante, no qual será posteriormente estipulado um valor, e o A , representado na eq. (7), trata-se da área total de galvanização, considerando a parte interna e a parte externa do tanque da caixa d'água.

$$A = \left(\left(4 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) + (2 \cdot \pi \cdot D \cdot L) \right) \quad (7)$$

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: IV Seminário de Inovação e Tecnologia

Finalmente, na eq. (8), é mostrada a equação do volume do tanque (V) em função da área do diâmetro e da altura da caixa d'água (L).

$$V = \frac{\pi.D^2}{4} . L \quad (8)$$

Resultados e Discussões

Após deduzida as equações para a otimização da caixa d'água, definiu-se os valores para as constantes conforme segue: Cua=R\$2,50/Kg; Cus=R\$5,00/m; Cug=R\$2,00/m²; espessura da chapa (e)=1,52mm.; peso específico do aço=7850Kg/m³; V=832L.

Esses valores foram estipulados para fins de cálculo do projeto de otimização.

A partir dessas constantes, desenvolveram-se os cálculos de otimização a partir do software Microsoft Office Excel, de acordo com as equações das variáveis de projeto que foram deduzidas anteriormente.

Na Tabela 1, são mostrados os resultados obtidos para uma caixa d'água com capacidade de 832L. Os dados destacados em negrito tratam-se do diâmetro e altura da caixa d'água, considerando o menor custo total.

Nessa tabela, estipulou-se arbitrariamente valores para os diâmetros em um campo de 0,2m a 2,2m em um intervalo de 0,1m entre cada valor, obtendo-se diferentes resultados para os custos e alturas de acordo com as equações do cálculo de otimização.

Para o projeto da caixa d'água será considerado um diâmetro equivalente a 1500mm e uma altura equivalente a 470mm com o custo total de R\$138,69.

Após a realização dos cálculos de otimização para a caixa d'água metálica de volume igual a 832L, desenvolveu-se o projeto conforme os resultados obtidos para o diâmetro ótimo e altura ótima, considerando o menor custo total.

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: IV Seminário de Inovação e Tecnologia

D (m)	Ca (R\$)	Cs (R\$)	Cg (R\$)	C (R\$)	L (m)
0,20	496,37	138,70	66,81	701,88	26,48
0,30	330,91	68,28	44,94	444,13	11,77
0,40	248,19	45,67	34,29	328,14	6,62
0,50	198,55	36,89	28,19	263,64	4,24
0,60	165,46	33,56	24,45	223,47	2,94
0,70	141,82	32,80	22,10	196,72	2,16
0,80	124,10	33,41	20,66	178,17	1,66
0,90	110,31	34,81	19,88	165,00	1,31
1,00	99,28	36,71	19,60	155,59	1,06
1,10	90,26	38,93	19,70	148,90	0,88
1,20	82,74	41,38	20,14	144,26	0,74
1,30	76,37	43,97	20,86	141,21	0,63
1,40	70,92	46,68	21,82	139,43	0,54
1,50	66,20	49,48	23,01	138,69	0,47
1,60	62,06	52,33	24,40	138,80	0,41
1,70	58,41	55,24	25,99	139,64	0,37
1,80	55,17	58,18	27,75	141,11	0,33
1,90	52,27	61,16	29,69	143,12	0,29
2,00	49,66	64,16	31,79	145,61	0,26
2,10	47,30	67,17	34,05	148,52	0,24
2,20	45,15	70,21	36,46	151,82	0,22

Tabela 1 - Resultados obtidos no software Microsoft Office Excel para uma caixa d'água de 832L.

A Figura 1 mostra a vista frontal do projeto com a especificação das dimensões de diâmetro e altura obtidos nos cálculos e a vista explodida do projeto da caixa d'água composta pelo tanque (1), estrutura de sustentação (2) e tampa de inspeção (3).

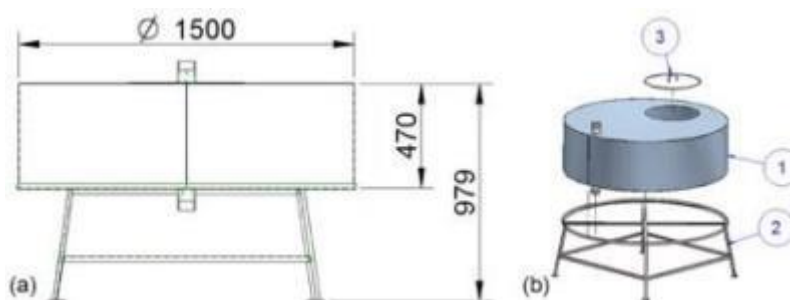


Figura 1 - a) Vista frontal do projeto da caixa d'água metálica com as principais dimensões b) Vista explodida do projeto da caixa d'água metálica com os principais componentes.

Modalidade do trabalho: Ensaio teórico
Evento: IV Seminário de Inovação e Tecnologia

Conclusões

É possível verificar que a aplicação da otimização permite o desenvolvimento de projetos levando em consideração o custo final do produto. A partir do estudo das relações de diferentes dimensões, encontram-se as dimensões chamadas “ótimas” para o projeto, no qual representam o menor custo total.

Através de cálculos de otimização, conseguiu-se alcançar o objetivo de desenvolver o projeto de uma caixa d’água com o menor custo total a partir das relações de diâmetros e alturas. Dessa maneira conseguiu-se resolver o problema de projeto de uma caixa d’água metálica.

Palavras-chave: Variáveis de Projeto; Constantes de Projeto; Cálculo de Otimização; Custo.

Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, M. G.. Otimização Estrutural de Pórticos Planos. Rio de Janeiro, 1980. Dissertação de Mestrado, PUC16.
- CORTÊS, C. F. M.. Otimização do Projeto da Superestrutura de Pontes Pré-Fabricadas pelo Método dos Algoritmos Genéticos. Rio de Janeiro, 2010. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ.
- KRIPTA, M.. Determinação do Posicionamento Ótimo em Edificações Analisadas pelo Modelo de Grelha. São Carlos, 1998. Tese de Doutorado, EESC/USP.
- MEDRANO, M. S.. Aplicações de Programação Matemática em Análise Estrutural. São Paulo, 1994. Dissertação de Mestrado, EPUSP/USP.
- SANABIO, L. M.. Análise Limite de Pórticos via Otimização. Rio de Janeiro, 1984. Dissertação de Mestrado, PUC.
- SOARES, R. C.. Otimização de Seções Transversais de Concreto Armado Sujeitos à Flexão – Aplicação a Pavimentos. São Carlos, 1997. Dissertação de Mestrado, EESC/USP,
- SOUZA, E. N.; MENDES Neto, F.. “Aplicação de Algoritmo Genético no Dimensionamento de Seções Retangulares de Concreto Armado.” In: XXII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, CD-ROM, UNICAMP, Campinas, 2001.