



OTIMIZAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS TRELIÇADAS VIA ALGORITMO GENÉTICO

Lucas Aragão Alves da Costa

Lucas Façanha de Oliveira

lucas.arags@gmail.com

lucastzu@gmail.com

Centro Universitário Christus - Unichristus

Avenida Dom Luís 911, 60160-230, Ceará, Fortaleza, Brasil

Carlos David Rodrigues Melo

cdavid_civil@hotmail.com

Universidade Federal do Ceará - UFC

Br 226, KM 3, 63700-000, Ceará, Crateús, Brasil

Resumo. Ao analisar a trajetória do desenvolvimento tecnológico da sociedade moderna, observa-se a evolução do uso de ferramentas computacionais no campo da engenharia estrutural. Tal fato se justifica pela demanda do mercado cada vez maior por projetos complexos de engenharia, a ponto de exigir muitas variáveis e hipóteses de solução a serem avaliados e calculados em tão pouco tempo, tornando-se pertinente o conhecimento e uso de novos métodos. O projeto tradicional torna-se menos viável por limitar-se apenas a experiência do engenheiro projetista e fica sujeito ao erro humano, além disso, somente uma ferramenta de análise computacional não é o suficiente para testar todas as possíveis soluções. O conceito de otimização por meio de métodos evolucionários computacionais, como os Algoritmos Genéticos, pode gerar a melhor solução de acordo com os parâmetros e restrições dados pelo projeto, este conceito tem sido bastante discutido e estudado na área de estruturas. O objetivo desde trabalho é elaborar um modelo de otimização com o intuito de minimizar o volume de aço de treliças metálicas planas, no software BIOS (Biologically inspired optimization System), cedida pela Universidade Federal do Ceará (UFC) e implementar um método de análise para os esforços das barras, utilizando o método da rigidez direta, no software supracitado. Avalia-se diversas formas de perfis para a estrutura, as restrições do modelo estão de acordo com a NBR 8800:2008, onde se averigua cargas axiais de tração e compressão, como também flambagem local e flexão dos perfis.

Palavras-chave: Otimização, Treliça Metálica, Algoritmo genético, Método da Rigidez Direta, BIOS.

CILAMCE 2017

Proceedings of the XXXVIII Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering
P.O. Faria, R.H. Lopez, L.F.F. Miguel, W.J.S. Gomes, M. Noronha (Editores), ABMEC, Florianópolis, SC,
Brazil, November 5-8, 2017.

INTRODUÇÃO

Com o acelerado ritmo do desenvolvimento tecnológico nos últimos anos, novos métodos e ferramentas computacionais surgem no campo da engenharia, tais ferramentas tornam-se um grande aliado no processo de análise e cálculo de projetos estruturais. Hoje em dia, existe uma maior exigência dos projetistas, tanto para projetos de sistemas simples como aos mais complexos, para que sejam elaborados em um menor tempo possível e que os mesmos sejam mais sustentáveis com a natureza, ou seja, minimizem gastos desnecessários com materiais.

Sem a utilização de uma boa ferramenta computacional, o projeto estrutural pode exigir muito tempo e trabalho humano em seu processo de execução, além disso, o projeto fica suscetível ao risco do erro humano. Arora (2004) afirma que a medida que cresce o número de parâmetros e variáveis de um projeto, testar e processar todas as possíveis hipóteses de solução pode ser um trabalho muito árduo e oneroso, tornando inviável tal processo e fazendo com que o profissional projetista escolha um modelo de solução já existente e usual.

Devido ao grande número de variáveis e restrições em um modelo, Goldbarg (2000) retrata a importância do auxílio da programação computacional para ampliar os limites de processamento de dados e informações de uma problematização, fazendo com que o processo de análise de uma estrutura se torne muito mais rápido e eficiente durante o seu dimensionamento.

Apesar do uso intensivo da ferramenta computacional, algumas problematizações podem ser tão complexas a ponto de exigir muitas variáveis e hipótese de soluções, mesmo que seja utilizado ferramenta computacional de análise como auxílio, testar todas as soluções possíveis apenas com estas ferramentas se torna inviável. Com este contexto que surge os modelos de otimização, que têm por finalidade testar todas as possíveis soluções com o intuito de encontrar a melhor solução para o problema. Dentre as ferramentas computacional de otimização existente atualmente, para este trabalho, utilizou-se o Algoritmo Genético dentro do programa BIOS, para otimizar estruturas metálicas treliçadas planas, onde implementou-se um modelo de otimização e uma classe que realiza análises estruturais pelo Método da Rigidez Direta

1 OTIMIZAÇÃO

Otimização pode ser resumida como o processamento de várias soluções, por meio de interações computacionais, com o objetivo de achar a melhor solução possível. Vanderplaats (1984), define o conceito de otimização como o processo de encontrar o máximo ou mínimo parâmetro de um modelo de otimização, composta por uma função objetivo, que se trata de um critério de qualidade. As soluções inviáveis serão evitadas ou descartadas por não satisfazer os critérios de restrições. Escolheu-se o Algoritmo Genético, conhecido como algoritmo evolucionário que usa modelos computacionais dos processos naturais de evolução como ferramenta para a solução do problema.

2 ALGORITMO GENÉTICO

O Algoritmo Genético é uma técnica heurística de otimização global, Linden (2012) explica que o modelo se resume basicamente na criação de uma população inicial de

indivíduos que são submetidos aos operadores genéticos: seleção, recombinação e mutação. Durante a etapa da seleção, são escolhidos os indivíduos com as melhores características para passar para a próxima geração. De forma probabilística, são escolhidos indivíduos para cruzarem entre si, repassando as melhores características para as gerações seguintes, além disso, uma taxa de mutação é aplicada aos indivíduos com o intuito de diversificar ainda mais os genes em cada geração. Após uma série de interações, a solução ótima é encontrada.

3 ESTRUTURA DO PROGRAMA

Foi utilizado um software de otimização de nome BIOS (*Biologically Inspired Optimization System*), que aplica fundamentos de otimização em algoritmos genéticos e implementado em C++. Foi implementado dentro do programa uma nova classe que realiza análises estruturais pelo Método da Rigidez Direta, juntamente com um modelo de otimização para o problema de estruturas metálicas treliçadas planas.

3.1 Variáveis

Para o programa desenvolvido, utilizou-se variáveis discretas, na forma

$$\mathbf{x} = \{Tp_1 \ P_1 \ Tp_2 \ P_2 \ \dots \ Tp_n \ P_n\} \quad (1)$$

onde Tp_i será a variável que escolherá tipo de perfil utilizado (I, C ou L), e P_i será a posição do perfil em uma lista discreta de bitolas comerciais.

O elemento da estrutura pode variar entre três tipos de perfis laminados: I, U e L, tendo sua composição de acordo com a bitola comercial selecionada.

3.2 Restrições

O dimensionamento da estrutura metálica está em conformidade com a NBR 8800:2008, onde considerou-se somente cargas axiais nos elementos, associadas ao Estado Limite Último de instabilidade por flexão e flambagem local e ao Estado Limite de Serviço por limitação do índice de esbeltez.

3.3 Função objetivo

Para o exemplo a seguir, a função objetivo trará como resultado o somatório dos volumes de cada elemento da estrutura metálica, tendo como dado de saída seu volume total de aço. A intenção do programa é minimizar este volume, tendo assim um valor de

$$fobj = \sum_{i=1}^{Nel} A_i \cdot L_i \quad (2)$$

onde Nel será o número de elementos, A será a área da seção e L o comprimento do elemento.

4 EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Foi realizado a análise e otimização de um exemplo proposto por Mauro (1998). A estrutura metálica treliçada de aço plana é composta por 3 elementos e 3 nós sobre um apoio fixo e outro móvel, com uma carga aplicada no nó 3 de 100 kN. A tensão de escoamento considerada é de 250 MN/m². Não se considerou furos nos elementos. A estrutura é isostática com ligações rotuladas.

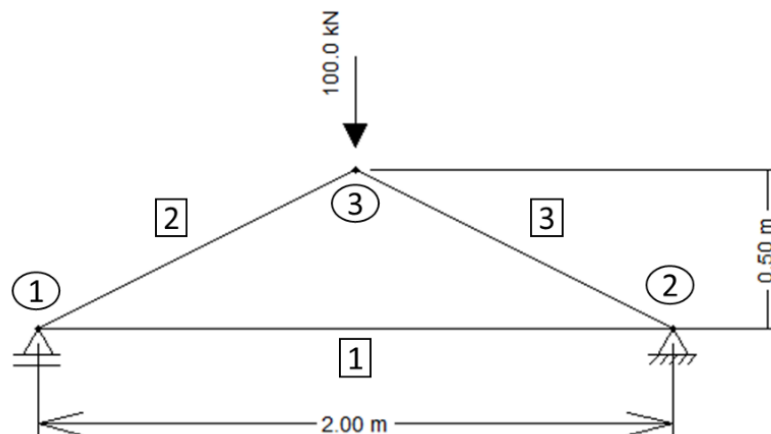


Figura 1. Treliça plana de 3 elementos e 3 nós

Os resultados obtidos pelo programa estão representados na Tab. 1. Foram realizadas 10 otimizações, com uma população inicial de 300 indivíduos com 150 gerações. O método de seleção por *ranking*. A taxa de recombinação foi de 90% e mutação de 12%. A taxa de sucesso da solução foi de 100%.

Tabela 1. Resultados finais do exemplo executado

Elemento	Perfil	Composição
1	L	1 ½" x 1 ½" x 1/4"
2	U	3" x 6.1 kg/m
3	U	3" x 6.1 kg/m
Volume de aço = 2629.66 cm ³		

Para este trabalho, comparou-se os resultados obtidos pelo Mauro (1998), Tab. 2, onde o mesmo exemplo com os mesmos parâmetros foi executado, Fig. 1. As diferenças aplicadas em cada trabalho foram os métodos de otimização utilizados e alguns parâmetros mais conservadores adotados no estudo de Mauro (1998). A norma utilizada para o estudo supracitado é de uma versão anterior a NBR 8800:2008.

Tabela 2. Resultados finais por Mauro (1998) do exemplo executado

Elemento	Perfil	Composição
1	L	2" x 2" x 3/16"
2	U	4" x 8.0 kg/m
3	U	4" x 8.0 kg/m
Volume de aço = 3174.43 cm ³		

5 CONCLUSÃO

O exemplo analisado, demonstrou um funcionamento condizente relativo a Mauro (1998), resultando em um volume de aço menor. Tal fato pode ser justificado pelo método de otimização utilizado, pelas variáveis discretas das composições dos perfis e pelas diferentes normas utilizadas neste estudo e o proposto por Mauro (1998).

Outros exemplos mais complexos com mais elementos obtiveram bons resultados, mas a falta de simetria por parte do programa implementado mostrou uma vulnerabilidade no modelo de otimização. Assim, futuras implementações e testes devem ser elaborados.

AGRADECIMENTOS

Às instituições: Centro Universitário Christus e Universidade Federal do Ceará, por possibilitarem a execução do presente trabalho. Ao Prof. Mrs. Lucas Façanha de Oliveira, pela ótima orientação e pela confiança e paciência durante a implementação e construção do programa, mesmo nos períodos de maior sobrecarga. Aos Prof. Mrs. Carlos David R. M. e Prof. Dr. Antônio Macário C. M. por todos os ensinamentos e incentivos no campo do conhecimento da otimização.

REFERENCES

- Arora, Jasbir S., 2004. *Introduction to Optimus Design*. London: Elsevier Academic Press.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 8800:2008. *Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Goldbarg, M. C., Lunar, H. P. L., 2000. *Otimização Combinatória e Programação Linear: Modelos e Algoritmos*. Rio de Janeiro: Campus.
- Linden, R., 2012. *Algoritmos Genéticos*. 3. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna.
- Mauro, P., 1998. *Otimização de Estruturas de Aço Treliçadas Planas com Variáveis Discretas*. Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Estruturas.
- Vanderplaats, G. N., 1984. *Numerical Optimization Techniques for Engineering Design*. United States of America: McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering.