
ESTUDO DO USO DA OTIMIZAÇÃO TOPOLÓGICA EM ESTRUTURAS BIDIMENSIONAIS DE CONCRETO EXECUTADAS COM FABRICAÇÃO DIGITAL DE FÔRMAS

CRUZ, Maria Clara Silva 1

Instituto Federal de Goiás, Câmpus Formosa.

VIEIRA, Agno Alves 2

Instituto Federal de Goiás, Câmpus Formosa.

Este trabalho investigou a aplicação da otimização topológica (OT), por meio do método BESO (*Bi-directional Evolutionary Structural Optimization*), em vigas bidimensionais de concreto executadas com fabricação digital de fôrmas. O objetivo central foi avaliar a viabilidade prática da redistribuição de material para redução do consumo de concreto, preservando, tanto quanto possível, o desempenho estrutural. A metodologia adotada compreendeu duas etapas principais: modelagem numérica e ensaios experimentais. Na fase numérica, empregou-se o *software FreeCAD* para modelagem geométrica e o *CalculiX* para análise estrutural via elementos finitos. A rotina BESO, obtida em repositório acadêmico, foi integrada ao processo para a geração das geometrias otimizadas. Foram simulados cinco modelos iniciais com diferentes relações vão/altura, sendo selecionadas duas configurações extremas (B1 e B5). A otimização foi conduzida até reduções de massa de 30% a 50%, sendo escolhidos os modelos com 45% de redução, compatíveis com execução manual e

complexidade geométrica adequada. Na etapa experimental, confeccionaram-se quatro modelos em concreto simples: duas vigas maciças (de referência) e duas vigas otimizadas. Devido à indisponibilidade de equipamentos para impressão 3D, as fôrmas foram executadas em isopor cortado manualmente a partir das geometrias plotadas em escala real. Os modelos foram concretados simultaneamente a corpos de prova cilíndricos e submetidos à cura úmida por 28 dias, sendo os ensaios realizados aos 34 dias. Foram conduzidos ensaios de resistência à compressão, módulo de elasticidade e ruptura por flexão em três pontos. Os resultados de compressão apresentaram resistência média de 28,4 MPa, adequada para concretos estruturais usuais, enquanto o módulo de elasticidade variou entre 26,7 e 30,2 GPa, valores compatíveis com a classe de resistência obtida. No ensaio de flexão, entretanto, verificou-se desempenho estrutural inferior das vigas otimizadas em comparação às maciças. Para o modelo B1, a viga cheia resistiu a 22.366 N, contra 8.018 N da otimizada (36% da capacidade). No modelo B5, a viga cheia atingiu 2.356 N, enquanto a otimizada resistiu a 1.508 N (64%). A ruptura ocorreu de forma frágil, sem fissuração prévia, sendo que, nas vigas otimizadas, os colapsos iniciaram-se em regiões de falhas de concretagem decorrentes da dificuldade de adensamento nas geometrias complexas. Concluiu-se que, embora a otimização topológica apresente grande potencial para a redução do consumo de concreto e para o avanço de práticas sustentáveis na construção civil, sua aplicação experimental evidenciou limitações significativas. Entre elas destacam-se: a complexidade construtiva das fôrmas, a ausência de armaduras nos modelos testados e a natureza linear do método BESO, que não considera diretamente as propriedades frágeis do concreto à tração. Assim, os resultados reforçam a necessidade de integração da OT com técnicas avançadas de fabricação digital, como a impressão 3D de fôrmas, e com o uso de armaduras adequadas, de modo a garantir desempenho estrutural compatível com aplicações práticas. O estudo contribui para a compreensão crítica dos desafios e perspectivas da otimização topológica em estruturas de concreto, abrindo caminho para investigações futuras mais robustas no campo da construção digital.

Palavras-chave

concreto 3D; otimização topológica; fabricação digital de fôrmas; método BESO.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Instituto Federal de Goiás. Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa, que viabilizou o desenvolvimento desta pesquisa.