

PROPOSTA DE EQUAÇÃO PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE VIGAS EM CONCRETO ARMADO

Milena Miranda Florentin, Luan Matheus Moreira

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul – Aquidauana - MS

milena.florentin@estudante.ifms.edu.br, luan.moreira@ifms.edu.br

Resumo

Esta pesquisa aborda a proposição de uma equação inovadora através do uso da regressão para pré-dimensionamento de vigas em concreto armado. Para tal, foi utilizado um banco de dados composto por 63 vigas com características distintas, que foram dimensionadas a partir de um processo de otimização. As equações propostas oferecem uma ferramenta prática, permitindo estimar a altura ideal das vigas de forma otimizada, economizando tempo e recursos durante a fase de projeto. Além disso, enfatiza-se a importância da validação das soluções obtidas por meio dessa equação, garantindo a segurança e a adequação estrutural. Este estudo contribui para o avanço da prática de projetos estruturais, promovendo a eficiência no projeto de vigas em concreto armado.

Palavras-chave: Concreto armado. Regressão. Armadura simples. Armadura dupla.

Introdução

No campo da engenharia civil, o dimensionamento adequado de elementos estruturais, como vigas em concreto armado é fundamental para garantir a segurança, a eficiência e a economia de recursos.

A otimização se destaca na matemática como um campo de estudo de problemas, geralmente práticos, que visam minimizar ou maximizar uma função por meio de definições de variáveis e restrições associadas. A construção de modelos, permite a identificação numérica de melhores índices de desempenho, que possam auxiliar na tomada de decisões, por meio da definição de uma solução ótima, atendendo suas restrições (Spazzapan, 2018).

Como aponta Melo (2013) ao se iniciar um projeto estrutural apresentando um projeto arquitetônico é impossível utilizar uma única equação para dimensionar uma estrutura, já que levando em consideração que cada peça terá variação devido a solicitação e restrição aos esforços, a sua geometria, a escolha dos apoios. Utilizando a teoria do cálculo estrutural com casos aplicados, na prática foram geradas fórmulas simplificadas para o desenvolvimento do trabalho, no qual posteriormente busca validar o pré-dimensionamento teórico com valores reais para o estudo de caso e comparar os resultados. Com a comparação dos resultados pode-se observar que seguindo as normas, as fórmulas apresentadas no pré-dimensionamento precisaram ser ajustadas e comparadas à estrutura existente, assim podendo melhorar

as fórmulas presentes no cálculo estrutural, assim facilitando o entendimento para iniciantes na área.

Considerando-se o contexto da literatura apresentada, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver uma equação simplificada voltada ao pré-dimensionamento de vigas em concreto armado, considerando-se o dimensionamento em armaduras simples e dupla (Estado Limite Último - ELU), assim como a verificação de deformação excessiva (Estado Limite de Serviço - ELS).

Com isso, pode-se contribuir com a prática da concepção de projetos estruturais ao oferecer um meio para o pré-dimensionamento incorporando-se critérios de segurança, desempenho e economia.

Metodologia

Esta pesquisa tem uma abordagem quantitativa, onde utiliza-se de procedimentos estatísticos para a produção de dados primários através do uso da regressão para proposição da equação para pré-dimensionamento.

O banco de dados produzido é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados das amostras otimizadas

fck (kN/cm ²)	pk (kN/cm)	l (cm)	h - otimizado (cm)
2	0,018	200	20,00
2	0,068	200	20,00
2	0,109	200	20,47
2	0,018	300	20,00
2	0,068	300	25,57
2	0,109	300	30,36
2	0,018	400	20,00
2	0,068	400	33,96
2	0,109	400	40,22
2	0,018	500	24,79
2	0,068	500	42,35
2	0,109	500	50,07
2	0,018	600	29,75
2	0,068	600	50,73
2	0,109	600	59,52
2	0,018	700	34,71
2	0,068	700	59,11
2	0,109	700	69,78
2	0,018	800	39,68
2	0,068	800	67,50
2	0,109	800	79,63

3,5	0,018	200	20,00
3,5	0,068	200	20,00
3,5	0,109	200	20,00
3,5	0,018	300	20,00
3,5	0,068	300	22,26
3,5	0,109	300	26,77
3,5	0,018	400	20,00
3,5	0,068	400	29,62
3,5	0,109	400	35,55
3,5	0,018	500	21,28
3,5	0,068	500	36,97
3,5	0,109	500	44,32
3,5	0,018	600	25,56
3,5	0,068	600	44,32
3,5	0,109	600	53,08
3,5	0,018	700	29,83
3,5	0,068	700	51,67
3,5	0,109	700	64,85
3,5	0,018	800	34,11
3,5	0,068	800	59,02
3,5	0,109	800	70,62
5	0,018	200	20,00
5	0,068	200	20,00
5	0,109	200	20,00
5	0,018	300	20,00
5	0,068	300	20,27
5	0,109	300	24,51
5	0,018	400	20,00
5	0,068	400	27,00
5	0,109	400	32,58
5	0,018	500	20,00
5	0,068	500	33,71
5	0,109	500	40,69
5	0,018	600	23,12
5	0,068	600	40,43
5	0,109	600	48,70
5	0,018	700	27,00
5	0,068	700	47,15
5	0,109	700	56,76
5	0,018	800	30,88
5	0,068	800	53,85
5	0,109	800	64,82

Regressão Linear Múltipla

De acordo com Chapra (2011, p.396), a regressão linear múltipla é uma técnica estatística usada para modelar a relação entre uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. A regressão linear múltipla permite quantificar como as variáveis independentes influenciam a variável dependente e como elas interagem entre si. O objetivo da regressão linear múltipla é encontrar uma equação que represente a relação linear entre as variáveis.

Essa equação é expressa na forma de uma função linear, onde a variável dependente é estimada como uma combinação linear ponderada das variáveis independentes, adicionada a um termo de erro.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + e \quad (4.1)$$

Resultados e Discussão

A partir do conjunto de dados, foram realizadas duas regressões: (i) linear múltipla (Tabela 2), considerando-se a altura estimada como variável dependente e as demais como variáveis independentes; e (ii) linear simples (Tabela 3), considerando-se a altura estimada como variável dependente e apenas o vão teórico da viga como variável independente.

Tabela 2. Resumo da regressão linear múltipla

R ² ajustado da regressão	0,86			
Erro padrão da regressão	6,03			
	Coeficientes	Erro padrão	Teste t	Valor p
Intersecção	-1,03	3,27	-0,32	0,75
Resistência característica do concreto	-2,33	0,62	-3,75	0,000403*
Carregamento distribuído	229,14	20,53	11,16	3,56e-16*
Vão teórico da viga	0,061	0,0038	16,05	3,41e-23*
<i>p < 0,05 □ estatisticamente significativo*</i>				

De acordo com os resultados obtidos pelo modelo elaborado, o mesmo explica 86% da variação dos dados e todas as variáveis independentes mostraram estatisticamente significativas. Assim, o modelo pode ser utilizado como uma equação para o pré-dimensionamento de vigas em concreto armado, conforme a Equação 1.

$$h = -1,03 - 2,33 \cdot fck + 229,14 \cdot pk + 0,061 \cdot l \quad (1)$$

Tabela 3. Resumo da regressão linear simples

R ² ajustado da regressão	0,56			
Erro padrão da regressão	10,86			
	Coeficiente s	Erro padrão	Teste t	Valor p
Intersecção	5,68	3,69	1,54	0,13
Vão teórico da viga	0,061	0,0068	8,92	1,19e-12*
<i>p < 0,05 □ estatisticamente significativo*</i>				

De acordo com os resultados obtidos pelo modelo elaborado, o mesmo explica 56% da variação dos dados (menor confiabilidade do que o modelo anterior) e a variável independente mostrou-se estatisticamente significativa. Assim, o modelo também pode ser utilizado como uma equação para o pré-dimensionamento de vigas em concreto armado, conforme a Equação 2.

$$h = 5,68 + 0,061 \cdot l \quad (2)$$

Dada a simplicidade do segundo modelo, optou-se por compará-lo com outras duas opções existentes na literatura com o intuito de validá-lo como opção para o pré-dimensionamento de vigas em concreto armado. Na Tabela 4 apresentam-se o desvio padrão das diferenças entre valores observados e otimizados (i. e., resíduos) como indicador de confiabilidade.

Tabela 4. Comparação entre modelos para pré-dimensionamento de vigas biapoiadas em concreto armado.

	$h = 5,68 + 0,061 \cdot l_0$		$h = \frac{l_0}{13,2}$
Desvio padrão dos resíduos	10,78		11,18
	$h = \frac{l_0}{12}$	$h = \frac{l_0}{11}$	$h = \frac{l_0}{10}$
Desvio padrão dos resíduos	11,68	12,35	13,34

Considerações Finais

Os resultados obtidos a partir do banco de dados foram utilizados para a elaboração de dois modelos de regressão (linear e múltipla) que culminaram em duas equações para o pré-dimensionamento de vigas em concreto armado (equações 1 e 2). A segunda equação, que contém apenas uma variável independente (vão teórico da viga), apresentou resultados de maior confiabilidade quando comparados às equações de pré-dimensionamento utilizadas usualmente na prática de projetos estruturais.

Portanto, esta pesquisa contribui para o campo da engenharia de estruturas quanto a sua dimensão prática e será útil para projetistas de estruturas que lidam com a tomada de decisão quanto ao pré-dimensionamento de vigas em concreto armado.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os envolvidos, desde meu orientador até minha colega de pesquisa, por toda colaboração, orientação e apoio ao longo deste projeto. Esta experiência foi enriquecedora e transformadora para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- DE ARAÚJO, José Milton. **Curso de concreto armado**. Editora Dunas, 2003
- CHAPRA, S. C. **Métodos numéricos para engenharia**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.
- MELO, P. R. **Pré-dimensionamento de estruturas de madeira, de aço e de concreto para auxílio à concepção de projetos arquitetônicos**. 2013. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.
- SPAZZAPAN, Aline Alves. **Otimização de vigas retangulares de concreto armado**. 2018. 84 f. Trabalho de Conclusão Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2018.