

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO ADOBE POR MEIO DE ELEMENTOS FINITOS

RÔMULO MARÇAL GANDIA¹, WISNER COIMBRA DE PAULA², FRANCISCO CARLOS GOMES³, EDNILTON TAVARES DE ANDRADE⁴, ANDREA APARECIDA RIBEIRO CORRÊA⁵, PEDRO JOSÉ AGUADO RODRIGUEZ⁶

¹PhD student, Federal University of Lavras (Brazil), Agricultural engineering Department, (35) 988822405, romagandia@gmail.com

²Professor, Federal University of Lavras (Brazil), Engineering Department, wisner.depaula@ufla.br

³Professor, Federal University of Lavras (Brazil), Agricultural engineering Department, fcgomes@deg.ufla.br

⁴Professor, Federal University of Lavras (Brazil), Agricultural engineering Department, edniltontavares@gmail.com

⁵Professor, Federal University of Lavras (Brazil), Engineering Department, andrea.rcorrea@deg.ufla.br

⁶Professor, University of León (Spain), Agricultural engineering Department, pedro.aguado@unileon.es

Apresentado no
XLIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2020
23 a 25 de novembro de 2020 - Congresso On-line

RESUMO: Este estudo teve como objetivo desenvolver um modelo matemático capaz de simular numericamente o ensaio de resistência à compressão de adobes. O método dos elementos finitos, com análise tridimensional, foi utilizado. A interface foi incluída no modelo para representação dos planos de maior influência. Para validar o modelo foi estudado o adobe tradicional (solo corrigido com areia). Comparou-se os resultados obtidos pelo programa com os resultados experimentais. Como entrada no modelo foram utilizados os parâmetros encontrados no experimento e na literatura. Para resistência à compressão até a ruptura do adobe os valores obtidos para o modelo experimental e para simulação foram de $1,22 \pm 0,21$ e $1,26$ MPa, respectivamente. Para a deformação encontrou-se $3,74 \pm 1,19$ e $3,88$ mm, respectivamente para o modelo experimental e pela simulação. Ambos os valores simulados encontram na faixa dos valores experimentais. Os erros experimentais foram: 3,17 e 3,61% para resistência à compressão e deformação respectivamente. Assim, pode-se concluir que a simulação numérica do adobe quanto a resistência à compressão por meio do método de elementos finitos apresentou resultados satisfatórios, podendo ser utilizada para outras aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: materiais não convencionais, simulação numérica, resistência à compressão.

ANALYSIS OF ADOBE MECHANICAL PROPERTIES USING NUMERICAL SIMULATION

ABSTRACT: This study aimed to develop a mathematical model able to numerically simulate the adobes compressive strength test. The finite element method, with three-dimensional analysis, was used. The interface was included in the model for representing the most influential plans. To validate the model the traditional adobe was studied (soil with sand). The results obtained by the program were compared with the experimental results. As input to the model were used the parameters found in the experiment and in the literature. For compressive strength until to adobe rupture the values obtained for the experimental model and for simulation were 1.22 ± 0.21 and 1.26 MPa, respectively. For deformation was found 3.74 ± 1.19 and 3.88 mm, respectively, for the experimental model and by simulation. Both simulated values are in the range of experimental values. The experimental errors were: 3.17 and 3.61% for compressive strength and deformation respectively. Thus, it can be concluded that the numerical simulation for the compressive strength of the adobe using the finite element method presented satisfactory results and could be used for other applications.

KEYWORDS: non-conventional materials, numerical simulation, compressive strength.

INTRODUÇÃO: A construção com terra é milenar e atual em diversos países. O adobe é um material extraordinário devido a sua facilidade na produção diante da preocupação energética e recursos renováveis. Considerado como material sustentável, reciclável e reutilizável, o adobe, ainda pode ser produzido no próprio local da obra, sem desperdício. Quanto ao gasto energético, o adobe, apresenta resultados inferiores em comparação aos tradicionais materiais cerâmicos para vedação (GANDIA et al, 2018). A produção demanda até 60 vezes menos gasto com água, quando comparado aos materiais cerâmicos (CORRÊA et al., 2015). A simulação por elementos finitos está sendo muito empregada para materiais e modelos de construções onde é possível encontrar falhas e fazer uma previsão para correção do material. EL Semelawy, Damathy e Soliman (2017) desenvolveram um novo sistema de parede pré moldada possibilitando o estudo das falhas utilizando simulações numéricas. Por se tratar de um material com baixo gasto energético, fácil confecção e pela necessidade e economia de tempo para verificação dos esforços mecânicos o objetivo deste trabalho é comparar o comportamento mecânico do adobe em análises mecânicas usando a simulação numérica por meio dos elementos finitos.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi dividido em duas etapas: etapa experimental e simulação numérica do experimento. Posteriormente foi comparado os resultados das duas etapas para validação do experimento.

Ensaio experimental

O adobe foi produzido seguindo os critérios das normas e de diversos autores e recomendações. O solo foi previamente preparado e feita todas as análises cabíveis para o projeto. Para o ensaio experimental foram coletadas 16 amostras dos adobes. De cada amostra de adobe foi coletada 2 amostras seguindo a norma brasileira (em processo de tramitação) para produção e ensaio de resistência à compressão. Todas as amostras foram medidas nas três dimensões e calculados suas áreas. Após o ensaio foi encontrado a força máxima aplicada até sua ruptura e sua deformação logo antes de romper.

Simulação numérica do experimento

Para validação do ensaio experimental foi criado o material adobe no software de análises finitas Ansys versão 18.2 Student. As propriedades do componente adobem (Tabela 1) foram necessárias caracterização desse material. A densidade, força máxima de compressão e módulo de Young foi utilizado do próprio modelo experimental. O coeficiente de Poisson, modulo de cisalhamento e módulo de massa foram encontrados na literatura e no acervo do próprio software. Foi gerado um cubo no software com lados 74,38 por 74,17 mm e uma altura de 79,71 mm, referente as médias das amostras experimentais dos adobes. Foi gerado uma malha (Figura 1) de tamanho médio por se tratar de uma peça simples. Para simular o ensaio experimental, a superfície inferior da peça foi fixada e na parte superior foi aplicado uma força distribuída no valor 6679,5 N, sendo a força média do ponto de ruptura do ensaio experimental.

TABELA 1. Propriedades utilizadas no programa para ensaios numéricos.

Propriedade	Valor	Unidade
Densidade	1,619	g cm^{-3}
Força máxima de compressão	1,390	MPa
Módulo de Young	12804,000	MPa
Coefficiente de Poisson	0,279	-
Módulo de cisalhamento	0,500	MPa
Módulo de massa	0,966	MPa

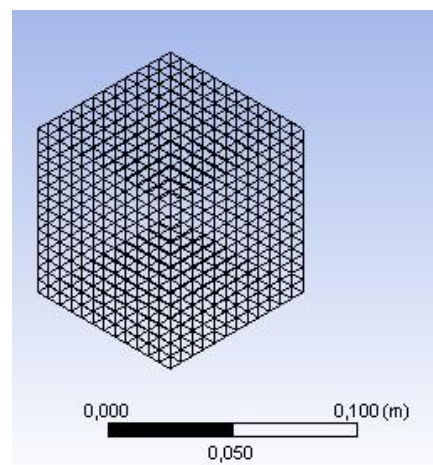


FIGURA 1. Malha da amostra de adobe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os resultados experimentais das amostras de adobes para ensaio de resistência à compressão e a deformação a serem comparados com a simulação numérica estão apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Dados do experimental das amostras de adobes para ensaio de compressão.

Amostra	Altura (mm)	Lado A (mm)	Lado B (mm)	Área (mm ²)	Força máx (N)	σ max (MPa)	Deformação (mm)
1	81,26	67,13	73,4	4927,342	6510	1,3212	3,9820
2	80,31	74,56	70,6	5263,936	6711	1,2749	4,9990
3	80,63	76,38	75,45	5762,871	7335	1,2728	4,0075
4	79,89	73,61	68,14	5015,785	7923	1,5796	4,6762
5	79,89	69,95	78,1	5463,095	5691	1,0417	4,2462
6	79,96	73,29	73,33	5374,356	7970	1,4830	2,1337
7	78,82	70,25	69,74	4899,235	5742	1,1720	1,7557
8	80,21	77,25	75,93	5865,593	5421	0,9242	5,0437
9	80,16	76,42	84,6	6465,132	8298	1,2835	4,7250
10	79,13	79,54	78,52	6245,481	6312	1,0107	1,9312
11	80,15	73,24	72,84	5334,802	8160	1,5296	7,6837
12	80,13	73,55	72,25	5313,988	8643	1,6265	1,0575
13	78,11	78,12	81,45	6362,874	5222	0,8207	3,3975
14	78,89	81,86	69,38	5679,447	5281	0,9298	3,1337
15	80,15	72,49	68,08	4935,119	4870	0,9868	3,2837
16	78,36	72,08	74,87	5396,63	6783	1,2569	3,8270
Médias	79,7531	74,3575	74,1675	5519,105	6679,5	1,219616	3,7427063
Desvio padrão	0,68195	2,95344	3,71844	408,3457	1048,38	0,206422	1,188243

A Figura 2 mostra o ensaio de resistência à compressão realizados pela máquina universal EMIC das amostras dos adobes. As Figuras 3 e 4 mostram o processo de experimentação numérica feito modelado no software respectivamente para o para a compressão e deformação das amostras de adobe. Na Figura 3 é possível ver as regiões que mais sofreram quanto à força aplicada na superfície superior da peça. Nota-se que as arestas inferiores foram as regiões de máxima força. Pelo corte na transversal é possível observar que a região no centro da peça na parte superior foi a região que sofreu um estresse intermediário.

FIGURA 2. Ensaio de compressão na máquina EMIC.

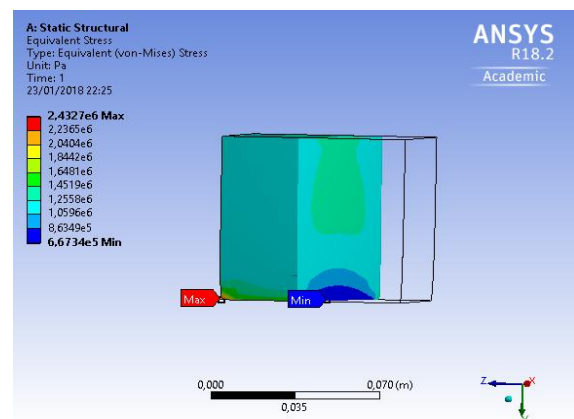


FIGURA 3. Análise número pelo stress equivalente (von-mises).

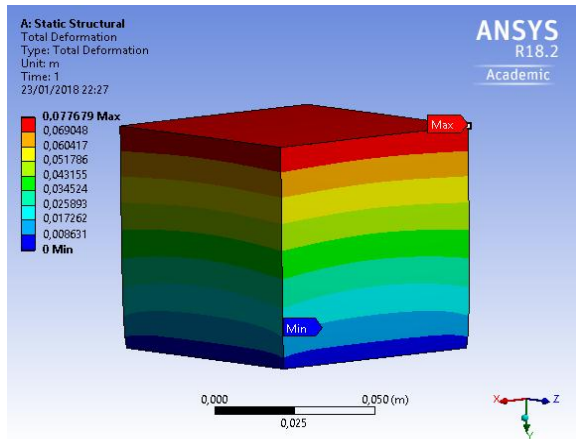


FIGURA 4. Deformação total da amostra de adobe.

Na legenda da Figura 3 é possível observar que a distribuição de forças que mais atuam na peça pela coloração variam de 1,0596 MPa até 1,4519 MPa, sendo a média desse intervalo é 1,2557 MPa correspondente a 1,26 Mpa, valor correspondendo à média experimental e seu intervalo de variação de $1,22 \pm 0,21$ MPa. O erro experimental para esse modelo foi de 3,17 %, sendo um erro relativamente baixo. Para a deformação, nota-se que a média experimental das amostras (Figura 4) de adobes é $3,7427063 \pm 1,19$ mm. Na simulação a média de deformação encontrada é de 0,038848 m referente a 3,8848 mm, sendo um valor dentro da faixa de deformação experimental. O erro calculado para a deformação foi 3,88%, também apresentando um erro relativamente baixo.

CONCLUSÕES: Os valores experimentais da força máxima de ruptura e deformação são correlativos com os valores da simulação numérica. Portanto é possível e viável a utilização numérica por elementos finitos dentro da engenharia em análises comparativas de materiais.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem as agências de financiamento: Capes, CNPq, Fapemig.

REFERÊNCIAS:

- Corrêa, A. A. R., et al. Incorporation of bamboo particles and “synthetic termite saliva” in adobes. **Construction and Building Materials**, 2015, 98: 250-256.
- EL SEMELAWY, M.; EL DAMATHY, A.; SOLIMAN, A. M. R. Finito-element analysis of anchor-jointed precast structural wall system. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Building**, 2017, 170: 543-554.
- Gandia, R. M., Gomes, F. C., Corrêa, A. A., Rodrigues, M. C., & Marin, D. B. (2019a). PHYSICAL, MECHANICAL AND THERMAL BEHAVIOUR OF ADOBE STABILIZED WITH THE SLUDGE OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS. *Engenharia Agrícola*, 39(6), 684-697.
- Gandia, R. M., Gomes, F. C., Corrêa, A. A., Rodrigues, M. C., & Marin, D. B. (2019b). PHYSICAL, MECHANICAL AND THERMAL BEHAVIOUR OF ADOBE STABILIZED WITH THE SLUDGE OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS. *Engenharia Agrícola*, 39(6), 684-697.
- Gandia, R. M., Gomes, F. C., Corrêa, A. A. R., Rodrigues, M. C., & Mendes, R. F. (2019c). Physical, mechanical and thermal behavior of adobe stabilized with glass fiber reinforced polymer waste. *Construction and Building Materials*, 222, 168-182.
- Gandia, R. M., et al. ENERGY COSTS COMPARISON OF MASONRY MADE FROM