XXI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
14 a 16 de outubro de 2026 | Goiânia-Brasil
DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8832

Abobadilhas digitalmente projetadas e o contexto brasileiro

Digitally designed timbrel vaults and the Brazilian context

Enzo Aguiar Della Penna
Universidade de Brasília| Brasília| Brasil | 190127864@aluno.unb.br
Erica Mitie Umakoshi Kuniochi
Universidade de Brasília| Brasília | Brasil | eumakoshi@unb.br

Resumo

O objetivo deste artigo é avaliar a viabilidade técnica da associação entre o projeto digital e as abobadilhas — abóbadas catalãs de tijoleira — como alternativa sustentável para o contexto brasileiro, considerando seus benefícios ambientais, construtivos e estéticos. A metodologia compreende: revisão dos fundamentos estruturais baseados na análise limite (linha de pressão); apresentação dos métodos digitais de *form-finding* (*Thrust Network Analysis* e o *software* RhinoVAULT); e análise de um caso construído internacionalmente. Demonstra-se que a técnica dispensa cimbramento, reduz o consumo de material, apresenta baixo impacto ambiental, possibilita grande liberdade formal e que a mão de obra pode ser treinada em poucos dias.

Palavras-chave: Abobadilha. Abóbada Catalã. *Form-finding*.

Abstract

The objective of this paper is to evaluate the technical feasibility of associating digital design with timbrel vaults — Catalan vaults — as a sustainable alternative for the Brazilian context, considering its environmental, constructive, and aesthetic benefits. The methodology comprises: a review of structural fundamentals based on limit analysis (thrust line); a presentation of digital form-finding methods (Thrust Network Analysis and the RhinoVAULT software); and the analysis of an international case study. It is demonstrated that the technique eliminates the need for formwork, reduces material consumption, presents low environmental impact, enables great formal freedom, and that the workforce can be trained in a few days.

Keywords: Timbrel vault. Catalan Vault. Form-finding.

DOI: https://doi.org/10.46421/entac.v21i1.8832

INTRODUÇÃO

Num contexto de crescente pressão sobre a indústria da construção para redução do impacto ambiental e de rápida expansão das ferramentas digitais (como modelagem paramétrica, análise estrutural computacional e integração BIM) observa-se um renovado interesse por técnicas construtivas históricas reinterpretadas à luz de novas demandas e possibilidades tecnológicas. Ainda assim, métodos que envolvem o desempenho estrutural, sobretudo quando se afastam dos sistemas convencionais amplamente difundidos, são frequentemente recebidos com desconfiança por projetistas, construtores e órgãos fiscalizadores [1][2]. As abobadilhas — abóbadas construídas com tijolos cerâmicos de pequena espessura (tijoleiras), assentadas em camadas delgadas com argamassa de pega rápida — constituem um exemplo notável de técnica histórica de reduzido impacto ambiental que vem sendo progressivamente reavaliada [2][3]. Originária do sul da Península Ibérica, com raízes no período de Al-Andalus (século XI), a técnica difundiu-se por toda a bacia do Mediterrâneo e foi levada aos Estados Unidos por Rafael Guastavino no final do século XIX onde atingiu seu apogeu e declínio [1][2][4].

A construção das abobadilhas dispensa completamente o uso de cimbramento, uma vez que a argamassa de pega rápida garante a aderência imediata de cada tijolo aos já assentados, permitindo que a estrutura se sustente durante a própria execução. Essa característica, aliada à elevada esbeltez das abóbadas resulta em significativa economia de material e redução de resíduos. A dispensa de fôrmas acelera a construção, reduz custos e permite que uma única equipe execute toda a obra [2][3][1]. Do ponto de vista estrutural, as tensões de compressão em abobadilhas são relativamente baixas, sendo improvável que falhem por capacidade inadequada do material; a segurança, portanto, depende da estabilidade da estrutura (ou seja, da manutenção da linha de pressão contida na espessura), e não apenas da resistência do material em si [5]. A resistência dessas estruturas depende fundamentalmente de sua forma geométrica, e não da resistência bruta do material [6].

Do ponto de vista da formação profissional, evidências empíricas demonstram que a mão de obra pode ser treinada em curto período. Projetos como o Mapungubwe Interpretive Centre, na África do Sul, empregaram mão de obra local desempregada na produção de tijolos e na construção das abóbadas [7]. Além das vantagens ambientais e construtivas, as abobadilhas possibilitam grande variedade formal, permitindo a criação de superfícies curvas e geometrias complexas que superam a rigidez dos sistemas convencionais de lajes e coberturas [8][9].

O recente avanço das ferramentas digitais de projeto tem ampliado ainda mais as possibilidades de aplicação prática dessa técnica. O método da *Thrust Network Analysis* (TNA), desenvolvido por Block e Ochsendorf (2007), estende os princípios da estática gráfica para o ambiente tridimensional, permitindo a geração de geometrias funiculares que operam exclusivamente em compressão sob cargas gravitacionais (Block, 2009). Sua implementação no software RhinoVAULT, desenvolvida por Rippmann, Lachauer e Block (2012), permite ao projetista verificar interativamente a posição da linha de pressão dentro da espessura da abóbada por meio de diagramas recíprocos de forma e força [10][11]. A combinação entre a análise de equilíbrio proporcionada pela TNA e a verificação da estabilidade — em oposição aos métodos elásticos convencionais, inadequados para materiais descontínuos e fissuráveis como a alvenaria — permite projetar abobadilhas com segurança e precisão antes

inatingíveis [2][5]. Dessa forma, as abobadilhas deixam de ser investigadas apenas como herança técnica para se afirmarem como alternativa viável no contexto atual, particularmente em cenários que demandam redução de material, otimização de processos construtivos, ampliação do repertório formal da arquitetura e capacitação rápida de mão de obra. Este artigo discute os fundamentos estruturais da técnica, apresenta as possibilidades abertas pelo projeto digital e analisa exemplos construídos, contribuindo para o debate sobre a transformação digital e a sustentabilidade do ambiente construído no Brasil.

MÉTODO

O presente artigo constitui uma revisão crítica da literatura e análise de um caso construído. A pesquisa foi estruturada em três etapas: (1) revisão bibliográfica sobre os fundamentos estruturais das abobadilhas (análise limite, linha de pressão), as ferramentas digitais de *form-finding* (*Thrust Network Analysis, RhinoVAULT*) e as evidências de treinamento rápido de mão de obra; (2) exame das funcionalidades e dos limites das ferramentas digitais com base em documentação técnica e publicações acadêmicas; (3) análise de um caso construído que integra projeto digital e abobadilhas: *Mapungubwe Interpretive Centre* (África do Sul, 2009). A análise focalizou o processo de projeto digital, as soluções construtivas e as lições para a possível aplicação no Brasil.

FUNDAMENTOS ESTRUTURAIS E CONSTRUTIVOS

As abobadilhas pertencem à família das estruturas em alvenaria não armada, nas quais a resistência à tração é desprezível e a segurança não se mede somente pela capacidade do material, mas pela estabilidade geométrica do conjunto [12]. O conceito fundamental que rege esse comportamento é a linha de pressão — a trajetória das forças de compressão resultantes no interior da espessura da abóbada. Para que a estrutura seja estável, essa linha deve permanecer contida na seção transversal; quando ultrapassa os limites, surgem tensões de tração que a alvenaria não pode absorver, levando à formação de rótulas e, em última instância, ao colapso [2]. Essa lógica, formalizada pela análise limite das estruturas de alvenaria, demonstra que a segurança não depende da resistência bruta do tijolo ou da argamassa – geralmente muito superiores às tensões atuantes –, mas sim da forma da abóbada e da correta verificação do equilíbrio [5][6].

A construção das abobadilhas utiliza tijolos cerâmicos de pequena espessura (tradicionalmente chamados de tijoleiras), assentados em múltiplas camadas sobrepostas com argamassa de pega rápida [1][2][3]. A primeira camada é executada com gesso ou cimento de alta presa, cuja aderência instantânea dispensa completamente o uso de cimbramento ou fôrmas: cada tijolo, ao ser assentado, cola-se imediatamente aos já posicionados, permitindo que a estrutura se sustente durante a própria execução [1]. As camadas seguintes, denominadas “dobrado”, são assentadas com argamassas convencionais (cal e areia, ou cimento Portland), com as

juntas desencontradas em relação à camada inferior, o que aumenta a rigidez e a capacidade de distribuição de tensões [3]. Em projetos contemporâneos, como o *Mapungubwe Interpretive Centre* e o pavilhão Bricktopia, o gesso ou o cimento de pega rápida são mantidos exclusivamente na primeira camada, enquanto as demais utilizam cimento Portland ou cal hidráulica (como ilustrado na figura 1), assegurando durabilidade e resistência [7][9].

Figura 1: Construtores executando abobadilha do Mapungubwe Interpretive Centre



Nota: É possível identificar as diferentes camadas sendo a inferior executada com argamassa diferenciada além da ausência de cimbramento. Fonte: Peter Rich Architects.

Um dos pontos frequentemente mal compreendidos é a questão do empuxo horizontal. Ao contrário do que sugeriram algumas interpretações históricas, as abobadilhas geram sim empuxo horizontal, embora de menor magnitude devido à sua leveza; esse empuxo deve ser equilibrado por paredes transversais, contrafortes ou tirantes metálicos, conforme já demonstrado nos tratados do século XVII [2]. A resistência da estrutura é amplificada quando se utilizam superfícies de dupla curvatura (como cúpulas e abóbadas de canto de claustro), pois as forças de compressão se distribuem em duas direções, aumentando a estabilidade e permitindo vãos ainda maiores com espessuras mínimas [3][6]. Do ponto de vista da aplicabilidade prática, evidências empíricas mostram que a mão de obra pode ser treinada em curto

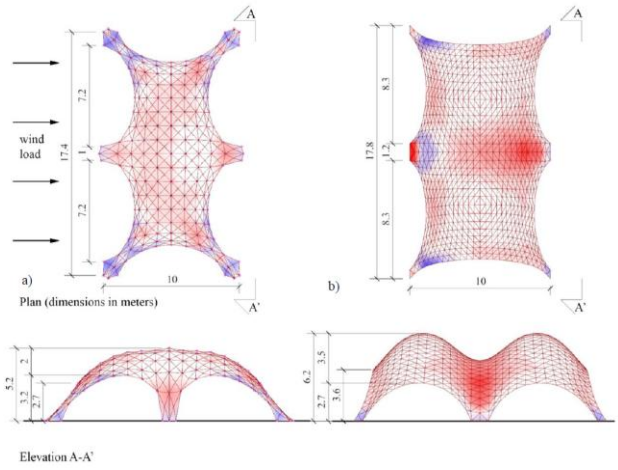
período: cursos promovidos pelo Taller de Bóvedas capacitam arquitetos, engenheiros e pedreiros em workshops de três a cinco dias [1]; o Mapungubwe Centre, por exemplo, empregou com sucesso trabalhadores locais desempregados na produção de tijolos e na construção das abóbadas.

PROJETAÇÃO DIGITAL E *FORM-FINDING*

A etapa de concepção digital de abobadilhas exige métodos que respeitem sua lógica estrutural intrínseca: a estabilidade é garantida pela linha de pressão contida na espessura, atuando sob compressão pura. Para transcender formas geométricas simples e projetar superfícies de dupla curvatura de forma livre, o diferencial metodológico reside no form-finding: processo no qual a geometria deriva da distribuição ideal de esforços internos, e não de uma imposição arbitrária.

Duas famílias principais de métodos têm sido empregadas: a *Thrust Network Analysis* (TNA) e os Sistemas de Partículas-Molas (PSS). A TNA, desenvolvida no MIT [13][14], estende os princípios da estática gráfica para redes tridimensionais, gerando geometrias funiculares que operam exclusivamente em compressão sob cargas gravitacionais. Os PSS (como o *plugin Kangaroo*), originalmente concebidos para animação, buscam um equilíbrio dinâmico genérico que pode incluir trações, exigindo pós-processamento manual para eliminar zonas tracionadas em estruturas de alvenaria.

Figura 2: Formas geradas através de TNA (RhinoVault) (à esquerda) e PSS (Kangoroo) (à direita)



Nota: Fonte: M. Contestabile, AN INVESTIGATION OF ALTERNATIVE FORM-FINDING METHODS FOR FREE-FORM MASONRY SHELLS.

Estudos comparativos [15] demonstram a superioridade da TNA para cascas de alvenaria: as geometrias geradas chegam a utilizar até 40% menos massa do que as geradas por PSS, apresentando tensões menores e variações de curvatura mais suaves. O RhinoVAULT consolidou-se como a principal implementação computacional da TNA. Apesar de eficiente, sua dependência do software comercial Rhinoceros representa uma barreira de custo no cenário de ensino e prática de pequenos escritórios no Brasil.

Iniciativas recentes buscam mitigar essa limitação, destacando-se o ecossistema *open-source* COMPAS Masonry e seu módulo específico compas_tna [16], que prometem democratizar o acesso ao *form-finding* de alvenarias não armadas.

CASO CONTEMPORÂNEO: MAGPUNGUBWE INTERPRETATON CENTRE

O Mapungubwe Interpretation Centre, na África do Sul (2009), foi projetado por Peter Rich Architects com consultoria de John Ochsendorf e Michael Ramage. O projeto recebeu o prêmio World Building of the Year (2009) e o David Alsop Sustainability Award. Composto por dez abóbadas de forma livre, o edifício integra-se à paisagem rochosa, e sua geometria deriva de análise rigorosa da linha de pressão para garantir compressão pura [7].

Figura 3: Exterior finalizado do Mapungubwe Interpretive Centre (à esquerda) e interior (à direita)



Fonte: Peter Rich Architects.

A construção utilizou a técnica das abobadilhas, substituindo tijolos cerâmicos por tijolos de terra-cimento produzidos localmente com prensa manual — cerca de 200 mil a 300 mil tijoleiras fabricadas por moradores da região [17]. A argamassa de gesso de pega rápida dispensou cimbramento, e a estrutura se sustenta durante a execução [7]. Mulheres foram treinadas na produção dos tijolos e homens no assentamento das abóbadas. Trabalhadores anteriormente desempregados adquiriram habilidades transferíveis, e tijolos remanescentes foram usados para construir suas próprias casas [17][18][19].

A maior abóbada tem vão livre (figura 4) de 14,5 m com apenas 300 mm de espessura [7]. As tensões de compressão são baixas (cerca de 1,5 MPa), confirmando que a segurança depende da estabilidade geométrica, não da resistência do material [5]. O projeto utilizou *form-finding* por análise de equilíbrio, e modelos digitais foram traduzidos em guias simples de construção [7].

Figura 4: Maior vão do Mapungubwe Interpretive Centre sendo construído (à esquerda) e interior finalizado (à direita)



Fonte: Peter Rich Architects.

Embora eficiente, as abóbadas apresentaram fissuração nas aberturas. Dessa forma, ressalta-se que é preciso evitar mudanças bruscas de curvatura, permitir livre movimentação térmica e adotar formato catenário para aberturas na base [20]. O caso demonstra a viabilidade da integração entre projeto digital e abobadilhas, servindo como modelo para o Brasil: uso de materiais locais, treinamento rápido de mão de obra e redução de resíduos – alinhado à transformação digital do ambiente construído.

O estudo de caso do Mapungubwe Interpretation Centre demonstrou que a integração entre projeto digital, materiais locais de baixo carbono e treinamento rápido de mão de obra (incluindo trabalhadores desempregados) é perfeitamente viável.

Embora a execução tenha sido um sucesso social, as abóbadas apresentaram fissuração, notavelmente ao redor das aberturas. Estudos posteriores [20] demonstraram que a causa primária foi a inserção de "lábios" arquitetônicos (bordas proeminentes) nas aberturas, que desviaram da forma catenária pura ditada pelo form-finding. Essa mudança abrupta de curvatura introduziu tensões de tração que a alvenaria não suportou, reforçando a lição fundamental de que o modelo digital funicular deve ser seguido rigorosamente na execução para evitar zonas não-compressivas. Apesar dessas patologias pontuais, o caso comprova a viabilidade técnica da associação entre projeto digital e materiais locais.

RESULTADO E DISCUÇÕES

FORM-FINDING

A avaliação das metodologias de form-finding revela que a Thrust Network Analysis (TNA) apresenta vantagens estruturais significativas em relação aos Sistemas de Partículas-Molas (PSS). Estudos comparativos demonstram que as geometrias funiculares geradas por meio da TNA alcançam uma redução de até 40% na massa estrutural, além de exibirem tensões menores e variações de curvatura mais suaves (tabela 1) (figura 2) [15].

Tabela 1: Resultado da análise estrutural (Karamba)

	Método de	Form-finding		
	TNA		PSS	
Massa da estrutura em alvenaria (kg)	188660		303890	
Combinação de carga	1	2	1	2
Corpo de texto do artigo	1.6	1.4	2.1	3.1
Títulos principais	0.22	0.16	0.30	0.40
Títulos secundários	0.30	0.27	0.25	0.32

Fonte: CONTESTABILE, M.; IUORIO, O.; GARRITY, S. W. [15]

O RhinoVAULT consolidou-se como a principal implementação computacional desse método [10, 11]. Contudo, a análise aponta que a sua dependência de um software comercial (Rhinoceros) representa uma barreira de custo, o que dificulta a adoção da técnica no ensino e na prática de pequenos escritórios no contexto brasileiro. Para superar essa limitação, a adoção progressiva de ecossistemas open-source, como o framework COMPAS Masonry e seu módulo compas_tna, surge como o caminho necessário para democratizar o acesso ao projeto de alvenarias não armadas [16].

RESULTADO DO ESTUDO DE CASO

A análise do caso do *Mapungubwe Interpretive Centre* atesta a viabilidade da aplicação prática dessas ferramentas. O edifício comprova a capacidade do sistema ao atingir um vão livre de 14,5 m utilizando uma casca de apenas 300 mm de espessura [7]. Os dados revelam que as tensões de compressão se mantêm notavelmente baixas, operando em torno de 1,5 MPa, o que confirma que a segurança depende da estabilidade geométrica e não da resistência bruta do material [5]. Por outro lado, a observação pós-construção forneceu um resultado crucial: o surgimento de fissuras nas aberturas. Estudos posteriores demonstraram que a causa primária foi a introdução de “lábios” (bordas proeminentes) nessas aberturas, que desviaram a geometria da forma catenária pura ditada pelo *form-finding* e introduziram tensões de tração que o sistema não suportou [20].

Para o Brasil, o caso oferece um modelo concreto: a técnica construtiva aliada ao uso intensivo de tijolos de terra-cimento (comuns no Brasil sob a alcunha de "tijolos ecológicos" ou “tijolos BTC”), capacitação de equipes em poucos dias e redução significativa de resíduos em relação aos sistemas convencionais de concreto armado. Conclui-se que as abobadilhas digitalmente projetadas constituem uma alternativa tecnicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente inclusiva, alinhada aos eixos de transformação digital e inovação da construção civil brasileira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo avaliar a viabilidade técnica da associação entre o projeto digital e as abobadilhas como alternativa sustentável para o contexto brasileiro. A análise dos fundamentos estruturais confirmou que a segurança dessas

estruturas não reside na resistência bruta do material, mas na estabilidade geométrica — expressa pela linha de pressão contida na espessura da abóbada [2][5][12]. A dispensa de cimbramento, a elevada esbeltez (relação vão/espessura da ordem de 50:1) e o uso de argamassa de pega rápida resultam em economia de material, redução de resíduos e baixo impacto ambiental — vantagens alinhadas às demandas contemporâneas por sustentabilidade.

No campo do projeto digital, a TNA, implementada no RhinoVAULT, mostrou-se mais adequada para a geração de geometrias funiculares do que os sistemas de partículas-molas (PSS), por garantir intrinsecamente a condição de compressão pura e produzir estruturas mais eficientes em termos de massa e distribuição de tensões [15]. A principal limitação prática identificada é a dependência do ecossistema comercial Rhinoceros, que onera o acesso à ferramenta, uma barreira a ser superada por iniciativas *open-source* como o *framework* Compas Masonary.

Como desdobramento desta pesquisa, recomenda-se que estudos futuros aprofundem a investigação sobre os diferentes métodos de *form-finding* e suas integrações de software visando o domínio instrumental da ferramenta. No âmbito prático, é relevante o desenvolvimento de pesquisas focadas no detalhamento e na otimização dos processos executivos, visando maximizar a viabilidade econômica do sistema no contexto brasileiro. Isso inclui, possivelmente, a formulação de protocolos para o treinamento ágil da mão de obra e a investigação acerca da alternativa mais eficiente para as guias de assentamento.

DECLARAÇÃO DE USO DE I.A.

Durante a preparação deste artigo, o primeiro autor utilizou o ChatGPT (OpenAI, modelo GPT-5.5) para apoio na revisão e expansão bibliográficas, além da elaboração preliminar de seções relacionadas ao histórico das abobadilhas. O primeiro autor também utilizou o DeepSeek-V3 para a revisão crítica de seções do artigo, melhoria de coesão, apontamento de erros gramaticais e de formatação, refinamento da introdução, expansão e formatação das referências bibliográficas do texto. Após a utilização das ferramentas, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

REFERÊNCIAS

[1] GAGO, A. S.; PALOMINO, J.; FORTEA, M.; REI, J. **Abobadilha, abóbada de tijoleiras ao baixo, bóveda tabicada ou abóbada lusitana?** Construção Magazine, 14 maio 2018.

[2] HUERTA, S. **The mechanics of timbrel vaults: a historical outline**. In: BECCHI, A.; CORRADI, M.; FOCE, F.; PEDEMONTE, O. (ed.). Essays on the history of mechanics: in memory of Clifford Ambrose Truesdell and Edoardo Benvenuto. Basel: Birkhäuser, 2003. p. 89-133.

[3] LLUIS-TERUEL, C.; LLUIS I GINOVART, J. **Construction of structures with thin-section ceramic masonry**. Buildings, v. 15, n. 12, p. 2042, 2025.

[4] COLLINS, G. R. **The transfer of thin masonry vaulting from Spain to America**. Journal of the Society of Architectural Historians, v. 27, n. 3, p. 176-201, 1968.

[5] REESE, M. **Structural analysis and assessment of Guastavino vaulting**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Estrutural) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2008.

[6] OCHSENDORF, J. **Guastavino vaulting: the art of structural tile**. New York: Princeton Architectural Press, 2010.

[7] RAMAGE, M. H.; OCHSENDORF, J.; RICH, P.; BELLAMY, J. K.; BLOCK, P. **Design and construction of the Mapungubwe National Park Interpretive Centre, South Africa**. ATDF Journal, v. 7, n. 1/2, p. 14-23, 2010.

[8] DAVIS, L.; RIPPMANN, M.; PAWLOFSKY, T.; BLOCK, P. **Efficient and expressive thin-tile vaulting using cardboard formwork**. In: IABSE-IASS SYMPOSIUM, 2011, London. Proceedings [...] London: [s.n.], 2011.

[9] LÓPEZ LÓPEZ, D.; RODRÍGUEZ, M. D.; FERNÁNDEZ, M. P. **Bricktopia, the thin-tile vaulted pavilion**. Case Studies in Structural Engineering, v. 2, p. 33-40, 2014.

[10] RIPPMANN, M.; LACHAUER, L.; BLOCK, P. **Interactive vault design**. International Journal of Space Structures, v. 27, n. 4, p. 219-230, 2012.

[11] RIPPMANN, M.; BLOCK, P. **Funicular shell design exploration**. In: ACADIA CONFERENCE, 33., 2013, Cambridge. Proceedings [...] Cambridge: Riverside Architectural Press, 2013. p. 337-346.

[12] HEYMAN, J. **The stone skeleton: structural engineering of masonry architecture**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

[13] BLOCK, P. **Thrust Network Analysis: exploring three-dimensional equilibrium**. 2009. 264 f. Tese (Doutorado em Engenharia Estrutural) – Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 2009.

[14] BLOCK, P.; OCHSENDORF, J. **Thrust Network Analysis: a new methodology for three-dimensional equilibrium**. Journal of the International Association for Shell and Spatial Structures, v. 48, n. 3, p. 167-173, 2007.

[15] CONTESTABILE, M.; IUORIO, O.; GARRITY, S. W. **An investigation of alternative form-finding methods for free-form masonry shells**. In: INTERNATIONAL MASONRY CONFERENCE, 10., 2018, Milan. Proceedings [...] Milan: [s.n.], 2018.

[16] IANNUZZO, Antonino et al. COMPAS Masonry: **A computational framework for practical assessment of unreinforced masonry structures**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON STRUCTURAL ANALYSIS OF HISTORICAL CONSTRUCTIONS, 12., 2021, Barcelona. Anais... Barcelona: CIMNE, 2021.

[17] INHABITAT. **Mapungubwe Interpretation Centre is a cluster of earthy domes**. [S.l.], 2010.

[18] PEACE PARKS FOUNDATION. **Mapungubwe Interpretive Center named World Building of the Year**. [S.l.], 2009.

[19] PETER RICH ARCHITECTS. **Mapungubwe Interpretation Centre**. [S.l.], 2009.

[20] BRADLEY, R. A.; GOHNERT, M. **Three lessons from the Mapungubwe shells. Journal of the South African Institution of Civil Engineering**, [S. l.], v. 58, n. 3, set. 2016.