

# Construção em falsa cúpula na região transfronteiriça Gerês-Xurés: metodologias e caracterização

Carlos E. Barroso<sup>1,\*</sup> , Belén Riveiro<sup>2</sup> , Luís F. Ramos<sup>1</sup>,  
Daniel V. Oliveira<sup>1</sup> , Fernando C. Barros<sup>3</sup> , Paulo B. Lourenço<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> *ISISE, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Guimarães, Portugal*

<sup>2</sup> *Universidade de Vigo, Escola de Engenharia de Minas, Vigo, Espanha*

<sup>3</sup> *CEAU, Universidade do Porto, Faculdade de Arquitectura, Porto, Portugal*

\**arq.carlosbarroso@gmail.com*

## Resumo

Atualmente, o património de origem vernácula, apesar de desvalorizado durante décadas, é encarado como parte integrante e fundamental da identidade dos povos. Num contexto de uma sociedade europeia desenraizada e carente de referências identitárias, estas formas de arquitetura, pela sua autenticidade, forte ligação ao meio natural e ao contexto cultural que as gerou, assumem-se como uma mais-valia económica nos emergentes mercados turísticos da redescoberta do mundo rural e natural. Vítimas do êxodo rural e abandono dos modos de vida tradicionais, estas construções assumem-se igualmente como um património em risco. Pela sua particularidade e perigo de desaparecimento, as construções pastoris em falsa cúpula, implantadas em *brandas* e *currais* e testemunho do modo de vida agropastoril da região transfronteiriça Gerês-Xurés da Reserva Mundial da Biosfera da UNESCO, foram estudadas no âmbito do projeto de investigação que se apresenta neste artigo. Os principais objetivos e metodologias utilizadas são explanados e discutidos em detalhe, assim como os principais resultados obtidos até ao momento.

Corbelled dome buildings of the Gerês-Xurés transborder region:  
methodologies and characterization

## Abstract

Although underestimated during decades, vernacular heritage is today understood as an important and fundamental piece of the identity by different civilizations. In the context of the European society that has lost its links and references to its original identity, vernacular architecture has gained importance due to its authenticity and the rediscover of its economic potential in the growing markets for the natural and rural environmental tourism. Although its importance, today this abandoned and damaged heritage is at risk because of rural exodus and the vanishing of traditional ways of life. The vernacular corbelled dome shepherds' constructions, settled in *brandas* and *currais*, are a testimony of the past rural and livestock traditional way of life of the Gerês-Xurés region, recognized by UNESCO has a World Biosphere Reserve. To study this important heritage, a research project was undertaken. The main objectives and the research methodology are presented in this paper, as well as the main outputs obtained so far.

## Palavras-chave

Falsa cúpula  
Património vernáculo  
Varrimento laser  
Granito  
Reabilitação

## Keywords

Corbelled dome  
Vernacular Heritage  
Laser scanning  
Granite  
Rehabilitation

ISSN 2182-9942



## Introdução

O património vernáculo, nas suas diferentes manifestações materiais e imateriais, adquiriu nas últimas décadas, pela sua autenticidade e valores identitários, um papel de relevo por várias instâncias internacionais [1-3]. No contexto português, observa-se uma elevada diversidade de tipos de arquiteturas vernáculas fortemente ligadas às práticas agro-pastoris. Atendendo aos diferentes estudos sobre o mundo rural português realizados até às décadas de 1960 e 1970 [4-8], constata-se que estas formas de construção de carácter popular possuem em comum a resposta às necessidades básicas das atividades de produção e aos princípios sociais do passado, sendo a sua diversidade uma consequência da adaptação às condicionantes geográficas e climáticas. As construções vernáculas em falsa cúpula existentes na Reserva da Biosfera Transfronteiriça Gerês-Xurés (Figura 1), constituem um exemplo de autenticidade e da adaptação das comunidades ao meio serrano onde se inserem [6]. Dispersas pelo território serrano do Alto Minho e Galiza, estas construções fazem parte de um sistema agropastoril complexo, composto por núcleos de povoados permanentes, denominados aldeias ou *lugares*, implantados a meia encosta em pequenos núcleos densos e compactos que recorriam ao uso dos planaltos da serra para suporte de um sistema de transumância vertical, que permitia maximizar a produtividade das exíguas áreas de socalcos habitualmente construídas no sopé da serra em torno dos *lugares*. De uso sazonal, os pequenos aglomerados implantados nos planaltos são essencialmente compostos por construções em alvenaria de pedra seca (granito ou xisto), com destaque para as notáveis coberturas em falsa cúpula estrutural, com diferentes tipologias, diretamente relacionadas com o uso e a sazonalidade [9].

Entre outras tipologias registadas [9], as *brandas* de gado ou de cultivo (Serra da Peneda) e os *currais* (Serras Amarela, Gerês e Laboreiro) surgem como uma resposta específica ao isolamento, fruto das difíceis condicionantes orográficas e climáticas que se impunham a estas edificações, da sazonalidade do uso

e da resiliência construtiva. Surgem como premissas incontornáveis para se ultrapassar os rigorosos invernos locais. Dada a especificidade deste tipo de construções e o crescente risco de perda que enfrentam, entendeu-se ser fundamental resgatar o conhecimento da sua tecnologia construtiva, pondo-se em marcha o projeto de investigação apresentado neste artigo.

## Objetivos e metodologia de investigação

O projeto tem como principais objetivos: 1) registo e caracterização morfológica, tipológica e construtiva das construções em falsa cúpula do Gerês-Xurés; 2) caracterização dos seus materiais e sistemas de construção; 3) preservação, através do registo do conhecimento vernacular e sua divulgação. Para tal, reuniu-se um consórcio transfronteiriço com investigadores da área da Engenharia Civil (ISISE, Universidade do Minho), da Geomática (GEOTECH, Universidade de Vigo) e da Arquitetura (CEAU, FAUP, Universidade do Porto), apoiado pelo Município de Arcos de Valdevez e pela Junta de Freguesia de Sistelo. Delineou-se uma metodologia adaptativa específica aos objetivos e casos de estudo que, na sua formulação final, apresenta o seguinte conjunto de tarefas [10-12]: 1) recolha de literatura; 2) visitas exploratórias; 3) trabalho de campo com inspeções e levantamentos; 4) análise experimental de materiais; 5) análise numérica e avaliação de segurança estrutural; 6) recomendações de preservação e reutilização.

## Recolha de literatura e visitas exploratórias

A análise da literatura permitiu compreender que, a partir de meados do séc. XIX, terseá iniciado o declínio ou mesmo o abandono da construção em falsa cúpula, tendo o uso das *brandas* sido reduzido progressivamente até à década de 1960, ocasião em que, apesar de ainda



**Figura 1.** Exemplos de construções em falsa cúpula localizados na região do Alto Minho: a) *branda* da Gêmea; b) *branda* do Alhal (Padrão, Arcos de Valdevez).

utilizadas, já se verificava o estado de abandono de uma parte considerável destas estruturas, bem como a perda de uma parte significativa do seu conhecimento construtivo [12]. Este processo ter-se-á intensificado pelo forte êxodo rural verificado a partir dessa década [13]. Das pesquisas iniciais, constatou-se a maior complexidade morfológica e, pelo profundo isolamento, menor risco de descaracterização dos exemplares da área da Serra da Peneda, levando a que fossem selecionadas como áreas de estudo as *brandas* de cultivo da Gêmea (1010 m de altitude) e do Alhal (740 m de altitude), do *lugar* de Padrão (495 m de altitude) da freguesia de Sistelo. Com recurso a visitas exploratórias, procedeu-se à avaliação das condições de acessibilidade, estado geral de conservação e principais riscos de descaracterização. Foram selecionados conjuntos de edificações da *branda* da Gêmea para um estudo construtivo mais detalhado por levantamento geométrico por varrimento laser [14].

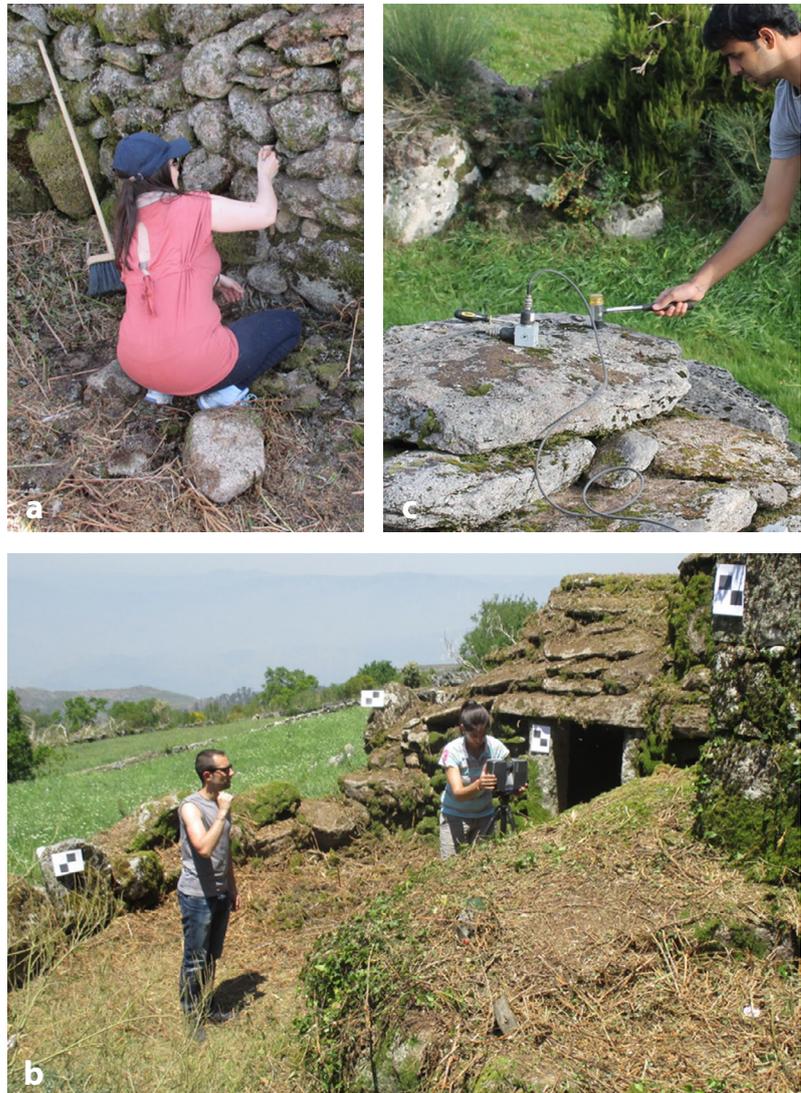
## Trabalho de campo

O trabalho de campo (Figura 2), iniciou-se em abril de 2014 com as operações de limpeza da vegetação infestante, realizadas pela Equipa de Sapadores Florestais do Gabinete Técnico Florestal do Município dos Arcos de Valdevez e da Associação Floresta Atlântica. Para reduzir o ruído captado pelo *laser scanner* durante as medições, removeram-se espécies infestantes de pequeno porte e parte dos depósitos de detritos das superfícies das pedras.

Foram selecionados dois grupos familiares de edificações em falsa cúpula (Figura 3), integrados em diferentes núcleos (Grupo A e Grupo B), ambos compostos por 8 abrigos de gado de um piso, por um abrigo de dois pisos para pastores/agricultores e um edifício tardio de dois pisos de planta retangular e telhado de duas águas. Para o levantamento geométrico foi utilizado um *laser scanner* estático da FARO, modelo FOCUS 3D, com registo de distâncias através do princípio de mudança de alternância de fase quando este atinge um comprimento de onda igual a 905 nm. As leituras foram recolhidas no exterior (com uma resolução angular de 3 nm a 10 m) e no interior (com uma resolução angular de 6 nm a 10 m) e foram correlacionadas pela colocação de alvos artificiais em pontos previamente definidos. Das nuvens de pontos geradas (Figura 4), recolheram-se conjuntos diversificados de imagens 3D e 2D.

## Análise de resultados

Através da inventariação possível, dado que partes significativas da *branda* permaneceram inacessíveis pela vegetação infestante, identificaram-se as seguintes tipologias e morfologias de edifícios e grupos familiares em falsa cúpula (Figura 5): 1) abrigos pastoris/de gado ou *cortelhos* de um piso (70 % das construções inventariadas), tendo-se identificado desde exemplares de área bruta e pé-direito reduzido até algumas as construções com a maior área bruta da *branda*; 2) abrigos de pastores/agricultores de dois pisos ou *cardenhas* (13 % das construções inventariadas), de área bruta elevada, com dois pisos separados por pavimento de madeira, sendo o piso térreo destinado ao abrigo de gado e o piso superior, acessível à cota do terreno ou por uma escada exterior, destinado ao abrigo de pessoas ou ao uso como palheiro nas épocas de pousio [9]; 3) *casas de branda* (17 % das construções inventariadas), com dois pisos, de construção tardia (terão progressivamente substituído as *cardenhas*), de planta



**Figure 2.** Tarefas executadas durante o trabalho de campo: a) limpeza fina das estruturas; b) levantamento por varrimento laser; c) identificação dinâmica [10-11].



**Figura 3.** Vistas dos grupos familiares levantados por varrimento laser: a-c) grupo A; d-e) grupo B.

paralelepédica e telhado de duas águas, originalmente em colmo.

Em termos de implantação identificam-se: 1) *cortelhos* isolados ou aos pares, adossados a muros e integrados em parcelas muradas; 2) grupos familiares simplificados, compostos por *cardenha* ou *casa de branda*, e *cortelhos* adossados e com comunicação interna ou através de uma área murada; 3) grupos familiares complexos formados por conjugações das três tipologias. Foi possível ainda observar que os grupos familiares surgem relacionados

com um dos caminhos murados da *branda*, conformando pequenos núcleos estruturados, surgindo sempre inseridos ou adossados a parcelas de cultivo muradas. Edificações isoladas são pouco frequentes na *branda* da Gêmea.

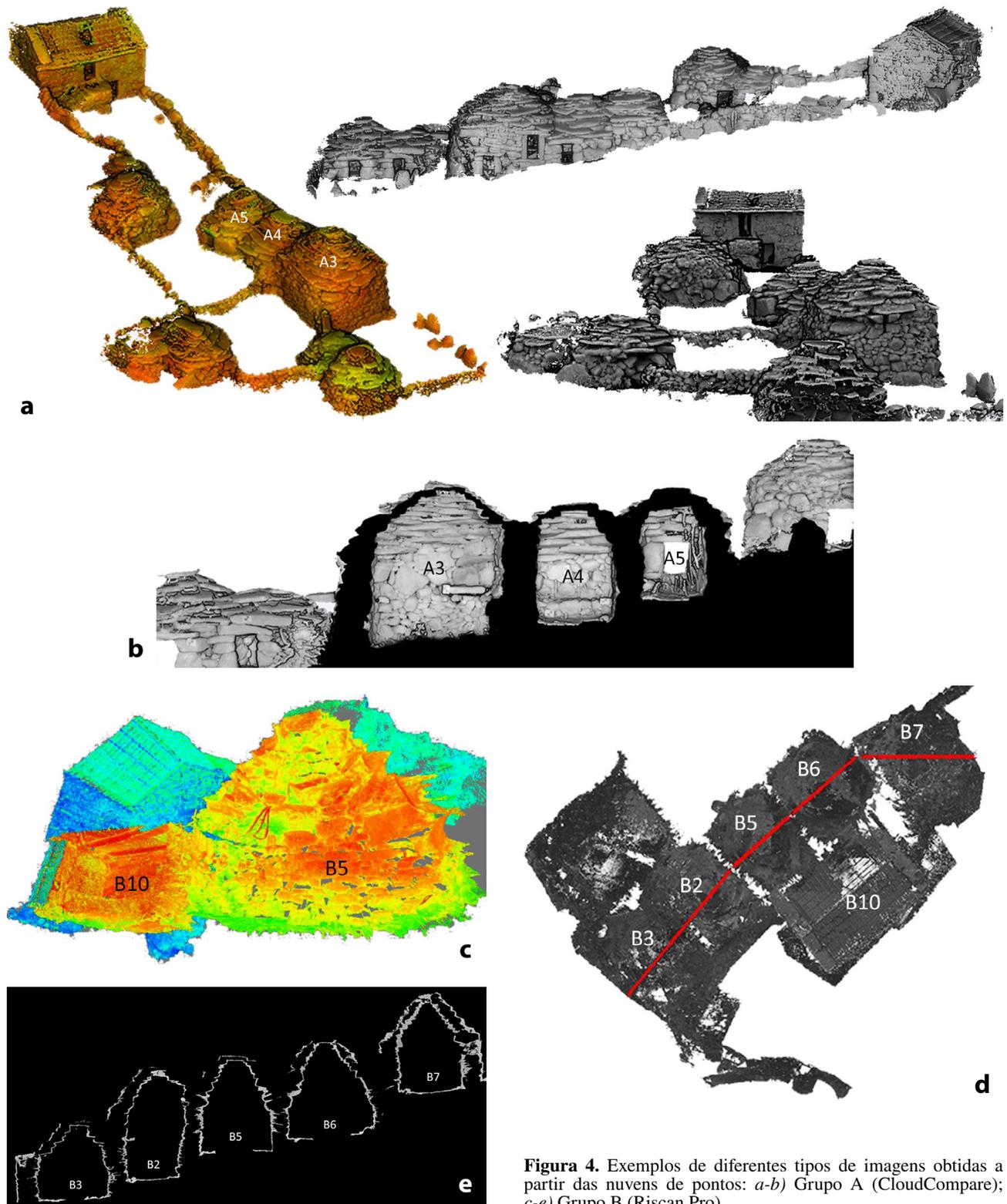
### Análise construtiva

As edificações analisadas são compostas por dois elementos estruturais de alvenaria de junta seca justapostos, correspondendo o inferior às paredes e o superior à

cobertura em falsa cúpula. Ao nível das falsas cúpulas, verifica-se (Figura 6): 1) a existência de uma estrutura de paramento simples, construída por sobreposição de camadas de unidades de alvenaria com dimensões significativas, apoiadas sobre as camadas inferiores em cerca de  $\frac{2}{3}$  do seu desenvolvimento horizontal, balanceadas para o centro [6]; 2) as camadas são dispostas em anéis

irregulares, que se balanceiam ao redor do eixo central do edifício, num movimento próximo da espiral, em que o vazio central se vai fechando com o ganho de altura; 3) o fecho da estrutura faz-se com uma pedra de cume.

O peso da falsa cúpula é transferido por compressão vertical para as paredes, sendo o equilíbrio conseguido pela conjugação entre arcos de descarga, que se formam naturalmen-



**Figura 4.** Exemplos de diferentes tipos de imagens obtidas a partir das nuvens de pontos: *a-b)* Grupo A (CloudCompare); *c-e)* Grupo B (Riscan Pro).

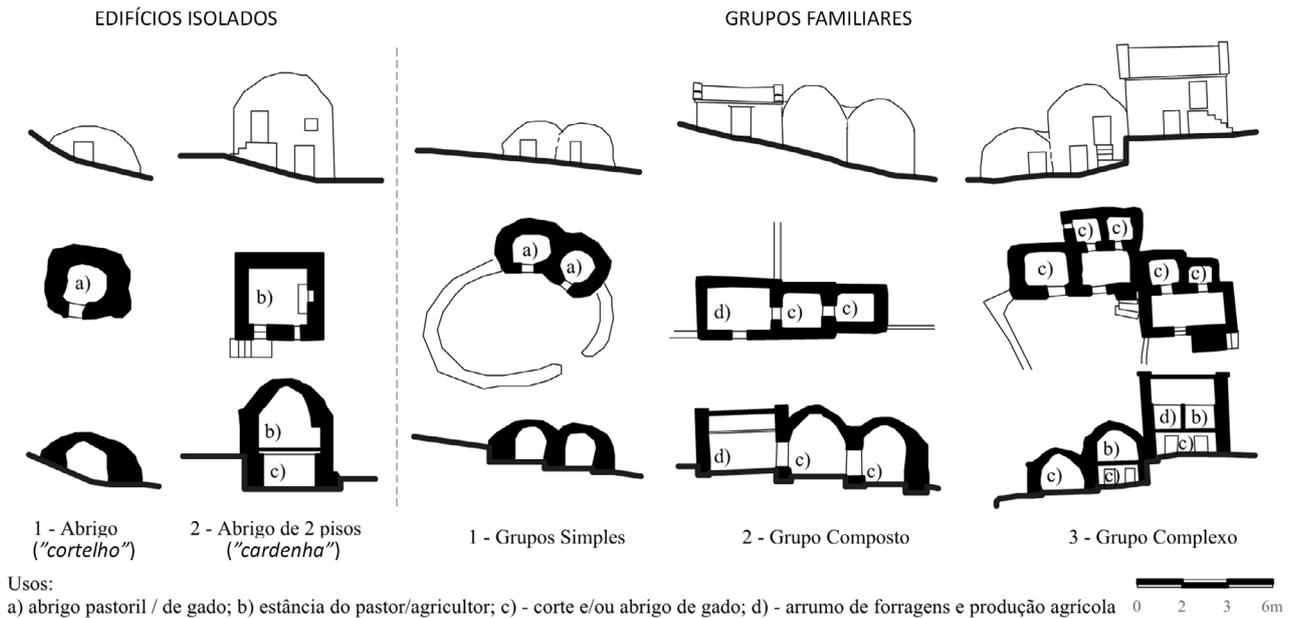


Figura 5. Síntese da análise morfológica e tipológica na *branda* da Gêmea [10, 12].

te entre as unidades de alvenaria e encaminham a carga para as paredes, e o impulso horizontal, fruto do imbricamento e atrito entre as diferentes unidades de alvenaria [15]. Em termos mecânicos, a transferência de cargas entre unidades de alvenaria faz-se por compressão e flexão, através da interface irregular entre as superfícies de contacto das unidades de alvenaria e os calços e cunhas [16]. As paredes são estruturas em duplo paramento, sem fundação melhorada, travadas por unidades dispersas com a largura total da parede. A compatibilização geométrica entre paredes e falsas cúpulas é feita pela primeira camada da falsa cúpula, que funciona como um capeamento e harmoniza ambas as geometrias. Para melhor analisar estas construções em termos construtivos, definiram-se três tipos de unidades de alvenaria, segundo um critério geométrico, e avaliou-se o seu uso e distribuição nos edifícios analisados (Tabela 1 e Figura 6).

Conclui-se que nas paredes predominam as unidades de alvenaria em formato de bloco, privilegiando o desenvolvimento vertical da construção, de tamanho médio e assentes com recurso a calços. Nas falsas cúpulas predominam as unidades em formato de laje ou placa, de grande desenvolvimento horizontal e reduzida espessura (cerca de 0,15 m), assentes com pendente para o exterior (obtida com os calços) para drenagem das águas das chuvas. A geometria em cone da falsa cúpula e, possivelmente, as dificuldades construtivas levam à concentração das placas de maior dimensão na metade inferior da falsa cúpula. O número de camadas da falsa cúpula está diretamente relacionado com a geometria das unidades, sendo a área a cobrir, nesta *branda* específica, uma condicionante de menor importância.

Tabela 1

Síntese da análise da distribuição de unidades de alvenaria [10]

Grupo	ee' (m)	Tamanho	Paredes		Falsas cúpulas (m)		F <sub>cu</sub>
			Frequência (%)	Dimensões (m)	Frequência (%)	Dimensões (m)	
A	0,65	Pequeno	20	–	10	–	8
		Médio	50	0,65×0,50×0,30	40	0,75×0,50×0,12	
		Grande	30	1,00×0,60×0,45	50	1,60×0,75×0,15	
B	0,60	Pequeno	20	–	15	–	9
		Médio	65	0,50×0,30×0,15	35	0,70×0,50×0,17	
		Grande	15	0,80×0,50×0,30	50	1,25×0,70×0,17	

ee' – secção média das paredes; F<sub>cu</sub> – número de camadas da falsa cúpula

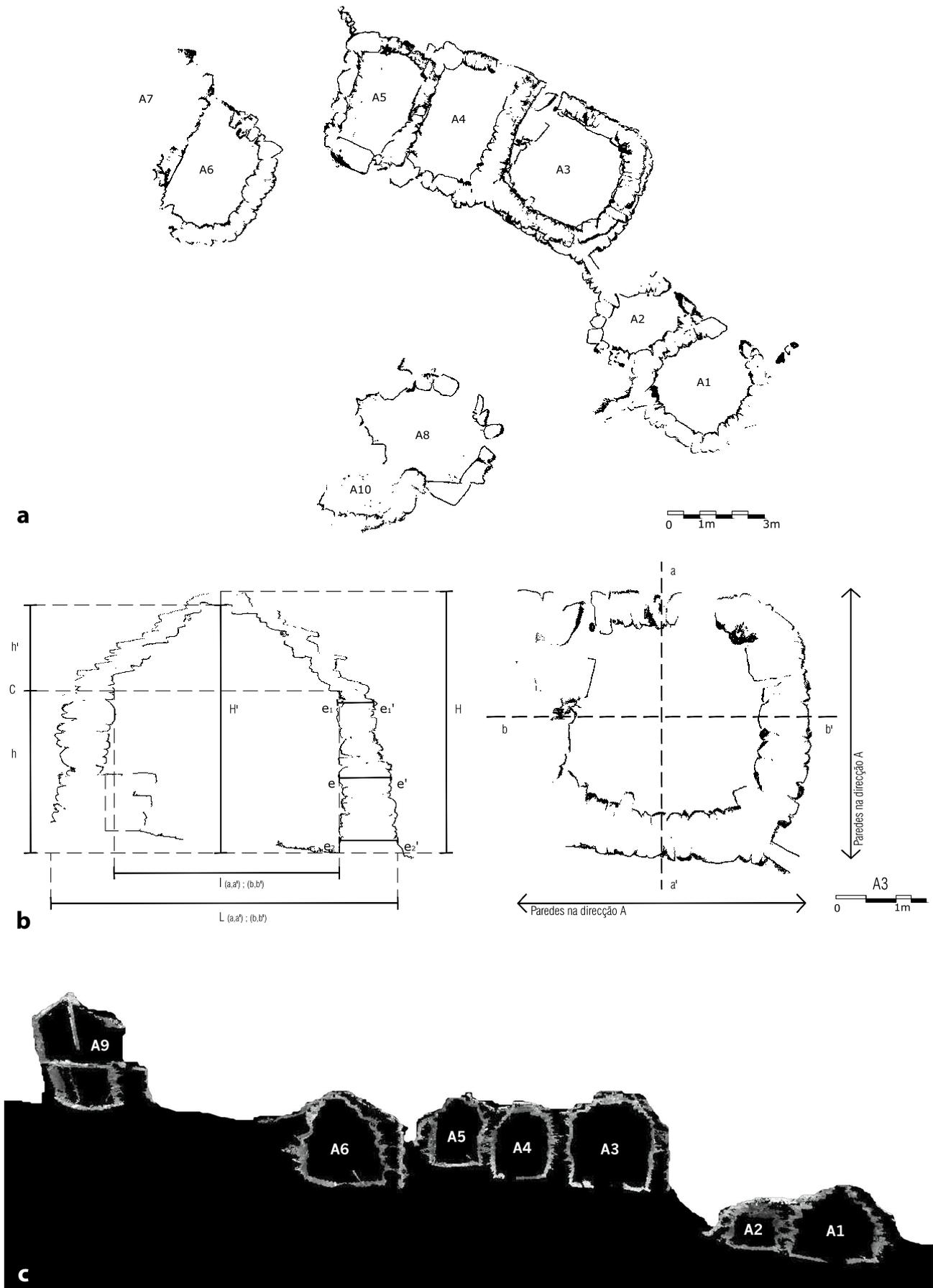


**Figura 6.** Vistas interiores e exteriores de falsas cúpulas do Grupo B.

### Análise geométrica

Com recurso às seções 2D retiradas das nuvens de pontos e o acesso a áreas ocultas ao observador (Figura 7 e Tabela 2), estabeleceu-se um conjunto de indicadores que foram comparados através de um sistema de rácios entre indicadores geométricos.

Analisando a informação geométrica recolhida, conclui-se que os edifícios de maior dimensão, contrariamente à imagem associada de edificações circulares ou ovais, são predominantemente ortogonais com cantos arredondados, com desenvolvimento predominante segundo um dos eixos. Apenas os *cortelhos* pequenos, pelas suas reduzidas dimensões, possuem plantas de forma oval. Em termos de área bruta ( $A^T$ ), verificou-se que as maiores edificações apresentam áreas médias a rondar os 15 m<sup>2</sup>, não correspondendo necessariamente aos edifícios de dois pisos. Comparativamente, edifícios com desenvolvimento axial semelhante, quando com planta quadrilátera, dispõem de maior área útil interior do que com planta oval. Em termos de área bruta de paredes ( $A_p$ ), verificou-se que a área afeta às paredes paralelas ao eixo predominante é superior, demonstrando que a construção em grupo com



**Figura 7.** Secções do Grupo A feitas a partir das nuvens de pontos: *a*) secção horizontal; *b*) secções do edifício A, com indicação dos parâmetros analisados por edifício (ver Tabela 2); *c*) secção transversal do conjunto.

**Tabela 2**

Sistema de rácios entre indicadores geométricos [10]

Grupo	Esbelteza das paredes		Eixos / esbelteza das paredes		Eixos / altura total		Vão falsa cúpula / altura interna		Área de paredes / área bruta total		
	h/e	H/e	$L_{aa}/h$	$L_{bb}/h$	$L_{aa}/H$	$L_{bb}/H$	$l_{aa}/h'$	$l_{bb}/h'$	$A_p/A^T$	$A_{pA}/A^T$	$A_{pB}/A^T$
A	1,53	4,36	2,07	1,83	1,21	1,06	2,95	2,47	0,52	0,33	0,37
B	2,20	5,18	1,83	2,27	0,95	1,18	1,82	2,47	0,49	0,27	0,40

recurso a paredes meeiras de suporte para duas cúpulas permite uma considerável poupança de recursos. O rácio entre área bruta de paredes e área bruta total, evidencia a presença de edificações de massa elevada, sendo que as paredes com uma esbelteza reduzida ( $L_{aa}/h=1:2$ ) ocupam cerca de 50 % da área bruta disponível. Em termos de desenvolvimento vertical (H), a altura das edificações varia entre 1,2 m e 1,5 m, nos *cortelhos* mais pequenos, e entre 2,80 m e 3,20 m nos mais altos. Os edifícios de dois pisos são os mais altos, tendo o primeiro piso pés-direitos médios que variam entre 1,3 m e 1,5 m. Os rácios entre largura e altura das edificações (L/H) demonstram uma proporção horizontal L/H igual a 1:1, correspondendo a altura das paredes a metade da altura total (L/h=1:2). O mesmo verifica-se no rácio entre o vão e a altura da falsa cúpula (L/h'=1:2 e 1:3).

## Conclusões

Apesar do imenso potencial em termos culturais, turísticos e económicos do património em falsa cúpula, verifica-se que o mesmo se encontra abandonado e em risco. O baixo valor que lhe é atribuído pelas populações, o êxodo rural, a falta de conhecimento sobre as técnicas de construção, o abandono e falta de uso e, mais recentemente, os riscos inerentes à especulação turístico-imobiliária, constituem uma ameaça a este frágil património. O recurso a uma metodologia adaptativa demonstrou ser acertada pela sua capacidade de absorver e trabalhar com os imprevistos inerentes ao trabalho num território complexo. O recurso ao levantamento com varrimento laser demonstrou ser uma ferramenta fundamental no estudo deste tipo de património pelo seu elevado potencial de caracterização geométrica, assim como pelo acesso a informação impercetível no local. A investigação continua em curso, com a implementação das restantes tarefas do plano de trabalhos, não abordadas no presente artigo.

## Agradecimentos

Os autores expressam o seu agradecimento ao Município dos Arcos de Valdevez, à Equipa de Sapadores Florestais do Gabinete Técnico Florestal Municipal, à Associação Florestal Atlântica e aos proprietários da *branda* da Gêmea.

CEB e FCB agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) a atribuição das Bolsas de Doutoramento SFRH/BD/86704/2012 e SFRH/BD/112646/2015, respetivamente. Este trabalho foi parcialmente financiado por fundos FEDER, através do Programa Operacional Fatores de Competitividade (COMPETE), e por fundos nacionais através da FCT no âmbito do projeto POCI-01-0145-FEDER-007633.

## ORCID

Carlos E. Barros

 <https://orcid.org/0000-0002-7278-3812>

Belén Riveiro

 <https://orcid.org/0000-0002-1497-4370>

Daniel V. Oliveira

 <https://orcid.org/0000-0002-8547-3805>

Fernando C. Barros

 <http://orcid.org/0000-0002-7373-3286>

Paulo B. Lourenço

 <https://orcid.org/0000-0001-8459-0199>

## Referências

- 1 'Tlaxcala declaration on the revitalization of small settlements' (1982), in *ICOMOS*, <https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/385-tlaxcala-declaration-on-the-revitalization-of-small-settlements> (acesso em 2018-1-15).
- 2 'European charter of the Architectural Heritage' (1975), in *ICOMOS*, <https://www.icomos.org/en/charters-and-texts/179-articles-en-francais/ressources/charters-and-standards/170-european-charter-of-the-architectural-heritage> (acesso em 2018-1-15).
- 3 'Convenção para a salvaguarda do património imaterial' (2003), in *Ministério da Cultura*, <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001325/132540por.pdf> (acesso em 2018-1-15).
- 4 Bastos, E. A. L.; Barros, E., *Inquérito à Habitação Rural*, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa (1943).
- 5 Oliveira, E. V.; Galhano, F., *Arquitetura Tradicional Portuguesa*, 4.<sup>a</sup> ed., Publicações Dom Quixote, Lisboa (1992).
- 6 Oliveira, E. V.; Galhano, F.; Pereira, B., *Construções Primitivas em Portugal*, Publicações Dom Quixote, Lisboa (1969).
- 7 Ribeiro, O., *Portugal, o Mediterrâneo e o Atlântico*, Coimbra Ed., Coimbra (1945).
- 8 *Arquitetura Popular em Portugal*, 3.<sup>o</sup> ed., Associação dos Arquitectos Portugueses, Lisboa (1988).
- 9 Barros, F. M. C., 'Construção do território e arquitectura na Serra da Peneda. Padrão (Sistelo) e suas "brandas" –

- um caso de estudo', dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitectura, Porto (2011).
- 10 Barroso, C. E.; Riveiro, B.; Oliveira, D. V.; Ramos, L. F.; Barros, F.; Lourenço, P. B., 'Survey and characterization of corbelled dome architecture in Northwestern Portugal' in *REHABEND 2016. Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management*, ed. L. Villegas, I. Lombillo, H. Blanco & Y. Boffill, University of Cantabria, Burgos (2016) 195-204.
- 11 Oliveira, D. V.; Barroso, C. E.; Ramos, L. F.; Riveiro, B.; Barros, F. C.; Lourenço, P. B., 'Material and damage survey of Gerês-Xurés corbelled dome vernacular heritage', comunicação, *Cinpar 2016*, Instituto da Construção, Porto (2016).
- 12 Barros, F. C.; Barroso, C. E.; Rodríguez, B. R.; Oliveira, D. V.; Ramos, L.F.; Lourenço, P. B., 'Arquiteturas de falsa cúpula na região transfronteiriça Gerês / Xurés. Enquadramento e caracterização construtiva', in *Livro de Actas – 2º Congresso Internacional de História da Construção Luso-Brasileira*, ed. R. F. Póvoas & J. M. Mateus, vol. 1, Faculdade de Arquitectura, Porto (2016) 493-508.
- 13 Medeiros, I., *Estruturas Pastoris e Povoamento na Serra da Peneda*, Centro de Estudos Geográficos, Lisboa (1984).
- 14 Riveiro, B.; González-Jorge, H.; Conde, B.; Puente, I., 'Laser scanning technology: fundamentals, principles and applications in infrastructure', in *Non-Destructive Techniques for the Evaluation of Structures and Infrastructure*, ed. B. Riveiro, M. Solla, CRC Press, London (2016) 7-34, <https://doi.org/10.1201/b19024-4>.
- 15 Rovero, L.; Tonietti, U., 'A modified corbelling theory for domes with horizontal layers', *Construction and Building Materials* **50** (2014) 50-61, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.08.032>.
- 16 Quelhas, B.; Cantini, L.; Guedes, J.; Porto, F.; Almeida, C., 'Characterization and reinforcement of stone masonry walls', in *Structural Rehabilitation of Old Buildings. Building Pathology and Rehabilitation*, ed. A. G. Costa, J. Guedes & H. Varum, Springer, Berlin (2014) 131-155, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39686-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39686-1_5).

**Recebido:** 2017-4-11

**Revisto:** 2017-5-31

**Aceite:** 2017-12-19

**Online:** 2017-1-17



Licenciado sob uma Licença Creative Commons  
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

Para ver uma cópia desta licença, visite  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt>