

## Utilização do Solo como Material de Construção para Habitações Sociais

Autores: Antonia Dorzan Norman<sup>1</sup>, Elsa C. D. Pedro<sup>2</sup>, Isabel M. R. Duarte<sup>3</sup>, Humberto Varun<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ISPTEC Instituto Superior Politécnico de Tecnologias e Ciências, <sup>2</sup>Universidade Metodista de Angola - <sup>3</sup>Universidade de Évora & GeoBioTec - <sup>4</sup>Universidade de Aveiro.

Email: <sup>1</sup>[antonia.norman@isptec.co.ao](mailto:antonia.norman@isptec.co.ao)

### RESUMO

A terra é um material de construção natural, abundante e ecologicamente vantajoso. As propriedades físico-químicas do solo possuem, de fato, um valor inestimável para a construção.

Em Angola a utilização do solo como material de construção esta amplamente difundida, devido as vantagens que este material apresenta, por ser de baixo custo, proximidade da materia prima a zona de construção, a facilidade de aplicação das tecnicas construtivas associadas, existindo um numero consideravel de estruturas em adobe, que constitui-se como a tecnica construtiva mais difundida. Neste trabalho pretende-se avaliar, mediante a realização de ensaios laboratoriais, as propriedades dos solos tipicamente utilizados na produção dos adobes, na província do Huambo, bem como a durabilidade e erodibilidade dos adobes pelo método de Geelong.

### 1- INTRODUÇÃO

Em Angola, a construção em terra é uma herança histórica presente na cultura das populações. Existem inúmeras estruturas em pau-a-pique, taipa e BTC (Bloco de Terra Comprimida). O adobe é a técnica mais utilizada, principalmente pelas famílias de baixo rendimento.

Face ao atual panorama de desenvolvimento do país, e considerando a possibilidade de integrar sistemas e materiais de construção tradicionais, que respeitem o ambiente e se integrem harmoniosamente no seu habitat natural, uma das opções alternativas na construção atual, consiste em retomar as soluções antigas e os materiais tradicionais, como a construção em adobe.

O trabalho científico associado ao conhecimento ancestral pode melhorar e otimizar estas soluções tradicionais, dando resposta às exigências atuais de sustentabilidade social, económica e ambiental.

### 2- OBJETIVOS

- Apresentar os resultados de um levantamento e caracterização da construção em terra crua na província do Huambo;
- identificar os locais de colheita da matéria-prima utilizada na construção dos adobes;
- determinar as propriedades físicas dos solos utilizados na construção dos adobes;
- avaliar a resistência e durabilidade dos adobes fabricados com aqueles solos.

### 3- MÉTODOS

A metodologia baseou-se na consulta de bibliografia disponível, na recolha de informação através de inquéritos e entrevistas aos *Mestres* nos locais das obras e aos *Akulu* (Fig. 1 e 2). *Mestre* é a designação dada, localmente, aos responsáveis da obra em construção que normalmente são indivíduos com maior experiência na prática de construção em adobe. *Akulu* é a designação local das entidades idóneas e líderes da comunidade (Anciãos e Chefes tradicionais).

Os inquéritos e entrevistas foram feitos em forma de filmes, devido à maioria da população não saber ler nem escrever. Os filmes foram feitos em forma de questionário com perguntas bem definidas acompanhadas com visitas aos locais de obra, que permitiram obter dados referentes às técnicas, modo e tipo de construção.

As questões focaram essencialmente: as matérias-primas usadas na construção; os processos de produção do adobe (misturas efetuadas, dimensões, período de produção, tempo e processo de secagem, moldagem, transporte e armazenamento), tipo de utensílios utilizados, argamassa das juntas e ligações, quantidade de água utilizada e reboco.

Abordaram-se, igualmente, os aspetos gerais de construção, tais como, as dimensões das construções, tempo médio utilizado na edificação, o número usual de pessoas por equipa de trabalho, assim como, o tempo médio de vida das edificações feitas em adobe e respetivas patologias (Tabelas 1 e 2).

Posteriormente, procedeu-se à realização de ensaios laboratoriais, de caracterização física dos solos utilizados (Tabela 3) e nos adobes produzidos com materiais e procedimentos locais, nomeadamente o ensaio para a avaliação da durabilidade e erodibilidade “Geelong Test” (NZS 4298, 1998), na Tabela 4.



Figura 1 - a) Akulu da comunidade da Lomanda, Huambo; b) Comunidade da Calenga, Caála.

### 4- MATERIAIS

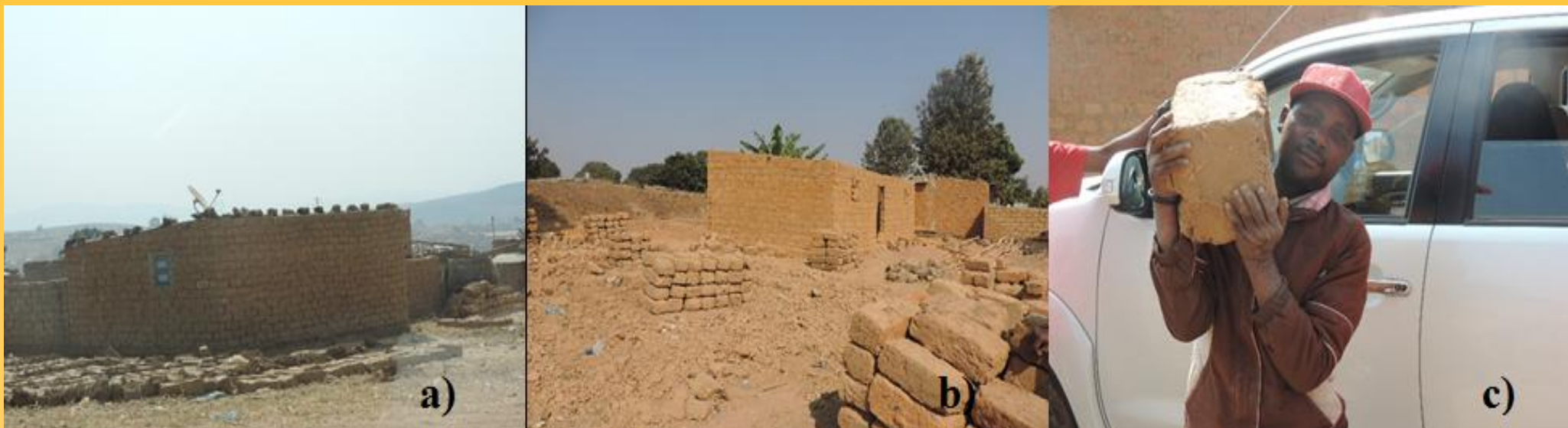


Figura 2 – a); Adobes secos ao sol, Calenga - Huambo. b)Estoque de adobes; c) Mestre de obra

Tabela 1 - Síntese da informação recolhida nos inquéritos à população sobre a produção dos adobes.

PRODUÇÃO DO ADOBE					
Localidade	Método de fabrico	Dimensões	Período de produção	Tempo e processo de secagem	Moldes
Chinjenje	Misturar com uma enxada e/ou pá solo, com água e capim seco.	47x22x20 [cm]	maio a julho	6-8 dias ao sol	Simples de madeira
Calenga Caála	Misturar com uma enxada e/ou pá solo, com água e capim fresco.	40x20x20 [cm]	abril a julho	3-4 dias ao sol	Simples de madeira
Chianga Kachiungo	Misturar com uma enxada e/ou pá solo, com água e capim seco.	40x20x20 [cm]	maio	Ao sol num máximo de 8 dias	Duplos de madeira
Ndondo-Huambo	Misturar com uma enxada o solo com água e capim seco.	30x20x20 [cm]	junho a julho	Ao sol num máximo de 15 dias	Duplos de madeira
Lomanda Huambo	Misturar o solo com água e capim seco, primeiro com uma enxada e depois com os pés.	40x20x20 [cm]	Tempo seco junho	6-8 dias ao sol	Simples de madeira
Catolo Bailundo	Misturar com uma enxada, o solo com água e capim seco.	40x20x20 [cm]	junho	8 dias ao sol	Duplos de madeira
Mungo	Misturar com uma enxada o solo com água e capim seco.	40x20x20 [cm]	maio	6-8 dias	Simples de madeira

Tabela 2 - Síntese da informação recolhida nos inquéritos à população sobre o método de construção das habitações.

Localidade	Material de ligação	Tempo médio de construção	Fundações (Caboco)	Método de construção		Reboco	Cobertura
				Tipos de paredes			
				Ext.	Int.		
Chinjenje	Argamassa feita do mesmo solo do adobe. Não leva capim.	1 a 3 semanas	Sem escavação. Apenas um alicerce de 1 a 3 fiadas de adobe.	½ vez	½ vez	1-Apenas solo (sem condições financeiras). 2-Areia misturada com cimento (com condições financeiras)	Ripas de madeira de eucalipto e chapas de zinco.
Calenga Caála	Argamassa de solo e água. Não leva capim.	3 dias (menores) 5 dias (maiores)	Escavação com cerca de 20 cm de profundidade e, preenchida com pedras ou adobe.	½ vez	½ vez	1-Apenas solo (sem condições financeiras). 2-Mistura de solo com areia do rio (com algumas condições financeiras). 3-Areia misturada com cimento (com condições financeiras).	Ripas de madeira, chapas de zinco e de losalite.
Chianga Kachiungo	Argamassa de solo e água. Não leva capim.	1 a 2 semanas	Em pedra e alicerce.	1 vez	½ vez	Geralmente Areia misturada com cimento.	Ripas de madeira, chapas de zinco, e raras vezes, telhas de cerâmica.
Ndondo Huambo	Mistura de solo, mais superficial relativamente ao do adobe, com água. Não leva capim.	Depende do nº pessoas envolvidas e do tamanho da obra	Escavação [50cm] preenchida com pedra. Alicerce com 50cm.	1 vez	½ vez	1-Apenas solo (sem condições financeiras). 2-Areia misturada com cimento (com condições financeiras).	Ripas de madeira de eucalipto, chapas de zinco.
Lomanda Huambo	Argamassa feita do mesmo solo do adobe e água. Não leva capim.	2 semanas	Tanto pode ter escavação e/ou alicerce como não.	½ vez	½ vez	Não tem.	Chapas de zinco por cima das ripas de madeira de eucalipto.
Catolo Bailundo	Argamassa feita do mesmo solo do adobe. Não leva capim	1 semana	Com escavação. Alicerce de adobe ou pedra.	½ vez	½ vez	Não tem.	Chapas de zinco apoiadas em ripas de madeira de eucalipto.
Mungo	Argamassa de solo e água. Não leva capim.	2 semanas	Sem alicerce nem fundações.	½ vez	½ vez	Cimento e areia quando existe.	Chapas de zinco por cima das ripas de madeira de eucalipto.

### 5- RESULTADOS

O comportamento do solo nas Construções em Terra é função da quantidade das partículas de areia, silte, argila e da água presente neste solo (Torgal *et al.*, 2009).

Na Tabela 3 apresentam-se os resultados dos ensaios: análise granulométrica segundo a norma LNEC E239 (1970), determinação do  $W_0$  pela norma LNEC NP 84 (1965), limites de consistência pela norma LNEC NP 143 (1969), tendo sido determinado o  $I_p$ , o EA segundo a norma LNEC E 199 (1967) e o  $\gamma_s$  segundo a norma LNEC E 15 (1953).

De acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (USCS), verificou-se que os solos ensaiados são essencialmente constituídos por areias siltosas.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de identificação e caracterização dos solos.

Tipo de ensaio		Localidade						
		Chinjenje	Calenga-Caála	Chianga-Kachiungo	Ndondo-Huambo	Lomanda-Huambo	Catolo-Bailundo	Mungo
Granulom. (%)	< 4,75 mm	95,7	91,1	96,8	97,8	83,5	93,6	91,7
	< 2,00 mm	81,2	88,4	89,8	86,4	66,1	81,2	81,4
	< 0,425 mm	50,5	79,7	68,2	60,7	46,2	58,2	72,2
	< 0,075 mm	22,3	49,1	30,4	30,8	16,5	15,7	41,3
$W_0$ [%]		2,6	7,8	6,9	8,7	7,8	4,3	5,5
$I_p$ [%]		NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
$\gamma_s$ [%]		2,64	2,46	2,57	2,64	2,68	2,69	2,74
EA [%]		33		20,9	24	36	29	39
Classif. USCS		SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
Descrição		Areia Siltosa, acinzentada	Areia Siltosa, castanho avermelhada	Areia Siltosa, castanho amarelada	Areia Siltosa, acastanhada	Areia Siltosa, castanho escuro	Areia Siltosa, castanho escuro	Areia Siltosa, vermelho escuro

O teste de erosão pelo método de Geelong (“Geelong Test”) foi concebido especialmente para provetes de adobe (Walker, 2000). Segundo Torgal et al. (2009), os ensaios de durabilidade permitem estimar a profundidade de erosão sofrida pela parede de adobe durante uma vida útil de pelo menos 50 anos, que será o dobro da obtida no ensaio. Os resultados obtidos apresentam-se Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios de erosão pelo método de Geelong.

Adobe		Profundidade do sulco [mm]	Profundidade da água [cm]
Amostra	Local de origem		
1	Chinjenje	6	5,6
2		2	2
3		0	1
4	Calenga	1,2	4
5	Chianga	2	2,5
6	Lomanda	2	2,5
7	Catolo	3	4,5
8	Mungo	4	4
Média		2,525	3,263

### 6- CONCLUSÕES

Segundo os critérios indicados por Torgal et al. (2009), é possível inferir que as características físicas dos solos analisados não seriam as recomendadas para o fabrico de adobes (ver valores consistência na Tabela 3). No entanto, os resultados obtidos no ensaio Geelong, provaram que os adobes ensaiados possuem características aceitáveis (isto é, profundidade inferior a 15 mm) para a construção em terra, de acordo com a norma neozelandesa da NZS 4298 (1998).

Pelas percentagens de finos encontradas nas amostras dos solos estudadas (Tabela 3) pode-se concluir que os solos ensaiados possuem alguma argila, porém os resultados dos ensaios de consistência classificam-nos como não plásticos (NP). Este resultado deve-se, provavelmente, ao facto destes solos serem essencialmente siltosos, com alguma argila pouco plástica, e considerável teor em matéria orgânica que pode mascarar a plasticidade dos solos.

Por outro lado, a utilização de capim (seco ou fresco) no fabrico dos adobes, contraria a tendência para a retração ou friabilidade do solo, contribuindo assim para a melhoria da durabilidade dos adobes, como revelam os resultados do ensaio “Geelong Test” (Tabela 4).

Esta investigação visa gerar conhecimento que incentive a utilização de materiais de construção amigos do ambiente e contribuir para as soluções construtivas com melhores características de desempenho, conforto, segurança, durabilidade e sustentabilidade.

### Referências bibliográficas:

- Duarte, I., Rodrigues, C., Bonito, F.; Pinho, A. (2011), Caracterização do Comportamento Geomecânico de um Laterito do Huambo – Angola, in J. F. Silva Gomes, C. C. António, C. F. Afonso & A. S. Matos, eds., A Engenharia como alavanca para o Desenvolvimento e Sustentabilidade, Edi. INEGI (2011), pp. 673-674. [CD-ROM, Ref.CLME'2011\_3109A, 11 pp.].
- Carvalho, G.N.C. (2008), Estudo de soluções para uma escola em blocos de terra crua: Camabatela. Departamento de Engenharia Civil. Universidade de Aveiro.
- Torgal, F.P., Eires, R.M.G., Jalali, S. (2009), Construções em terra. Universidade do Minho, ed. TecMinho. Gráfica Vilaverdense - Artes Gráficas, Lda., pp. 110-112.
- Walker, P. (2000), Review and experimental comparison of erosion tests for earth blocks. In: Terra 2000, 8<sup>th</sup> International Conference on the study and conservation of earthen architecture. ICOMOS, Torquay, pp. 176-181.