

AGRADECIMENTOS

Foram várias as pessoas que tornaram possível a realização desta dissertação. Agradeço desde já a todas elas.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Luís Ramos, pelo tempo que disponibilizou ao longo da realização desta dissertação, pela partilha de conhecimentos, pela sua compreensão, orientação e conselhos transmitidos.

Agradeço ao Grupo Mota-Engil, pelo fornecimento da informação e criação deste projeto que serviu de base para a elaboração da dissertação.

Agradeço a todos os funcionários do Laboratório de Estruturas da Universidade do Minho, pela partilha de informação acerca do tema desta dissertação.

Ao Thomas Sturn Moreira, pela ajuda, tempo disponibilizado e partilha de informações.

À minha família, amigos e em especial à minha namorada, Marisa pelo apoio incondicional que prestaram, que contribuíram, em muito, para a conclusão desta dissertação.

RESUMO

Atualmente presume-se que aproximadamente metade da população mundial habite em edifícios construídos em terra. A técnica BTC (Blocos de Terra Compactada), blocos obtidos através da mistura de terra água e cimento que após compressão e cura poderão ser utilizados na construção. A conjuntura económica atual visa cada vez mais a procura de novas técnicas eficazes que apresentem vantagens económicos elevados.

A presente dissertação é desenvolvida no seguimento do interesse manifestado por uma empresa nacional, Mota-Engil S.A., para desenvolver uma manual de autoconstrução de edifícios habitacionais mistos sustentáveis com blocos de terra compactada (BTC), neste caso no Malawi, pois apresenta condições climáticas adequadas a esta técnica.

Nesta dissertação serão exemplificados e justificados todo o processo de técnica e construção, desde a fabricação dos blocos até às fases que integram a construção integral das habitações. Por fim, efetua-se uma escolha da forma, incluindo a mascote, e a apresentação do conteúdo do manual.

Palavras-chave: Blocos de terra compactados, BTC.

ABSTRACT

Currently it is assumed that approximately half the world's population lives in buildings constructed of earth. The technique CEB (compressed earth blocks) is obtained by mixing water, soil and cement that after curing and compression can be used in construction. For the developing countries, the current economic environment is increasingly targeting the search for new effective techniques that have high economic advantages.

This thesis was developed following the interest expressed by a national construction company, Mota-Engil S.A. to develop a manual for self-construction of residential buildings with CEBs, in this case in Malawi, because it presents climatic conditions suitable for this technique.

This thesis will exemplify and justify the entire construction technique and its process, since the manufacture of the blocks up to the phases that comprise the housing construction. Finally, it makes up a choice of form, including the mascot, and the presentation of the contents of the manual.

Keywords: Compressed earth blocks, CEB

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract.....	VII
Índice Geral.....	VIII
Índice de figuras.....	XII
Índice de tabelas.....	XV
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da dissertação.....	3
2. Construção em BTC.....	4
2.1 O que é um BTC?.....	4
2.1.1 Quantidades.....	4
2.1.2 Estabilizadores.....	6
2.2 Diferentes tipos de BTC's.....	8
2.3 Fabricação dos BTC'S.....	11
2.3.1 Processo de Fabricação.....	11
2.3.2 Maquinaria.....	12
2.3.3 Testes de Qualidade “in situ”.....	14
2.3.4 Ensaios de Qualidade Laboratoriais.....	17
2.4 Ensaios Mecânicos Estruturais.....	20
2.5 Outras Técnicas de Construção em Terra.....	23
2.6 Vantagens dos BTC's.....	25
2.7 Desvantagens dos BTC's.....	27
2.7.1 Patologias Relacionadas com a Água.....	27
2.7.2 Patologias Estruturais.....	28
2.8 Método de Construção.....	29
3. Projeto hilotec.....	32
3.1 Introdução.....	32
3.2 Arquitetura.....	32
3.3 Estrutura.....	34

3.3.1	Fundações.....	34
3.3.2	Cobertura.....	35
3.4	Aberturas de portas e janelas.....	36
3.5	Bloco.....	37
4.	Estudo do manual.....	39
4.1	Levantamento e análise dos manuais.....	39
4.1.1	Introdução.....	39
4.1.2	Seleção dos Manuais.....	39
4.2	Desenvolvimento do manual.....	48
4.2.1	Estrutura do manual.....	48
4.2.2	Formato do manual.....	50
4.2.3	Desenvolvimento do guião para o ilustrador.....	50
5.	Conteúdo das Tabelas Guião.....	53
5.1	Seleção do solo.....	53
5.1.1	Ferramentas e materiais.....	53
5.1.2	Locais.....	53
5.1.3	Recolha do Solo.....	54
5.1.4	Ensaio Expedito.....	54
5.1.5	Informação Técnica.....	57
5.2	Construção dos blocos.....	58
5.2.1	Ferramentas e Materiais.....	58
5.2.2	Blocos.....	58
5.2.3	Locais.....	59
5.2.4	Processo de Fabrico dos Blocos.....	59
5.2.5	Ensaio após Secagem.....	61
5.3	Construção das Fundações.....	61
5.3.1	Ferramentas e Materiais.....	62
5.3.2	Locais de Implantação.....	62
5.3.3	Nivelamento do terreno.....	62
5.3.4	Primeiras marcações.....	63
5.3.5	Segundas Marcações.....	64
5.3.6	Escavação.....	64

5.3.7	Fundações	64
5.3.8	Reforço	65
5.3.9	Piso Térreo	65
5.4	Construção das Paredes	66
5.4.1	Material e Ferramentas	66
5.4.2	Construção dos Panos de Alvenaria	66
5.4.3	Construção dos Cunhais	67
5.4.4	Reforço	68
5.4.5	Blocos de Travadura	68
5.4.6	Construção das Janelas	68
5.4.7	Última fiada de blocos antes da viga de coroamento.....	69
5.4.8	Viga de coroamento	69
5.4.9	Colocação das Últimas Fiadas de Blocos	71
5.5	Cobertura	71
5.5.1	Ferramentas e Materiais.....	71
5.5.2	Colocação dos Frechais	71
5.5.3	Colocação das Madres	72
5.5.4	Cobertura	73
6.	Estado atual do manual	74
7.	Conclusões	78
7.1	Considerações Finais	78
7.2	Desenvolvimentos futuros	78
	Referências bibliográficas.....	80
	Anexos.....	82
	Anexo A.....	82
	Anexo B.....	83
	Anexo C.....	84
	Anexo D.....	85
	Anexo E.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Exemplo de um traço 1:12 para obtenção de BTC's (Neves, 2007).	5
Figura 2.2: Exemplo de blocos Sólidos (GUILLAUD, Hubert et. al.).	9
Figura 2.3: Exemplo de blocos Ocos (GUILLAUD, Hubert et. al).	9
Figura 2.4: Exemplo de Blocos perfurados (GUILLAUD,Hubert et. al).....	9
Figura 2.5: Exemplo de blocos Interligados (GUILLAUD, Hubert et. al.....	10
Figura 2.6: Processo de fabricação dos blocos (NEVES, 2007).	11
Figure 2.7: Maquinaria: (a) Terastaram Belgica; (b) Unata Europa; (c) Elson Block Master India.....	12
Figura 2.8: Maquinaria manual: (a) Auram Press 3000 India; (b) Balram India; (c) Auram press 290 India; (d) Astram india.	13
Figura 2.9: Maquinaria Automática: (a) AECT Impact 2011 USA; (b) Pact 500 mobile França; (c) AECT Impact 5000 USA.	14
Figura 2.10: (a) Método do teste “Cigar” ; (b) teste “Jar”; (c) Teste da mão (RIGASSI, 1985).....	15
Figura 2.11: Exemplo de teste realizado à água.	16
Figura 2.12: Exemplo de teste ao cimento (RIGASSI, 1985).	16
Figura 2.13: Exemplo do teste ao cimento (RIGASSI, 1985).	17
Figura 2.14: Teste de dimensão de partículas (RIGASSI, 1985).	18
Figura 2.15: Exemplo do ensaio de sedimentação (RIGASSI, 1985).	18
Figura 2.16: Exemplo do teste de Atterberg (RIGASSI, 1985).	19
Figura 2.17: Equipamento do teste Proctor (RIGASSI, 1985).	19
Figura 2.18: Ferramentas de uma análise Química (RIGASSI, 1985).	20
Figura 2.19: Exemplos de ensaios feitos à compressão uniaxial.	21
Figura 2.20: Ensaio de compressão em paredes de alvenaria.	22
Figure 2.21: Exemplo de ensaio de tração indireta.	22
Figura 2.22: Exemplos de Adobe: (a) Produção de Adobe; (b) Exemplo de forma do bloco.	23
Figura 2.23 : Taipa: (a) Parede em taipa; (b) Aplicação de taipa.....	24
Figura 2.24: Comparação do Carbono em diferentes materiais (JALALI & TORGAL, 2009).	25
Figura 2.25: Percentagem de absorção de água dos diferentes materiais (JALALI & TORGAL, 2009).	26

Figura 2.26: Exemplo de uma habitação com revestimento exterior uniforme.....	28
Figura 2.27: Exemplo de construção das fundações (BERBOSA & MATTONE).....	29
Figura 2.28: Exemplo de construção das paredes exteriores (BARBOSA & MATTONE).	30
Figura 2.29: Exemplo de uma cobertura em telhas cerâmicas (BARBOSA & MATTONE).	30
Figura 3.1: Plantas e cortes exemplo da habitação rural.	33
Figura 3.2: Plantas e cortes exemplo da habitação urbana.	33
Figura 3.3: Fundação em betão ciclópico.	34
Figura 3.4: Fundação em pedra.	34
Figura 3.5: Fundação em blocos de terra queimado.	35
Figura 3.6: Suporte em madeira para a cobertura da habitação.....	35
Figura 3.7: Planta da habitação com as respectiva posição das aberturas.	36
Figura 3.8: Vista superior do bloco em terra compactada e respectivas dimensões.	37
Figura 3.9: Vista inferior do bloco em terra compactada.	37
Figura 4.1: Exemplo de uma página do manual da Lego.	40
Figura 4.2: Exemplo de uma página do manual da empresa IKEA.	41
Figura 4.3: Exemplo de uma página do manual de construção em alvenaria.	42
Figura 4.4: Exemplo de uma página do manual de construção em adobes.	46
Figura 4.5: Exemplo de uma página do manual “construção de vivendas em alvenaria”. 47	
Figura 4.6: Exemplo de uma linha da tabela relativa ao capítulo 2 – Seleção do solo.	51
Figura 5.1: Imagem exemplo com os locais de implantação a evitar.....	54
Figura 5.2: Procedimento a seguir para realizar o teste da mão.....	55
Figura 5.3: Procedimento a seguir para realizar o teste da bola.....	56
Figura 5.4: Imagem exemplo da realização do teste do cigarro.	56
Figura 5.5: Exemplo do procedimento a seguir para realizar o teste da garrafa.	57
Figura 5.6: Curva granulométrica.....	58
Figura 5.7: Exemplo do processo de fabricação dos blocos BTC.....	59
Figura 5.8: Exemplo do nivelamento do terreno com o auxílio de uma mangueira.....	62
Figura 5.9: Imagem auxílio para marcação em planta da habitação.	63
Figura 5.10: Pontos críticos para colocação do reforço estrutural.	65
Figura 5.11: Exemplo com forma de colocação dos blocos na construção das paredes. ..	66

Figura 5.12: Exemplo de disposição dos blocos nos cruzamentos das paredes exteriores (cunhais).....	67
Figura 5.13: Exemplo de disposição dos blocos para cruzamentos das paredes interiores.....	67
Figura 5.14: Exemplo para o posicionamento das janelas na habitação.	69
Figura 5.15: Exemplo para preenchimento do espaço para janelas e portas.....	70
Figura 5.16: Exemplo do aspeto da viga de coroamento.	70
Figura 5.17: Exemplo para a colocação das últimas fiadas de blocos.	71
Figura 5.18: Aspeto da primeira fase para realização da cobertura – frechais.....	72
Figura 5.19: Aspeto para a colocação das madres paralelas aos frechais.	73
Figura 6.1: Imagem exemplo que constituirá o manual aquando a recolha do solo.	74
Figura 6.2: Imagem representativa de alguns materiais e ferramentas a incluir no manual.	75
Figura 6.3: Imagem a utilizar no manual para demonstrar o processo dos ensaios necessários.....	75
Figura 6.4: Imagem a utilizar no manual para realizar a peneiração do solo recolhido....	76
Figura 6.5: Imagem a utilizar no manual para demonstrar o processo de condicionamento e proteção dos blocos.	76
Figura 6.6: Imagem a utilizar no manual para a escavação da fundação e realização do piso térreo.....	77
Figura 6.7: Imagem a utilizar no manual para exemplificar a colocação dos cunhais e panos.....	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1: Traço entre os diferentes constituintes de um BTC (RIGASSI,1985).	5
Tabela 2.2: Diferentes tipos de estabilizadores (MOREIA,2009).....	7
Tabela 2.3: Índice de produção das diferentes máquinas referidas.	14
Tabela 2.4: Comparação entre os diferentes bloco em Terra (GUILLAUD, Hubert et.al).24	
Tabela 4.1: Comparação qualitativa e quantitativa dos manuais existentes da área de Construção Civil.	44
Tabela 4.2: Comparação qualitativa e quantitativa dos manuais auto-construtivos existentes.	45
Tabela 4.3: Tabela resumo dos capítulos do manual e respetivo conteúdo.....	49

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

A terra é um dos materiais de construção mais antigos no planeta. Os blocos de adobe começaram a ser utilizados entre 10.000 a.C. a 8000 a.C. Em muitas regiões do globo, a terra é o material mais abundante e mais económico, tendo sido utilizada durante séculos (RAMOS et al, 2001). Atualmente o uso de terra para a construção está diretamente associado à pobreza. No entanto os avanços tecnológicos nesta área do saber construir permitem que esta associação esteja desatualizada. Em alguns países em desenvolvimento há uma necessidade de encontrar soluções mais industrializadas mas, ao mesmo tempo, compatíveis com as técnicas e matérias locais. É neste contexto que surgem os blocos de terra compactada (BTC's) com pequenas percentagens de estabilizadores.

Atualmente presume-se que aproximadamente metade da população mundial habite em edifícios construído em terra, daí a necessidade deste estudo detalhado sobre este “novo” material de construção. Mesmo sendo um dos materiais de construção mais antigos que existem, foi por alguns períodos desacreditado, sendo apenas agora encarado como uma possibilidade bastante viável e com inúmeras vantagens para a construção de habitações. Esta técnica de construção pode ser utilizada nos diversos tipos de climas, mas na presente dissertação a sua aplicação será essencialmente concentrada no país Malawi devido às suas características climáticas, demográficas e socioeconómicas.

Inúmeros edifícios que atualmente resultam de herança de antepassados bastante longínquos, tais como, a muralha da China e as pirâmides Kukulcan em Chichen Itza (México) continuam ainda hoje estruturalmente intactas, mostrando assim a viabilidade deste material.

Atualmente são utilizadas diversas técnicas de construção em terra, entre elas o taipa e o adobe são os mais abundantes. A taipa consiste em utilizar moldes completos com terra crua que depois será compactada com a ajuda de um pilão em diversas camadas. Por

outro lado, o adobe consiste num bloco de terra seco que necessita, muitas das vezes, estabilizadores.

Os blocos BTC apresentam valores de resistência mais elevados, comparativamente às outras técnicas enumeradas.

1.2 Objetivos

Esta dissertação será desenvolvida no seguimento de um projeto HiLotec em desenvolvimento na Universidade do Minho e financiado pela Empresa portuguesa localizada no norte do país, a Mota-Engil S.A., para desenvolver um manual de autoconstrução de edifícios habitacionais mistos sustentáveis com blocos BTC para a construção das paredes e cobertura em madeira revestida a chapas zincadas.

Por se tratar de um tema em crescente desenvolvimento, constituindo uma solução eficiente e económica, procurou-se com este trabalho construir um manual de autoconstrução que permitirá ao povo do Malawi construir a sua própria casa utilizando como material primário blocos BTC's também por eles fabricado.

Após a conclusão deste manual de autoconstrução está previsto, ainda neste projeto, a construção de um protótipo no Malawi que servirá como exemplo para consolidar todos os estudos e teste realizados, assim como a análise para a escolha de uma mais fácil implementação da tecnologia ligada ao fabrico destes.

Numa primeira fase, pretende-se fazer um levantamento de diversos exemplos de manuais deste tipo de áreas distintas por forma a recolher todo o tipo de informação, forma e ideia que possa ser útil para este manual. Na segunda fase, o objetivo consiste em construir tabelas com toda a informação a contemplar no manual e fazer uma divisão lógica por capítulos que poerão ser efectuados separadamente. Ainda nesta fase será decidida a forma geral do manual, incluindo a “mascote” a utilizar no manual, a linguagem a utilizar, etc. Numa Terceira e última fase será estudada e explicado todo o processo construtivo de uma habitação tipo, o processo de fabrico dos blocos em terra compactada e de forma mais pormenorizada os pontos críticos aquando a construção de uma habitação.

1.3 Estrutura da dissertação

O Capítulo 1 contempla a introdução ao tema desta dissertação. É feita uma apresentação geral dos blocos BTC, expõem-se as características e ideias para a criação do manual e definem-se os objetivos que se pretendem cumprir em cada fase do trabalho.

O Capítulo 2 propõe uma revisão bibliográfica relativa aos blocos em BTC, apresentando-se as suas características, vantagens e desvantagens, processos utilizados no seu fabrico, principais aplicações e comparações relativas a outros tipo de construção em terra. É exposto também o tipo de maquinaria necessária para o fabrico destes.

No capítulo 3 será exemplificada a arquitetura e estrutura da habitação a construir incluindo a explicação do projeto HiLoTec, tal como o seu enquadramento e objectivos. Na parte da arquitetura será diferenciada a habitação rural e a urbana.

O Capítulo 4 expõem-se algumas comparações relativas á recolha e análises de outros manuais de autoconstrução existentes no mercado. Foram criadas algumas tabelas comparativas para facilitar a análise destes manuais, dentro dos quais fazem referencia à área em estudo e a outras diferentes áreas de forma a explorar corretamente todas as possibilidades existentes e criar um manual o mais completo possível. Relativamente à estrutura e formato do manual serão explicados ainda neste capítulo todos os capítulos que o compõe e a forma como serão transmitidos ao utilizador.

O Capítulo 5 compele a informação a ser entregue ao ilustrador sobre a forma de tabelas. Estas serão divididas de acordo com os capítulos já definidos, logo a forma, conteúdo e principio seguido nas tabelas serão aqui apresentadas.

No capítulo 6 serão apresentadas as imagens finais que pertencem ao manual em desenvolvimento. Aqui poderemos verificar a mascote idealizada e alguns exemplos dos desenhos dos ensaios, do material necessário e da construção parcial.

A dissertação termina com o Capítulo 7 que contém, sucintamente, as considerações finais á elaboração do manual e à aplicação do mesmo.

2. CONSTRUÇÃO EM BTC

2.1 O que é um BTC?

Um bloco de terra compactada (BTC) é uma mistura de terra e água com uma pequena percentagem de cimento (ordem dos 5%). Após a mistura, esta é introduzida numa máquina própria que após realizar compressão molda esta pasta formando o bloco, que após 28 dias este bloco poderá ser utilizado em construção.

Para obtermos um BTC estabilizado é necessário considerar e ponderar as quantidades e qualidades dos constituintes que fazem parte do bloco: areia, argila, água, cascalho e estabilizadores. Caso seja introduzida argila em quantidades superiores os blocos poderão fissurar tal como areia em quantidade superiores poderá levar à destruição do bloco (ARUMALA e GONDAL, 2007).

2.1.1 Quantidades

As quantidades dos diferentes constituintes influenciam a qualidade do bloco a produzir. Por tal existem várias referências distintas neste campo. Segundo RIGASSI (1985), as quantidades adequadas para produzir um bloco BTC em bom estado é dado pela Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Traço entre os diferentes constituintes de um BTC (RIGASSI,1985).

Espaço necessário para a construção de blocos				
Blocos 29,5 x 14 x 9 cm	Solo (quantidade)	Areia (quantidade)	Água (quantidade)	Cimento (quantidade)
100 blocos	0.7 m ²	0.2 m ²	0.3 m ² /100 l	0.08 m ²
1000 blocos	7 m ²	2 m ²	1.5 m ² /1000 l	0.25 m ²
10000 blocos	70 m ²	20 m ²	15 m ² /10000 l	2.6 m ²

Por outro lado e de acordo com NEVES e CUNA (2007) as quantidades mais comuns são as numeradas na Figura 2.1.

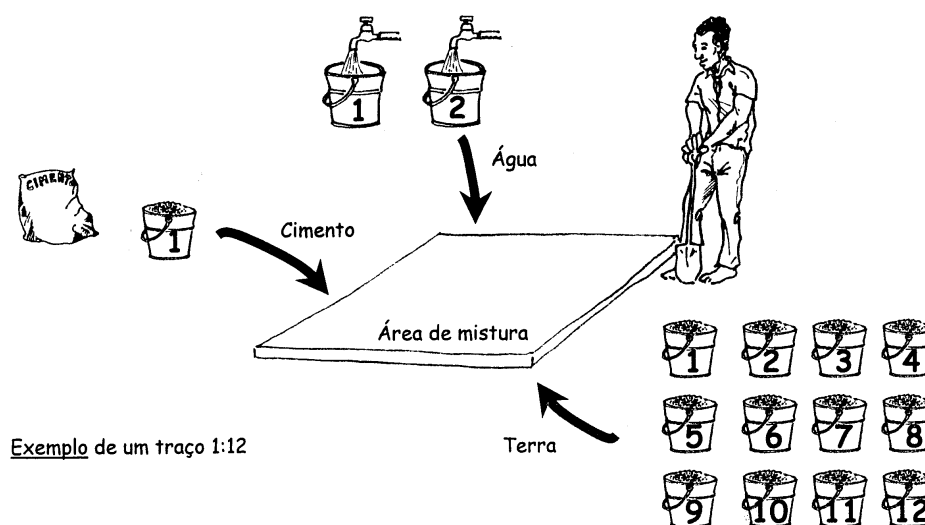


Figura 2.1: Exemplo de um traço 1:12 para obtenção de BTC's (NEVES e CUNA, 2007).

É importante também referir as diferentes percentagens de tipos de solo para obter um bom BTC, pois estas podem determinar o seu comportamento e propriedades. Segundo RIGASSI (1985) e ARUMALA e GONDAL (2007) as percentagens desejadas são as seguintes:

- Cascalho (*gravels*) 0 a 40%;
- Areias (*sands*) 25 a 80%;
- Siltos (*silts*) 10 a 25%;

- Argilas (*clays*) 8 a 30%.

As dimensões dos agregados também intervêm diretamente com a qualidade da mistura (ARUMALA e GONDAL, 2007), logo estas não devem diferir muito de:

- Cascalho [2-20mm];
- Areias [0,06-2mm];
- Siltos [0,002-0,06mm].

2.1.2 Estabilizadores

Tal como já foi referido a necessidade da utilização de uma matéria-prima de qualidade é um dos fatores mais importantes neste processo construtivo. No entanto, quando o solo não apresenta as qualidades mecânicas necessárias é preciso recorrer a métodos de estabilização. Estes métodos visam melhorar o desempenho, tal como a sua resistência mecânica, resistência à erosão, aumentar a sua coesão e reduzir a porosidade e as variações de volume, da terra utilizada para a criação de BTC's.

Como seria de esperar existem vários tipos de estabilizadores, cada um deles direcionado para uma das qualidades a melhorar (RIGASSI, 1985; MOREIRA, 2009). Estes podem ser divididos como estabilizadores: Mecânicos, Físicos e Químicos (Tabela 2.2).

Tabela 2.2: Diferentes tipos de estabilizadores (MOREIRA,2009)

Tipos de estabilização	Mecânica	A resistência mecânica, a porosidade, a permeabilidade e a compressibilidade são alteradas através da compactação e da adição de fibras.
	Física	A alteração da textura da terra é realizada através da mistura controlada de partículas de diferente composição e granulometria; podem também conseguir-se os mesmos resultados através de tratamentos térmicos e elétricos.
	Química	As propriedades da terra são modificadas por adição de produtos químicos que alteram as características da terra através de reações químicas.

Para melhor compreender a função e principalmente a diferença entre os 3 diferentes tipos de estabilizadores podemos explicitar melhor cada um deles. A estabilização mecânica por compactação é conseguida essencialmente através de 3 diferentes métodos (MOREIRA, 2009):

- Compressão estática, cuja força é exercida por uma prensa mecânica e hidráulica;
- Compressão dinâmica por impacto cuja força é exercida por impacto criando uma onda de choque e de pressão que coloca as partículas em movimento;
- Compressão por vibração em que se utilizam aparelhos de vibração que exercem impactos rápidos sob o solo. Este movimento elimina temporariamente a fricção interna e permite reorganização das partículas.

No campo da introdução de fibras é importante referir a redução dos efeitos de retração. Este método permite ao nível da secagem uma melhor distribuição das tensões de retração e aumentar a resistência mecânica da terra (aumento em cerca de 15 % a resistência à tração) (RIGASSI, 1985). Existem diversos tipos de fibras, mas as mais utilizadas são as vegetais: palha e bambu. A palha permite acelerar o processo de secagem, reduzir a massa volúmica do material e melhorar o comportamento acústico, no entanto apresenta

uma desvantagem que consiste na desagregação fácil quando exposta à humidade por longos períodos (MOREIRA, 2009).

Ainda incluído na estabilização mecânica podemos tratar os diferentes tipos de terra de diversas formas. Quando estamos perante uma terra extremamente fina, a correção é feita através dos resultados da curva granulometria. Quando a terra a utilizar é do tipo grossa, a correção é feita por remoção deste por peneiração. A correção de uma terra com excesso de partículas finas, como por exemplo uma argila, é feita adicionando partículas mais grossas (MOREIRA, 2009).

No que concerne à estabilização química, esta é conseguida através de cimento, cal, betume, produtos naturais e produtos sintéticos. A adição de cimento no solo provoca aglomeração das partículas e torna a argila mais estável, já a adição de cal permite a dissolução de minerais argilosos. O betume aumenta a resistência da terra à ação da água e a utilização de resinas sintéticas permite tudo já referido anteriormente, apresentando no entanto algumas desvantagens, tais como o elevado custo e a toxicidade dos materiais (RIGASSI, 1985).

2.2 Diferentes tipos de BTC's

Tal como todos os outros tipos de blocos, os blocos em BTC são caracterizados segundo a sua altura, largura e espessura ($b \times h \times l$).

O bloco atualmente mais comum apresenta como dimensões $29,5 \times 14 \times 9$ cm conferindo-lhe assim uma maior facilidade e flexibilidade na sua aplicação em obra (RIGASSI, 1985).

De acordo com RIGASSI (1985), os blocos BTC podem classificar-se em 4 famílias diferentes. Os **Blocos sólidos** (Solid Blocks) que se apresentam sob uma forma prismática e podem ainda ser subdivididos em blocos Standard, $\frac{3}{4}$ Bloco e $\frac{1}{2}$ de Bloco (Figura 2.2).

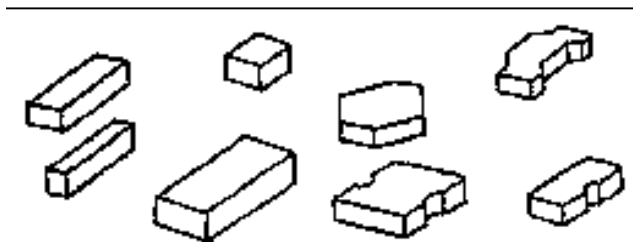


Figura 2.2: Exemplo de blocos Sólidos (GUILLAUD et al, 1985).

Um outro tipo de família é designada por **Blocos Ocos** (Hallow Blocks) que se distinguem pela presença de um maior número de vazios (5% a 30%) e um avanço tecnológico na sua produção. Apresentam normalmente um maior aderência e um peso mais reduzidos em comparação com os blocos já inumerados acima (Figura 2.3).

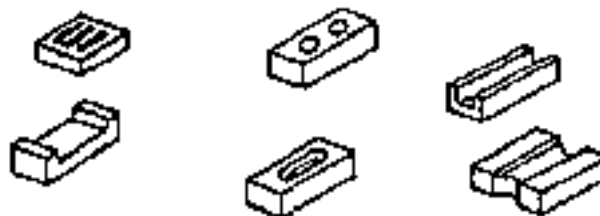


Figura 2.3: Exemplo de blocos Ocos (GUILLAUD et al., 1985).

Os **blocos perfurados** (Permored Blocks) apresentam ainda características mecânicas mais interessantes que os enunciados acima e são os mais adequados para áreas com forte atividade sísmica. A sua ligação deve ser feita com o auxílio de uma argamassa (Figura 2.4).

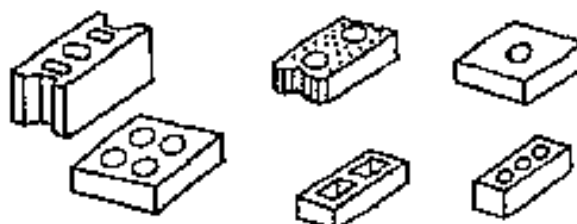


Figura 2.4: Exemplo de Blocos perfurados (GUILLAUD et al., 1985).

Por fim o quarto e último tipo de blocos é designado por **Bloco Interligado** (Interlocking blocks) que normalmente são ligados sem recurso a argamassa e utilizados maioritariamente em estruturas sem grandes cargas (Figura 2.5).

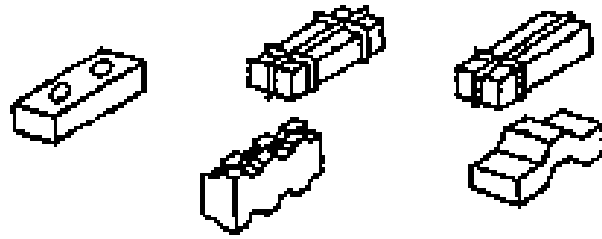


Figura 2.5: Exemplo de blocos Interligados (GUILLAUD et al., 1985)

2.3 Fabricação dos BTC'S

2.3.1 Processo de Fabricação

Um das vantagens deste tipo de blocos é a facilidade associada à sua produção e o baixo recurso a avançadas ferramentas.

Analisando a Figura 2.6 podemos verificar que para produzir um bloco em terra compactada é necessário numa primeira fase obter a matéria prima- Terra.

Posteriormente é necessário testar essa terra e verificar as quantidades enunciadas no ponto acima. De seguida apresenta-se a obtenção da mistura, isto é, misturar a Terra com água e cimento.

Com recurso a diferentes tipos de maquinaria (manual ou automática) podemos proceder à compactação dos blocos. Após esta fase é necessário dispor os blocos cuidadosamente alinhados e esperar que estes sequem à temperatura ambiente.

Então a ultima e uma das mais importantes fases é permitir uma seca dos blocos de forma correta (7 a 14 dias de acordo com RIGASSI, 1985), logo é necessário regar constantemente para evitar a abertura de fissuras devido à presa (presença do cimento).

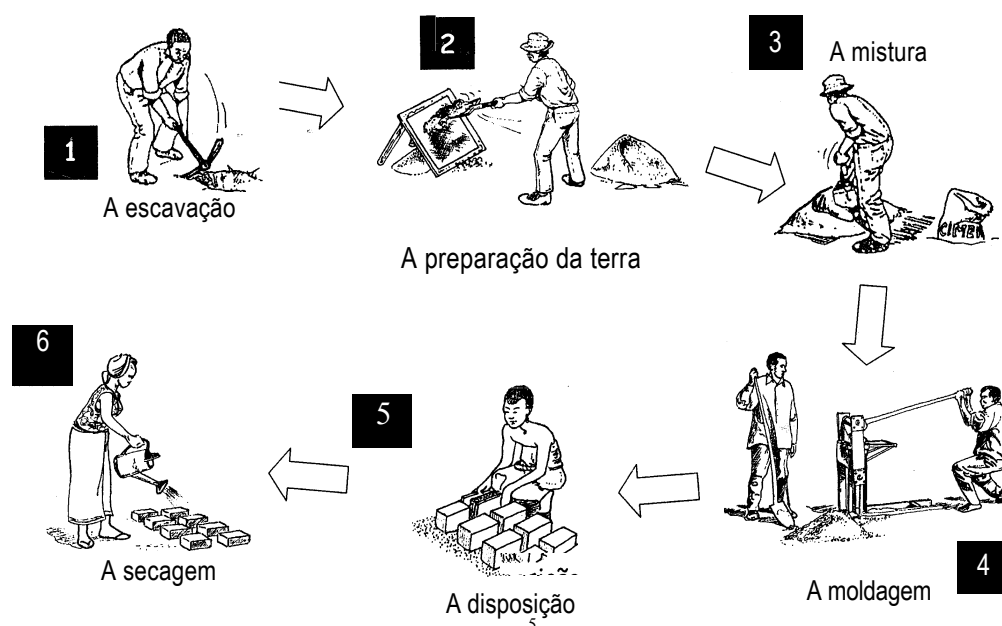


Figura 2.6: Processo de fabricação dos blocos (NEVES e CUNA, 2007).

2.3.2 Maquinaria

A qualidade do equipamento usado para a produção dos blocos BTC é bastante importante, não obstante à maior importância na escolha de um solo com qualidade.

O tipo de maquinaria que apresenta maior facilidade e maior escolha é a manual. Existe também maquinaria automática pesada ou mesmo móvel. Como seria de esperar a maquinaria automática apresenta inúmeras vantagens comparativamente à manual, por exemplo a rapidez e controlo de qualidade na produção de um bloco e também a possibilidade de uma rápida troca na produção de diversas formas de blocos. Por outro lado apresenta algumas desvantagens tais como o maior custo na manutenção e na utilização.

Exemplos da maquinaria Manual atualmente existente podem ser vista na Figure 2.7 e Figura 2.8.



(a)



(b)



(c)

Figure 2.7: Maquinaria (Earth-auroville, 2012): (a) Terastaram Bélgica; (b) Unata Europa; (c) Elson Block Master India



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2.8: Maquinaria manual (Earth-auroville, 2012): (a) Auram Press 3000 India; (b) Balram India; (c) Auram press 290 India; (d) Astram india.

Como exemplos da maquinaria automática podemos ter os presentes na Figura 2.9.

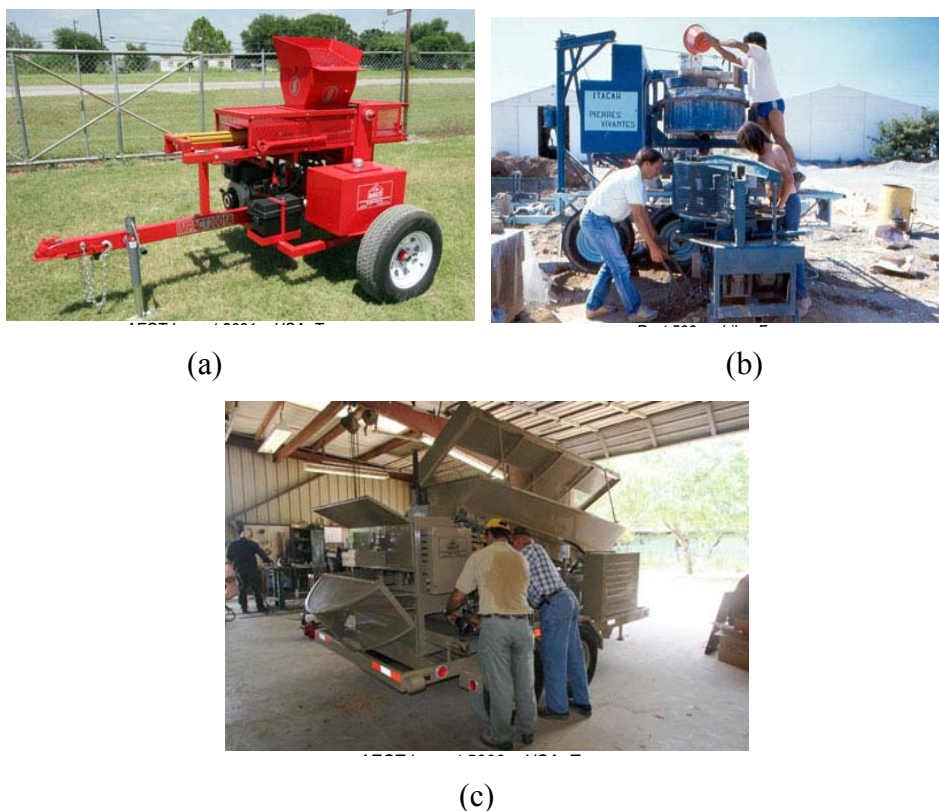


Figura 2.9: Maquinaria Automática (Earth-auroville, 2012): (a) AECT Impact 2011 USA; (b) Pact 500 mobile França; (c) AECT Impact 5000 USA.

Para uma melhor compreensão das diferenças existentes ente a maquinaria manual e automática podemos analisar a Tabela 2.3.

Tabela 2.3: Índice de produção das diferentes máquinas referidas.

	Manual Leve	Manual Pesada	Automática	Automática Móvel	Automática Pesada
Nº blocos/dia	300 a 600	700 a 1500	1000 a 5000	1500 a 4000	2000 a 10000
Peso (kg)	50 a 150	150 a 250	700 a 2000	1500 a 6000	2000 a 30000
Dimensões (cm)	25,5×14×9	25,5×14×9	25,5×14×9	25,5×14×9	25,5×14×9

2.3.3 Testes de Qualidade “in situ”

2.3.3.1 Solo

No que concerne a análise do solo, esta pode ser feita segundo EIRES et al. (2012) através:

- Caracterização visual- cor (Figura 2.10(c));

- Verificação da textura- tamanhos dos grãos e ruído de manuseamento;
- Verificação do odor- cheiro da matéria orgânica (Figura 2.10(c));
- Verificação da pegajosidade;

Já foi visto que o solo utilizado deve ser mais ou menos homogêneo e para tal é necessário por exemplo o teste do “cigar” que permite verificar a coesão do solo e principalmente a quantidade e qualidade da argila presente (Figura 2.10(a)). Um tipo de teste que pode ser feito é o “Jar Test” que consiste em verificar as quantidades dos diferentes constituintes do solo, agitando a garrafa com o solo a analisar podemos verificar que os cascalhos no fim, seguido das areia e no topo as argilas (Figura 2.10 (b)). Existe também a possibilidade de realizar o “teste da mão”, que consiste em verificar a dureza da terra e com o auxílio da água a pegajosidade (Figura 2.10(c))

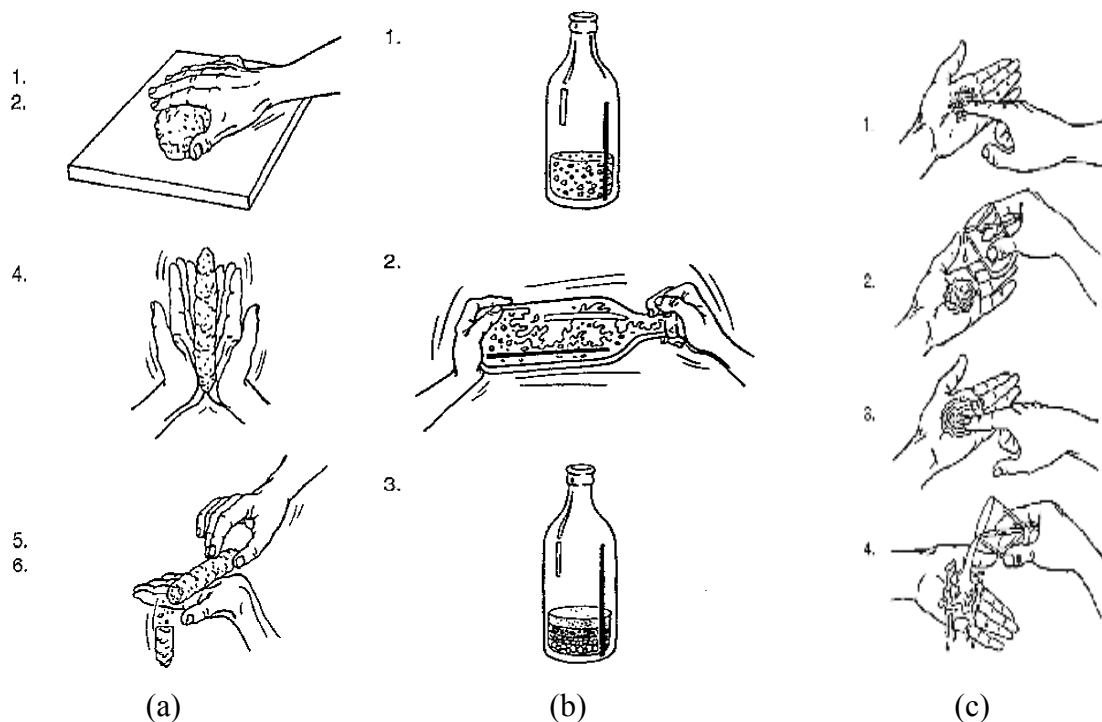


Figura 2.10 (RIGASSI, 1985): (a) Método do teste “Cigar” ; (b) teste “Jar”; (c) Teste da mão; (RIGASSI, 1985).

Realizando estes diferentes testes pode-se compreender a similitude e homogeneidade do solo e as respectivas quantidades de cada (RIGASSI, 1985).

2.3.3.2 *Água*

A sua presença deve provar-se ser límpida e não do tipo salgada, para tal realizamos um teste simples de aquecimento da água e esperamos a evaporação total verificando se restam alguns depósitos em conjunto com um teste bastante simples, que consiste no simples ato de provar a água e verificar o tal índice de salinidade (Figura 2.11).



Figura 2.11: Exemplo de teste realizado à água (RIGASSI, 1985).

2.3.3.3 *Cimento*

A quantidade de cimento deve ser controlada de forma a evitar que este reage em excesso com a restante mistura. Caso este possua na mistura bolas com cerca de 1 ou 2mm pode ser classificado como mau, caso a percentagem na mistura seja superior a 50 % permite classifica-la como uma boa mistura (Figura 2.12).



Figura 2.12: Exemplo de teste ao cimento (RIGASSI, 1985).

Usando uma mistura 1:3 de cimento e areia podemos construir com o auxílio a um molde um pequeno bloco que após 24 horas podemos desmoldar e submergir na água. Após esta fase podemos colocar o pequeno bloco sujeito a uma tensão de um peso com 100g a 150g como verificamos na Figura 2.13 e com a régua medimos os deslocamentos.

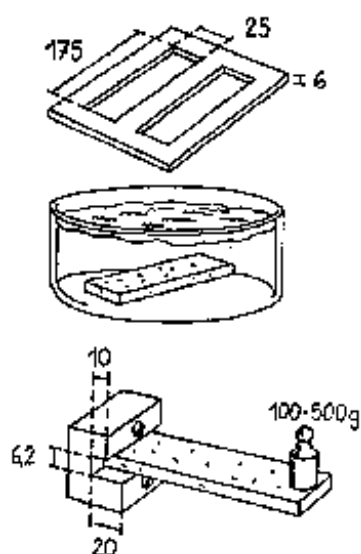


Figura 2.13: Exemplo do teste ao cimento (RIGASSI, 1985).

2.3.4 Ensaios de Qualidade Laboratoriais

A adicionar aos testes de qualidade já referidos anteriormente não podemos deixar de enumerar os testes laboratoriais que permitem identificar e analisar o comportamento e constituintes da mistura e dos blocos resultantes.

2.3.4.1 Ensaio de dimensão das partículas

É importante verificar as dimensões das partículas que constituem a terra em uso, como tal recorremos à peneiração (Figura 2.14). O peneiro normalmente limite deste processo é o #10 e todos os grãos que passam este peneiro são submetidos a um teste hidrométrico (MCARTHUR e ROBERTS, 1996).

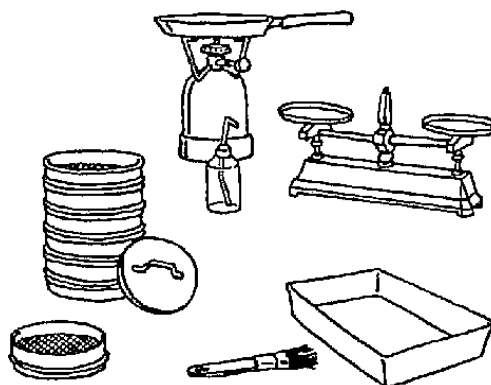


Figura 2.14: Teste de dimensão de partículas (RIGASSI, 1985).

2.3.4.2 Ensaio de Sedimentação

Como seria de esperar a variação do tamanho das partículas presentes na mistura é bastante elevada, como tal é necessário recorrer ao teste de Sedimentação para analisar as partículas com diâmetros inferiores a 0,08mm. Estas partículas devem ser analisadas pois intervêm diretamente com a velocidade de ligação entre a água e estas mesmas (Figura 2.15).

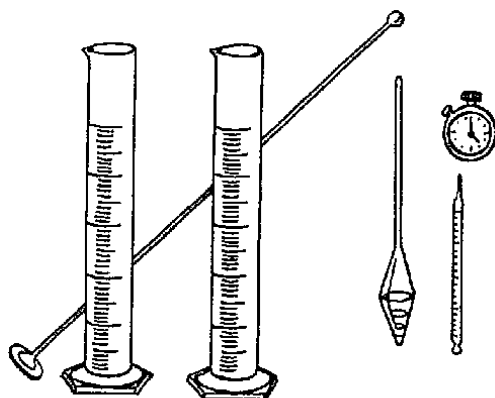


Figura 2.15: Exemplo do ensaio de sedimentação (RIGASSI, 1985).

2.3.4.3 Ensaio aos limites de Atterberg

Segunda ARUMALA e GONDAL (2007), o ensaios de Atterberg (Figura 2.16) permitem identificar os limites de consistência da nossa misturas. Este teste é bastante semelhante ao ensaio de controlo de qualidade já referido, Teste “cigar”.

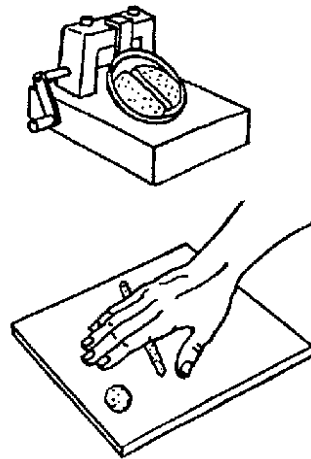


Figura 2.16: Exemplo do teste de Atterberg (RIGASSI, 1985).

2.3.4.4 Ensaio de “Proctor”

O teste Proctor é um dos ensaios laboratoriais mais importantes a se realizar. Este permite analisar se a mistura contém água suficiente ou não para que possa ser compactada. O OMC (Optimal Moisture Content) é a densidade máxima seca que podemos obter e que nos permite verificar o ponto ótimo de compactação (Figura 2.17).

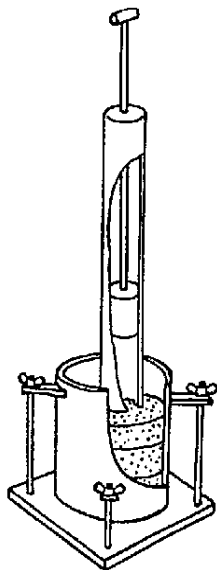


Figura 2.17: Equipamento do teste Proctor (RIGASSI, 1985).

2.3.4.5 *Ensaio Químicos*

A verificação da existência de matéria orgânica na mistura é bastante importante, logo a sua análise recorrendo a teste químicos pode ser avaliada quantitativamente ou qualitativamente (Figura 2.18).

Uma análise quantitativa implica detetar a presença e quantidade das substâncias (análise de espectro). Uma análise qualitativa permite detetar a presença das substâncias e diferencia-las entre si.

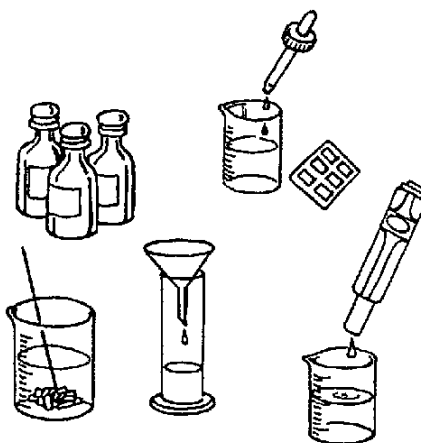


Figura 2.18: Ferramentas de uma análise Química (RIGASSI, 1985).

2.4 Ensaios Mecânicos Estruturais

Dentro desta temática de ensaios podemos fazer uma divisão bastante direta. Estes podem então ser divididos em ensaios compressão e ensaios de tração. Dentro dos ensaios de compressão, estes podem ser feitos a blocos BTC's ou a paredes criadas por este blocos.

O ensaio de compressão a blocos BTC's consiste na colocação do bloco entre dois pratos de uma prensa na direção que este será colocado na futura alvenaria. Estes ensaios podem ser realizados através da variação de força (0,05 MPa/s) e controlo das deformação ou então aplicação de intervalos de deslocamentos (0,001mm/s) e medição da carga correspondente até à rotura do bloco. Ao longo do ensaio é normal que surjam problemas de fricção entre as placas e o bloco, logo pode ser colocado neopreme entre os dois (diminuição considerável do atrito). É importante que também seja utilizada a mesma argamassa que será posteriormente aplicada em obra. Quando se dá a ruptura do bloco a força de compressão necessária é calculada (Figura 2.19).

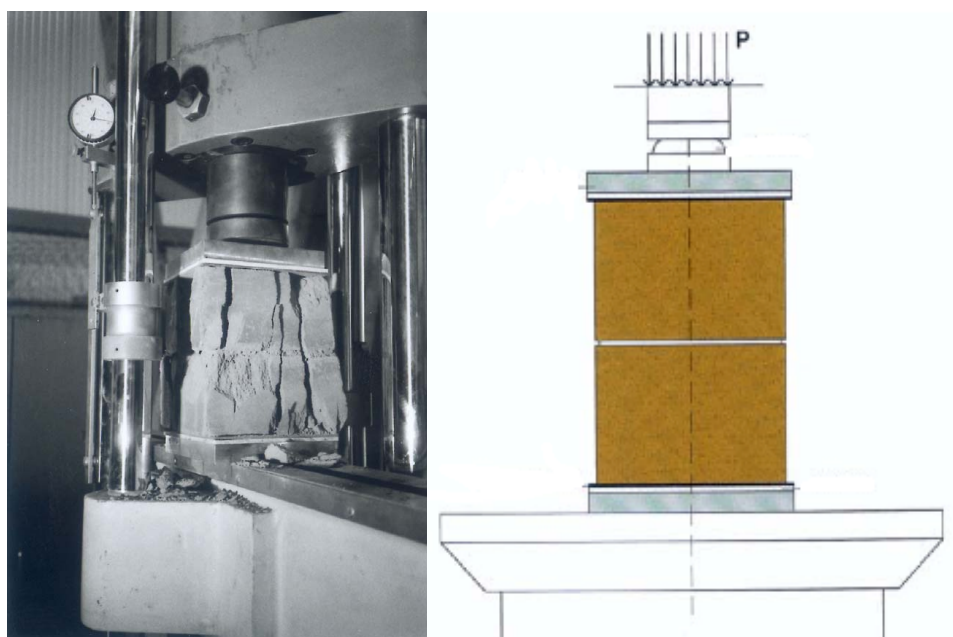


Figura 2.19: Exemplos de ensaios feitos à compressão uniaxial (BARBOSA e MATTONE, s. data).

Como referenciado acima, este teste de compressão podem também ser feitos em paredes de alvenaria tal como demonstra a Figura 2.20. Numa fase posterior deste trabalho os

resultados e a análise dos ensaios de compressão serão melhor aprofundados, fazendo assim parte da análise laboratorial desta dissertação.

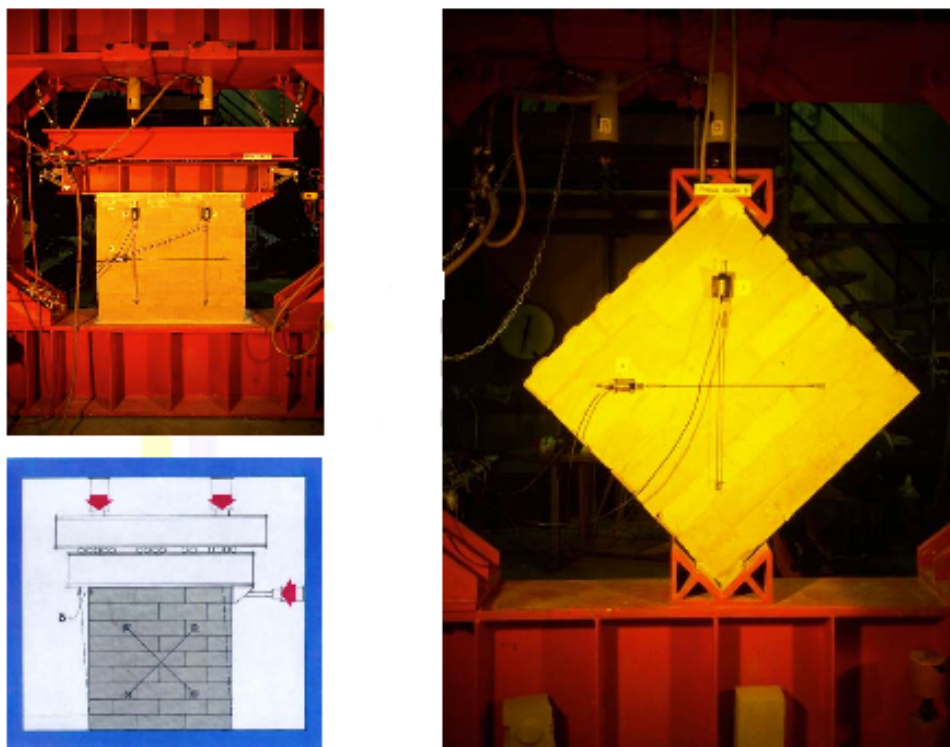


Figura 2.20: Ensaios de compressão em paredes de alvenaria (BARBOSA e MATTONE, s. data).

Relativamente aos ensaios de tração indireta estes são normalmente realizados de acordo com a Figura 2.24.

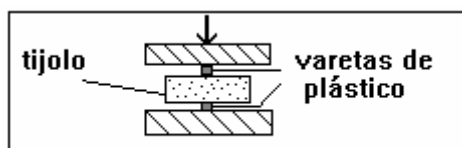


Figure 2.21: Exemplo de ensaio de tração indireta (BARBOSA e MATTONE, s. data).

A velocidade deste ensaio deve ser aproximadamente de 0,002 mm/s e a resistência à tração é dada por:

$$F_t = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot b \cdot h}$$

onde,

F – é a força de ruptura à tração (kN);

b – largura do bloco;

h – Espessura do bloco.

2.5 Outras Técnicas de Construção em Terra

Desde sempre existiram outras técnicas mais “rudimentares” que utilizam a terra como matéria-prima. As mais importantes a enunciar aqui são o Adobe e a Taipa.

O adobe é a técnica mais comum para a fabricação de blocos. A facilidade de emprego e a sua fácil adaptação à presença de água é uma vantagem comparativamente aos BTC’s. Esta vantagem advém do facto de na sua produção ser utilizado um solo plástico, como neste caso a argila. No seu fabrico são utilizados moldes de madeira onde os blocos são desmoldados ainda frescos, sendo posteriormente colocados a secar a temperatura ambiente. Este processo pode levar ao aparecimento de fissuras no bloco, logo uma diminuição da característica mecânica (JALALI e EIRES, 2008). O adobe pode ainda ser reforçado com palha ou fibras vegetais para evitar o comportamento acima descrito (Figura 2.22).



(a)

(b)

Figura 2.22 (JALALI e EIRES, 2008): Exemplos de Adobe: (a) Produção de Adobe; (b) Exemplo de forma do bloco.

Taipa é um outro processo de emprego da terra que utiliza um solo mais seco de consistência húmida em comparação com o adobe e os BTC’s . As alvenarias são obtidas

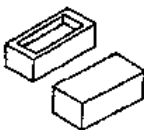

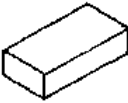
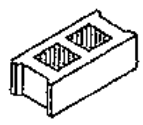
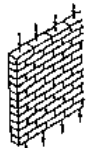

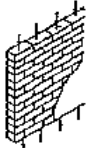
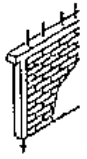
através da compactação com o auxílio de tábuas de madeira. Este tipo de técnica requer algum conhecimento para evitar problemas na compactação, embasamento e remates de cobertura, devido à penetração da água (JALALI e EIRES, 2008). Atualmente já é possível obter taipa mecanizada permitindo assim uma maior rapidez e controlo de aplicação. A cofragem pode ser de maior dimensão (Figura 2.26) e a sua compactação pode ser feita com o auxílio a um compactador pneumático.



Figura 2.23 (JALALI e EIRES, 2008): Taipa: (a) Parede em taipa; (b) Aplicação de taipa.

Para melhor resumir as diferenças existentes entre os blocos e técnicas de construção de terra numeradas acima podemos consultar a seguinte Tabela 2.4.

Tabela 2.4: Comparação entre os diferentes bloco em Terra (GUILLAUD et al. 1985).

COMPARISON BETWEEN CEBs AND OTHER MASONRY MATERIALS					
Characteristics	Unit	CEB	Fired bricks	Adobes	Concrete blocks
SHAPE AND SIZE					
Type					
I x w x h	cm	29.5 x 14 x 9	22 x 10.5 x 6.5	40 x 20 x 10	40 x 20 x 15
APPEARANCE					
- Surface		smooth	rough to smooth	irregular	rough
- Visual aspect		medium to good	good to excellent	poor	average
PERFORMANCES					
- Wet compressive strength	Mpa	1 to 4	0.5 to 6	0 to 5	0.7 to 5
- Reversible thermal dilation	%	0.02 to 0.2	0 to 0.02	-	0.02 to 0.05
- Thermal insulation	W/m ² C	0.81 to 1.04	0.7 to 1.3	0.4 to 0.8	1.0 to 1.7
- Density	kg/m ³	1 700 to 2 200	1 400 to 2 400	1 200 to 1 700	1700 to 2200
- Durability		low to very good	low to excellent	poor	low to very good
USE IN MASONRY		load-bearing	load-bearing	load-bearing	infill
					
		without render	without render	with render	with render

2.6 Vantagens dos BTC's

Inúmeras vantagens são associadas a este tipo de material. O facto dos BTCs serem constituídos maioritariamente por terra é por si só uma vantagem suficiente para levar ao seu estudo, pois a matéria-prima existe em abundância e a sua exploração não acarreta com os inúmeros índices de poluição que implicam, por exemplo, os blocos de betão. Este material é então classificado como **material local** (BARBOSA e MATTONE, s. data).

A vantagem já inumerada pode também ser analisada do ponto de vista **económico** e de fabricação, pois os custo de transporte, exploração e mesmo importação de mateias e mão-de-obra é consideravelmente reduzido. A facilidade na produção deste material e a barata formação social para posterior produção, são uma das mais importantes vantagens – **Custo energético baixo.**

Atualmente a necessidade de materiais “amigos da natureza” é cada vez mais uma constante no quotidiano geral, daí uma terceira vantagem que consiste na biodegradação e a sua reciclagem (JALALI e TORRAL, 2009). O facto de aquando a produção dos BTC's não serem produzidos quais queres resíduos e contaminantes classifica-o como **material ecológico**. (Figura 2.24)

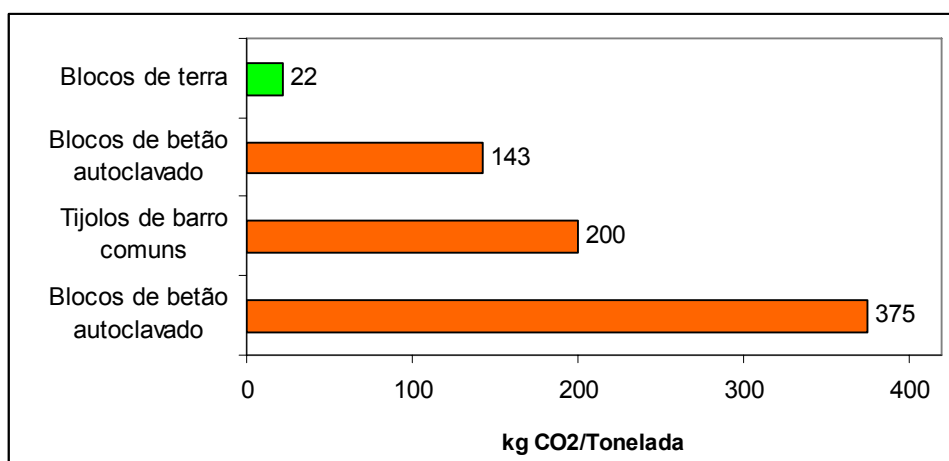


Figura 2.24: Comparação do Carbono em diferentes materiais (JALALI e TORRAL, 2009).

Acima é possível analisar a diferença entre os diferentes materiais e verificar a reduzida emissão de CO2 na produção de BTC's.

Orientando o texto para o comportamento físico do material, podemos referir o seu bom comportamento a **nível térmico**. O facto de este ser dotado da capacidade de armazenar e libertar lentamente o calor do sol leva a uma constante temperatura no interior do edifício, ideal para climas com grandes amplitudes térmicas do dia para a noite. Ainda incluindo neste tema, podemos referir o facto de este regular a **humidade interior**.

A **porosidade** do material leva a que as trocas de vapor de água com o ar conduzem a um nível de humidade constante (40% e 60%), diminuindo assim os riscos associados a este sujeito para a saúde humana (JALALI e TORRAL, 2009). Devido a esta característica, o material evita assim a formação de fungos, que normalmente surgem em ambientes com níveis de humidade superiores. Em comparação com os materiais utilizados de forma

mais comum na construção esta nova técnica apresenta um índice de absorção de água 3 vezes superior (Figura 2.25).

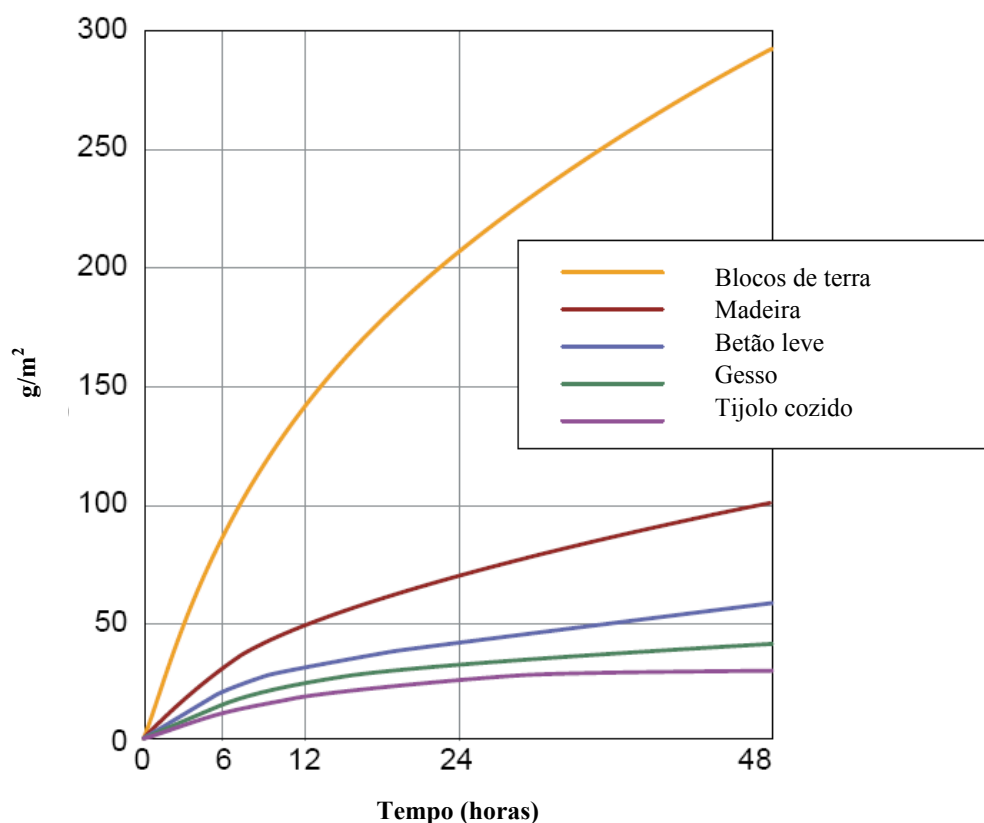


Figura 2.25: Percentagem de absorção de água dos diferentes materiais (JALALI e TORRAL, 2009).

Este material apresenta ainda como vantagem a resistência ao fogo, a não toxicidade, uma qualidade acústica elevada e resistência a insetos (Vermeer Construction Company, 2001).

2.7 Desvantagens dos BTC's

Tal como todo o tipo de material e técnica de construção apresenta as suas desvantagens este tipo de blocos não é exceção.

Uma das maiores e mais importantes desvantagens apresentadas engloba a **ignorância** associada à produção e aplicação deste tipo de técnica (EARTH BASED TECHNOLOGIES). A **não aplicabilidade** quando nos referimos a grandes, importantes e

imponentes edifícios, sendo então mais adequada maioritariamente para edifícios de habitação e de pequenas dimensões.

Atualmente o material de construção de eleição é o betão, logo a tecnologia associada à sua produção e aplicação evolui cada dia, no entanto os BTC's apresentam alguma **limitação na tecnologia de produção** e aplicação pois esta ainda é feita com auxílio a máquinas manuais.

Uma desvantagem importante segundo EARTH BASED TECHNOLOGIES incluía **discriminação social** deste tipo de técnica, devido ser associada a construção em terra a pobreza.

Quando foram referidas as inúmeras vantagens deste material foi evidenciada a maior absorção de água em relação aos outros materiais que acarreta inúmeras vantagens, mas quando este índice de **humidade** é inferior a 40% pode levar também ao surgimento de doenças do foro respiratório como as amigdalites, faringites ou mesmo bronquites (JALALI e TORRAL, 2009).

2.7.1 Patologias Relacionadas com a Água

Uma das principais desvantagens desta técnica consiste na presença de água que diminui bastante a capacidade resistente do material.

A presença de água no solo é um dos maiores inconvenientes neste tipo de construção, esta induz esforços adicionais à estrutura tais como forças mecânicas devido ao efeito de capilaridade. Este efeito pode ser agravado devido às características do solo em causa, quanto mais finas forem as partículas do solo mais acentuada este efeito será (RIGASSI, 1985).

Para minimizar ou mesmo evitar problemas deste tipo é então necessário implementar algumas medidas, garantindo então a não existência de água permanente na superfície da habitação. A penetração da água na habitação pode ser feita através das possíveis danificações (fissuras, buracos, etc.) que esta possua. O edifício deve então ser dotado de

uma cobertura eficiente e as paredes que o constituem protegidas por um revestimento uniforme tal como mostra a Figura 2.26.



Figura 2.26: Exemplo de uma habitação com revestimento exterior uniforme (BARBOSA e MATTONE, s. data).

2.7.2 Patologias Estruturais

O fenómeno de retração é um dos problemas em constante estudo quando nos referimos ao material de construção, betão, no entanto neste acaso também aqui assumem uma influência negativa. A existência de fissuras devido a este fenómeno levam a uma considerável diminuição das características mecânicas do material tal como uma excessiva solicitação do material em tração ou flexão (RAMOS et al., 2001).

A construção de edifícios em terrenos que apresentem fraca resistência às cargas pode levar a assentamentos diferenciais não toleráveis por este material. Como em todo o tipo de obras, a importância de um correto dimensionamento é fundamental, neste caso a correta consideração da existência de excentricidades e punçoamentos locais são fulcrais para uma utilização.

2.8 Método de Construção

Esta dissertação tem como foco principal explorar e estudar as técnicas de aplicação dos BTC's, como tal este ponto será o mais pormenorizado ao longo da dissertação. No entanto, é importante fazer referência a alguns métodos de base já existentes.

Um primeiro passo nesta metodologia passa pela construção das fundações (Figura 2.27), à semelhança das habitações em betão. Estas fundações podem ser construídas em betão ou com os BTC's, dependendo bastante do custo de construção e das características de resistência necessárias para a habitação.



Figura 2.27: Exemplo de construção das fundações (BARBOSA e MATTONE, s. data)

Seguidamente passa-se para a construção das “paredes” que podem ser duplas, no caso das exteriores, ou simples, no caso das paredes divisórias (Figura 2.28).



Figura 2.28: Exemplo de construção das paredes exteriores (BARBOSA e MATTONE, s. data).

Para a construção da cobertura, neste caso as asnas, estas normalmente apresentam-se de madeira e a restante cobertura pode ser em chapas metálicas ou telhas cerâmicas (Figura 2.29), sendo este ultimo o mais comum e recente. Produtos naturais por exemplo a palha também podem ser encontradas como forma de cobertura, mas apenas em construções mais antigas.



Figura 2.29: Exemplo de uma cobertura em telhas cerâmicas (BARBOSA e MATTONE, s. data).

Um ponto também bastante importante e que será também melhor explicada, refere-se ao aspecto estético e visual da habitação (necessidade atual) que engloba uma pintura exterior e interior tal como a utilização, ainda rara, de cobertura em teto falso.

3. PROJETO HILOTEC

3.1 Introdução

O projeto *HiLoTec - desenvolvimento de um sistema de autoconstrução sustentável para países em desenvolvimento*, visa a criação de uma tecnologia de construção simples e inovadoras para o desenvolvimento sustentável de autoconstrução de pequenos edifícios em países em desenvolvimento.

3.2 Arquitetura

As áreas propostas foram calculadas com base nas áreas médias de uma moradia constituída por um quarto (cerca de 50m²) e de uma outra com dois quartos (cerca de 64m²). Assim sendo, essas dimensões foram aplicadas em duas habitações, a rural (Figura 3.1) e a urbana(Figura 3.2). Ambas as habitações têm dois quartos, sendo a única diferença entre as duas está na cozinha, que será aberta para o exterior, característica típica do Malawi. Na casa urbana a cozinha será fechada, como uma casa convencional. No manual apenas irá ser apresentada a moradia rural.

As dimensões apresentadas para os dois tipos de habitações foram simplificadas ao máximo de forma a que apenas existam dois tipos de janelas, as exteriores e interiores, assim como as portas, que existirá porta exterior e interior. Em relação às dimensões em planta, terá aproximadamente 56m² (8×7m).

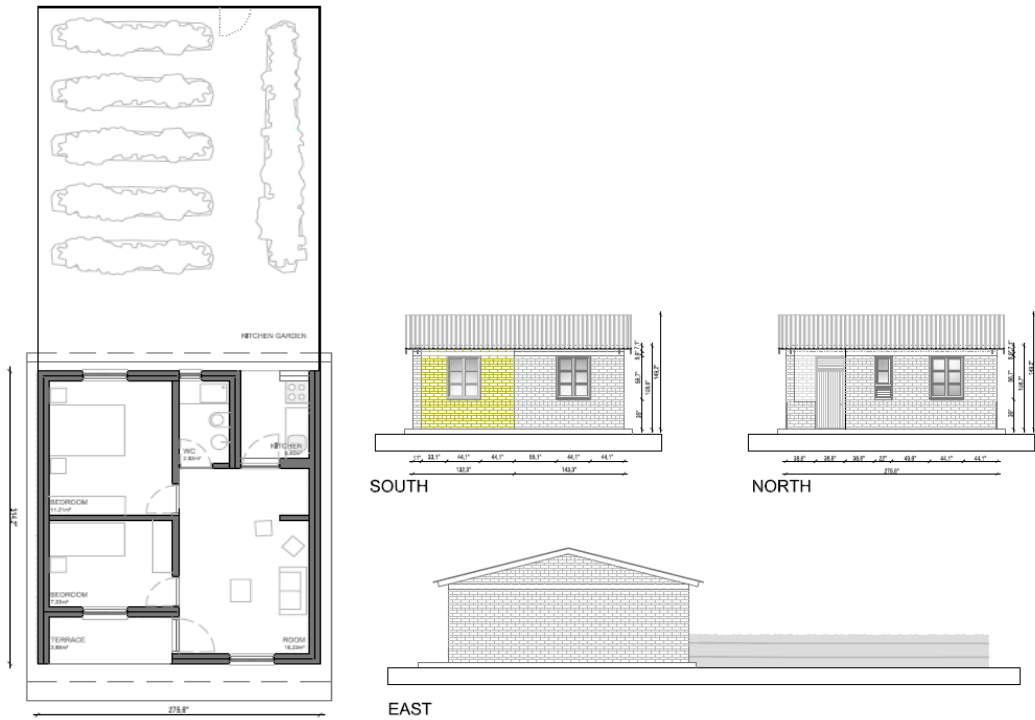


Figura 3.1: Plantas e cortes exemplo da habitação rural (HiLoTec, 2012).

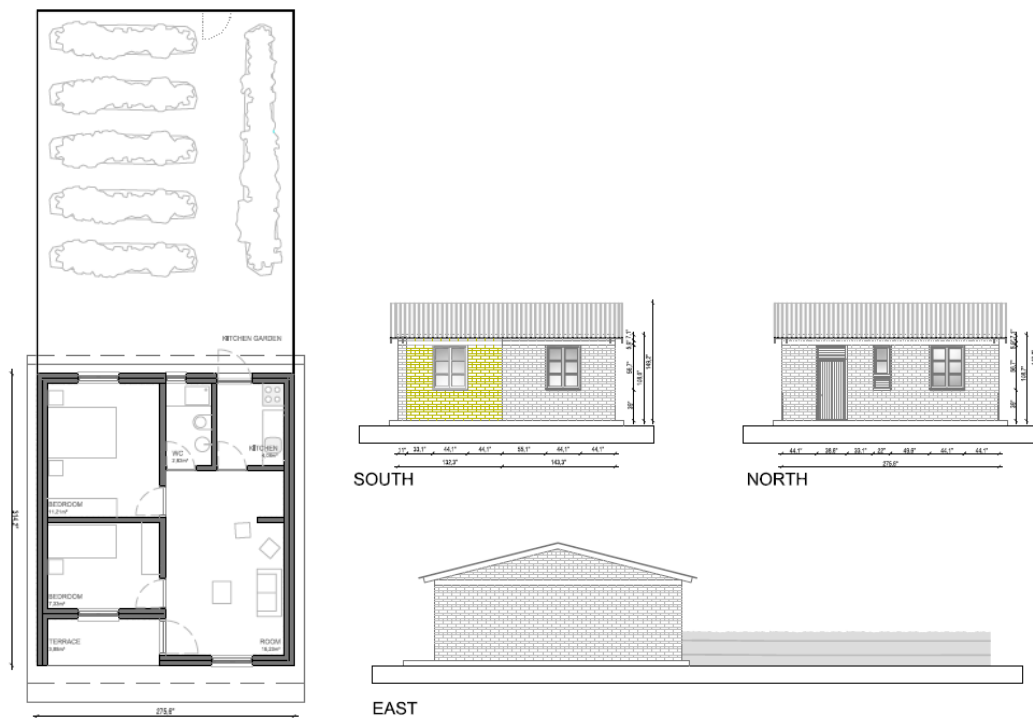


Figura 3.2: Plantas e cortes exemplo da habitação urbana (HiLoTec, 2012).

3.3 Estrutura

3.3.1 Fundações

O tipo de fundações para as duas habitações serão as mesmas e existem várias opções de construção. Assim sendo as fundações poderão ser em betão ciclópico, Figura 3.3, em pedra, Figura 3.4, ou em blocos de terra queimados, Figura 3.5. No manual o utilizador poderá escolher entre estas 3 opções.

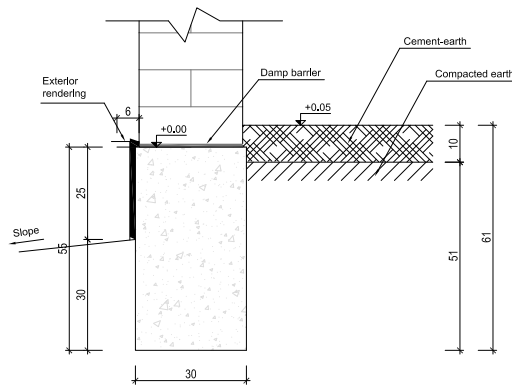


Figura 3.3: Fundação em betão ciclópico (HiLoTec, 2012).

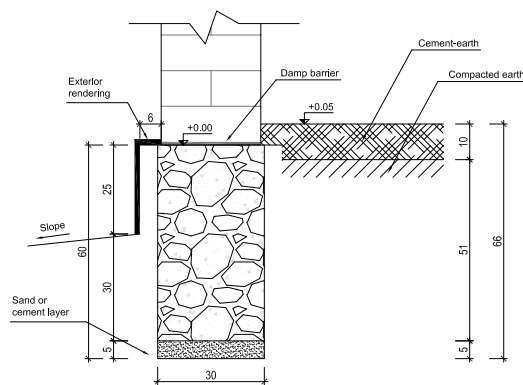


Figura 3.4: Fundação em pedra (HiLoTec, 2012).

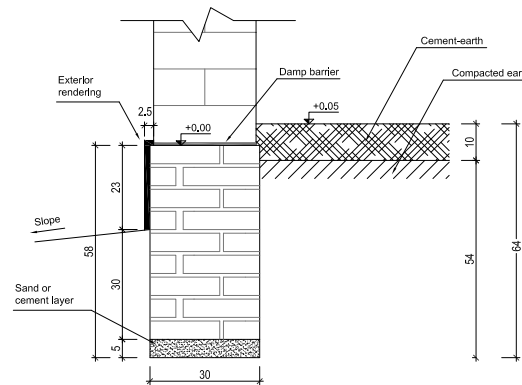


Figura 3.5: Fundação em blocos de terra queimado (HiLoTec, 2012).

3.3.2 Cobertura

A cobertura dos dois tipos de habitação será em chapas zincadas e o seu suporte será maioritariamente em madeira (madres e varas). Na Figura 3.6, é possível verificar o suporte a utilizar, assim como a sua disposição.

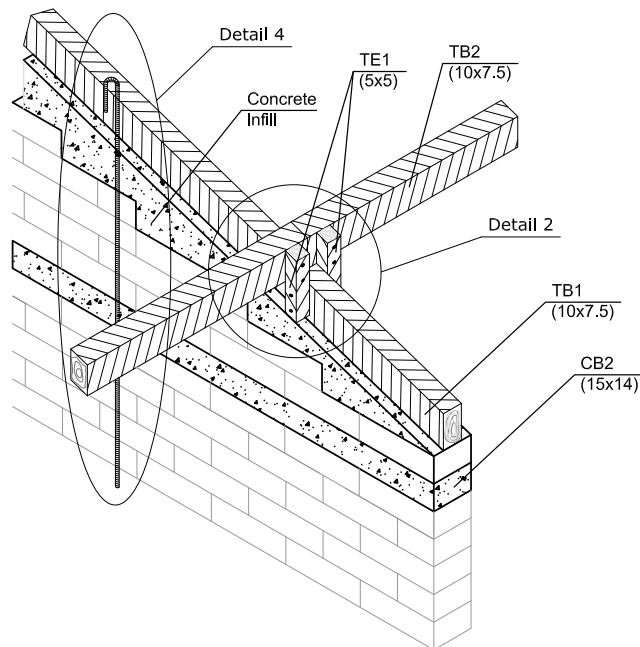


Figura 3.6: Suporte em madeira para a cobertura da habitação (HiLoTec, 2012).

A diferença entre as duas é visível na casa urbana pois nesta será construída um teto falso. Visto que o manual deverá ser desenvolvido de acordo com a casa rural, este não fará qualquer tipo de referência ao teto falso.

3.4 Aberturas de portas e janelas

Relativamente às aberturas dos dois tipos de habitação, neste caso, portas e janelas, estas serão semelhantes para as duas. De acordo com a Figura 3.7 é possível verificar a posição destas aberturas e as suas dimensões em planta. A habitação rural será então constituída por duas portas, uma entrada principal e uma outra entrada secundária com acesso direto à cozinha e quatro janelas, uma em cada um dos quartos, uma outra na casa de banho e a última na sala.

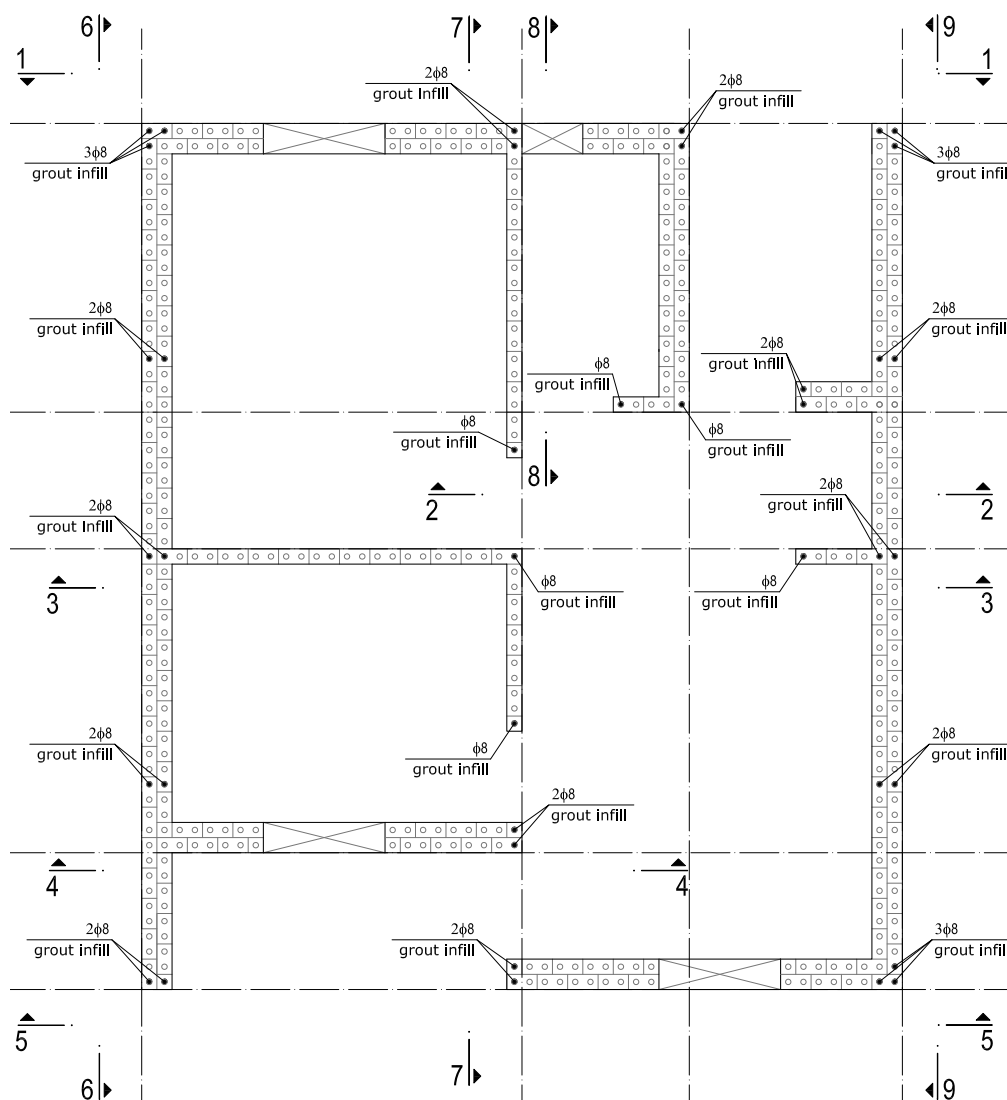


Figura 3.7: Planta da habitação com as respectiva posição das aberturas (HiLoTec, 2012).

3.5 Bloco

O bloco adotado para este projeto encontra-se exposto na Figura 3.8 e na Figura 3.9. Este apresenta uma forma rectangular com dois furos iguais de diâmetro de 50mm, o seu comprimento é de 280mm, a largura de 140mm e por fim apresenta uma altura de 90mm.

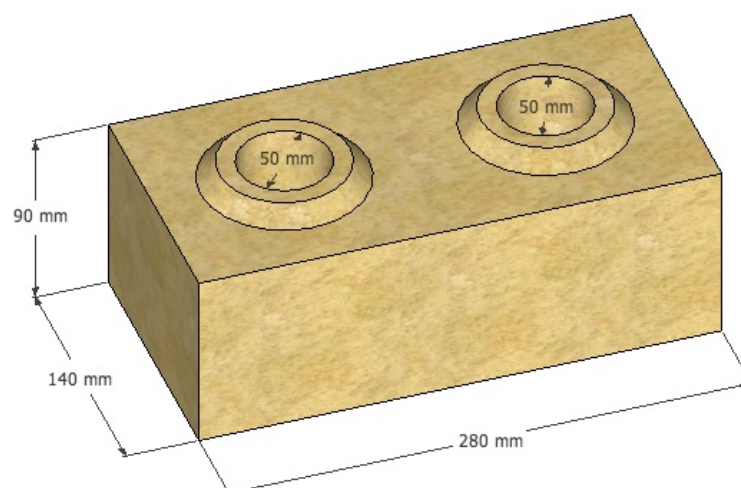


Figura 3.8: Vista superior do bloco em terra compactada e respectivas dimensões (HiLoTec, 2012).

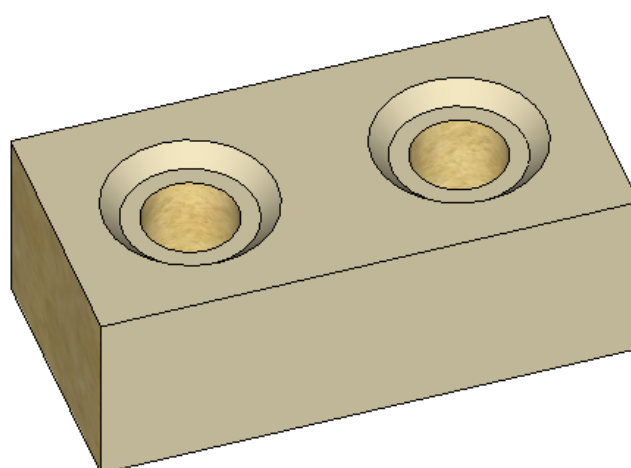


Figura 3.9: Vista inferior do bloco em terra compactada (HiLoTec, 2012).

Os furos já referidos anteriormente e novamente visíveis nas figuras acima, têm como funcionalidade permitir o encaixe entre os diversos blocos, sem haver a necessidade de

recorrer a argamassas para fazerem essa ligação, torna o bloco mais leve e permite também a passagem do reforço.

4. ESTUDO DO MANUAL

4.1 Levantamento e análise dos manuais

4.1.1 Introdução

Para o desenvolvimento desta dissertação tornou-se fulcral a realização de uma pesquisa relativa aos tipos de manuais existentes no mercado. Tal pesquisa foi efectuada partindo do principio que qualquer tipo de manual, isto é, de qualquer área comercial, poderia ser uma enorme ajuda na recolha de ideias e informação.

4.1.2 Seleção dos Manuais

A grande quantidade de manuais analisados levou à necessidade de uma seleção e catalogação prévia destes, de acordo com o tipo de manual, numero de páginas, formatação predominante e características relevantes para esta Dissertação.

Analisando a Tabela 4.1 e a Tabela 4.2 podemos verificar a comparação feitas entre estes e mais ainda a quantidade de manuais ligados à construção civil (construções metálicas, madeira e alvenaria) (Figura 4.3). De referir ainda a importância dada aos manuais do Grupo internacional IKEA, Figura 4.2, e Lego, Figura 4.1, pois tratam-se de manuais auto-construtivos, bastante gráficos e direccionados a um publico que à partir não estará familiarizado com a área abordada como neste caso em análise (Tabela 4.2).

Estas duas tabelas, foi a forma encontrada para melhor fazer perceber o estudo e trabalho de pesquisa que esta Dissertação tem por base.

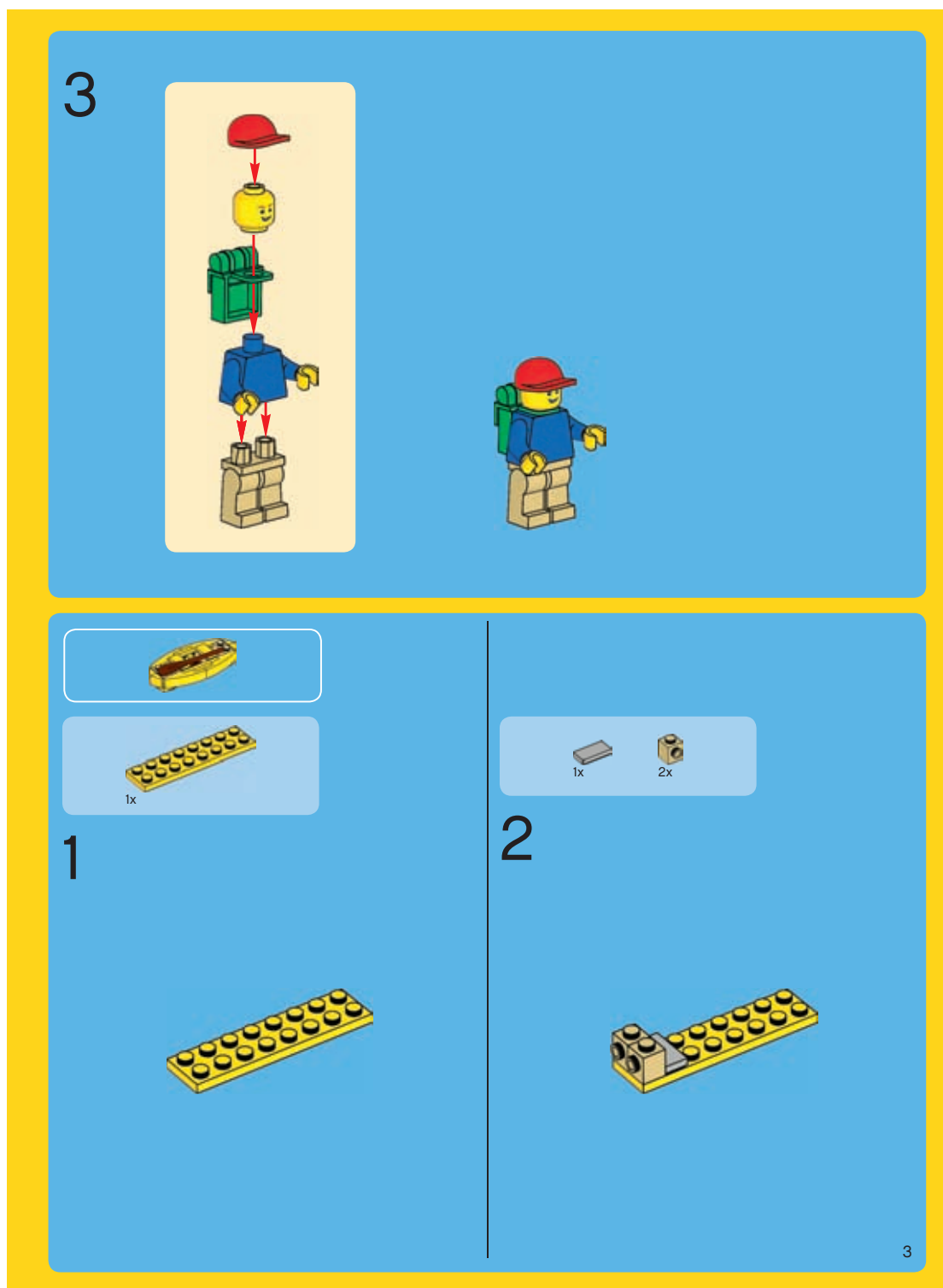
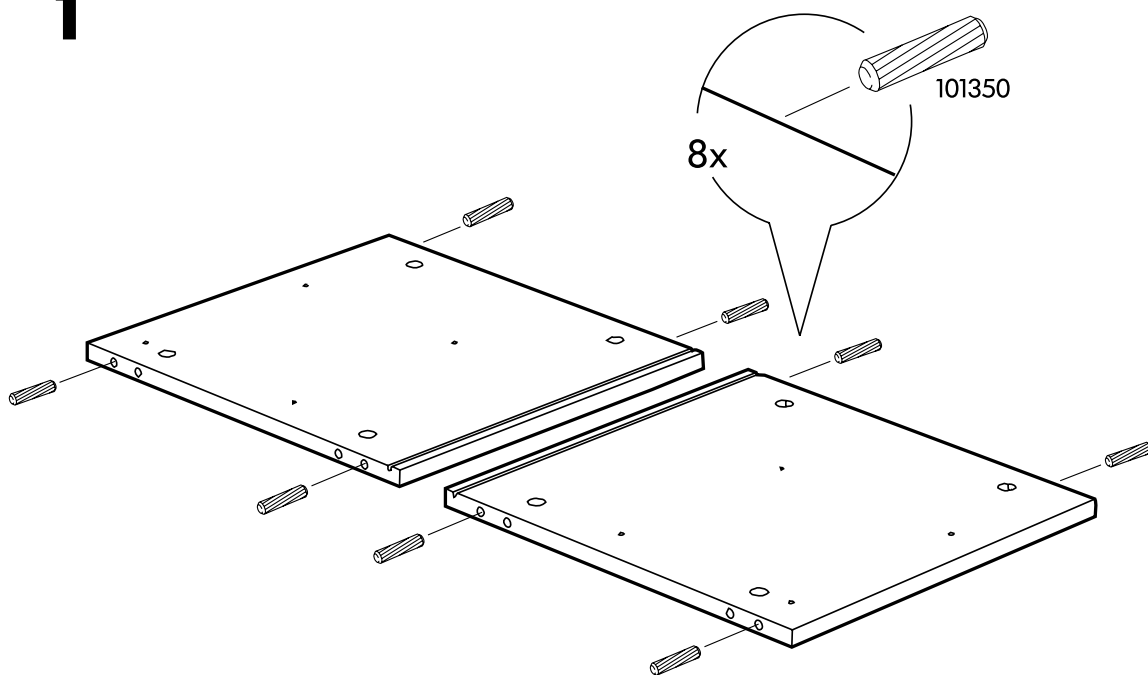


Figura 4.1: Exemplo de uma página do manual da Lego (LEGO 2012).

1



2

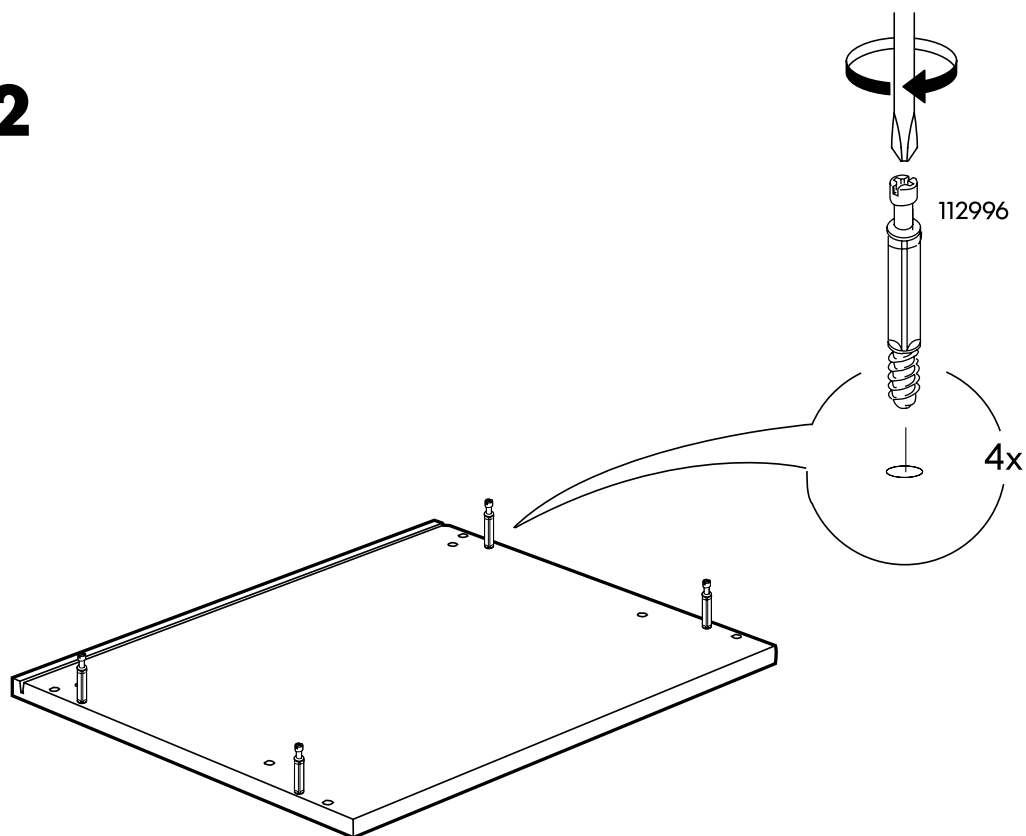


Figura 4.2: Exemplo de uma página do manual da empresa IKEA (Inter IKEA, 2007).

Principais conceitos na definição das alvenarias

Tijolos cerâmicos maciços (NBR 7170)

São produtos geralmente conhecidos pela maioria absoluta. Preconizados pela NBR 7170, são de emprego comum e técnica fácil, obtidos da queima de argilas, facilmente encontrado em qualquer ponto do país.

Características básicas:

Material:

Tijolo cerâmico maciço.

Compatibilidade com estrutura metálica:

Uso normal.

Densidade média:

1500 kg/m³

Técnica assentamento:

Mão-de-obra convencional.



torna-se um produto com baixa densidade. Não devem ser utilizados quando úmidos devido à variação dimensional na secagem. Exibem propriedades de isolamento térmico-acústico superior aos blocos de concreto e tijolo furado. Pode-se considerar uma vedação com bloco celular como sendo alvenaria semi-industrializada, devido à produtividade e modelagem adotadas para o sistema.

Características básicas:

Material:

Bloco de concreto celular autoclavado.

Compatibilidade com estrutura metálica:

Uso normal.

Densidade média:

600 kg/m³

Técnica assentamento:

Mão-de-obra especializada



Blocos de concreto celular autoclavado (NBR 13440)

São produtos totalmente industrializados, produzidos em poucas fábricas específicas. Apresentam precisão nas dimensões e são facilmente serrados, eliminando o desperdício por quebras. Devido ao processo de fabricação com agente expensor e utilização de autoclave,

Existem, ainda, outros tipos de blocos possíveis de serem utilizados com estrutura metálica: sílico-calcários, solo-cimento, etc.

Figura 4.3: Exemplo de uma página do manual de construção em alvenaria (RODRIGUES, 2006).

Esta análise, permitiu-nos de perceber que o manual a desenvolver seria maioritariamente gráfico, isto é, com a menor quantidade de texto possível e ainda com um número de páginas estimadas entre 90 e 150, que acaba por ser aproximadamente a média dos manuais representados na Tabela 4.1.

Continuando o mesmo raciocínio seguido anteriormente, foi decidido que o manual seria em formato A4 embora as cores de impressão ainda não tenham sido decididas, pois uma impressão a cores implicaria um melhor aspecto visual mas também um maior custo de impressão, enquanto uma impressão em escalas de cinza seria mais económico. Esta decisão ficará a cargo da empresa parceira neste projeto, Grupo Mota-Engil.

Tabela 4.1: Comparação qualitativa e quantitativa dos manuais existentes da área de Construção Civil.

N.º	Manual	Tipo de Construção	Auto construção?	Gráfico?	Nº páginas	Informação técnica?	Passos de montagem ?	Formato do papel	Cores?
1	Ligações para estruturas de aço	Construções metálicas	NÃO (Dirigido a publico com experiencia)	NÃO (Pouca informação gráfica)	276	SIM	NÃO	A4	Utilizado o preto e o azul
2	Manual de construção em aço - Alvenarias	Construções metálicas	NÃO (Dirigido a publico com experiencia)	NÃO (Pouca informação gráfica)	55	SIM	NÃO	A4	NÃO
3	Manual de construção em aço	Construções metálicas	NÃO (Dirigido a publico com experiencia)	NÃO (Pouca informação gráfica)	127	SIM	NÃO	A4	NÃO
4	Manual de projeto e construção de pontes de madeira	Construções em madeira	NÃO (Dirigido a publico com experiencia)	NÃO (Pouca informação gráfica)	237	SIM	NÃO	A4	POUCA
5	Construção de vivendas de alvenaria (construção em BTC)	Construção em terra compactada (BTC)	SIM (Mas em algumas partes é recomendada ajuda)	50/50 Alguns imagens acompanha das de texto	92	SIM	NÃO Não é apresentad o por passos, mas sim por etapas	A4	NÃO (Apenas a capa contem cor)
6	Manual de quincha	Construção com palha	SIM	SIM	56	NÃO	NÃO	A4	SIM
7	Manual para elaborar adobes melhorados	Construção em terra	SIM	SIM	60	NÃO	SIM	A4	SIM

Tabela 4.2: Comparação qualitativa e quantitativa dos manuais auto-construtivos existentes.

N.º	Manual	Tipo de Construção	Auto construção?	Gráfico?	Nº páginas	Informação técnica?	Passos de montagem?	Formato do papel	Cores?
1	LEGO	Construções com Legos	SIM	SIM	56	NÃO	SIM	A4	SIM
2	IKEA	Construção de móveis	SIM	SIM	24	NÃO	SIM	A4	NÃO

Analisando de uma forma mais pormenorizada o manual número 5 (Figura 4.5) e número 7 (Figura 4.4), neste caso manuais de construção em terra compactada e adobe, verificamos que este não vão de encontro às escolhas por nós efectuadas relativas ao aspecto e apresentação. Neste caso estamos perante manuais pouco gráficos e com bastante texto (qualidade do discurso relativamente elevada).

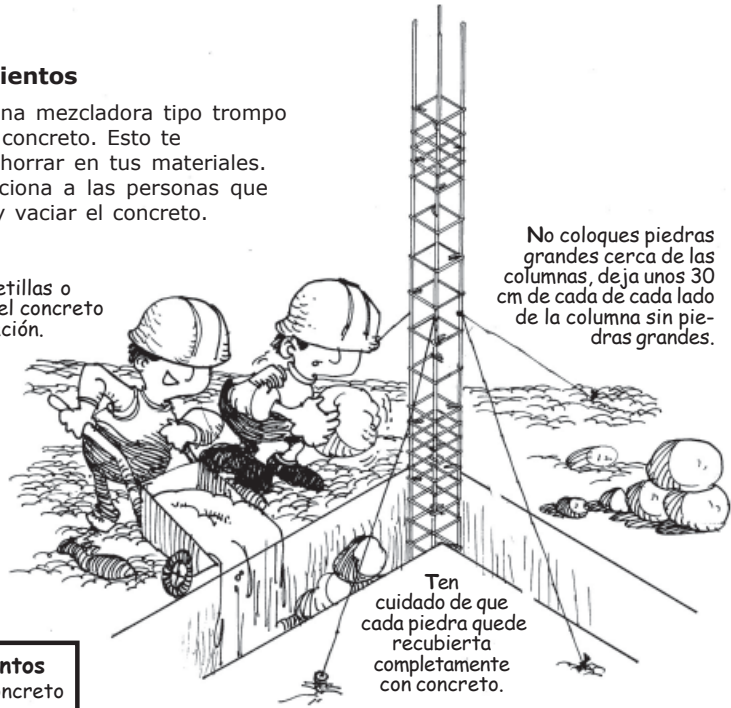


Figura 4.4: Exemplo de uma página do manual de construção em adobes (VIGO e SCHMIDT, 2008).

Vaciado de cimientos

Es mejor que alquiles una mezcladora tipo trompo o tolva para mezclar el concreto. Esto te ayudará a controlar y ahorrar en tus materiales. Antes del vaciado selecciona a las personas que te ayudarán a mezclar y vaciar el concreto.





Con las carretillas o buguis vacía el concreto en la cimentación. A medida que avances con el vaciado echa en las zanjas las piedras de la cimentación.



No coloques piedras grandes cerca de las columnas, deja unos 30 cm de cada de cada lado de la columna sin piedras grandes.

Ten cuidado de que cada piedra quede recubierta completamente con concreto.

Concreto para cimientos
Los cimientos son de concreto ciclópeo.

-  1 lata de cemento
-  10 latas de hormigón
-  30% de piedra grande en volumen (tamaño máximo de 10")
-  1 1/2 de lata de agua



Recuerda que el concreto no debe permanecer girando por más de 3 minutos en la mezcladora.

Refuerzos de acero en sobrecimiento

Si el suelo de tu terreno es arenoso o arcilloso, es mejor que coloques acero de refuerzo en el sobrecimiento.

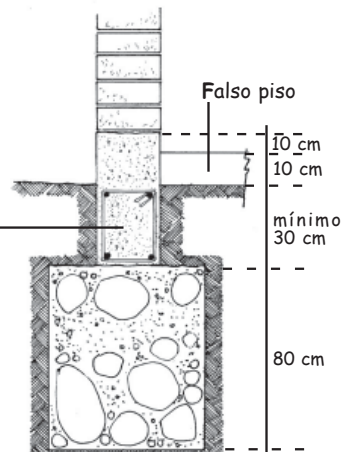
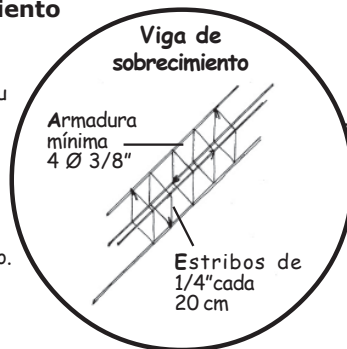


Figura 4.5: Exemplo de uma página do manual “construção de viviendas em alvenaria” (BLONDET et al., 2005).

Tendo em conta a localização geográfica do Malawi (África) e nível de alfabetização de 64,1%, posição 146 de acordo com o *Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento datado de 2007/2008*, leva a um cuidado adicional da nossa parte para a escolha da estratégia a seguir.

4.2 Desenvolvimento do manual

4.2.1 Estrutura do manual

Para a construção da habitação em BTC é necessária a passagem por diversas fases, entre estas a seleção correta do solo, a construção das fundações, revestimento, etc.

Logo uma das funcionalidades deste manual será de explicitar da forma mais coerente, direta e simples estes diferentes métodos.

Nesta Dissertação, este ponto acaba por adquirir um estatuto fulcral para a obtenção de um manual que tenha de fato um emprego eficaz, logo este capítulo terá por base explicar o conteúdo do manual e sua respectiva divisão. Esta informação será apresentada abaixo sob a forma de uma tabelas resumo com os respectivos capítulos, o que os constituirá e o número estimado de páginas, Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Tabela resumo dos capítulos do manual e respetivo conteúdo.

Capítulos	Conteúdo	Numero estimado de páginas
Introdução	De forma a obter uma rápida ideia do objectivo deste manual, ficou desde já decidida a colocação uma imagem em 3D do edifício a construir, logo uma demonstração do produto final. Ainda nas páginas relacionadas com a introdução serão explicitados todas as parecerias que deram origem a este manual, incluindo também toda a descrição do projeto HiLoTec que nesta dissertação está apresentado na introdução.	3-4
Seleção do solo	A seleção do solo a utilizar para a construção dos blocos BTC deverá ser bem sucedida, pois este irá determinar a qualidade da construção. Para além da seleção do solo serão demonstrados, com auxílio a figuras, os testes de qualidade necessários para que esta seleção seja finalizada. O local mais adequado para a construção da habitação será também incluído nesta segunda parte do manual.	4-8
Construção dos blocos em terra compactada e respetiva cura	Após a conclusão da seleção do solo é importante compreender as características geométricas dos blocos e inclusive demonstrar todo o processo de fabricação destes. Este processo passa pela explicação de todos os aspectos, incluindo as ferramentas necessárias e passos para a construção dos blocos desde a extração da terra até à sua secagem e cura. Um dos processos mais importante nesta fase aqui referida consiste na peneiração do solo e consequentemente na demonstração da quantidade de terra, de cimento e de água que deve ser misturada. O funcionamento da máquina de compactação dos blocos será também figurado, embora este apresente algumas pequenas diferenças relativas à escolha do modelo da máquina. Por último será explicado o processo de disposição e secagem dos blocos.	13-18
Construção das fundações	As fundações consistem no primeiro ponto de construção a ser abordado, como tal terá de ser abordado neste capítulo, a explicação para as marcações no solo e respetiva escavação. De referir também a necessidade de uma cuidada e simples explicação construtiva para: <ul style="list-style-type: none"> • Lintel de betão ciclópico; • Muro de fundação em alvenaria de tijolo queimado; • Muro de fundação em pedra. 	4-8
Construção das paredes	Nesta fase será explicada a metodologia adequada para a construção das paredes com os BTC para uma correta colocação destes nos diferentes ponto da casa, desde a construção dos panos, dos cunhais, da primeira e últimas fiadas e para a colocação dos blocos nas interseções com as portas e janelas. A viga de coroamento em betão armado também será explicada com uma especial atenção pois trata-se de um ponto importante na construção e com um grau de complexidade ligeiramente superior.	12-18
Cobertura	Uma das última fases na construção de uma habitação trata-se da cobertura e neste caso recorreu-se à utilização de madres e varas em madeira e como revestimento chapas zincadas. O recurso a figuras com a demonstração dos materiais a utilizar e a sua execução serão também incluídas neste capítulo.	12-14
Conclusão, anexos e informação técnica	A conclusão, à semelhança da introdução, apresentará aproximadamente 3 a 5 páginas com uma grande quantidade de imagens em 3D da habitação com o seu aspecto final e ainda alguns cortes transversais e longitudinais com os respectivos pormenores.	10-20

4.2.2 Formato do manual

A estrutura do manual exposta acima acaba por levar à necessidade de explicar o formato deste. Assim sendo, optou-se pela criação de um trabalhador tipo, ou seja, de um “desenho animado” que será o construtor a aparecer no manual, ensinando o utilizador a efetuar os diversos passos. Chegou-se facilmente à conclusão que este teria de ser de raça negra para estar em conformidade com o local (Malawi).

Em relação ao aspeto das cores, o manual irá apresentar alguma cor onde a informação a expressar seja importante, ou seja, irá ser realçada a importância através da cor. Apesar de se optar pela cor apenas nessas situações, todo o manual deverá poder ser imprimido em escala cinza com igual qualidade.

Tal como referido no capítulo anterior desta dissertação, a escolha de uma manual maioritariamente gráfico foi nesta fase confirmada pois caso fosse optada outra via, neste caso o texto, tornaria a compreensão deste mais difícil. Assim, todos os passos serão explicados através de imagens, neste caso através do desenho animado escolhido apoiado apenas por simples textos.

Este manual será organizado com recurso a capítulos, neste caso o expressos acima, através dos quais o utilizar poderá imprimir apenas o capítulo em qual está a trabalhar, como tal haverá informação que será repita em muitos dos capítulos para que o utilizador possa utilizar um dos capítulos sem necessitar do antecedente.

Para a escolha da linguagem foi tido em conta a língua oficial do Malawi, que neste caso é o Chichewa e o inglês, logo a escolha recaiu no inglês que neste momento é a língua mais falada no mundo tornando assim viável (em caso de validade técnica) a utilização deste manual para outros países.

4.2.3 Desenvolvimento do guião para o ilustrador

Este manual deverá ser criado por um ilustrados, pois trata-se de um manual maioritariamente gráfico e para o qual é requerida técnica. Para isso será necessário transmitir toda a informação e conhecimento necessário ao ilustrador, neste caso

efectuada através de tabelas Excel. Estas tabelas foram criadas por capítulos, ou seja, a cada capítulo do manual corresponde uma tabela.

As tabelas foram organizadas, como mostra a Figura 4.6, de uma forma coerente para simplificar a análise por parte do ilustrador. Em cada linha da tabela estão representados os subcapítulos do respectivo capítulo em análise. No caso das colunas, inicialmente considera-se a informação escrita a colocar e uma breve explicação desse ponto, em seguida exemplos de imagens para que o ilustrador saiba quais terá de criar.

A coluna seguinte apresenta a informação escrita, neste caso em inglês que deverá ser colocada no manual, enquanto a sua precedente é destinada à uma classificação por grau de importância de 1 a 5 que cada linha detém. Este grau tem por objetivo que o ilustrador saiba qual a importância a dar a este subcapítulo para poder jogar com as cores (cf. 4.2.2).

A última coluna apresenta na Figura 4.6 apresenta o número estimado de páginas para cada um dos subcapítulos.

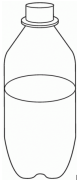


	Informação a colocar	Imagens exemplo		
Ferramentas e materiais	Para esta fase inicial do trabalho vão ser necessários dois utensílios: Uma faca(1x), uma garrafa de água(1x), uma pá(1x) e uma enxada(1x).			
obsevações	Informação escrita	Importancia 1-5	Nº estimado de páginas	
Colocar os nomes das ferramentas em baixo de cada imagem.	This is the material that you will need in this phase: (Bootle, knife, shovel, hoe)		1/2	

Figura 4.6: Exemplo de uma linha da tabela relativa ao capítulo 2 – Seleção do solo.

De acordo com o referido acima relativamente à repetição de informação para que exista a facilidade de imprimir os capitulos separadamente, a primeira linha de cada tabela

consistirá na listagem dos materiais e ferramentas necessárias para que o sujeito abordado no capítulo seja executado.

5. CONTEÚDO DAS TABELAS GUIÃO

Este quinto capítulo incluirá a explicação de todo o processo para a realização das tabelas guião, já citadas no capítulo 4, que servirão como auxílio ao ilustrador encarregue pela criação gráfica do manual.

5.1 Seleção do solo

A primeira tabela presente no **Anexo A**, refere-se ao processo de seleção do solo. Esta encontra-se dividida em diferentes linhas que serão explicadas de seguida.

5.1.1 Ferramentas e materiais

Como anteriormente foi referido, todos os capítulos do manual incluirão os materiais e quantidades necessárias para que cada etapa seja realizada.

Consultando a primeira linha da tabela apresentada no **Anexo A** podemos verificar que os materiais necessário consistem, numa garrafa de água (auxílio para a realização de um teste a efetuar ao solo), uma faca também com o mesmo fim que o material anterior, uma pá e uma enxada que permitirão realizar a escavação do solo (recolha).

5.1.2 Locais

Nesta etapa pertencerá ao construtor escolher o local para a construção da casa, como tal deverá fazê-lo ainda nesta fase, pois caso o solo não possua as condições necessárias para resistir à habitação deverá ser repensado um novo local.

Assim sendo, a escolha do local deverá recair sobre um sítio o mais plano possível, para não existir a possibilidade de queda de blocos de rocha ou outros materiais, caso se localize junto a penhascos (Figura 5.1). Deverá também ser dada preferência a locais secos onde não passem cursos de água, evitando assim inundações e infiltrações, que diminuam de forma relevante a capacidade resistente dos blocos BTC.



Figura 5.1: Imagem exemplo com os locais de implantação a evitar (BLONDET et al., 2005).

5.1.3 Recolha do Solo

O cuidado na recolha do solo para a construção dos blocos é importante no sentido em que não deve ser utilizado solo superficial, pois este poderá conter matéria orgânica, lixo e vestígios de vegetação que acabarão por diminuir a resistência dos blocos.

Para evitar essa situação, o construtor deverá escavar 50cm e apenas começar a utilizar o solo a partir dessa altura.

5.1.4 Ensaio Expeditos

5.1.4.1 Teste da Mão

Este teste é utilizado com intuito do utilizador perceber se o solo a utilizar é pegajoso ou se contém bastante material grosso, como tal este deverá pegar numa porção de solo com a mão e misturar com um pouco de água (Figura 5.2). Após esta mistura será necessário verificar se o solo apresenta um cheiro a matéria orgânica, se tem uma quantidade considerável de material grosso e se existe dificuldade em lavar a mão (retirar a mistura).

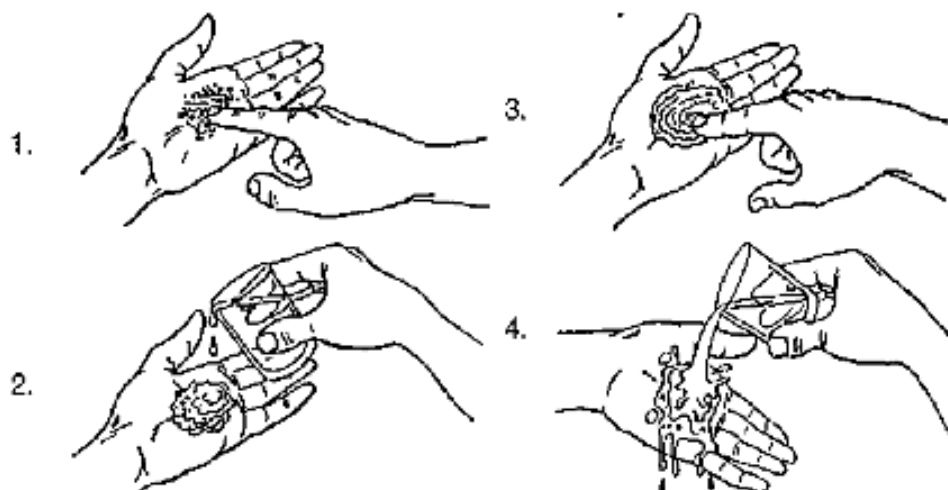


Figura 5.2: Procedimento a seguir para realizar o teste da mão (RIGASSI, 1985).

Caso tal seja verificado por parte do construtor, este solo não pode ser utilizado para a construção dos blocos.

5.1.4.2 Teste da Bola

Para a realização do teste da bola, o utilizador deverá pegar numa porção de solo, limpo, e adicionar um pouco de água. Em seguida terá de misturar bem a água ao solo e formar uma bola com o auxílio das mãos. Após ter concluído a bola deverá cortá-la em duas partes cortando-a com a mão (Figura 5.3).

Após tal procedimento o utilizador terá de reparar se desperdiçou muito solo no corte da bola e se as duas semiesferas estão destruídas. Caso tal se verifique este solo não pode ser utilizado. Esta análise do corte é um pouco subjetiva, pois depende um pouco do ponto de vista do utilizador em relação á análise do corte, mas o mais importante neste teste é que o utilizador consiga formar a bola com as mãos, significando isso que a quantidade de argila presente no solo é aceitável. Este será o teste mais importante e com maior destaque no manual pois caso o utilizador consiga formar a bola, é muito provável que o solo seja bom para a construção dos blocos.

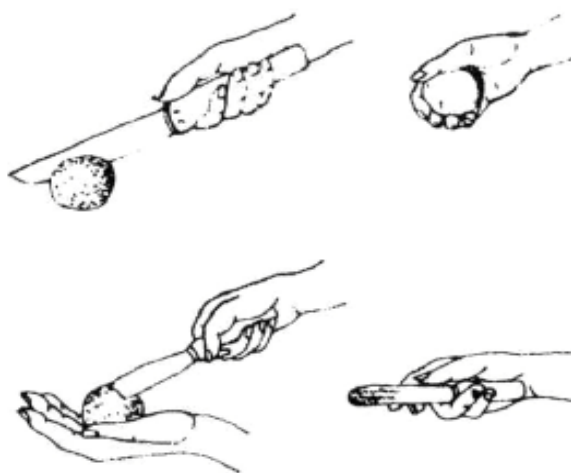


Figura 5.3: Procedimento a seguir para realizar o teste da bola (RIGASSI, 1985).

5.1.4.3 *Teste do Cigarro*

O processo inicial deste teste é bastante semelhante ao teste anterior, o utilizador deverá pegar numa porção de solo, colocar na mão e adicionar alguma quantidade de água. Após esta mistura será necessário tentar fazer um cigarro com as mãos, como mostra a Figura 5.4.

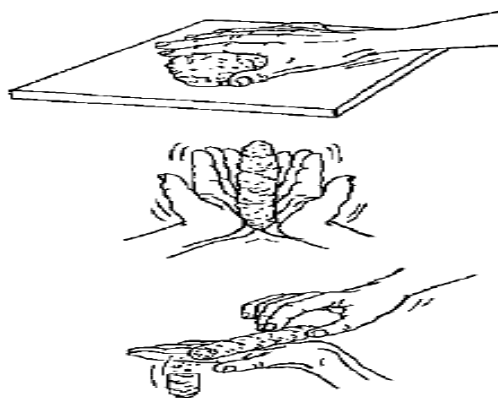


Figura 5.4: Imagem exemplo da realização do teste do cigarro (RIGASSI, 1985).

Depois do cigarro de terra ser realizado, terá de ser colocado na mão ou numa mesa e empurra-lo até que a ponta parta e caia, tal como visível na Figura 5.4.

Para que o solo seja aprovado por este teste, a parte que cai deverá estar entre 5 e 15 cm, no entanto este teste deverá ser repetido alguma vezes pois a dificuldade em fabricar o cigarro com as mãos acarreta bastantes imperfeições.

5.1.4.4 Teste da Garrafa

Este será o último teste a ser realizado e para tal o utilizador do manual necessita de uma garrafa. Para uma correta análise dos resultados teria de ser utilizada uma garrafa com as dimensões exatas, por isso acabou por optar-se por uma da marca “coca-cola”, pois é um tipo de garrafa que existe em todo o mundo (Figura 5.5).

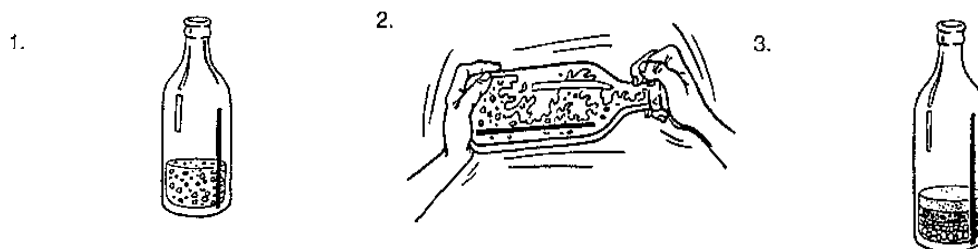


Figura 5.5: Exemplo do procedimento a seguir para realizar o teste da garrafa (RIGASSI, 1985).

O teste passa por encher a garrafa com $1/3$ de terra e $2/3$ de água, agitar a garrafa muito bem e deixar repousar durante 30 minutos. Passados os 30 minutos, será visível na garrafa os diferentes constituintes do solo por camadas. Assim, e com a ajuda de uma régua, o utilizador deverá medir os centímetros que cada camada tem.

5.1.5 Informação Técnica

Para finalizar este capítulo do manual, será colocado nas últimas páginas alguma informação mais técnica, destinada a possíveis utilizadores com experiência na área.

Assim, como se trata do capítulo da seleção do solo, será colocado uma tabela com as percentagens dos diversos materiais que o solo deve ter e também a curva granulométrica, como mostra a Figura 5.6, onde podemos verificar que a granulometria ideal desejável está localizada na faixa a azul, isto é, uma mistura mais ou menos homogênea entre o limite de areia fina e cascalho.

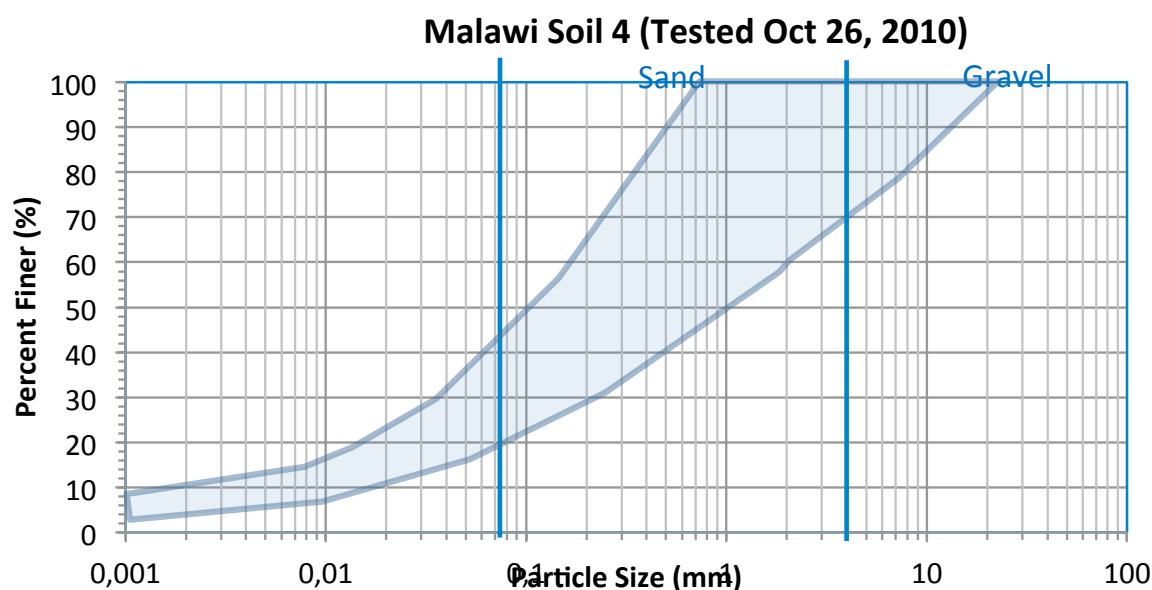


Figura 5.6: Curva granulométrica (HiLoTec, 2012).

5.2 Construção dos blocos

Este é um capítulo importante do manual, onde os utilizadores irão aprender todo o processo para uma correta realização dos blocos. Irá então ser explicado o método de realização destes, desde a escavação da terra até á secagem dos blocos.

Durante a realização desta construção serão necessários fabricar aproximadamente 6000 blocos, correspondendo ao número médio estimado de blocos para uma habitação. À semelhança da tabela já apresentada acima, é possível consultar esta segunda tabela no **Anexo B**.

5.2.1 Ferramentas e Materiais

Para a construção dos blocos, os materiais e ferramentas necessárias inclui um peneiro (de 5mm), um balde, uma pá, uma enxada, alguma quantidade de cimento, uma máquina de fazer blocos e plástico para colocar os blocos fabricados aquando da sua secagem.

5.2.2 Blocos

Os blocos são o ponto central deste capítulo e como tal foi lhes dada a devida importância. Assim, todos os aspetos a saber sobre o bloco serão aqui explicados, desde a forma do bloco, os encaixas superior e inferior, os blocos completos, os meios blocos,

tudo será devidamente explicado para que no momento do fabrico não existam qualquer dúvida.

5.2.3 Locais

Antes de começar a construção dos blocos o utilizador deve escolher um local para a realização de todo o processo. Deverá ser um local limpo e o mais plano possível para facilitar o nivelamento do terreno.

O utilizador é alertado também para a necessidade de os locais mais adequados para a recolha do solo, a construção dos blocos e respetiva cura e a construção da casa serem o mais próximo possível para evitar o transporte.

5.2.4 Processo de Fabrico dos Blocos

5.2.4.1 Esquema

Será inicialmente apresentado em forma de esquema, todos os passos necessários para a construção dos blocos, desde a recolha do solo até á secagem dos mesmos (Figura 5.7).

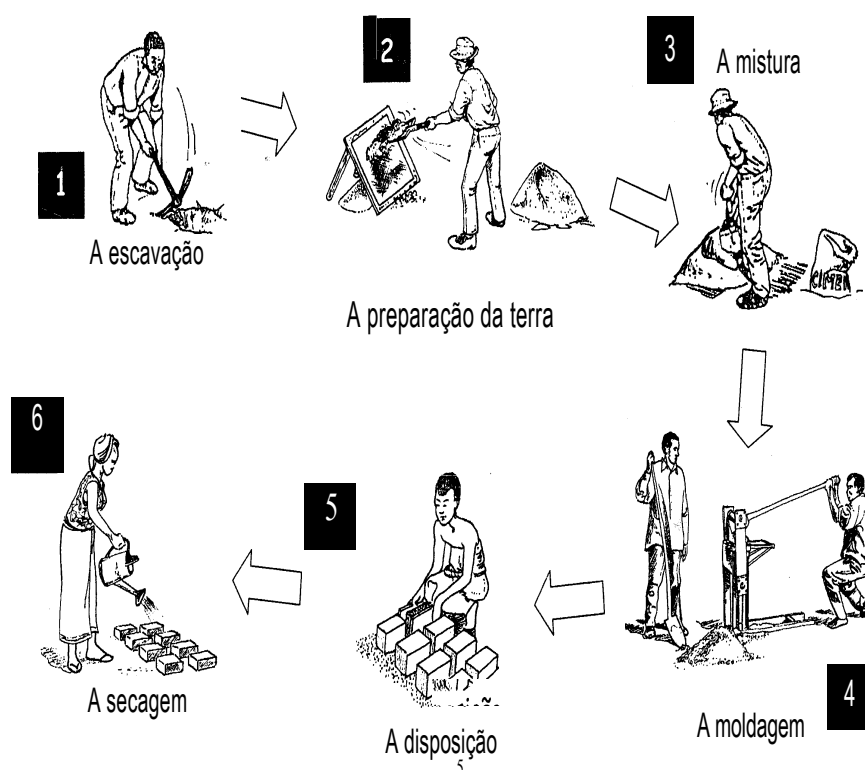


Figura 5.7: Exemplo do processo de fabricação dos blocos BTC (NEVES e CUNA, 2007).

5.2.4.2 Escavação

Para evitar a recolha de matéria orgânica, vegetação superficial e lixo, deverão ser escavados 50cm e utilizar o solo apenas a partir daí.

5.2.4.3 Preparação da terra

A terra terá de ser peneirada, com um peneiro de aproximadamente 5mm, para se efetuar a separação dos grãos.

5.2.4.4 Mistura

A mistura ideal para o tipo de solo do Malawi será com uma percentagem de cimento de aproximadamente 5%. Para simplificar o trabalho do utilizador, a percentagem foi traduzida para baldes, assim sendo, serão necessários 19 baldes de terra e 2 de cimento.

Deverá também ser adicionada água, aproximadamente 2 baldes. Mas como a humidade do solo pode variar, a quantidade de água também poderá variar. Para saber esta quantidade correta, o utilizador deverá repetir o teste da bola e caso consiga moldar uma bola com as mãos, o solo apresenta a quantidade correta de água.

5.2.4.5 Moldagem dos Blocos

Para a moldagem dos blocos é necessário saber duas coisas, como funciona a máquina e quais os blocos a construir. Assim sendo este capítulo será dividido em dois subcapítulos, um relativo ao funcionamento da máquina e um outro, não com as dimensões dos blocos, mas sim com a informação relativa aos blocos estragados que não possam ser usados, blocos com fendas, encaixes destruídos e os cantos esmagados.

A explicação do funcionamento da máquina passará por um exemplo de imagens esquemáticas onde a mascote aparecerá a abrir a alavanca, colocar a mistura no local correto, após a comprimir a mistura através da alavanca para formar o bloco e por fim a retirar o bloco da máquina.

5.2.4.6 Disposição

A disposição dos blocos deverá ser realizada sobre o plástico, já referido como material necessário, em colunas de no máximo 7 blocos e estas deverão estar espaçadas aproximadamente de 5cm.

Este será um capítulo curto, apenas com uma imagem representativa e com algum texto para servir de auxílio á explicação.

5.2.4.7 Secagem

O processo para secagem dos blocos dura cerca de 28 dias, onde nos primeiros 7 o utilizador do manual deverá tapar os blocos com um plástico.

À semelhança do subcapítulo anterior, apenas irá aparecer uma imagem no manual, onde o resto da informação será apresentada sobre a forma de texto.

5.2.5 Ensaios após Secagem

Passados os 28 dias de secagem dos blocos, deverão ser efetuados alguns testes para garantir a qualidade destes. Os testes deverão ser feitos a cada conjunto de 1000 blocos.

Este teste consiste em deixar cair o bloco de uma altura equivalente à da cintura humana e verificar o estado do bloco. Se o bloco resistir á queda, ou seja, se o bloco não se fraturar, então esse conjunto de blocos estará aprovado segundo este primeiro teste.

5.3 Construção das Fundações

Neste capítulo será explicado todo o processo para a construção das fundações, desde as marcações no solo á construção destas, a tabela resumo referente a este capitulo encontra-se no **Anexo C**. O utilizador terá alguma liberdade para escolher qual o tipo de fundação que quer construir pois irão ser apresentados 4 tipos de fundações diferentes.

5.3.1 Ferramentas e Materiais

Para a concluir todas as etapas propostas neste capítulo, o utilizador irá necessitar de fio para as marcações no solo, madeira para as balizas (marcação no solo), uma pá e uma enxada para trabalhar na terra, uma mangueira para ser feito o nivelamento do terreno, varões de aço de 8mm, um compactador manual para compactar o solo no interior da casa e será necessário também material adicional para o tipo de fundação escolhida.

5.3.2 Locais de Implantação

Tendo em conta que os diferentes capítulos do manual poderão ser impressos individualmente, achou-se adequado repetir esta informação em relação aos locais de utilização.

5.3.3 Nivelamento do terreno

É necessário um terreno plano para uma correta construção da casa. Assim o utilizador deverá proceder ao nivelamento do mesmo através de uma mangueira com água.

Deverá então ser colocada a água na mangueira até á altura de H1 representada na Figura 5.8, e esticar a mangueira pelo local a construir. Deverão ser medidas as alturas H1 e H2, Figura 5.8 e fazer a subtração dos dois valores. O valor resultado dessa subtração corresponderá à profundidade a escavar para que exista um correto nivelamento do terreno.

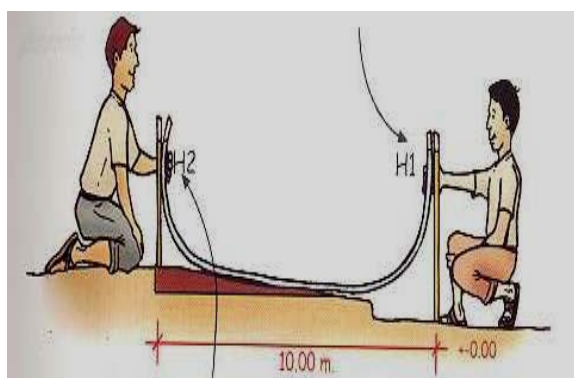


Figura 5.8: Exemplo do nivelamento do terreno com o auxílio de uma mangueira (VIGO e SCHMIDT, 2008).

5.3.4 Primeiras marcações

Para que exista uma correta simetria da casa, será necessário que exista também uma correta marcação. Assim este subcapítulo tem como objetivo explicar ao utilizador como deverá proceder para que essa marcação seja efetuada da forma mais eficaz.

Logo, o utilizador deverá marcar o ponto 1 a 3m da rua e a 7m de distancia do ponto 1 deverá marcar o ponto 2 também a 3m da rua. Depois do ponto 1 e 2 marcados, deverá com o auxilio de um triângulo como o da Figura 5.9 marcar o ponto 3 a 7,98m do ponto 1. Este processo deverá ser repetido do lado oposto para a marcação do ponto 4.

Após os pontos 3 e 4 marcados deverá fazer a verificação de todas as marcações e verificar que as diagonais medem exatamente 10,62m. Depois dos 4 pontos principais marcados e respectivas verificações o utilizador, através de paralelas, poderá fazer corretamente as restantes marcações.

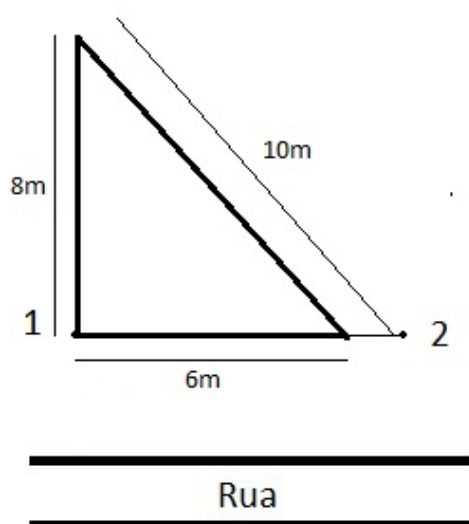


Figura 5.9: Imagem auxílio para marcação em planta da habitação (HiLoTec, 2012).

5.3.5 Segundas Marcações

Após as primeiras marcações estarem concluídas e através do auxílio das balizas e de fio, o utilizador deverá marcar no solo a largura da casa. A largura a escavar para as fundações é de 0,4m, sendo essa a marcação que o utilizador deverá fazer.

5.3.6 Escavação

Na escavação, o utilizador apenas será alertado para o facto de que a terra retirada da escavação deverá ser colocado no interior da casa para que esta possua uma elevação que corresponderá a uma melhor proteção às chuvadas. A profundidade escavada para a realização das fundações deverá ser de 50cm.

5.3.7 Fundações

Nesta fase o utilizador deverá escolher qual o tipo de fundação que prefere construir. Deverá ter em atenção o custo do material que irá utilizar e a facilidade de construção. Assim, as fundações poderão ser realizadas em betão simples, blocos queimados ou pedras.

5.3.7.1 Fundação em Betão Ciclópico

Para a realização da fundação em betão ciclópico o utilizador necessitará de material extra, como referido no início do capítulo. Está será um tipo de fundação que requer um custo mais elevado em relação às outras formas de fundação, pois o utilizador deverá adquirir um material diferente que não encontra no local como o caso da terra. No entanto este tipo de fundação apresenta resistências mecânicas bastante superiores às restantes.

5.3.7.2 Fundação com blocos de terra queimados

Utilizando blocos de terra queimados, a fundação será mais económica do que as anteriores pois este tipo de blocos são já bastante utilizados em construções no Malawi.

5.3.7.3 Fundação com pedra

À semelhança da fundação com blocos de terra queimado, esta opção também é bastante económica pois é um material que o utilizador do manual poderá facilmente encontrar.

5.3.8 Reforço

Após a escolha do tipo de fundações será necessário colocar um reforço em certos pontos da casa. Esse reforço será realizado com varões de aço de 8mm de diâmetro e deverão ser colocados nos pontos indicados na planta que pode ser verificado na Figura 5.10.

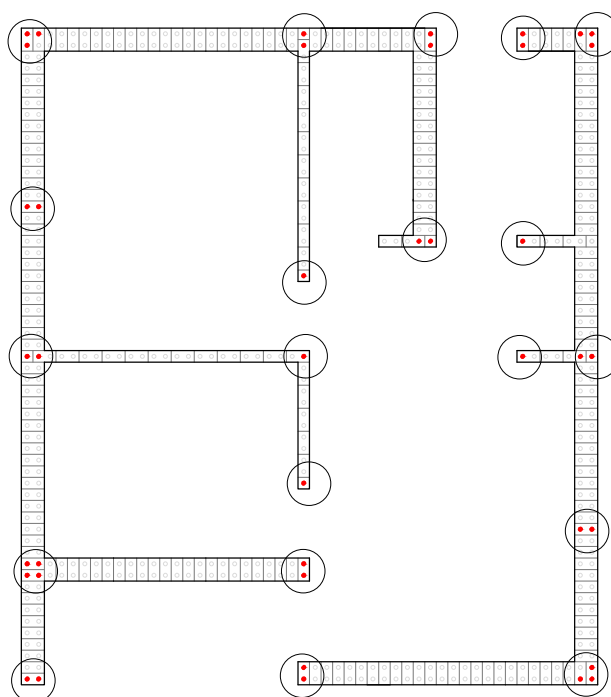


Figura 5.10: Pontos críticos para colocação do reforço estrutural (HiLoTec, 2012).

5.3.9 Piso Térreo

Como o piso térreo será elevado em relação à cota do terreno exterior, como já referido anteriormente, será necessário compactar a terra no interior da casa. Para isso o utilizador do manual deverá recorrer a um pilão e compactar esse piso, que caso não seja suficiente para garantir uma cota mais elevada, deverá ser adicionada mais.

5.4 Construção das Paredes

Neste subcapítulo será explicado o processo de construção das paredes, desde a correta colocação dos blocos, os blocos de travadura, á construção da viga de coroamento. Este tabela pode ser consultada no **Anexo D**.

5.4.1 Material e Ferramentas

Nesta fase o utilizador deverá obter os blocos que permitirão a construção das paredes. Devido á forma destes, não será necessária utilizar qualquer tipo de argamassa pois eles encaixam uns nos outros tipo “Lego”.

Para a construção da viga de coroamento, será necessário cimento, areia e cascalho que permitirão o fabrico de betão, tal como aço e arame de amarração, madeira para a cofragem da viga e grampos para a amarração da cofragem. Antes da colocação do betão, o utilizador deverá tapar os furos dos blocos com papel ou jornal, pois caso contrário irá ser desperdiçado muito betão.

5.4.2 Construção dos Panos de Alvenaria

Os blocos deverão ser colocados de forma cruzada, como pode ser verificado na Figura 5.11, e não será necessário utilizar qualquer tipo de argamassa para a união dos mesmos.

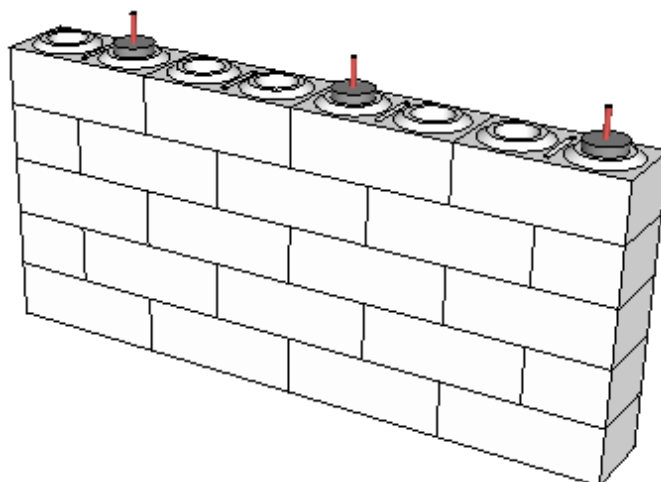


Figura 5.11: Exemplo com forma de colocação dos blocos na construção das paredes (HiLoTec, 2012).

O utilizador terá de construir dois tipo de paredes, as exteriores e as interiores. As paredes exteriores serão paredes duplas, logo dois panos de blocos enquanto as paredes interiores serão paredes simples.

5.4.3 Construção dos Cunhais

Será dada uma especial atenção ao cruzamento dos blocos nos cunhais, pois este cruzamento deverá ser respeitado, como mostra a Figura 5.12.

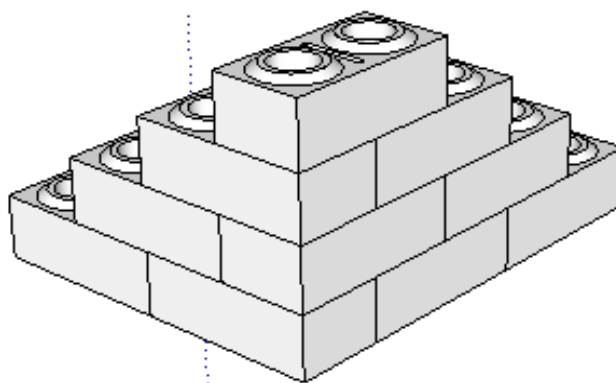


Figura 5.12: Exemplo de disposição dos blocos nos cruzamentos das paredes exteriores (cunhais) (HiLoTec, 2012).

No caso das paredes interiores também aparecerão caso de cruzamento dos blocos. Nessa situação o utilizador deverá colocar os blocos de acordo com as imagens da Figura 5.13.

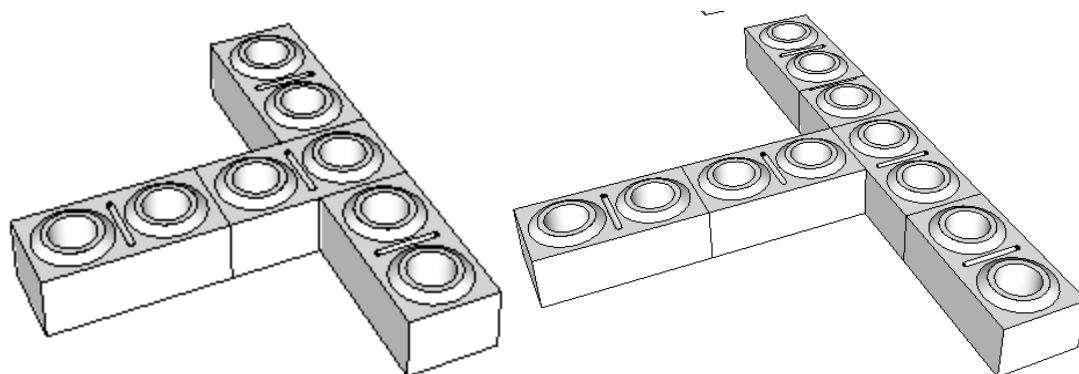


Figura 5.13: Exemplo de disposição dos blocos para cruzamentos das paredes interiores (HiLoTec, 2012).

5.4.4 Reforço

Este subcapítulo consistirá numa repetição do capítulo anterior e está presente para relembrar ao utilizador a importância da colocação dos varões de aço nos locais indicados.

5.4.5 Blocos de Travadura

Os blocos de travadura apenas podem ser colocados nas paredes duplas. Estes blocos serão colocados por uma questão de estabilidade estrutural e deverão ser posicionados a cada 5 fiadas de blocos na perpendicular aos restantes.

5.4.6 Construção das Janelas

Por razões de conforto, ventilação e iluminação, serão construídas janelas no edifício. Estas devem começar a ser construídas a partir da 11^a fiada de blocos e estendem-se até ao topo da casa. O posicionamento das janelas será feito de acordo com as aberturas representadas na Figura 5.14.

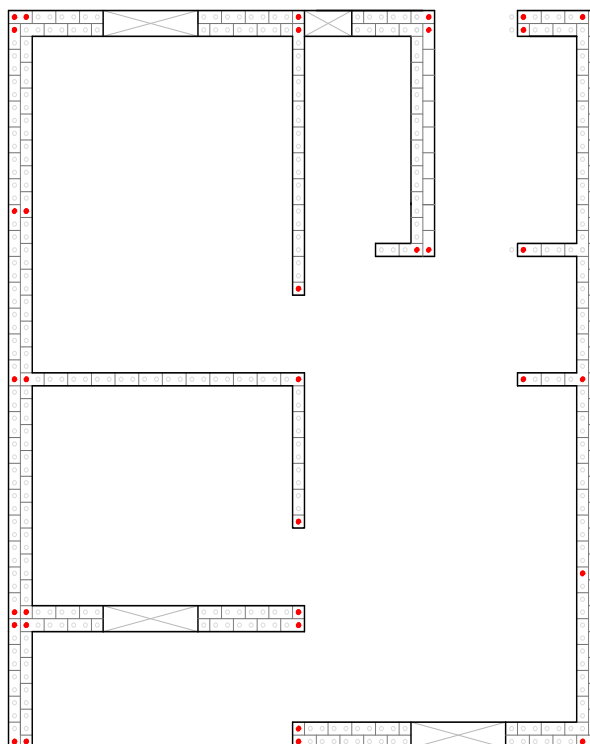


Figura 5.14: Exemplo para o posicionamento das janelas na habitação (HiLoTec, 2012).

5.4.7 Última fiada de blocos antes da viga de coroamento

Anteriormente à colocação dos elementos para a fabricação da viga de coroamento, o utilizador deverá tapar os furos dos blocos para não haver desperdício de betão. Será através destes furos que deverá passar o reforço, ou seja, neste caso em que exista a passagem dos varões de aço os blocos não deverão ser tapados com papel, pois a união dos varões aos blocos deverá ser feita através do betão.

5.4.8 Viga de coroamento

Inicialmente o utilizador do manual deverá colocar madeira de cofragem sobre as portas e janelas como mostra na Figura 5.15.

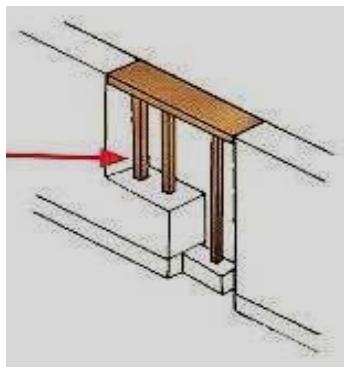


Figura 5.15: Exemplo para preenchimento do espaço para janelas e portas (VIGO e SCHMIDT, 2008).

Em seguida deverá colocar o aço, os varões e os estribos espaçados a 25cm. O utilizador será também alertado para o facto de não colocar o aço diretamente em cima dos blocos, este deve ser elevado para poder então ser totalmente embebido em betão. Deverá amarrar os varões de aço aos estribos com o auxílio de arame.

Depois do aço devidamente colocado, é necessário colocar a madeira de cofragem, esta deverá ser amarrada através de grampos, espaçados 1,5m.

Seguidamente é essencial fabricar o betão e para tal o utilizador apenas terá de misturar as quantidades representadas anteriormente. Após o betão estar pronto, este deverá ser colocado e o aspeto final deverá ser semelhante ao da Figura 5.16. Após 28 dias o utilizador poderá retirar a cofragem e a viga de coroamento estará finalizada.

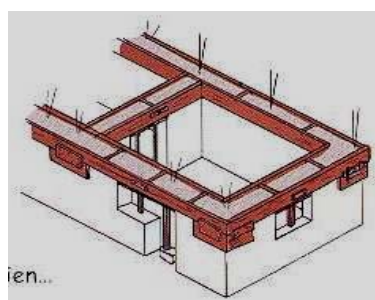


Figura 5.16: Exemplo do aspeto da viga de coroamento (VIGO e SCHMIDT, 2008).

5.4.9 Colocação das Últimas Fiadas de Blocos

Para a construção da cobertura é necessário que seja feita uma correta colocação das últimas fiadas de blocos. Assim sendo, estas serão colocadas em todo o comprimento da casa pois a cobertura será de duas águas. A Figura 5.17 mostra como deverão ser colocadas as últimas fiadas, o utilizador deverá ser alertado para o facto que, como estas últimas fiadas também serem de parede dupla, os blocos de travadura de 5 em 5 fiadas também é aplicado.

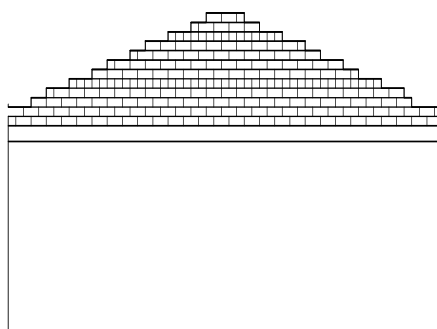


Figura 5.17: Exemplo para a colocação das últimas fiadas de blocos (HiLoTec, 2012).

5.5 Cobertura

Esta será a última etapa que o utilizador terá de concluir para finalizar a habitação. A colocação da cobertura será um processo simples, onde terá de utilizar apenas madeira e chapas zincadas. Poderemos consultar a tabela correspondente a este capítulo no **Anexo E**.

5.5.1 Ferramentas e Materiais

O único material que o utilizador necessitará para a elaboração da cobertura será madeira para as madres, chapas zincadas para a cobertura e parafusos para aparafusar as chapas às madres.

5.5.2 Colocação dos Frechais

Serão colocados três frechais de madeira, de acordo com a Figura 5.18. Estas deverão ser colocados em todo o comprimento da casa.

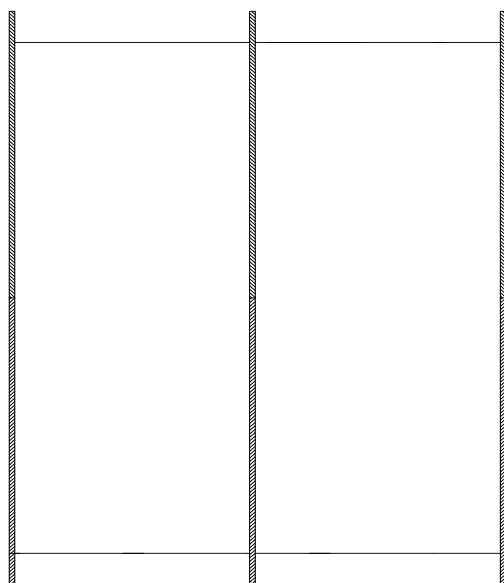


Figura 5.18: Aspeto da primeira fase para realização da cobertura – frechais (HiLoTec, 2012).

5.5.3 Colocação das Madres

As madres serão colocadas paralelamente a estas. As madres serão diretamente aparafusadas aos frechais e deverão ser dispostas segundo a Figura 5.19.

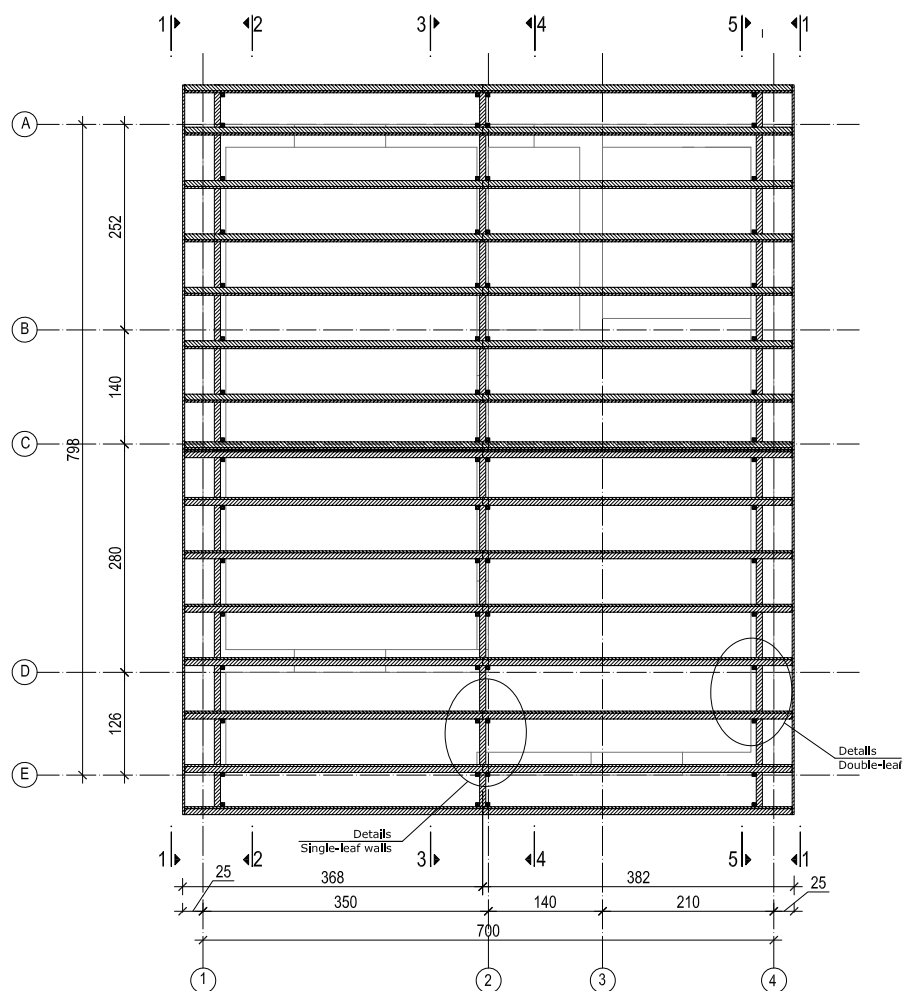


Figura 5.19: Aspeto para a colocação das madres paralelas aos frechais (HiLoTec, 2012).

5.5.4 Cobertura

A fase final da cobertura será constituída por chapas zincadas, como anteriormente já referido. Estas deverão ser diretamente pregadas nas madres com uns pregos com revestimento no topo.

6. ESTADO ATUAL DO MANUAL

Atualmente o manual encontra-se em desenvolvimento. É da responsabilidade do designer contratado para este projeto criar todos os desenhos com mascote escolhida. No momento de escrita desta dissertação, o manual ainda não se encontra finalizado, no entanto este capítulo apresentará algumas imagens exemplo já criadas pelo design, para demonstrar aspeto final que este manual irá obter.

Assim senda na Figura 6.1 esta representada a mascote do manual. Optou-se por uma figura apenas com os contornos do corpo e face pois é mais abrangente e constituirá um menor descontentamento á maioria dos utilizadores deste manual.



Figura 6.1: Imagem exemplo que constituirá o manual aquando a recolha do solo (HiLoTec, 2012).

Relativamente aos materiais e ferramentas, representados na Figura 6.2, serão os apresentados no manual. Foi utilizada uma escala em cinza pois a informação apresentada não é fundamental para a realização da casa.

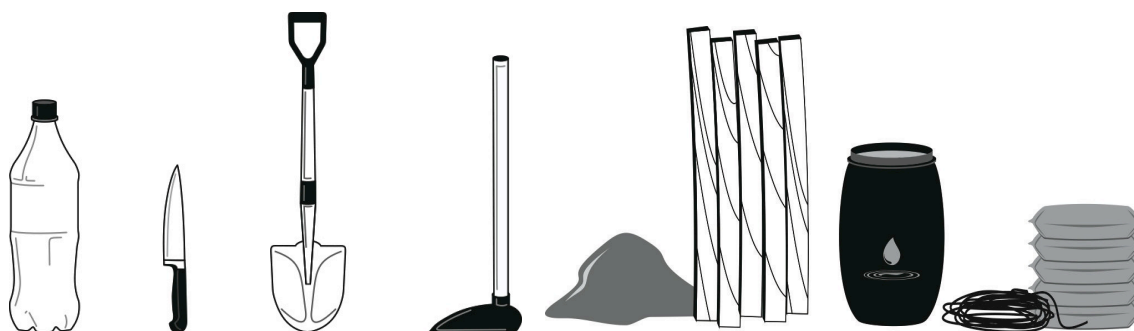


Figura 6.2: Imagem representativa de alguns materiais e ferramentas a incluir no manual (HiLoTec, 2012).

Os ensaios a realizar que permitem saber a qualidade do solo estão apresentados na Figura 6.3. Será dada uma maior importância á terra, daí esta se apresentar com cor, pois é o elemento principal do manual e que neste caso particular está a ser testado.

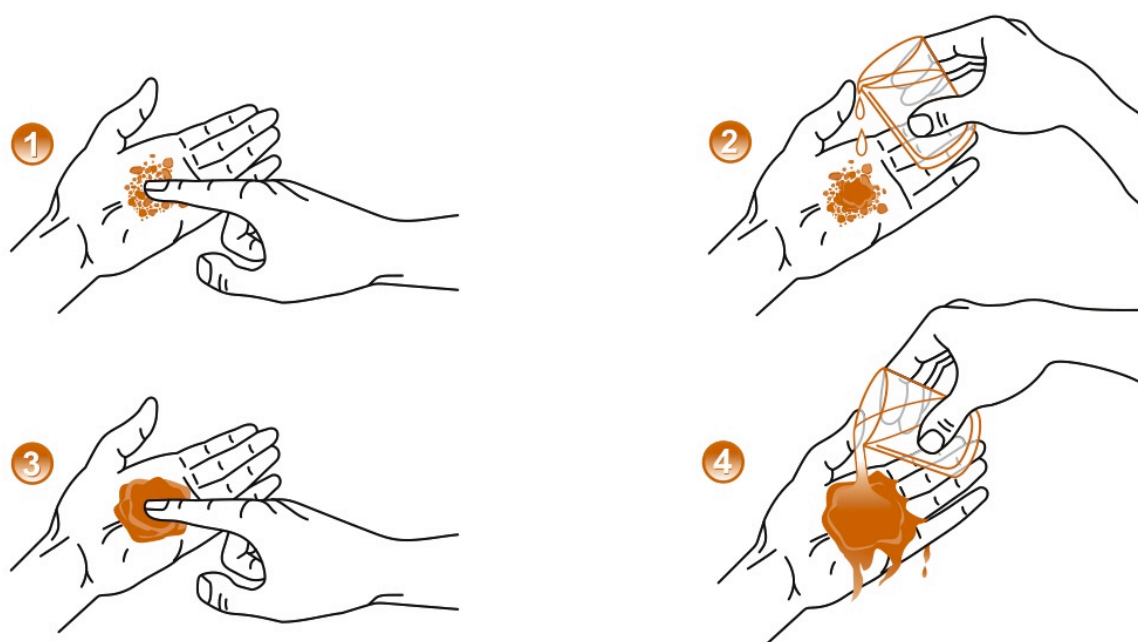


Figura 6.3: Imagem a utilizar no manual para demonstrar o processo dos ensaios necessários (HiLoTec, 2012).

A escavação do solo, peneiração e mistura estão apresentadas na Figura 6.4. Esta sequência de imagens irão estar presentes no capítulo referente á construção dos blocos. Mais uma vez foi dado maior destaque á terra, tal como já explicado acima.



Figura 6.4: Imagem a utilizar no manual para realizar a peneiração do solo recolhido (HiLoTec, 2012).

Após todo o processo de construção dos blocos, será necessário condicioná-los e cobri-los. As imagens representadas na Figura 6.5 serão as apresentadas no manual.



Figura 6.5: Imagem a utilizar no manual para demonstrar o processo de condicionamento e proteção dos blocos (HiLoTec, 2012).

Relativamente á construção das fundações, será necessário escavar a terra e coloca-la no interior da casa para a realização da elevação e do piso térreo. Para tal a imagem apresentada no manual será a da Figura 6.6, onde é possível visualizar a mascote a realizar esse processo.



Figura 6.6: Imagem a utilizar no manual para a escavação da fundação e realização do piso térreo (HiLoTec, 2012) .

Para a exemplificação da construção dos panos e dos cunhais, serão apresentadas imagens de acordo com a Figura 6.7. Será também devidamente colocado o reforço, ou seja, os varões de aço aparecerão colocados nos respectivos locais.

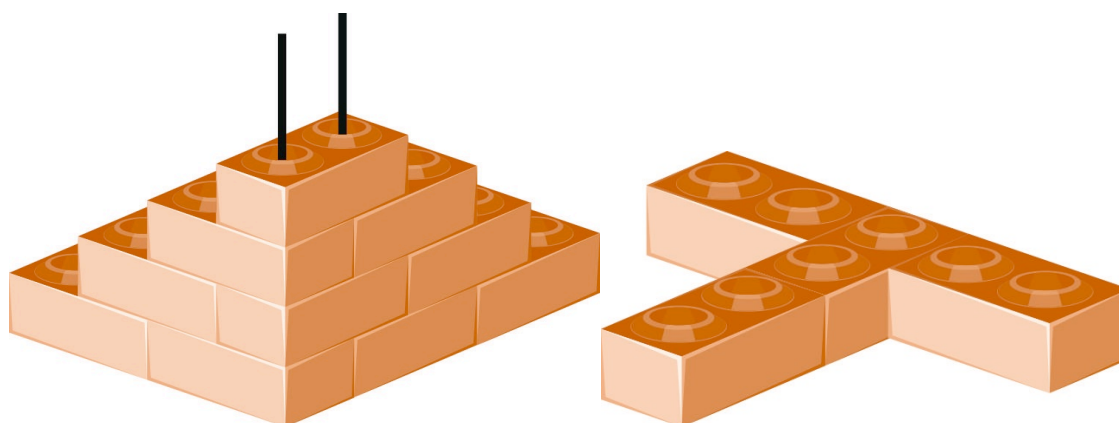


Figura 6.7: Imagem a utilizar no manual para exemplificar a colocação dos cunhais e panos (HiLoTec, 2012).

Assim, todas as imagens a colocar no manual encontram-se numa fase final de realização, faltando apenas definir o “layout” do manual. Depois do “layout” definido, serão colocadas as imagens no local correto acompanhadas pela informação escrita auxiliar, informação essa já apresentada na tabelas resumo.

7. CONCLUSÕES

Esta dissertação, que consistia no desenvolvimento de um manual de autoconstrução sustentável em blocos de terra compactada para habitações no Malawi foi concluída e através desta algumas considerações e desenvolvimentos futuros poderão ser retirados.

7.1 Considerações Finais

A envolvimento neste projeto permitiu aprender ao pormenor o método de construção de uma casa utilizando blocos de terra compactada. Assim, foi possível saber se um solo apresenta condições para ser usado como BTC, qual o processo de fabricação de um bloco, quais as quantidades a misturar, qual o processo a executar para a construção das fundações, o método de colocação dos blocos para a construção das paredes e respetivos cunhais e por fim a colocação da cobertura em madeira e chapas zincadas.

Este trabalho permitiu aprofundar e descobrir novos conhecimentos no domínio das construções com blocos de terra compactada, mas também de pôr em prática os conhecimentos teóricos aprendidos ao longo do mestrado integrado em engenharia civil.

7.2 Desenvolvimentos futuros

Após a realização deste manual, que permite apenas uma aplicação no Malawi, e visto o solo português apresentar propriedades mecânicas diferentes do solo daquele país que não permite a criação deste tipo de blocos BTC, uma possibilidade futura passaria pela criação de um solo artificial em tudo semelhante ao solo do Malawi e posteriormente um estudo estrutural e económico para validar a sua aplicabilidade no nosso país.

Além desta aplicação poderá ainda ser estudada a possibilidade desta nova técnica em outros países que apresentem condições climáticas semelhantes ao Malawi, pois tal técnica permitirá aos países em vias de desenvolvidos um aumento substancial da qualidade de vida com custos associados bastante reduzidos.

Conclusões

Por fim uma outra possibilidade futura consistiria no estudo da aplicação desta técnica não só para estes países em vias de desenvolvimento mas sim para países desenvolvidos, nos quais fosse possível aplicar os BTC, estudando diferentes designs e moldando ideias que neste momento apenas permite associar a construção em blocos de terra à pobreza. De notar o baixo custo e a redução substancial da poluição desta nova técnica comparativamente com a construção atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aedo, W.C.; Olmos, A.R. (2002): Guía de construcción parasísmica, Craterre edições.
- Arumala, J.O.; Gondal, T. (2007): Compressed Earth Building Blocks, for Affordable Housing, COBRA 2007 - The construction and building research conference of the Royal Institution of Chartered Surveyors, 6-7 September, Atlanta USA, ISBN 978-1-84219-357-0.
- Barbosa, N.P.; Mattone, R.; Mesbah, A. (s. d.): Blocos de Concreto de Terra: Uma Opção Interessante Para a Sustentabilidade da Construção, visualizado em www.biblioteca.sebrae.com.br, em 15/1/2012.
- Barbosa, N.P.; Mattone, R.; Pasero, G. (s. d.): Processo construtivo com blocos prensados de terra crua tipo “Mattone”, visualizado em www.biblioteca.sebrae.com.br, em 18/1/2012.
- Blondet, M.; Bragagnini, I.; Ottazzi, G.; Bidart, M.; Tarque, N.; Mosqueira, M.; Sanjinez, V.; Kuroiwa, C.; Esparza, G. (2005): Construcción y mantenimiento de viviendas de albañilería – Para albañiles y maestros de obra, Marcial Blondet editor.
- Earth-auroville (2012): visualizado em www.earth-auroville.com, em 12/1/2012.
- Eires, R.; Moreira, T.S.; Camões, A.; Ramos, L.F. (2012): Study of a New Interlocking Stabilised Compressed Earth Masonry Block proceedings of TERRA 2012, April, 22-27 Lima, Peru.
- Filho, O.T.B.; Silva, A.C.V. (2005): Ligações para estruturas de aço – Guia prático para estruturas com perfis laminados, Perfis Gerdau Acominas.
- Guedes, M.C.; Forjaz, J.; Lage, L.; Lopes, L.; Borges, K.E.; Cantuária, G.; Pinheiro, M.D.; Pereira, M.; Lopes, A.; Aleixo, J.; Gomes, C.; Calixto, L. (2009): Arquitetura sustentável em Moçambique (Manual de boas práticas), CPLP – comunidade dos países de língua portuguesa.
- Guillaud, H.; Joffroy, T.; Odul, P. (1985): Compressed earth blocks: manual of design and construction, volume II, Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien.
- HiLoTec (2012): HiLoTec - Development of a Sustainable Self-Construction System for Developing Countries (Final Report), University of Minho.
- Inter IKEA systems B.V. (2007). Anga, visualizado em www.manualslib.com, em 26/2/2012.
- Jalali, S.; Eires, R.(2008): Conferencia internacional – Angola: ensino, investigação e desenvolvimento, inovação científicas de construção em terra crua.
- Júnior, C.C.; Dias, A.A.; Góes, J.L.N.; Cheung, A.B.; Stamato, G.C.; Pigozzo, J.C.;

Okimoto, F.S.; Logsdon, N.B.; Brazolin, S.; Lana, E.L. (2006): Manual de projeto e construção de pontes de madeira, Fapesp.

Lego (2012): Lego creator – 5766, visualizado em www.service.lego.com em 26/2/2012.

Lengen, J.V. (2004): Manual do arquiteto descalço, livraria do arquiteto.

Lewis, D. (2009): Interlocking Stabilised Soil Blocks, Appropriate earth technologies in Uganda, United Nations Human Settlements Programme.

Maïni, S. (2005): Earthquake resistant buildings with hollow interlocking blocks, Training Manual for Architects and Engineers, Auroville Earth Institute, 43 p., disponível em <http://www.cvbt-web.org>.

Minke, G. (2011): Construction manual for earthquake-resistant houses built of earth, Basin.

Moreira, A.M. (2009): Terra crua, visualizado em www.estt.ipt.pt em 17/1/2012.

Neves, D.; Cuna, C. (2007): Projeto de investigação de materiais de construção - Construir com blocos de terra estabilizada, visualizado em www.mct.gov.mz em 4/2/2012.

Novoa, E (2005): Manual para elaborar adobes mejorados, editorial industria gráfica regentus.

Novoa, E. (2005): Manual de construcciones sismo resistentes en adobe, editorial industria gráfica regentus.

Ramos, L.F.; Eires, R.; Sturm, T.; Camões, A.; Mendonça, P.; Reis, P.; Sousa, J.; Vasconcelos, G. (2001): As paredes divisórias num sistema integrado de alvenaria estrutural em BTC, Seminário sobre paredes divisórias, 22 Junho, Porto, Portugal, pp. 163-176.

Rigassi, V. (1985): Compressed earth blocks: manual of production, volume I, Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien.

Rodrigues, F.C. (2006): Manual de construção em aço, Instituto Brasileiro de Siderurgia/Centro Brasileiro da Construção em Aço.

Vigo, V.A.; Schmidt, U.T. (2008): Manual de quincha pre-fabricada para maestros de obra, centro de investigación documentación y asesoría poblacional – CIDAP.

Walker, P. (2009): The Australian earth building handbook, Standards Australia.

Wheeler, G. (2005): Interlocking Compressed Earth Blocks, Volume II manual of Construction, Deutsches Zentrum für Entwicklungstechnologien.

ANEXOS

Anexo A - Seleção do solo

	Informação a colocar	Imagens exemplo	Observações	Informação escrita	Importancia 1-5	Nº estimado de páginas																																																	
Ferramentas e materiais	Para esta fase inicial do trabalho vão ser necessários dois utensílios: Uma garrafa de água(1x), uma pá(1x) e uma enxada(1x).		Colocar os nomes das ferramentas em baixo de cada imagem.	These are the materials and tools that you will need in this phase: Bootle, shovel, hoe		1/2																																																	
Locais	O local da construção da casa, do estaleiro e da recolha do solo deve ser relativamente proximo, como mostra a imagem.		Imagens onde mostre que a casa deve ser construída num local plano, e mostrar alguns perigos se tal não for respeitado. Neste caso pode ser colocado um NO na primeira imagem e um YES na segunda.	To construct the house you must choose the right place.	3	1																																																	
Onde recolher o solo	O solo a utilizar para a construção dos blocos deverá ser recolhido a 50cm da superfície		Imagem com este aspeto, exemplificando que a recolha do solo deve ser a 50 cm da superfície	You must collect the soil below 50cm of the surface. Generally, the surface soil is not good to construction.	4	1/2																																																	
T e s t e s	Hand Test	1. Pegar em parte da terra e colocar na mão; 2. Adicionar uma pequena quantidade de água; 3. Misturar bem os dois constituintes; 4. Lavar a mão. Resultados: Cheira a matéria orgânica? O solo tem muito material grosso? A mão é difícil de lavar? KO (não se pode utilizar esse solo)		Colocar o texto ao lado de cada imagem, explicando o passo. Na análise de resultados pode-se colocar um : (ilustrandoo assim que esse solo não pode ser usado.	1 Take some soil and put in your hand. 2 Put a little bit of water. 3 Mix all very well. 4 Clean your hand. Result: It smells like an organic material or it's hard wash your hand? : (KO (you can't use this soil)	4	1/2																																																
	Ball Test	1. Pegar em parte da terra e colocar na mão; 2. Adicionar uma pequena quantidade de água; 3. fazer uma bola na mão com a mistura; 4. Cortar a bola em duas partes com as mãos. Resultados: Consegue fazer a bola? No corte feito houve muito desperdício de terra e as duas partes desfizeram-se? KO (não se pode usar este solo)		Maior destaque a este teste, pois é o mais importante. Melhor imagem, falta a parte da formação da bola.	1 Take a portion of soil and put in your hand. 2 Add a little bit of water. 3 Make a ball with your hands. 4 cut the ball in tow parts with your hands. Results: Can't you make the ball? When you cut the ball with your hands it crumbled? : (KO (you can't use this soil)	5	1																																																
	Cigar Test	1. Pegar numa pequena quantidade de terra; 2. Adicionar uma pequena quantidade de água; 3. Realizar uma boa mistura; 4. Enrolar a mistura sob a forma de um cigarro com 30cm; 5. Colocar o cigarro numa mesa; 6. Empurrar o cigarro para for da mão até que se se parta; Nota: Este ensaio deve ser repetido várias vezes Resultado: Se o charuto que ficou em cima da mesa tiver um comprimento compreendido entre 15 e 25 cm OK!		Tal como nos outros testes, colocar o texto junto da respetiva imagem. Nos resultados colocar também :) que valida a utilização deste solo.	1 Take some soil and put in your hand. 2 Add a little bit of water. 3 Mix all very well. 4 With your hands, make a cigar with 30 cm long and 2.5 cm thick. 5 Put the cigar in a table. 6 Push the cigar gently with your hand over the edge until its breaks off. 7 Measure the part that is on the table. Result: Has the part left on the table between 15 to 25 cm? :) OK (you can use this soil) Note: You must repeat this test a few times.	4	1/2																																																
	Bottle Test	1. preencher 1/3 da garrafa com terra e o volume restante com água; 2. Agitar muito bem a garrafa com a mistura; 3. Deixar a garrafa em repouso durante 30 min; Resultados: No fundo da garrafa aparecerá o cascalho, em cima do cascalho a areia, depois o lodo e em cima do lodo a argila. Aparecerá a água em cima do material e a boiar no topo o material orgânico. A percentagem ótima de cada material será 15% de argila, 20% de silte, 60% de areia e 5% de cascalho.		É necessário usar uma garrafa de 1.5L como a da imagem para a análise de resultados poder ser a mais correta. A quantidade de fmos deve ser 1/4 da quantidade da terra e a quantidade de cascalho e areia deve ser 3/4 da quantidade de terra.	1. With a bottle of 1.5 L, fill 1/4 of the bottle with soil without gravel and 3/4 with water. 2. Shake the bottle very well. 3. Let the bottle rest for 30 minutes vertically. 4. Measure the thickness of the soil layers. Results: if the sand and gravel part is around 3/4 of the soil portion the soil is good for CEB production.	3	1/2																																																
Informação técnica	A percentagem de materiais que o solo deve ter são os apresentados na tabela. A granulometria ideal do solo está localizada na faixa azul do gráfico.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Uso</th> <th>Clay %</th> <th>Silt %</th> <th>Clay & Silt %</th> <th>Sand %</th> <th>Gravel %</th> <th>Sand & Gravel %</th> <th>Cobble %</th> <th>Organic matter %</th> <th>Soluble Salts %</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rammed earth walls</td> <td>5-20</td> <td>10-30</td> <td>15-35</td> <td>35-80</td> <td>0-30</td> <td>50-80</td> <td>0-10</td> <td>0-03</td> <td>0-1.0</td> </tr> <tr> <td>Pressed soil blocks</td> <td>5-25</td> <td>15-35</td> <td>20-40</td> <td>40-80</td> <td>0-20</td> <td>60-80</td> <td>-</td> <td>0-03</td> <td>0-1.0</td> </tr> <tr> <td>Soil bricks (adobe)</td> <td>10-30</td> <td>10-40</td> <td>20-50</td> <td>50-80</td> <td>-</td> <td>50-80</td> <td>-</td> <td>0-0.3</td> <td>0-1.0</td> </tr> <tr> <td>Soil, general purpose use</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>35</td> <td>60</td> <td>5</td> <td>65</td> <td>-</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Uso	Clay %	Silt %	Clay & Silt %	Sand %	Gravel %	Sand & Gravel %	Cobble %	Organic matter %	Soluble Salts %	Rammed earth walls	5-20	10-30	15-35	35-80	0-30	50-80	0-10	0-03	0-1.0	Pressed soil blocks	5-25	15-35	20-40	40-80	0-20	60-80	-	0-03	0-1.0	Soil bricks (adobe)	10-30	10-40	20-50	50-80	-	50-80	-	0-0.3	0-1.0	Soil, general purpose use	15	20	35	60	5	65	-	0	0	The percentage of each material that the soil must have is explained in the table. The ideal particle size of the soil is localized in the blue band of the granulometric curve	1/2	3
Uso	Clay %	Silt %	Clay & Silt %	Sand %	Gravel %	Sand & Gravel %	Cobble %	Organic matter %	Soluble Salts %																																														
Rammed earth walls	5-20	10-30	15-35	35-80	0-30	50-80	0-10	0-03	0-1.0																																														
Pressed soil blocks	5-25	15-35	20-40	40-80	0-20	60-80	-	0-03	0-1.0																																														
Soil bricks (adobe)	10-30	10-40	20-50	50-80	-	50-80	-	0-0.3	0-1.0																																														
Soil, general purpose use	15	20	35	60	5	65	-	0	0																																														

Anexo B - Construção dos Blocos

	Informação a colocar	Imagens exemplo	Observações	Informação escrita	Importancia 1-5	Nº estimado de páginas
P R O C E S S O	Ferramentas e materiais		Colocar o nome do material por baixo da respetiva imagem	These are the materials and tools that you will need in this phase: Machine to produce the blocks, shovel, hoe, bucket, water, cement, sieve and plastic to cover the blocks		1
	Blocos		Imagem clara (vista superior e inferior) do Bloco e repetidas medidas. Dar relevância ao facto de que as medidas devem ser respeitadas.	These are the blocks that you will produce to build your house! You will need to make full blocks and some half blocks. Pay attention to the block dimensions. It is very important that you respect them.	5	1/2 x 1
P R O C E S S O	Locais		Imagem em corte com este aspeto, onde toda a produção será ao ar livre. A mistura do cimento não será feita com a máquina como mostra a figura exemplo. (Recolha, peneirar, mistura, produzir os blocos, cura)	For the block production you must choose a clean and plane work place. Make sure to have enough place to store the blocks.	3/4	1
	Esquema		A imagem 6 não está certa, o "boneco" apenas deve cobrir os blocos com um plástico.	This is the process that you must follow up to produce the blocks. 1. collecting soil 2. Sieving 3. Mixing soil, cement and water 4. Pressing the block 5. Soaking 6. Curing and drying	5	1
P R O C E S S O	1 - Escavação		Imagem com este aspeto, exemplificando que a recolha do solo deve ser a 50cm da superfície	You must collect the soil below 50cm of the surface. Generally, the surface soil is not good for construction.	3	1/2
	2 - preparação da Terra		Imagem do "boneco" a peneirar o solo.	The sieve must have a net with 5mm width.	3	1/2
	3 - Mistura		A mistura é feita através de 19 baldes de terra, 2 baldes de cimento. Os baldes de água não serão representados no desenho. A segunda imagem não apenas do "boneco" a construir a bola.	For the soil mixture you need 19 buckets of earth and 2 of cement. To know how much water you will need, you must repeat the ball test! You put some water and when you can make the ball with your hands it's OK!! Ball test: 1 Take a portion of soil and put in your hand. 2 Add a little bit of water. 3 Make a ball with your hands. 4 cut the ball in two parts with your hands. Results: Can you make the ball? Water OK	4	1/2 x 1
	4 - Medir os blocos		Conjunto de imagens esquemáticas onde aparece o "boneco" a abrir a alavanca, a colocar o solo, a fechar a alavanca e por fim a retirar o bloco (colocar a informação escrita ao lado de cada imagem)	To utilize the machine you must: 1 Open the lever. 2 Put the soil inside the machine. 3 Close the lever. 4 Take out the block.	5	1/2 x 1
	5 - Disposição		Imagem onde mostre que os blocos estão dispostos por colunas com um máximo de 7 blocos de altura e com um espaçamento de 5cm entre cada coluna.	You must put a maximum of 7 blocks in height and leave at least 5 cm between each column.	3	1/2
	6 - Secagem		Imagem onde o "boneco" tape os blocos com um plástico	For curing and drying, you must cover the blocks with a plastic sheet. After 7 days uncover the blocks. After 28 days they are ready for construction!	3	1/2
P R O C E S S O	Teste aos blocos após secagem		Imagem do "boneco" a pegar num bloco e deixá-lo cair acima da altura.	To check if you can use the finished blocks you must do this test on three blocks of each production journey.	5	1
	Informação técnica				3	1/2 x 1


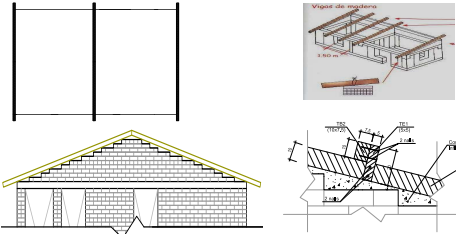
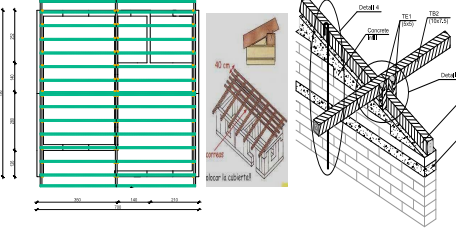
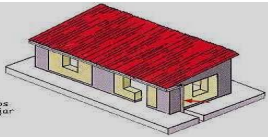
Anexo C - Construção das Fundações

	Informação a colocar	Imagens exemplo	Observações	Informação escrita	Importância 1-5	Nº estimado de páginas
	<p>Ferramentas e materiais</p> <p>Para a construção das fundações será necessário algum material, tal como: Picareta, alguns materiais, tal como: mangueira (com, compressor manual (1)), mangueira (com, ejetor (sem de Bora)), fita métrica e material para a fundação escavada.</p>			<p>These are the materials and tools that you will need in the phase: ropes, tape, some wood, steel such as Bora, hose (shovel), box, compressor and material for foundations.</p>		1/2 x 1
	<p>Blocos estragados</p> <p>Estes são os blocos que não deverão ser utilizados.</p>		<p>Imagem dos mesmos blocos, representados em cima com as fendas, os encaixes destruídos e os cantos esmagados.</p>	<p>These are the blocks that you can't use.</p>	5	1
	<p>Nivelamento do terreno</p> <p>Para uma correta construção é necessário que o terreno esteja nivelado. Para tal é necessário recorrer a verificação e caso necessário necessitar novamente.</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1 Pegar numa mangueira com 20m. 2 Encher a mangueira com água limpa. 3 Colocar a medida da água em 1/2. 4 Colocar a outra ponta da mangueira a 20m de distância. 5 Medir a altura 1/2. 6 Fazer 1/2 1/2 a uma distância para a profundidade a escavar. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Take a transparent hose with more or less 20 m. 2. Put clean water inside the hose. 3. Measure the high 1/2 and 1/2 from the ground. 4. 1/2 1/2 is the depth that you must dig up to. 	4 x 5	1/2 x 1
	<p>Primeiras marcações</p> <p>É necessário uma correta marcação dos lados da casa para estar tudo com a simetria correta.</p>		<ol style="list-style-type: none"> 1. Marcar o ponto 1 a 3m da rua. 2. A 20m de distância marcar o ponto 2, também a 3m da rua. 3. Marcar dos pontos 1 e 2, uma paralela de 2m e a diagonal de 20m. 4. A partir da marcação auxiliar do triângulo, marcar o ponto 3 a 3,82m do ponto 1. 5. Repetir o processo e marcar o ponto 4. 6. Fazer a verificação, onde as diagonais deverão ter 30,62m. As marcações não podem ficar com o aspeto da última imagem. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mark the point 1 a 3 meters of the road. 2. Mark the point 2 a 3 meters of the road and a 20 meters of the point 1. 3. Mark 2 meters between the points 1 and 2, one parallel of 2 meters and the diagonal of 20 meters. 4. From the auxiliary marking, mark the point 3 that is 3.82 meters from the point 1. 5. Repeat the process and mark the point 4. 6. Check all. The diagonals must have 30.62 meters. 	4 x 5	2
	<p>Segundas marcações</p> <p>O terreno deverá ser marcado de acordo com as dimensões da fundação que serão as vigas.</p>		<p>A seguir a escavação é de 40cm. Cuidado com a importância de respeitar as medidas.</p>	<p>Stretch the ropes between the stakes to mark the walls. Then mark parallel to the ropes on the ground with blue rope the signs of the foundation.</p> <p>Make sure that the distance of the marked lines towards the nearest rope is always the same.</p>	5	1
	<p>Escavação</p> <p>Atenção! das marcas representadas acima será necessário marcar (50cm) para que seja construída a fundação.</p>		<p>Na escavação é "tomado" deve estar a terra para dentro da casa. A profundidade da escavação é de 50cm.</p>	<p>Now it's time to dig! You can remove the earth during this link to be more comfortable, as long you DON'T move the stakes.</p>	2 x 1	1/2
	<p>Reforço</p> <p>Serão necessários adicionar alguns reforços nos pontos assinalados para uma melhor segurança da casa.</p>		<p>Nos pontos assinalados, o reforço a ser colocado tem de ser de 10cm de diâmetro.</p>	<p>In the spots marked in the plan you will place the steel bars of your house.</p>	5	1/2 x 1
FUNDACÕES	<p>Poor concrete</p> <p>Para a construção da fundação com betão é necessário material extra: betão. A casa vai estar elevada, como mostra a imagem, para esta estar melhor protegida da água.</p>		<p>Imagem dividida em partes.</p>		5	1
	<p>Fired brick</p> <p>Para a construção da fundação com blocos queimados é necessário material extra: Fervedor. A casa vai estar elevada, como mostra a imagem, para esta estar melhor protegida da água.</p>		<p>Imagem dividida em partes.</p>	<p>You can choose which kind of foundation you will use, but please respect the dimensions and levels.</p>	5	1
	<p>Stones</p> <p>Para a construção da fundação com pedra é necessário material extra: Stone. A casa vai estar elevada, como mostra a imagem, para esta estar melhor protegida da água.</p>		<p>Imagem dividida em partes.</p>		5	1
	<p>Piso terra</p> <p>O piso terra será em terra compactada e para isso será necessário compactar-la com um auxílio de um pilão.</p>			<p>You need to compact very well the soil inside the house before making the pavement. You can use for your pavement the same soil cement mixture you used to produce the blocks. Make sure to compact again the soil cement one of the pavement while it is fresh.</p>	3 x 4	1/2

Anexo D - Construção das Paredes

	Informação a colocar	Imagens exemplo	Observações	Informação escrita	Importancia 1-5	Nº estimado de páginas
Ferramentas e materiais	Para a construção das paredes e da viga de coramento será necessário algum material, tal como: Blocos(6000), arame de amarração, cimento(0,7 metros cúbicos), areia(2,10 metros cúbicos), brita(2,10 metros cúbicos), madeira para cofragem(tábuas com 0,3m de altura), grampos(49), água, papel ou jornal.		Falta a imagem do papel ou jornal. O papel servirá para tapar os furos dos blocos para não haver desperdício de betão.	These are the materials and tools that you will need in this phase: Cement, wire, sand, gravel, wood for formwork, staples, water, some paper or newspaper and the blocks.		1 a 1/2
Construção dos painos	Os blocos deverão ser posicionados de forma cruzada e não será necessário utilizar qualquer tipo de argamassa de ligação entre os blocos. Tipo 1: Paredes exteriores As paredes exteriores serão paredes duplas e o posicionamento dos blocos deverá ser como o da imagem. Tipo 2: Paredes interiores As paredes interiores serão paredes simples e o posicionamento dos blocos deverá ser como o da imagem.		2 imagem(uma para cada tipo). ZOOM onde mostre o aparelho dos blocos, o método de colocação.	To construct the walls correctly, it's very important that the blocks follow the pattern.	5	1/2 a 1
Construção cunhais	Os cunhais (cantos da casa) deverão ser feitos de acordo com a imagem representada.		Não é necessário texto, a informação será apresentada apenas por imagens.		5	1/2
Primeira fiada	As primeiras fiadas são as mais importantes na construção da casa pois uma deficiente construção nesta altura levaria a uma deficiente construção em todo o edifício.			The 1st row of the walls is VERY IMPORTANT for the house.	5	1
Reforço	Serão necessários adicionar alguns reforços nos pontos assinalados para uma melhor segurança da casa.		Nos pontos assinalados, o reforço é feito com varões de aço de 8mm de diâmetro.	In the spots marked in the plan you will place the steel bars of your house	5	1/2 a 1
Blocos de travamento para as paredes duplas	Por razões de estabilidade da estrutura será necessário colocar uma fila de travamento a cada 5 fiadas de blocos. A imagem representada ilustra esse processo.		Imagem onde represente que de 5 em 5 fiadas de blocos estes devem ser postos no sentido oposto. Só válido em paredes duplas.	Every 5th row you must lay a horizontal course!	5	1/2
Construção das janelas	Por razões de conforto e ventilação e iluminação é necessária a construção de janelas. As janelas serão construídas a partir da fila de blocos 11 e vão até ao topo.			The windows of your house should start at the 11th row and go until the top of the masonry walls.	4	1/2
Última fiada de blocos antes da viga	Antes da colocação dos elementos constituintes da viga de coramento, deverão ser tapados todos os buracos para o betão não se despenhar.		Imagem onde mostre os furos dos blocos a serem tapados com papel ou jornal. Os furos reforçados não serão tapados.	Seal each hole, which has no steel bar, tightly with paper or newspaper to save concrete. DON'T seal the holes with steel bars!	3	1/2
Viga de coramento	Explicar todo o processo da construção da viga de coramento, com o auxílio de um conjunto de imagens esquemáticas.		Os estribos da parede dupla serão de 24cm(comprimento) por 11cm(altura) e os da parede simples serão de 10cm(comprimento) por 11cm(altura). As dimensões da viga serão 20cm (comprimento) e 15cm(altura) no caso da parede dupla e 14cm(comprimento) e 13cm(altura) no caso das paredes simples.	It is time to construct the beam! 1. Put wooden boards in the openings of windows and doors. 2. Make the stirrups. 3. Put the longitudinal steel bars on the ground. Place the stirrups every 20cm and then connect them to the four longitudinal steel bars with the wire. 4. Place the steel box on top of the wall. To leave 2cm between the steel box and the wall, you can use wood cubes of 2 cm height. 5. Place the lateral wooden boards. Secure the boards with the hooks spaced every 1.5 meters. 6. Make the concrete mix (0,50m3 of cement, 1,50m3 of sand, 1,95m3 of gravel and water). Pour the fresh mix into the holes with steel bars and the framework. 7. After 7 days you can take out the lateral wooden boards. After 28 days you can remove the boards of the windows and doors.	5	2
Colocação das últimas fiadas	Para a construção da cobertura é necessário efetuar um correto acabamento dos blocos. Após conclusão da viga de coramento é necessário que a disposição dos blocos ao longo do desenvolvimento da casa seja como o da figura.		Imagem da casa mostrando a construção das últimas fiadas de blocos e esquema correto o da imagem com as medidas. Os blocos de travadura também deverão ser aqui referidos.	Fill the holes with steel bars with concrete. Don't forget the horizontal course every 5th row.	4	1/2

Anexo E - Cobertura

	Informação a colocar	Imagens exemplo	Observações	Informação escrita	Importância 1-5	Nº estimado de páginas
<p>Ferramentas e materiais</p>	<p>O material necessário para esta fase é: Madeira (barrotes de 7,5cm(comprimento) por 10cm(altura)) e outros mais pequenos de 5x5cm e 20cm de comprimento. Chapas zincadas e pregos(15cm).</p>			<p>These are the materials and tools that you will need in this phase. Wood, galvanized sheet metal, roll top ridge, roofing nails and nails.</p>		<p>1/2</p>
<p>Colocação das madres</p>	<p>Serão necessários 3 barrotes de madeira, com as dimensões XX, a ser colocados como na imagem (um em cada lado da casa e outro no centro)</p>		<p>Imagem da casa em prespetiva representando a colocação das madres. Pormentores de apoios. fazer um zoom entre os blocos do topo e colocação das madres pois existe uma camada de argamassa de regularização. A madeira será furada nos pontos onde existir as barras de aço de reforço. Serão essas barras de aço que fixarão as madres à estrutura(através de uma dobra).</p>	<p>1. Level the last row, to obtain an inclined plane. 2. Make inclined 10mm hole in the purlins in those places where the steel bars will pass. 3. Once the purlins are putted in place, the steel bars are bentled to form a hook.</p>	<p>5</p>	<p>1/2 a 1</p>
<p>Colocação das varas</p>	<p>Depois das madres devidamente colocadas é necessário proceder à colocação das varas. São necessárias XX varas com as dimensões XX. A sua colocação deve ser feita como a figura respeitando as distancias assinaladas.</p>		<p>Imagem onde explica como as varas são fixadas às madres. Imagem em prespetiva com os espaçamentos. Dar relevancia à importancia de respeitar as medidas.</p>	<p>Now you will place the embedded beam of the roof. First nail the embedded beam of the top and bottom to the embedded beam. Then work your way up. Don't forget to also place the connectors on each end of the rafters.</p>	<p>5</p>	<p>1/2 a 1</p>
<p>Cobertura</p>	<p>A cobertura será de chapas zincadas aparafusadas nas varas.</p>		<p>Imagem do "boneco" a aparafusar as chapas. Imagem final da cobertura concluída.</p>	<p>Fix the roof sheets to the purlins by placing roofing nails every 50 cm on each purlin. The corrugation of the sheets has to face downwards. Finally, lay down the roll top ridge and nail both overlapping sheets simultaneously.</p>	<p>4</p>	<p>1/2 a 1</p>