



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENG. ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**AMANDA SOUSA SAMPAIO**

**PROPOSTA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NA ZONA RURAL DO  
ESTADO DO CEARÁ COM BASE NOS PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE**

**FORTALEZA**

**2015**

AMANDA SOUSA SAMPAIO

PROPOSTA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NA ZONA RURAL DO  
ESTADO DO CEARÁ COM BASE NOS PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Prof. Dr. Ricardo Marinho de Carvalho.

FORTALEZA – CE

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- S181p Sampaio, Amanda Sousa.  
Proposta de habitação de interesse social na zona rural do estado do Ceará com base nos princípios de sustentabilidade / Amanda Sousa Sampaio. – 2016.  
90 f. il. color.
- Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Graduação em Engenharia Civil, Fortaleza, 2015.  
Orientação: Prof. Dr. Ricardo Marinho de Carvalho.
1. Construção civil - Obras populares. 2. Construção de adobe. 3. Empreendimentos habitacionais. I. Título.

AMANDA SOUSA SAMPAIO

PROPOSTA DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NA ZONA RURAL DO  
ESTADO DO CEARÁ COM BASE NOS PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da  
Universidade Federal do Ceará, como requisito  
parcial para obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil.

Aprovada em 25/01/16.

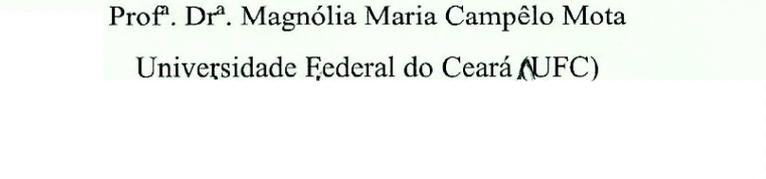
BANCA EXAMINADORA

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ricardo Marinho de Carvalho (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dr.ª Magnólia Maria Campêlo Mota

Universidade Federal do Ceará (UFC)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Augusto Teixeira de Albuquerque

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Cleide e Almir, por serem essenciais em minha vida e por toda a dedicação e apoio, e às minhas irmãs, por todos os bons momentos vividos juntas.

## AGRADECIMENTOS

Aos professores do curso de Engenharia Civil da UFC, pelos conhecimentos compartilhados. De modo especial ao professor Ricardo Marinho pela parceria e orientação, e à professora Magnólia Campêlo sempre disponível e solícita durante esta trajetória.

Ao senhor André Gonçalves, representante do INCRA em Fortaleza por disponibilizar o material essencial para a elaboração deste trabalho.

Aos professores participantes da Banca examinadora, pelo tempo e sugestões e contribuições.

Aos moradores de Parazinho e Granja pelas casas abertas e histórias contadas. Ao povo do sertão nordestino, pela força e persistência.

Ao Seu Almir, meu pai, pelo apoio e acompanhamento. À Dona Cleide, minha mãe, pela compreensão e cuidados. À Fabrízia e Fernanda, minhas irmãs, pela paciência e opiniões cedidas.

Aos amigos Alana, Alessandro, Alex, Daniel, Estela, Izac, Marília, Rafaela e Sarah, pelas experiências compartilhadas e o companheirismo.

*“Ah!, como é cruel o intervalo entre um grande projeto concebido e sua execução! Quantos terrores vão!, quanta indecisão! É uma questão de vida ou morte. – É bem mais do que isso: é uma questão de honra!”* (Schiller – Em: O vermelho e o negro – Stendhal. Tradução Raquel Prado. São Paulo: Abril, 2010)

## RESUMO

O déficit habitacional é um problema que vem sendo enfrentado no Brasil, tanto no meio urbano como no rural, através de políticas públicas governamentais que empregam sistemas convencionais na construção da moradia, sistemas esses que são inadequados à realidade da cultura construtiva da região rural e ainda desconsidera as questões sustentáveis. Pensando nisso, o principal objetivo deste trabalho é elaborar uma proposta de Habitação de Interesse Social (HIS) viável economicamente com aplicação destinada à população da zona rural do estado do Ceará, adotando diretrizes contidas no conceito de sustentabilidade e que utilize materiais e técnicas construtivas tradicionais da região. O projeto de habitação popular sustentável foi desenvolvido como uma adaptação do projeto de uma unidade habitacional desenvolvido pelo INCRA em 2009, para assentamento na região rural do Ceará. Foram estabelecidas soluções sustentáveis que melhor empregassem o conceito de sustentabilidade dentro da região de aplicação do empreendimento, sob os aspectos técnico, legal e econômico. O sistema construtivo com paredes estruturais de adobe foi utilizado como alternativa ao concreto e tijolo cerâmico tradicionalmente adotados. Ainda foi incorporado um sistema de captação de água pluviais para uso em atividades domésticas, e também um sistema completo de natureza (telhado verde) do tipo extensivo na cobertura da habitação. Foi realizada a análise econômica da proposta através do comparativo entre o orçamento utilizando sistemas tradicionais de construção para conceber o projeto e outro utilizando as soluções propostas neste trabalho, em que se emprega o conceito de sustentabilidade na habitação. O orçamento final do projeto sustentável foi 13% superior ao da habitação tradicional. No que se refere ao desempenho ambiental, concluiu-se que com as soluções aplicadas é possível diminuir as temperaturas internas da edificação e proporcionar a melhoria das condições de conforto ambiental, a redução do consumo energético na fabricação dos materiais construtivos, a preservação de recursos naturais e o uso de materiais menos impactantes ao meio ambiente. Concluiu-se que pelo menos em fase de projeto, há viabilidade de agregar um conjunto de aspectos de sustentabilidade à HIS. Com isso, o presente trabalho mostrou que é possível alcançar uma habitação sustentável através de propostas com técnicas simples, possibilitando reverter processos de degradação ambiental que acabam prejudicando o conforto e até mesmo a saúde pessoal.

**Palavras-chave:** Construção civil. Construção sustentável. Habitação de interesse social. Sustentabilidade. Sistema construtivo em adobe.

## ABSTRACT

The Housing Deficit is a problem faced in Brazil, both in urban and in rural areas, through government policies employing conventional systems in housing construction which are inadequate to the reality of rural constructive culture and still ignores sustainable issues. On that note, the main goal of this research is to develop a proposal of Social Interest Housing (SIH) viable economically with applications for the population of rural areas of the Ceará state, adopting guidelines contained in the concept of sustainability and using traditional materials and constructive techniques of the local region. The prototype of sustainable public housing was developed as an adaptation of the design of a housing unit developed by INCRA in 2009, for settlement in rural Ceará. Sustainable solutions were established which best employ the concept of sustainability within the area of application of the enterprise, under technical, legal and economic aspects. The construction system with structural walls of adobe was used as an alternative to concrete and ceramic bricks traditionally adopted. A system for harvesting rainwater was also incorporated for use in domestic activities, in addition to a complete extensive type Naturation System (green roof) to cover the dwelling. Economic analysis of the proposal was made by comparing budgets when using traditional building systems in project design or using the solutions proposed in this work, which employs the concept of sustainability in housing. The sustainable prototype's final budget was 13% higher than that of traditional housing. As to environmental performance, it is concluded that the solutions applied here can reduce the temperature within the building, promote improved environmental comfort conditions, reduce energy consumption in manufacturing building materials, preserve natural resources, and use materials with a lesser impact to the environment. In conclusion, at least in the design phase, there is feasibility to adding a number of sustainability aspects to social housing. Thus, this study shows that it is possible to achieve a sustainable housing through proposals utilizing simple techniques, making it possible to reverse environmental degradation processes that end up hurting comfort and even personal health.

**Keywords:** Construction. Sustainable construction. Social Housing. Sustainability. Construction adobe system.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Soluções bioclimáticas adotadas na edificação. ....	23
Figura 2 - Esquema de reuso de água na unidade habitacional. ....	24
Figura 3 - Cisterna de placas no meio rural nordestino. ....	26
Figura 4 - Sistema de coberta verde. ....	28
Figura 5 - Diagrama de sistema de construção em terra. ....	33
Figura 6 - Construção de paredes em taipa. ....	34
Figura 7 - Casa rural de taipa de mão na cidade de Parazinho-CE. ....	35
Figura 8 - Prensa CINVA – Ram. ....	36
Figura 9 - Formas, fabricação e construção em adobe. ....	36
Figura 10 – Zona de extração de terra para produção de blocos de adobe. ....	37
Figura 11 - Parede de adobe com orifício simulando uma abertura de janela. ....	38
Figura 12 - Parede de adobe ensaiada em laboratório. ....	39
Figura 13 - Carga térmica que atravessa parede de solo cimento (esquerda e de tijolo cerâmico furados (direita)). ....	40
Figura 14 – Habitação para assentamento rural no CE (planta baixa). ....	42
Figura 15 - Entrada de dados da simulação. ....	44
Figura 16 - Planta baixa do projeto sustentável. ....	55
Figura 17 - Corte AA e fachada frontal da habitação. ....	56
Figura 18 - Corte BB. ....	57
Figura 19 - Corte esquemático da coberta ajardinada. ....	58
Figura 20 - Representação da habitação sustentável proposta (1). ....	58
Figura 21 - Representação da habitação sustentável proposta (2). ....	59
Figura 22 - Representação da habitação sustentável proposta (3). ....	59
Figura 23 - Execução da fundação. ....	61
Figura 24 - Elevação das paredes. ....	62
Figura 25 - Madeiramento do telhado. ....	63
Figura 26 - Montagem do telhado verde. ....	64
Figura 27 - Telhado completo. ....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Déficit Habitacional Absoluto Total Brasileiro.....	17
Tabela 2 - Déficit Habitacional do Nordeste Brasileiro.....	18
Tabela 3 - Tripé da Sustentabilidade.....	22
Tabela 4 - Certificações Sustentáveis.....	22
Tabela 5 - Classificação dos sistemas de natureza segundo seus componentes.....	29
Tabela 6 - Classificação dos sistemas de natureza segundo a inclinação da coberta.....	30
Tabela 7 – Materiais utilizados no experimento de Rola (2008).....	30
Tabela 8 - Resultados dos ensaios com as paredes de adobe.....	39
Tabela 9 – Dados de entrada da simulação.....	44
Tabela 10 - Resultados da simulação com o programa NETUNO 4.....	53
Tabela 11- Resultados dos valores mensais da simulação para um reservatório de 16.000L (continua).....	53
Tabela 12- Resultados dos valores mensais da simulação para um reservatório de 16.000L (conclusão).....	54

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

CEF – Caixa Econômica Federal

PVC - POLICLORETO DE VINILA

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

HIS – Habitação de Interesse Social

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

PRODHAM - Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental

DUDH – Declaração Universal dos Direitos Humanos

ANAB - Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica

*GBTool - Green Building Tool*

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica

BTC – Bloco de Terra Comprimida

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 Considerações Iniciais e Justificativa .....	14
1.2 Definição do Problema .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>16</b>
3.1 Objetivo Geral .....	16
3.2 Objetivos Específicos.....	16
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
3.1 O Déficit Habitacional Brasileiro.....	17
3.2 Sustentabilidade – Um breve histórico .....	19
3.3 Habitação de Interesse Social (HIS) .....	20
3.4 A Sustentabilidade Aplicada à Construção Civil .....	21
3.4.1 <i>Planejamento do espaço físico sustentável</i> .....	24
3.4.2 <i>Conservação da Água</i> .....	25
3.4.3 <i>Eficiência energética</i> .....	27
3.4.4 <i>Cobertas ajardinadas</i> .....	27
3.4.5 <i>Conservação dos Materiais e dos Recursos</i> .....	31
3.5 Sistemas Construtivos Sustentáveis .....	31
3.5.1 <i>A terra como forma de construir</i> .....	32
3.5.1.1 <i>Principais Técnicas Empregadas na construção com terra</i> .....	34
3.5.1.2 <i>O adobe como solução econômica e sustentável em habitações rurais</i> .....	39
3.5.2 <i>Vantagens e desvantagens da construção em terra</i> .....	40
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	<b>42</b>
4.1 Escolha das soluções sustentáveis incorporadas ao projeto .....	43
4.2 Definição dos materiais construtivos e dimensionamento dos sistemas, elementos e componentes da edificação.....	43
4.2.1 Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluviais.....	43

4.3 A concepção do projeto .....	45
4.4 Elaboração do plano construtivo .....	45
4.5 Cálculo dos orçamentos e análise comparativa entre solução habitacional do INCRA e o projeto sustentável desenvolvido .....	45
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>47</b>
5.1. Diretrizes de projeto .....	47
5.2 Soluções sustentáveis incorporadas ao projeto .....	47
5.2.1 <i>Sistema construtivo com paredes estruturais de adobe</i> .....	47
5.2.2 <i>Cobertura verde</i> .....	48
5.2.3 <i>Sistema de aproveitamento de água da chuva</i> .....	48
5.3 Elementos da edificação e seus componentes e materiais construtivos .....	49
5.3.1 <i>Estrutura</i> .....	49
5.3.1.1 <i>Fundação</i> .....	49
5.3.1.2 <i>Paredes</i> .....	49
5.3.1.3 <i>Cintas horizontais</i> .....	50
5.3.1.4 <i>Vergas e contra-vergas</i> .....	50
5.3.2 <i>Cobertura</i> .....	50
5.3.2.1 <i>Estrutura de madeira</i> .....	50
5.3.2.2 <i>Telhamento em telha cerâmica</i> .....	51
5.3.2.3 <i>Telhado verde</i> .....	51
5.3.3 <i>Revestimento e acabamento</i> .....	52
5.3.4 <i>Piso</i> .....	52
5.4 Sistemas prediais .....	52
5.4.1 <i>Sistema de aproveitamento de águas pluviais</i> .....	52
5.5 O projeto de habitação de interesse social sustentável.....	54
5.6 Plano Construtivo .....	60
5.7 Análise econômica e sustentável do projeto .....	65

<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA (SIMULAÇÃO COM O PROGRAMA NETUNO).....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE B – CÁLCULO DO CONSUMO DE MATERIAIS .....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE C – PLANTA DA PRIMEIRA FIADA DA ALVENARIA DE ADOBE.....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE D - VERIFICAÇÃO DAS CARGAS NAS PAREDES RESISTENTES .....</b>	<b>78</b>
<b>APÊNDICE E – ORÇAMENTOS DOS PROJETOS .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS A – HABITAÇÃO PARA ASSENTAMENTOS RURAIS SO CEARÁ – INCRA (2009) .....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXO B - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. HABITAÇÃO PARA OS ASSENTAMENTOS RURAIS DO CEARÁ. INCRA, 2009...</b>	<b>86</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações Iniciais e Justificativa

As mudanças climáticas no decorrer das últimas décadas vêm representando o perigo da negligência quanto a necessidade de proteger o entorno natural do planeta em que vivemos. Desta forma, o interesse quanto às questões ambientais tem aumentado desde o final do século XX, com o advento do conceito de sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

A Construção Civil é um setor que apresenta grande consumo dos recursos naturais e geração de resíduos, sendo, entretanto, uma atividade importante para o desenvolvimento socioeconômico. Logo, tem-se a necessidade de conciliar as atividades dessa indústria com o conceito de sustentabilidade, tornando-a menos agressiva ao meio ambiente de uma forma que não impeça o seu crescimento. Segundo a Associação Nacional de Arquitetura Bioecológica (ANAB, 2009 *apud* SANTANA, 2013), o setor de construção civil brasileiro é responsável pelo consumo de 40% dos recursos naturais, 34% do consumo de água, 55% de madeira não certificada, além de gerar 67% da massa total de resíduos sólidos urbanos e 50% de volume total de resíduos.

Desde o início de suas atividades a Construção Civil busca melhorar as condições de vida do homem em sociedade, sendo uma ferramenta que contribui para atender as necessidades básicas do ser humano. Um alojamento seguro e adequado é um dos direitos humanos universais, a Constituição de 1988 reconhece o direito à moradia como um direito social básico, e existe uma busca constante por soluções que possam diminuir o déficit habitacional em todo o mundo. O problema da habitação aliado à preocupação ambiental com o planeta desenvolveu a busca por soluções sustentáveis para a construção de moradias de baixa renda.

O Estado do Ceará, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2012, sofre com um déficit habitacional de cerca de 250 mil unidades residenciais. As famílias mais afetadas e menos favorecidas estão situadas nas zonas rurais do estado, e chegam a ser pouco beneficiadas pelas ações interventivas do governo com o intuito de diminuir os índices do déficit de moradias. Com isso, as famílias dessas regiões necessitam de uma maior atenção e é preciso ainda incorporar as técnicas construtivas locais nas habitações, de forma a aproveitar a mão de obra regional e os recursos disponíveis e ainda atender aos conceitos sustentáveis.

Apesar da crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e dos recursos naturais desde o final do século XX, ainda não se teve o cuidado de incorporar de forma definitiva e imperativa, nas edificações, um padrão de sustentabilidade de modo a cumprir metas previamente estabelecidas e exequíveis. Desta forma, tem-se a necessidade de desenvolver um modelo de habitação que incorpore alternativas sustentáveis, com foco no aproveitamento dos recursos naturais, na conservação da água, na eficácia energética, da diversidade biológica, e no bem-estar da sociedade. O modelo deve se adequar a região de implantação da edificação, de forma a utilizar melhor os recursos disponíveis e adotar um sistema construtivo compatível com os padrões de sustentabilidade.

O setor dos edifícios de habitação é um dos que produz maior impacto sobre o ambiente, sociedade e economia, além de ter um elevado peso na indústria da construção nacional. O presente trabalho, tem por principal finalidade a elaboração de um projeto padrão de habitação de baixo custo, voltada para as microrregiões cearenses e comprovar a sua viabilidade econômica e sustentável.

## **1.2 Definição do Problema**

O problema motivador do presente trabalho é a crescente degradação do meio ambiente, agravada pelo setor da construção civil, aliado ao problema do déficit habitacional brasileiro. A degradação que o meio ambiente vem sofrendo, gera impacto direto na qualidade de vida da população e no futuro do planeta, por isso é necessário a implantação de soluções tecnológicas para a moradia nos projetos para assentamento de habitação de interesse social promovida pelas políticas públicas, de forma a atender as necessidades habitacionais e minimizar a degradação ambiental.

## **2 OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo Geral**

O principal objetivo deste trabalho é elaborar uma proposta de Habitação de Interesse Social viável economicamente com aplicação destinada a população da zona rural do estado do Ceará, adotando diretrizes contidas no conceito de sustentabilidade.

### **3.2 Objetivos Específicos**

Para que seja alcançado o objetivo geral foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Realizar o detalhamento das soluções adotadas no projeto visando a incorporação de princípios sustentáveis;
- Desenvolver um projeto de habitação de interesse social em que se aplique conceitos básicos de sustentabilidade;
- Elaborar a gestão sustentável da implantação da obra de modo a minimizar os impactos causados ao meio ambiente durante a sua execução;
- Analisar a viabilidade econômica e sustentável do projeto proposto para a população da zona rural do Ceará.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O Déficit Habitacional Brasileiro

Com a Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH), no ano de 1948, o benefício à moradia adequada foi admitido em todos os países como um dos direitos fundamentais para a vida dos cidadãos. Entretanto muitas famílias ainda sofrem com a falta de uma moradia apropriada em todo o mundo. No Brasil, de acordo com dados de 2012 do IBGE (Tabela 1) o déficit habitacional total é de aproximadamente 6 milhões de moradias.

Tabela 1 – Déficit Habitacional Absoluto Total Brasileiro.

Especificação	ANO				
	2007	2008	2009	2011	2012
<b>Déficit Total Absoluto</b>	<b>6.102.414</b>	<b>5.686.703</b>	<b>6.143.226</b>	<b>5.889.357</b>	<b>5.792.508</b>
Déficit Total Relativo	10,8	9,8	10,4	9,5	9,1
Total de Domicílios	56.338.622	58.180.644	59.252.675	62.116.819	63.766.688
<b>COMPONENTES</b>					
<b>Habitação Precária</b>	<b>1.264.414</b>	<b>1.158.801</b>	<b>1.088.634</b>	<b>1.187.903</b>	<b>883.777</b>
<i>Improvisados</i>	<i>109.421</i>	<i>101.100</i>	<i>69.432</i>	<i>130.905</i>	<i>85.550</i>
<i>Rústicos</i>	<i>1.154.993</i>	<i>1.057.701</i>	<i>1.019.202</i>	<i>1.056.998</i>	<i>798.227</i>
<b>Coabitação Familiar</b>	<b>2.481.128</b>	<b>2.211.276</b>	<b>2.511.541</b>	<b>1.916.716</b>	<b>1.865.457</b>
<i>Cômodos</i>	<i>200.094</i>	<i>175.366</i>	<i>216.924</i>	<i>221.546</i>	<i>170.926</i>
<i>Famílias Conviventes</i>	<i>2.281.034</i>	<i>2.035.910</i>	<i>2.294.617</i>	<i>1.695.170</i>	<i>1.694.531</i>
<b>Ônus Excessivo com Alug</b>	<b>1.965.981</b>	<b>1.928.236</b>	<b>2.143.415</b>	<b>2.388.316</b>	<b>2.660.348</b>
<b>Adensamento Excessivo</b>	<b>390.891</b>	<b>388.390</b>	<b>399.636</b>	<b>396.422</b>	<b>382.926</b>

Fonte: IBGE, 2012.

Azevedo *et al.* (2007) diz que o conceito de déficit habitacional está ligado diretamente às deficiências do estoque de moradias. Engloba aquelas sem condições de habitabilidade devido à precariedade das construções ou em virtude de desgaste da estrutura física, e ainda a necessidade de incremento do estoque, devido à coabitação familiar ou à moradia em imóveis construídos com fins não residenciais. A componente coabitação familiar compreende a soma das famílias que vivem junto a outra família em um mesmo domicílio e das que vivem em cômodos – exceto os cedidos por empregador.

Conforme a Tabela 2, o déficit habitacional no Nordeste brasileiro é de aproximadamente 1,8 milhões de habitações, sendo que a maior parte está na zona urbana. No Ceará, o déficit habitacional total é da ordem de 250 mil unidades residenciais.

Tabela 2 - Déficit Habitacional do Nordeste Brasileiro.

Especificação	Déficit habitacional					
	Total absoluto	Total relativo	Componentes			
			Habitação precária	Coabit. Familiar	Ônus excessivo aluguel	Adens. excessivo
<b>Região Nordeste</b>	<b>1.791.437</b>	<b>10,7</b>	<b>536.662</b>	<b>627.700</b>	<b>547.093</b>	<b>79.982</b>
<b>Maranhão</b>	<b>404.641</b>	<b>21,9</b>	<b>272.502</b>	<b>86.591</b>	<b>35.091</b>	<b>10.457</b>
<b>Piauí</b>	<b>100.105</b>	<b>10,8</b>	<b>30.368</b>	<b>57.925</b>	<b>10.126</b>	<b>1.686</b>
<b>Ceará</b>	<b>248.296</b>	<b>9,6</b>	<b>54.503</b>	<b>90.605</b>	<b>84.936</b>	<b>18.252</b>
<i>RM Fortaleza</i>	<i>124.701</i>	<i>11,0</i>	<i>6.704</i>	<i>48.268</i>	<i>59.671</i>	<i>10.058</i>
<b>Rio Grande do Nor</b>	<b>123.354</b>	<b>12,3</b>	<b>7.400</b>	<b>62.909</b>	<b>47.493</b>	<b>5.552</b>
<b>Paraíba</b>	<b>114.534</b>	<b>9,6</b>	<b>16.626</b>	<b>49.262</b>	<b>43.105</b>	<b>5.541</b>
<b>Pernambuco</b>	<b>244.396</b>	<b>8,6</b>	<b>36.583</b>	<b>66.498</b>	<b>123.436</b>	<b>17.879</b>
<i>RM Recife</i>	<i>108.835</i>	<i>8,9</i>	<i>7.324</i>	<i>32.967</i>	<i>62.789</i>	<i>5.755</i>
<b>Alagoas</b>	<b>91.609</b>	<b>9,7</b>	<b>24.709</b>	<b>35.562</b>	<b>25.312</b>	<b>6.026</b>
<b>Sergipe</b>	<b>77.756</b>	<b>11,7</b>	<b>6.880</b>	<b>37.847</b>	<b>30.277</b>	<b>2.752</b>
<b>Bahia</b>	<b>386.746</b>	<b>8,2</b>	<b>87.091</b>	<b>140.501</b>	<b>147.317</b>	<b>11.837</b>
<i>RM Salvador</i>	<i>112.952</i>	<i>8,7</i>	<i>3.432</i>	<i>40.875</i>	<i>63.653</i>	<i>4.992</i>

Fonte: IBGE, 2012.

Os Governos Federal, Estaduais e Municipais se defrontam com um grave problema relacionado a carência de moradias. Especialmente entre as camadas de renda mais baixa da população a situação é crítica, chegando a atingir as metrópoles e também os centros de pequeno e médio porte. Atualmente, a chamadas áreas urbanas desfavorecidas - favelas, mocambos ou invasões, entre outras, se consolidaram como presença acentuada na paisagem urbana brasileira (LORENZETTI, 2001).

Segundo Carvalho *et al.* (2009), várias políticas públicas com intuito de minimizar o déficit habitacional vêm sendo implementadas no Brasil. Essas políticas atingem a população que reside principalmente nas metrópoles e em cidades médias, que no estado do Ceará são responsáveis pela maior parte do déficit habitacional. Já as pequenas cidades e comunidades dificilmente são beneficiadas por essas políticas e pelas tecnologias e produtos industrializados disponíveis nos centros mais desenvolvidos. Esses municípios muitas vezes possuem difícil acesso, o que torna mais oneroso as construções devido às dificuldades logísticas de materiais e componentes.

Esses fatores aliados fazem com que os índices de déficit habitacional possam aumentar nas zonas rurais menos favorecidas, assim essas regiões mereçam uma atenção especial, de forma a integrá-las aos programas de diminuição do déficit habitacional, e a construção de novas unidades habitacionais para a população de baixa renda.

### 3.2 Sustentabilidade – Um breve histórico

Toda atividade humana gera um impacto no meio ambiente, esse não é um fenômeno recente. Em escala global, no decorrer da história da humanidade tem-se notado o surgimento de fatos contribuintes e agravantes da degradação ambiental, que vão desde o desenvolvimento das atividades agrícolas, chegando na Revolução Industrial, até o atual modo de vida capitalista.

O atual modelo de desenvolvimento econômico vem desencadeando uma crise ambiental e os danos irreversíveis infligidos ao planeta vêm sendo analisados por especialistas a décadas. Estes estão relacionados a fenômenos como: o crescimento acelerado da população; o esgotamento das matérias primas e dos combustíveis fósseis, a poluição do ar, da água e do solo; a ausência de planejamento das cidades e o abuso não planejado das florestas. Desta forma, as questões ambientais têm ganhado força desde o final do século XX, com o advento da sustentabilidade e do desenvolvimento sustentável.

Novaes *et al.* (2008) destaca que a sustentabilidade é uma busca por ações que vão além do que a legislação obriga, sempre com foco no aproveitamento total dos recursos, na eficiência energética, na conservação da água, na conservação da biodiversidade e dos recursos naturais e, principalmente, no bem-estar social.

O Relatório *Brundtland* publicado em 1987, também conhecido como o protocolo “Nosso Futuro Comum”, expandiu a divulgação do conceito do desenvolvimento sustentável no meio político, “Aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”. Este relatório é baseado no princípio de que o ser humano deve consumir os recursos naturais levando em conta a sua capacidade de renovação, evitando assim o seu esgotamento, chegando na conclusão de que cada indivíduo tem a responsabilidade de ser um consumidor prudente e zelar pelo meio natural que o cerca.

Em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, a conferência das nações unidas do Rio de Janeiro formulou a Agenda 21, documento que apresenta estratégias a fim de implantar o equilíbrio sustentável em escala global, impulsionando cada país a refletir global e localmente sobre como poderiam contribuir no estudo de soluções para os problemas socioambientais. Constituindo-se numa importante ferramenta de conversão da comunidade industrial a uma nova interpretação do conceito de progresso. A Agenda 21 já colocava em pauta a importância de aplicar a sustentabilidade na construção civil.

Sachs (2002) destaca que a os critérios merecedores de maior atenção estão ligados diretamente às atividades da construção civil, que são: manutenção de equipamentos, reciclagem, aproveitamento de resíduos, e conservação de energia e água. Essas atividades estão diretamente ligadas à indústria da construção, formando assim os principais paradigmas da Construção Sustentável.

### **3.3 Habitação de Interesse Social (HIS)**

A HIS é um tipo de habitação destinada a famílias de baixa renda, desenvolvida por políticas públicas com o intuito de fornecer moradias adequadas para a população carente em localidades urbanas e rurais e, com isso, reduzir os índices do déficit habitacional. A Caixa Econômica Federal (CEF) e o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) são os principais órgãos responsáveis pela elaboração e implantação dos projetos de HIS no estado do Ceará.

As unidades habitacionais para a população de baixa renda desenvolvidas pelo governo utilizam o método construtivo tradicional, ou seja, alvenaria de tijolos cerâmicos furados com revestimento de argamassa interno e externo, coberta com telhas de fibrocimento (ou cerâmicas) e laje pré-moldada. Esse tipo de sistema não se enquadra nos requisitos propostos pelo desenvolvimento sustentável e pode ser melhorado a fim de se alcançar os objetivos da sustentabilidade. E ainda, como Pinheiro (2011) afirma, os assentamentos rurais criados por meio das políticas de reforma agrária, acabam adotando projetos modelos inadequados ao contexto à que se destinam. A partir da crítica a esses modelos são desenvolvidas propostas, com o propósito de adequar a atuação dos órgãos públicos ao contexto do campo e ao modo de vida das famílias, de forma a mostrar que é possível unir os aspectos sustentáveis com projetos habitacionais viáveis que se adequam à realidade rural brasileira.

No meio rural, os materiais e as técnicas construtivas que utilizam recursos naturais locais são considerados sustentáveis, uma vez que requerem baixo consumo de energia no seu emprego, não gerem resíduos e que possam ser reciclados ou reincorporados ao meio ambiente. Por conta disso, os estudos de moradia sustentável voltados para a moradia rural acabam buscando investigar o aprimoramento das técnicas construtivas tradicionais. Foi o que fez Girão, 2009, e Carvalho, 2012, que utilizaram as técnicas tradicionais do meio rural nordestino para elaborar soluções na construção de habitação de interesse social, mostrando que essas técnicas são adequadas ao propósito e economicamente viáveis.

### 3.4 A Sustentabilidade Aplicada à Construção Civil

A aplicação dos princípios da sustentabilidade na construção civil tem se tornado indispensável nos dias atuais, uma vez que os impactos negativos ao meio ambiente gerados por essa atividade é um dos maiores. Segundo Bussoloti (2007 *apud* GIRÃO, P., 2009), de todas as atividades praticadas pelo ser humano, a construção civil é uma das que mais causa impacto no meio ambiente. No Brasil cerca de 40% da extração de recursos naturais têm como destino a indústria da construção. Além disso, 50% da energia gerada vão para abastecer o funcionamento das edificações e entre 40 e 70% dos resíduos sólidos urbanos vem das construções e de demolições.

A construção sustentável refere-se à aplicação da sustentabilidade às atividades construtivas, adotando um conjunto de práticas que devem ser utilizadas antes, durante e após os trabalhos de construção com o intuito de obter uma edificação que não agrida o meio ambiente. A edificação sustentável contará com melhor conforto térmico, consumo de água e energia reduzido e melhor qualidade de vida dos seus usuários, além de utilizar materiais e técnicas que garantam a ecoeficiência da construção, baseado nos princípios ecológicos e no uso eficiente de recursos.

A sustentabilidade na construção particulariza um conceito global e nos leva a unir três aspectos que compõem o *Triple Bottom Line* ou “Tripé da Sustentabilidade”, termo criado pelo acadêmico John Elkington. Com os novos conceitos ambientais introduzidos a partir da década de 60 caso os empresários e governantes não cuidassem do aspecto ambiental, as empresas ficariam carentes de matéria-prima e talvez, sem consumidores, além de contribuir para a destruição do planeta Terra. Sendo assim, era preciso unir o aspecto Econômico, Social e Ambiental. A ligação entre esses aspectos permite a aplicação do conceito de sustentabilidade em qualquer área, seja no setor governamental, como na sociedade ou no setor empresarial.

Hoje, considera-se que uma construção é sustentável quando ela engloba esses três aspectos: Econômico, Social e Ambiental. Na Tabela 3 está apresentado de forma resumida as ênfases do *Triple Bottom Line*.

Tabela 3 - Tripé da Sustentabilidade.

Sustentabilidade	Crescimento Economico	Reduzir custos de operação
		Elevar o valor do ativo imobiliário e os lucros
		Aumentar a produtividade
		Otimizar o desempenho econômico
	Progresso Social	Assumir responsabilidade social
		Elevar os níveis de salubridade e de conforto para os ocupantes
		Contribuir com a saúde, vitalidade e estética para a comunidade local
		Dar suporte ao crescimento da comunidade
	Preservação Ambiental	Reduzir a produção de resíduos sólidos
Preservar recursos naturais		
Diminuir a emissão de gases poluentes		
Utilizar produtos ecologicamente corretos		

Fonte: Chaves (2014).

As formas práticas de avaliar e reconhecer a construção sustentável, tornam-se cada vez mais presentes nos diferentes países, destacando-se no Reino Unido o sistema BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), nos Estados Unidos da América o LEED (*Leadership in Energy & Environmental Design*). Comum a vários países, referencia-se o instrumento de avaliação *Green Building Tool (GBTool)*. A Tabela 4 a seguir mostra quais são as principais áreas de atuação das três predominantes certificações sustentáveis do mundo.

Tabela 4 - Certificações Sustentáveis.

BREEAM Categorias Principais	LEED (2.0) Áreas de Verificação	GBTool (V1.80) Principais Áreas
1. Energia	1. Locais Sustentáveis	1. Consumo de recursos
2. Transporte	2. Eficiência de água	2. Cargas Ambientais
3. Poluição	3. Energia e atmosfera	3. Qualidade do ar interior
4. Materiais	4. Materiais e recursos	4. Qualidade do serviço
5. Água	5. Qualidade do ar interior	5. Economia
6. Ecologia e uso do solo	6. Inovação e Desenho	6. Gestão pré operações
7. Saúde e bem estar	7. <i>Projecto global</i>	7. Transporte

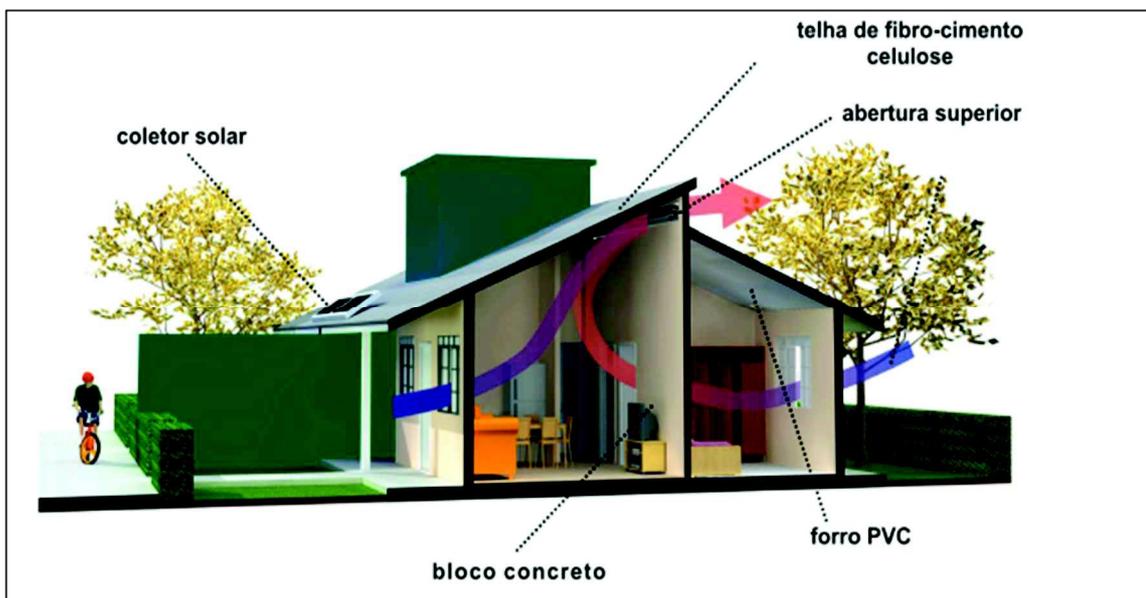
Fonte – PINHEIRO (2003).

A Sustentabilidade aplicada a uma edificação agrupa uma extensa utilização de práticas e técnicas tendenciosas à redução dos impactos das construções sobre o ambiente e a saúde humana. Uma de suas grandes preocupações é o aproveitamento dos recursos renováveis, entretanto para se construir sustentavelmente são necessários estudos e pesquisas de novas

tecnologias, que irão reproduzir as características originais do meio ambiente natural e garantir a aplicação das premissas sustentáveis na edificação.

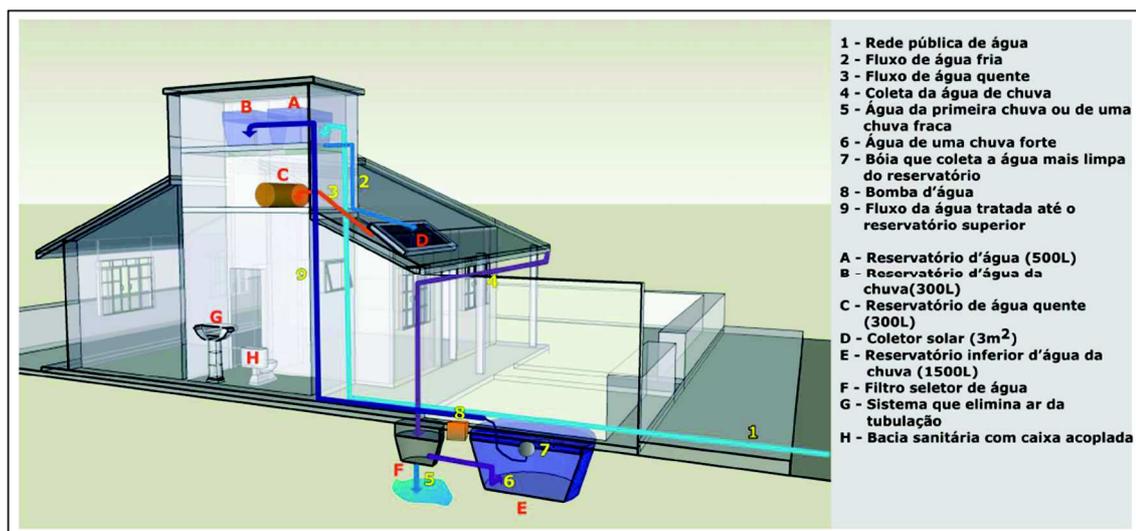
Assis *et al.* (2008) aplicou alguns dos princípios de sustentabilidade no desenvolvimento de uma proposta de assentamento de interesse social para a cidade de Formiga, MG. Os critérios considerados foram: orientação solar adequada, captação dos ventos e ventilação cruzada, aproveitamento da luz natural, desempenho térmico dos materiais de construção, uso de sistema de aquecimento solar térmico, reuso de água na edificação, reuso na água de drenagem urbana, uso de materiais de menos impacto ambiental. Na Figura 1 pode-se ver uma representação das soluções climáticas utilizadas no projeto. Já na Figura 2 é mostrado um esquema do sistema de reuso de água adotado. O custo final estimado da habitação proposta por Assis *et al.* (2008) ficou 13% maior que o de uma habitação social convencional. Entretanto o autor estima um tempo de retorno do investimento de no máximo 5 anos. Somente com o sistema de aproveitamento de água da chuva é possível obter uma economia de 185 litros diários para a família, o que corresponde a 30% do consumo total de água da habitação.

Figura 1- Soluções bioclimáticas adotadas na edificação.



Fonte: Assis, 2008.

Figura 2 - Esquema de reuso de água na unidade habitacional.



Fonte: Assis, 2008.

O cuidado com o meio ambiente deve se manifestar em todas as fases de um empreendimento, principalmente na fase de planejamento, sempre seguindo o comprometimento com aspectos econômicos, sociais e ambientais. Existem uma série de diretrizes a serem seguidas no planejamento de uma edificação de forma a empregar o conceito de sustentabilidade desde o seu projeto arquitetônico, passando pela escolha dos materiais e sistemas utilizados na estrutura.

### 3.4.1 Planejamento do espaço físico sustentável

Antes de iniciar qualquer obra é necessário definir a tipologia arquitetônica do empreendimento, de forma a elaborar o planejamento dos espaços físicos e determinar as intervenções que poderão integrar a obra ao meio ambiente. É uma etapa importante em uma obra sustentável, pois a partir de decisões tomadas nessa fase de projeto se poderá garantir o aproveitamento melhor das características do terreno e também da natureza tais como iluminação solar natural para poupar o uso de lâmpadas quando a construção ficar pronta, e das condições climáticas.

Lichtenberg (2008 *apud* MARINHO, 2012) apresenta algumas soluções como base inicial para se chegar aos requisitos que conferem a sustentabilidade nas habitações no que se refere ao planejamento dos espaços físicos:

- Iluminação Natural: o projeto deve permitir a entrada de luz natural, proporcionando um ótimo nível de iluminação natural e minimizando a utilização de iluminação artificial;
- Controle Solar: deve-se analisar a distribuição temporal e espacial da radiação solar incidente, de forma a encontrar a melhor posição das fachadas em relação ao sol;
- Inércia Térmica: deve-se buscar o equilíbrio térmico do ambiente, de acordo com sua inércia térmica. Sabe-se que quanto maior a inércia dos materiais maior será o conforto e o equilíbrio térmico do local;
- Permeabilidade: devem-se deixar áreas de circulação aberta que caracterizam a permeabilidade e permitem uma melhor ventilação interna, melhorando o conforto térmico;
- Áreas verdes: devem-se conservar áreas verdes internas e externas, de forma a proporcionar um conforto em relação à temperatura local.

O clima natural pode ser melhor aproveitado através de um planejamento apropriado de detalhes da edificação. O paisagismo, a orientação e a escolha da tipologia arquitetônica são fundamentais na adequação do empreendimento ao clima. As decisões do arquiteto quanto à localização de aberturas podem, por exemplo, melhorar a ventilação cruzada de um ambiente, o ganho de calor solar e a iluminação natural de um ambiente. Os dispositivos de sombreamento devem ser usados de maneira a evitar a penetração de radiação solar durante o verão e permitir a entrada de radiação durante os períodos mais frios. (LAMBERTS *et al.*, 2014).

### ***3.4.2 Conservação da Água***

A água é um recurso cada vez mais escasso e precioso. No que diz respeito a construção, em particular nas habitações, existem várias medidas que podem ajudar a controlar a gestão ecológica do ciclo da água, dentre eles estão: reduzir o consumo com ajuda de equipamentos de baixo consumo e um comportamento mais responsável do cidadão, purificação e reuso das águas residuais e, a alternativa que já vem sendo aplicado pelo governo do estado do Ceará nas habitações rurais, a captação e armazenamento de água da chuva.

#### ***3.4.2.1 Captação de águas pluviais***

Gauzin-Muller (2001) informa que uma série de investigações efetuadas anos atrás, em particular na Alemanha pelo professor Otto Wack, confirmam a qualidade das águas

pluviais tratadas, cujas características se assemelham as da água destilada. O requisito prévio é uma instalação técnica bem concebida e corretamente bem utilizada. As águas pluviais podem ser empregadas para limpeza e para o abastecimento das cisternas dos vasos sanitários. Seu uso para limpeza apresenta ainda vantagens ecológicas complementares pois a pureza da água prolonga a vida dos eletrodomésticos e permite reduzir a quantidade de detergente utilizado

O Governo do Estado do Ceará já vem implantando, através do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM) o sistema de armazenamento de água da chuva através da utilização de cisternas de placas. A cisterna de placas (Figura 3) é uma alternativa para o abastecimento de água para consumo humano, cuja tecnologia barata, prática e segura é transferida às populações rurais do semiárido, por meio de treinamento em serviço, capacitando a própria comunidade para o aproveitamento da água da chuva, captada dos telhados. A cartilha de França *et al.*, 2010, desenvolvida pelo Governo cearense, motiva e orienta famílias rurais, agricultores e técnicos de campo do Estado do Ceará na construção, uso e conservação de cisternas de placas. De acordo com essa mesma cartilha, uma cisterna de 16.000 litros é suficiente para suprir as necessidades de uma família de quatro pessoas, por cinco meses (25l/dia/pessoa). É sugerido cisternas com volume máximo de 20.000 litros e descarte das águas das primeiras chuvas, pois são responsáveis pela lavagem do telhado.

Figura 3 - Cisterna de placas no meio rural nordestino.



Fonte: França *et al.*, 2010.

### 3.4.3 Eficiência energética

Uma das bases para a promoção do desenvolvimento sustentável na Agenda 21 brasileira (1995) está relacionado a eficiência e consumo da energia. Ainda segundo a Agenda 21 brasileira, boa parte da energia mundial é produzida e consumida de maneiras que não poderiam ser sustentadas caso a tecnologia permanecesse constante e as quantidades globais aumentassem substancialmente.

Entre as energias novas e renováveis estão as fontes de energia solar fotovoltaica, eólica, hídrica e de biomassa. A energia solar pode ser útil como fonte de calor direto através das janelas e aberturas da edificação. Uma forma de converter energia solar em energia elétrica é através dos painéis fotovoltaicos. De acordo com Lamberts *et al.*, 2014, embora os painéis sejam caros, seu preço tem caído nos últimos anos e estão se tornando cada vez mais viáveis para uso doméstico e comercial. A energia captada é armazenada em baterias e pode ser utilizada em lâmpadas eficientes, como as fluorescentes compactas e leds.

A energia eólica também representa uma alternativa, a energia cinética contida nas massas de ar em movimento é aproveitada através da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de energia elétrica, ou através de cataventos e moinhos para trabalhos mecânicos, como bombeamento de água. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) destaca que o potencial de energia eólica do Ceará é um dos maiores do Brasil.

### 3.4.4 Cobertas ajardinadas

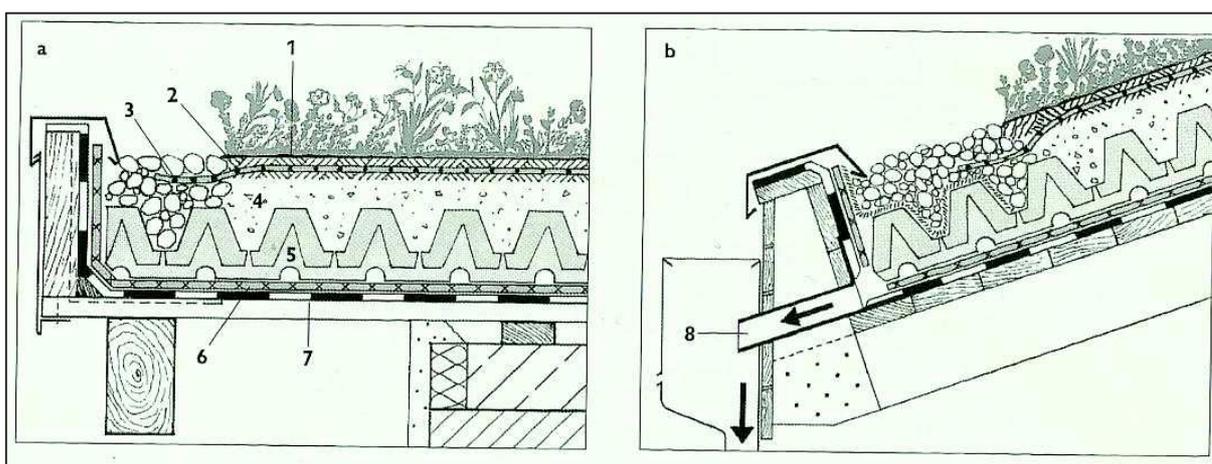
A construção gera uma série de impactos negativos no ambiente do entorno das suas instalações. Entre elas podemos citar a geração de resíduos, a emissão de poluentes e a deterioração da vegetação na superfície do solo para a construção, nesse último caso uma alternativa é a execução de uma cobertura ajardinada na edificação. O princípio é restituir na cobertura das edificações a superfície verde eliminada na superfície do solo. As plantas regulam a umidade do ambiente, filtram de maneira natural as partículas de poeira contribuindo para a diminuição da poluição do ar, além de reter a água precipitada e retardar a sua evacuação.

As coberturas verdes, também conhecidas como tetos verdes ou sistemas de naturalização, consiste em implantar, nas cobertas e telhados, solo e vegetação com crescimento

médio, sobre uma base impermeável. Camadas adicionais, como por exemplo, de uma barreira de raízes, drenagem e sistema de irrigação devem ser incluídos (HENEINE, 2008).

A água que cai em solo com vegetação é quase totalmente absorvida, depois voltam à atmosfera por transpiração através das plantas. No entanto em superfícies construídas com concreto, asfalto, telhas, a água não pode ser absorvida pelo solo, e corre através de sistemas de drenagem para os rios, provocando a rápida inundação. Outro problema é que detritos são levados aos rios, comprometendo a qualidade das águas. Para combater esse problema do tráfego das chuvas, deve-se reduzir a quantidade de água levada, capturando-a e reutilizando para irrigação ou uso doméstico. Na cobertura verde a água usada nas plantas já diminui a descartada nas drenagens e também pode ser armazenada e coletada para outros fins. Na Figura 5 é apresentado um sistema de cobertura verde proposto por uma empresa Alemã.

Figura 4 - Sistema de cobertura verde.



Fonte: proposto pela empresa ZinCo (apud GAUZIN-MULLER, 2001, p. 106).

Onde:

**a** – Detalhe da borda de uma cobertura ajardinada, beiral.

**b** – Detalhe de uma cobertura inclinada com gárgula.

**1** Vegetação

**2** Capa de revestimento

**3** Tecido antierosivo

**4** Substrato

**5** Elemento de drenagem

**6** Esteira protetora e absorvente

**7** Lâmina impermeável

**8** Desaguadouro

Rola (2008) explica que várias têm sido as técnicas e tecnologias de coberturas verdes desenvolvidas para a sua ampla adoção em qualquer superfície construída, porém hoje a natureza pode ser sistematizada em dois tipos básicos mais utilizados: o completo e o modular. O sistema completo é o sistema mais comum em uso no mundo. O Sistema Modular é uma simplificação do sistema completo que é desenvolvido em pequenos módulos (caixas).

O sistema completo é aplicado diretamente na superfície da estrutura de suporte, obedecendo a ordem das principais camadas, de baixo para cima: impermeabilizante, drenagem, substrato e vegetação. Como camada secundária tem-se o geotextil, o qual serve tanto como protetor do impermeabilizante da ação mecânica da drenagem, quanto filtro das partículas mais finas do substrato para a drenagem, evitando assim o entupimento desta. No sistema completo existem três estilos principais que são eles: o intensivo, o semi-intensivo e o extensivo. Na Tabela 5 a seguir podemos comparar as características de cada sistema segundo sua classificação.

Tabela 5 - Classificação dos sistemas de natureza segundo seus componentes.

<b>CLASSIFICAÇÃO PELA ESPESSURA DOS SISTEMAS DE NATURAÇÃO</b>			
<b>Características</b>	<b>Intensiva</b>	<b>Semi-Intensiva</b>	<b>Extensiva</b>
Carga Superficial	De 700 a 1.200kg/m <sup>2</sup>	De 100 a 700kg/m <sup>2</sup>	Até 100kg/m <sup>2</sup>
Espessura vegetal	Superior a 250cm	5cm < x < 100cm	5cm < x < 15cm
Espessura de substrato	x > 20cm	10cm < x < 20cm	x < 10cm
Tipo de vegetação	Arbórea	Arbustivo	Herbáceo extensivo
Manutenção	Intensa	Média	Baixa ou nenhuma

Fonte: ROLA *et al.* (2003).

O sistema intensivo comporta plantas maiores em áreas também maiores, e o extensivo usa plantas perenes e rasteiras que não requerem cuidados constantes ou especiais, em locais onde não haverá tráfego e não vai necessitar de manutenção constante. Minke (2004) afirma que o tipo extensivo com uma camada uniforme única de substrato e com camada de drenagem de 10cm porosa, em estado de saturação de água, atinge o peso aproximado de 100kg/m<sup>2</sup>. Ainda para Minke (2004) as cobertas ajardinadas também podem ser classificadas de acordo com a sua inclinação segundo a Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Classificação dos sistemas de naturalção segundo a inclinação da coberta.

CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS	
	Inclinação	Aspectos construtivos
Plano	até 5%	Execução demorada por que necessita de uma drenagem especial através de uma manta para conduzir o excedente de água acumulada
Inclinação moderada	de 5% até 35%	De fácil execução e mais econômico. Não necessita de camada de drenagem, o substrato armazena água como conduz o excedente, para isso, deve-se agregar material poroso como pedra pomes, escória ou argila expandida.
Inclinação acentuada	de 36% até 84%	Assemelha-se com o de inclinação moderada porém devem possuir barreiras que evitem o deslizamento do substrato

Fonte: Minke, 2004.

Rola (2008) elaborou um experimento de adaptação do sistema de naturalção extensivo à realidade técnico-industrial do Brasil e monitorou a qualidade da água que penetra e a que deságua da naturalção, para medir a sua capacidade em filtrar a água de chuva que lhe incide, para o seu posterior uso em edificações. A qualidade da água resultante do experimento atende ao que determina a resolução CONAMA 357 no que diz respeito a classe 1 das águas doces que garantem destinação para recreação de contato primário: contato direto e prolongado com a água. Mostrando, assim, que a água coletada das cobertas verdes pode ser usada para fins domésticos. No Tabela 7 a seguir apresenta todos os materiais utilizados na montagem do sistema de naturalção utilizado do experimento elaborado.

Tabela 7 – Materiais utilizados no experimento de Rola (2008).

RESUMO DO QUE FOI USADO NO EXPERIMENTO	
Impermeabilização	Geomembrana, um filme laminado de PVC reforçado com um suporte de geotextil, um tecido de polipropileno de alta tenacidade.
Drenagem	Argila expandida, com duas dimensões: a maior com um diâmetro variando de 22 a 32mm e densidade de 400/480kg/m <sup>3</sup> , e a média com diâmetro variando entre 15 a 22mm e densidade de 450/530kg/m <sup>3</sup> . Em cada módulo foi usado 50 litros de argila expandida.
Camada de proteção e filtragem	Geotextil, manta de polipropileno.
Substrato	A mistura usada neste experimento foi similar em componentes minerais (35% de argila expandida, 17,5% de areia e 17,5% argila) e componentes orgânicos (22,5% de húmus, 5% de fibra de coco e 2,5% de pó de coco).
Vegetação	As 300 plantas autóctones usadas pertencem à família das crassuláceas.

Fonte: Rola, 2008.

### **3.4.5 Conservação dos Materiais e dos Recursos**

Com a crescente preocupação ambiental, a abordagem da sustentabilidade na construção assume um papel preponderante, tornando-se necessário a adoção de novas alternativas aos sistemas construtivos tradicionais, que permitam uma diminuição dos impactos na natureza. Tomando como objetivo a conservação e o uso consciente dos materiais disponíveis, é necessário realizar previamente um estudo dos recursos naturais existentes na região que poderão ser utilizados para o desenvolvimento do empreendimento. Seguindo a premissa disponível na Agenda 21 Brasileira (1995), é necessário formular programas para aumentar a utilização de materiais locais e de técnicas tradicionais pelo setor da construção.

Os materiais de construção escolhidos afetam o impacto ambiental de uma edificação, por isso deve-se selecionar os materiais e componentes o mais naturais possíveis. O transporte e a vida útil do produto influem na energia incorporada, assim a busca por materiais locais e menos processados, acarretará em diminuição nos gastos de transporte, de energia de fabricação e de poluição, assim como menor será o impacto negativo e melhor será para o mercado de trabalho local (ROAF, 2006 *apud* CHAVES, H., 2014).

É de vital importância que em todas as fases do projeto se opte pelo uso de materiais de reutilização que de outra forma se perderiam, além de reprimir a utilização de matérias primas não renováveis na construção civil. Existem uma série de materiais verdes disponíveis no mercado atual, uma vez que a procura por esse tipo de material se tornou maior nas últimas décadas por conta da crescente preocupação com o meio ambiente natural.

Existem alguns sistemas construtivos não convencionais que são considerados mais sustentáveis comparados aos sistemas tradicionais, alguns desses sistemas resultam da evolução de técnicas já utilizadas há milhares de anos e outros são resultado da procura por soluções inovadoras para uma maior compatibilidade com o equilíbrio ambiental na construção civil.

## **3.5 Sistemas Construtivos Sustentáveis**

O uso de materiais sustentáveis é outro princípio fundamental da construção sustentável. Plástico reciclado, madeira de reflorestamento, concreto reciclado (concreto aproveitado a partir da demolição de outros edifícios), são várias as opções de materiais que podem ser usados pela engenharia civil para aumentar a sustentabilidade de uma construção.

Kruger (1998 *apud* Marinho, 2012) enfatiza que é preciso observar que a construção impacta diretamente no meio ambiente, o local da construção é modificado e uma grande

quantidade de recursos naturais é utilizada, desta forma é importante a adequação da edificação às características da região onde será construída, buscando o mínimo de gasto de energia e material durante as fases construtivas. Em relação a habitação para população de baixa renda deve-se levar em conta os aspectos de custo, além dos aspectos ecológicos, e de ordem social.

Para Souza (2008), a seleção de um sistema construtivo que melhor represente às necessidades da habitação, requer a análise de alguns itens específicos, como por exemplo, as características físicas da região: clima, temperatura, recursos naturais, índices pluviométricos, umidade relativa do ar, sistemas construtivos e materiais de construção locais, mão-de-obra e equipamentos; e as características socioculturais: população, faixa etária, faixa de renda, processos históricos da região e tradições técnicas.

No que se trata do estado do Ceará, as tradições técnicas construtivas são fortemente relacionadas aos sistemas construtivos de terra crua. Além das experiências construtivas ligadas a arquitetura religiosa no estado, praticamente a arquitetura em terra crua resumiu-se em sua maioria a construções de casas típicas da região do nordeste do Brasil.

Carvalho *et al.* (2009) destaca as possibilidades das construções em terra crua, e a crescente vitalidade no processo de adaptação e de permanência na arquitetura rural do semiárido brasileiro e como possibilidade real de utilização como solução às habitações de baixo custo, contribuindo para a diminuição do déficit habitacional rural. E ainda possibilitam a construção de habitações dentro dos princípios da sustentabilidade, na redução da geração de resíduos e ainda de forma a aproveitar a cultura construtiva e mão de obra local.

### ***3.5.1 A terra como forma de construir***

A arquitetura e a construção em terra são utilizadas desde a antiguidade e considera-se que um terço da população mundial, principalmente das regiões rurais, vive em estruturas construídas em terra. A gratuidade da terra, sendo o material mais disponível, econômico e acessível do planeta, aliada a simplicidade de seu emprego e a sua inesgotabilidade são qualidades que devem importar tanto para os países em desenvolvimento como aos países desenvolvidos, já que é uma resposta à procura por soluções sustentáveis no quesito da construção e necessidades energéticas do planeta e do seu meio ambiente. (CORREIA *et al.*, 2006).

São várias as técnicas construtivas em terra crua usadas em todo o mundo, entre elas estão: taipa de pilão, taipa de mão (pau-a-pique), terra ensacada, adobe e BTC (Bloco de Terra Comprimido). Tentando sistematizar as várias soluções da construção em terra, Houben

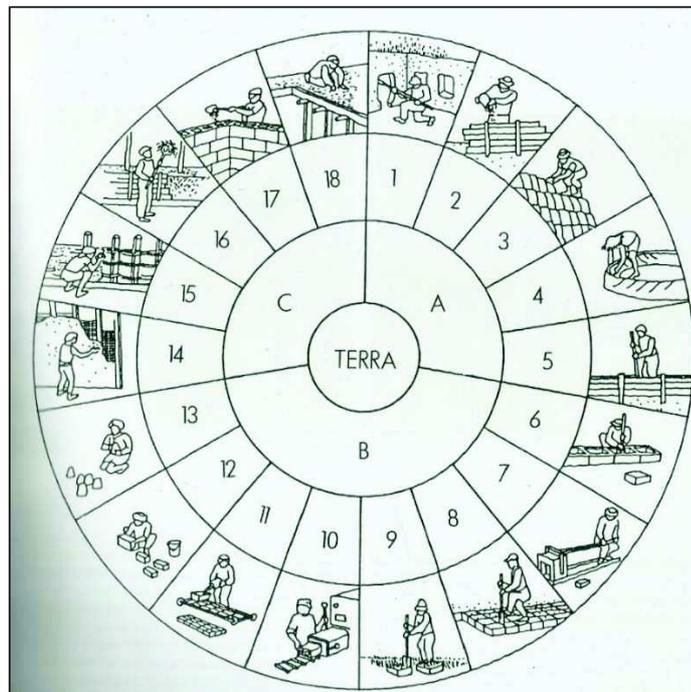
*et al.*, definiram um diagrama (Figura 6) onde foram incluídos dezoito sistemas antigos e modernos separados em três famílias (A, B e C). O diagrama é uma síntese das técnicas de construção que utilizam a terra como matéria prima (CORREIA *et al.*, 2006).

A. Monolítica e Portante: compreende a elevação *in situ*.

B. Alvenaria Portante: compreende a manufatura prévia de unidades em terra, que após a secagem são utilizadas na construção.

C. Enchimento de uma Estrutura de Suporte: compreende a utilização da terra como elemento secundário, no enchimento ou revestimento de outras estruturas.

Figura 5 - Diagrama de sistema de construção em terra.



A
UTILIZAÇÃO DA TERRA SOB FORMA MONOLÍTICA E PORTANTE
1 - TERRA ESCAVADA
2 - TERRA PLÁSTICA
3 - TERRA EMPILHADA
4 - TERRA MODELADA
5 - TERRA Prensada: TAIPA

B
UTILIZAÇÃO DA TERRA SOB FORMA DE ALVENARIA PORTANTE
6 - BLOCOS APILOADOS
7 - BLOCOS Prensados
8 - BLOCOS Cortados
9 - TORRÕES DE TERRA
10 - TERRA EXTRUDIDA
11 - ADOBE MECÂNICO
12 - ADOBE MANUAL
13 - ADOBE MOLDADO

A
UTILIZAÇÃO DA TERRA COMO ENCHIMENTO DUMA ESTRUTURA DE SUPORTE
14 - TERRA DE RECOBRIMENTO
15 - TERRA SOBRE ENGRADADO
16 - TERRA PALHA
17 - TERRA DE ENCHIMENTO
18 - TERRA DE COBERTURA

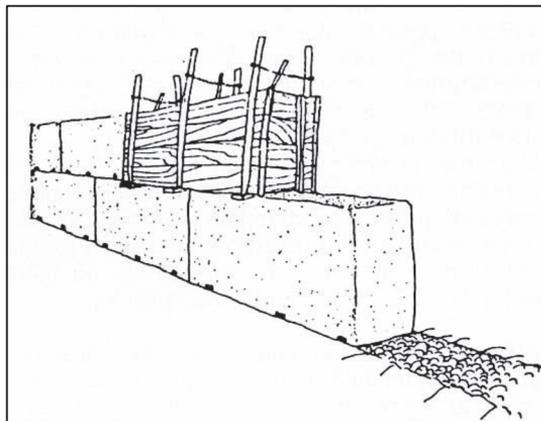
Fonte: HOUBEN *et al.*, 1989 *apud* CORREIA, 2006.

### 3.5.1.1 Principais Técnicas Empregadas na construção com terra

#### ➤ Taipa de Pilão

Para Neves (2011), a taipa de pilão consiste na construção de paredes monolíticas de aproximadamente 50 cm de espessura com terra húmida, através de um processo de compactação realizado entre dois painéis (formas) que sustentam o material durante sua secagem denominados de taipal, que até hoje significa componentes laterais de formas de madeira, que são removidos após a secagem da terra (Figura 6).

Figura 6 - Construção de paredes em taipa.



Fonte: NEVES, 2011.

Este método requer pouca quantidade de água e por essa razão esta técnica encontra-se com mais frequência em regiões secas, onde a água não abunda. Na sua utilização tradicional, este processo implicava prazos de obra muito longos. Esta forma de construir exige alguma perícia e formação na área, uma vez que são necessários alguns cuidados. As principais dificuldades estão em reunir uma terra adequada e garantir boas condições de umidificação, para obter uma compactação eficaz. Em termos gerais, a granulometria de uma terra destinada a taipa deve conter, aproximadamente: argila: 25%; silte: 20%; areia: 55%.

#### ➤ Taipa de Mão

Técnica também conhecida como “pau-a-pique”, de acordo com Silva (2000), as paredes de taipa de mão fazem parte de uma estrutura de madeira bastante rígida, formada por

esteios, vigas baldrames, frechais e vergas superiores e inferiores. Servem como vedo de uma estrutura independente ou como paredes internas de edificações com paredes externas de taipa de pilão. Este sistema consiste em fazer uma trama de madeira ou bambu, na parte interna da parede e, depois jogar o barro sobre esta trama (pelos lados de fora e de dentro simultaneamente de preferência) e apertá-lo sobre ela com as mãos. O termo “pau-a-pique” se refere às peças de madeira ou bambu, que são colocadas “a pique” sobre o baldrame, ou seja, perpendicularmente a ele (Vasconcelos, 1979, *apud* SILVA, 2000). A Figura 7 mostra uma casa de taipa de mão ainda em processo de acabamento.

Figura 7 - Casa rural de taipa de mão na cidade de Parazinho-CE.



Fonte: Própria autora.

### ➤ Blocos de Terra Compactada (BTC)

É técnica conhecida na Europa desde o século XVIII, surgiu de uma evolução do adobe por estabilização do solo através de meios mecânicos, consistindo da prensagem do solo confinado num molde, o que permite obter blocos de terra prensada com melhores características que os blocos de adobe. A prensa mais utilizada no mundo é a CINVA-Ram (Figura 8), desenvolvida na Colômbia pelo engenheiro chileno Raúl Ramíez, no centro de pesquisas Cinva. Sua vantagem em relação ao adobe é que esta técnica utiliza menos proporção de água, como consequência tem-se um menor índice de retração, além de permitir estocagem

imediate. Como desvantagem, o bloco compactado necessita ser estabilizado com cal ou cimento para que o mesmo atinja resistência adequada para construção (MINKE, 2000 *apud* MATOS, 2012).

Figura 8 - Prensa CINVA – Ram.



Fonte: MATOS, 2012.

### ➤ Adobe

Oliveira (2005 *apud* Girão, 2009) define o sistema construtivo em adobe como uma técnica de construção de paredes com tijolos maciços de terra crua misturada com água, preparados em formas de madeira, desmoldados ainda no estado fresco e colocados a secar ao sol (Figura 9). As dimensões e formatos dos blocos de adobe são variadas de acordo com a região, podendo ser fabricados blocos simples ou com encaixe do tipo macho-fêmea para melhorar o travamento da parede. É comum reforçar a mistura de terra e água com fibras (estabilizantes) vegetais ou sintéticas, de forma a obter um bloco consistente.

Esta forma de construir é muito semelhante à colocação do tijolo convencional cerâmico formando uma alvenaria. Utiliza-se argamassas à base de terra no assentamento dos tijolos de adobes, assim obtém-se um melhor comportamento de conexão entre os materiais, garantindo a permanência do mesmo nível de retração e evitando o aparecimento de fissuras ou destacamento do material.

Figura 9 - Formas, fabricação e construção em adobe.



Fonte: Barbosa e Ghavami, 2007 *apud* MATOS, 2012.

Para Neves (2011), na composição da terra não se devem utilizar solos com argilas expansivas. As terras utilizadas na fabricação dos adobes podem ter maior teor em argila do que no caso da taipa. Indica-se a composição granulométrica de referência da terra destinada a incorporar blocos de adobe: argila: 15-18%; silte: 10-28%; areia: 55-75%. Já para Machado *et al.* (2004 *apud* GIRÃO, 2009), é recomendado usar 70 a 80% de areia e 30 a 20% de silte e argila, em iguais proporções. Tradicionalmente se utiliza terra próxima ao local de construção e o nome popular dado à zona de extração é “barreiro”, a Figura 10 mostra um ponto de extração da terra para a fabricação de blocos de adobe.

Figura 10 – Zona de extração de terra para produção de blocos de adobe.



Fonte: Própria autora.

Lourenço (2005) afirma que as paredes de adobe devem possuir uma altura de no máximo 3,5 metros e um comprimento livre de no máximo de 5 metros para se evitar tombamentos. As juntas horizontais e verticais não deverão exceder de 2 cm e devem ser preenchidas completamente.

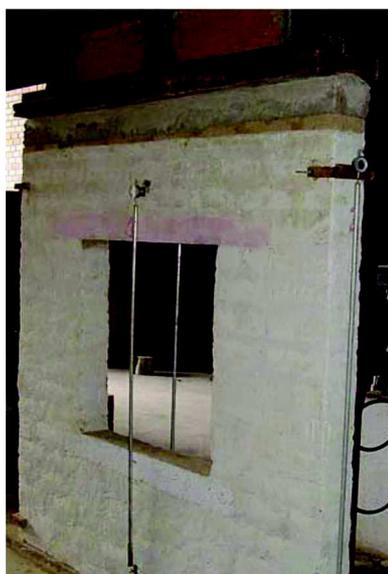
Existem normas regulamentadoras para a construção em adobe em vários países, destaca-se a norma peruana NTE E.080 (2000). Já no Brasil a falta de normas de projeto e de construção é uma restrição que dificulta o desenvolvimento da nova construção de terra, entretanto já foram publicadas propostas de normas como a de Gonçalves (2005) em João Pessoa, Paraíba.

Gonçalves (2005) contribuiu para a normalização da alvenaria estrutural com tijolos de terra crua. Inicialmente foi testado a resistência do tijolo em si, através de ensaios com prismas de tijolos de adobe com dimensões 10x15x30 (cm), com e sem fibra vegetal, de acordo

com as recomendações da norma peruano NTE E.080. O resultado dos ensaios indicou que esse tipo de fibra influi pouco na resistência do tijolo de adobe, os prismas apresentaram uma resistência em volta de 1 MPa, independente se há ou não a presença de estabilizante vegetal. Continuando seu trabalho, o autor realizou ensaios com cinco paredes de adobe (tijolo com as mesmas dimensões iniciais), sendo a última delas com um orifício simulando uma janela (Figura 11) e duas com estabilizante vegetal. A Figura 12 mostra uma das paredes sem abertura durante o ensaio de laboratório. No topo das paredes foi posta uma cinta de concreto armado para melhor distribuição da carga.

Na Tabela 8 estão dispostos os resultados dos ensaios com as cinco paredes. Os resultados da parede com orifício, mostrou que ela conseguiu resistir a um carregamento máximo de 66 kN/m, o que significou uma tensão aproximada de 0,8 MPa na seção vizinha às janelas. Gonçalves concluiu com a sua experimentação que as paredes de adobe mostram um comportamento muito bom para níveis de carga aceitáveis em construções comuns. Para aumentar a capacidade de carga da parede basta aumentar a sua espessura.

Figura 11 - Parede de adobe com orifício simulando uma abertura de janela.



Fonte: Gonçalves, 2005.

Figura 12 - Parede de adobe ensaiada em laboratório.



Fonte: Gonçalves, 2005.

Tabela 8 - Resultados dos ensaios com as paredes de adobe.

Parede de Adobe	Altura (cm)	Largura (cm)	Espessura (cm)	Carga 1ª fissura (kN/m)	Carga Ruptura (kN/m)	Tensão Média (MPa)	Resist. Tijolo (MPa)	Resist. Prisma (MPa)
1	260	120	14	79,1	96,2	0,69	1,41	0,95
2	260	120	14	66,7	133,7	0,95	1,41	0,95
3	260	120	14	100	118,8	0,85	1,21	1,11
4	260	120	14	100	129,5	0,92	1,21	1,11
5	210	216	14,5	48,1	129,4	0,5	-	0,95

Fonte: Gonçalves, 2005.

Gonçalves (2005) ainda utilizou os resultados dos seus ensaios, juntamente com outros colaboradores, elaborou uma proposta de norma para construção de adobes no Brasil intitulada “**Proposta de uma norma brasileira de construção com adobes – Barbosa *et al.*, 2005**”. Com base nesta norma foi feita uma verificação em uma habitação de interesse social lajeada, com tijolo de 15 cm de espessura. A segurança da estrutura foi satisfeita, mostrando que o sistema construtivo em paredes de adobe é eficiente para este tipo de edificação.

### 3.5.1.2 O adobe como solução econômica e sustentável em habitações rurais

Girão (2009) utilizou a proposta arquitetônica de edificações comumente executadas nos programas habitacionais operados pela CEF, com sala, dois quartos, banheiro e

cozinha, com área total de 36,84m<sup>2</sup>, modificou a alvenaria tradicional de tijolo cerâmico para alvenaria em adobe e comparou os orçamentos realizados com cada tipo de alvenaria. Constatou-se uma redução de 70% no custo da alvenaria.

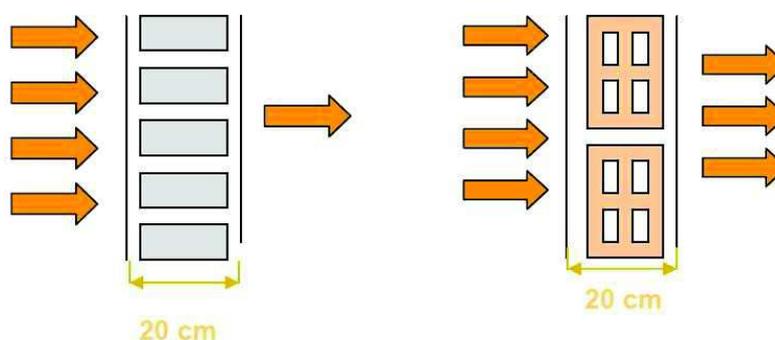
Carvalho (2012), utilizou a proposta arquitetônica de edificações executadas nos programas habitacionais operados pelo INCRA para o estado do Ceará, com sala, três quartos, banheiro e cozinha, com área total de 64,50m<sup>2</sup>, modificou a alvenaria tradicional de tijolo cerâmico para alvenaria em adobe e comparou os orçamentos totais das edificações realizados com cada tipo de alvenaria. A proposta de alvenaria em adobe reduziu 22% do custo total da habitação.

### 3.5.2 Vantagens e desvantagens da construção em terra

São várias as vantagens do emprego da terra na construção civil, entre elas podemos citar:

➤ **Boas características térmicas:** A inércia térmica é a propriedade do material de controlar as variações de temperatura interna do ambiente. A terra apresenta uma otimização desta propriedade assegura o conforto térmico da edificação, mostrando ter um desempenho superior aos tijolos cerâmicos. A Figura 13, obtida na universidade nacional de Tucuman, Argentina (GARZON, 2002), mostra que a carga térmica que atravessa uma parede de 20 cm rebocada em ambos os lados, num certo intervalo de tempo, é três vezes menor num muro de tijolos crus de solo-cimento que numa de tijolos furados cozidos.

Figura 13 - Carga térmica que atravessa parede de solo cimento (esquerda) e de tijolo cerâmico furados (direita).



Fonte: GONÇALVES, 2005.

➤ **Abundância de matéria-prima:** Segundo Correia (2006) a terra é o material mais disponível, econômico e acessível do planeta, é inesgotável e gratuito, se tornando assim uma resposta à procura por soluções sustentáveis no quesito da construção.

➤ **Baixo consumo energético do processo de transformação:** O manuseio da Terra, por ser um material natural, se faz com geração mínima de poluição e o consumo energético é muito menor que o de materiais como cimento, aço e tijolo cerâmico. Segundo Minke (2008), a energia empregada na produção do tijolo de adobe representa apenas 1% da energia usada na fabricação do concreto ou de tijolos cerâmicos.

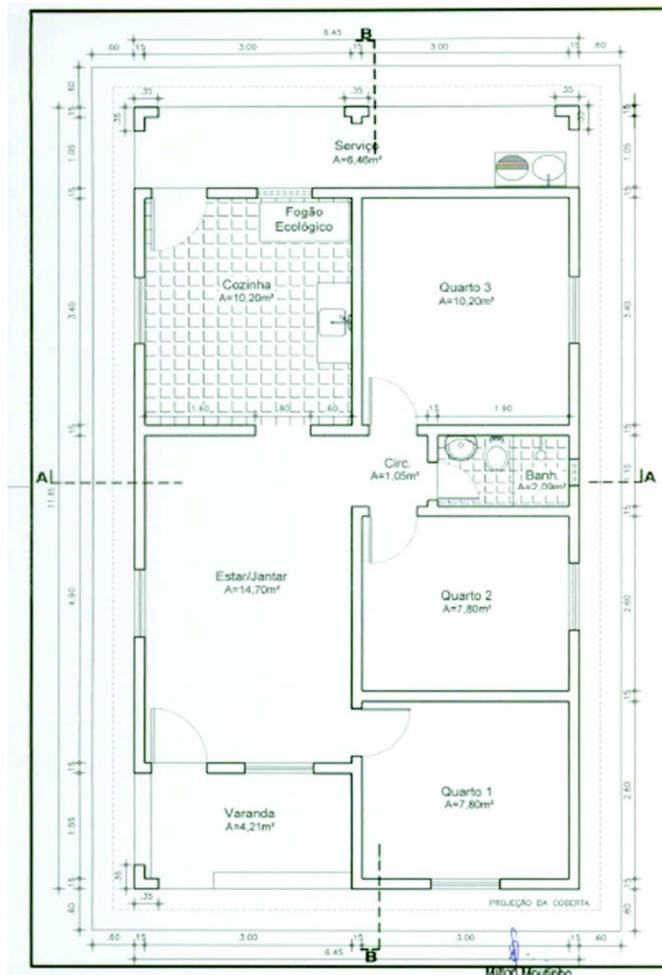
➤ **Reciclável e reutilizável:** A fabricação do tijolo de adobe não utiliza a queima do produto e é um material totalmente reciclável não gerando entulho durante a construção nem mesmo no ato de demolição da edificação, pois este material volta novamente a fazer parte do meio ambiente.

Apesar das inúmeras vantagens a construção em terra apresenta alguns aspectos negativos, entre eles pode-se citar: fraca resistência à tração, impossibilidade de construir em altura em zonas sísmicas, sensível à presença de água e não possui uma padronização.

## 4 METODOLOGIA

A proposta de habitação popular sustentável desenvolvido nesse trabalho é uma adaptação do projeto de uma unidade habitacional popular desenvolvido pelo INCRA (Figura 14), em 2009, para assentamento na região rural do Ceará, com área útil de 64,50 m<sup>2</sup>. O projeto original possui um programa de necessidades típico de uma habitação voltada a uma pequena família, incluindo três dormitórios, sala e cozinha integradas, banheiro, área de serviço e varanda. O projeto sustentável foi desenvolvido visando uma implantação destinada aos municípios do interior do estado do Ceará, nas microrregiões localizadas no noroeste cearense.

Figura 14 – Habitação para assentamento rural no CE (planta baixa).



Fonte: INCRA, 2009.

#### **4.1 Escolha das soluções sustentáveis incorporadas ao projeto**

Inicialmente foram determinadas as principais diretrizes e estratégias gerais adotadas para a concepção do projeto, definidas a partir de princípios característicos de uma construção sustentável, contidos na agenda 21 brasileira. Posteriormente, baseadas nas diretrizes propostas, foram estabelecidas as soluções que melhor empregassem o conceito de sustentabilidade dentro da região de aplicação do empreendimento, sob os aspectos técnico, legal e econômico. Foi feita a avaliação e descrição das alternativas selecionadas para elaboração do projeto, as suas características principais e os critérios utilizados. Foi exposto a viabilidade técnica e o apropriado tratamento do impacto ambiental da edificação, bem como foram definidos os métodos construtivos a serem adotados.

O sistema construtivo com paredes estruturais de adobe foi utilizado como alternativa ao concreto e tijolo cerâmico tradicionalmente adotados. Ainda foi incorporado um sistema de captação de águas pluviais para uso em atividades domésticas, e também um sistema completo de naturezação do tipo extensivo na cobertura da habitação.

#### **4.2 Definição dos materiais construtivos e dimensionamento dos sistemas, elementos e componentes da edificação**

A definição dos materiais, componentes e métodos construtivos foi feita de acordo com as recomendações da bibliografia consultada, adotando a proposta de norma de Barbosa *et al.* (2005) no que diz respeito ao sistema de construção com adobes. O experimento de ROLA (2008) foi utilizado como base de dados para a determinação dos materiais utilizados nas camadas que formam o sistema completo do telhado verde. Nesse estudo, para efeito de análise comparativa, na construção sustentável foram mantidas sempre quando possível as mesmas especificações feitas no projeto do INCRA, conforme apresentado no Anexo B.

##### **4.2.1 Dimensionamento do sistema de aproveitamento de água pluviais**

O sistema contém apenas um reservatório inferior. Foi feita uma simulação de sistemas de captação de água pluvial utilizando o programa computacional NETUNO 4 para determinar o volume ideal da cisterna, fixando um volume máximo de 20.000L e um intervalo entre volumes de 2.000L. O programa NETUNO 4 estima o potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial para uso onde a água não precisa ser potável. A simulação foi feita

utilizando os dados de precipitação pluviométrica diária do município de Granja-CE, para um período de 42 anos (1974 a 2015), obtidos no site da FUNCEME. Foi adotado um descarte do escoamento inicial de 2mm e um percentual de 25% da demanda total a ser substituída por água pluvial. Foi considerada como área de captação apenas a correspondente à cobertura com telha cerâmica, com coeficiente de escoamento superficial no valor de 0,6. A demanda total de água assumida foi de 100L/hab/dia e se adotou 6 pessoas por família. A utilização de água pluvial foi prevista para lavagem de roupa e limpeza em geral. Os dados de entrada estão apresentados na Tabela 9 e na Figura 15 mostra-se a entrada de dados da simulação do programa NETUNO 4.

Tabela 9 – Dados de entrada da simulação.

<b>Dados de entrada</b>	<b>Protótipo sustentável</b>
Demanda de água potável (litros/hab/dia)	100
Número de moradores	6
Área de captação (m <sup>2</sup> )	39
Coeficiente de aproveitamento de água pluvial	0,6
Descarte do escoamento inicial (mm)	2
Demanda de água pluvial (% da demanda de água potável)	25

Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 15 - Entrada de dados da simulação.

Fonte: Elaborada pela autora.

### **4.3 A concepção do projeto**

A concepção final do projeto habitacional foi atingida após a definição do seu partido arquitetônico, dos materiais de construção e, por fim, da escolha das técnicas construtivas a serem utilizadas. A arquitetura, adaptada a partir de um projeto de habitação do INCRA de 2009, sofreu as modificações necessárias para enquadrar as soluções sustentáveis adotadas.

Foram feitas representações gráficas do projeto utilizando os softwares *AutoCAD* e *SketchUp*, apresentando desenhos que simulem tecnicamente as soluções sustentáveis propostas e que representem todos os detalhes construtivos elaborados. Por fim, foi verificada a segurança estrutural da proposta com paredes estruturais de blocos de adobe, comparando a carga sobre a parede mais solicitada, calculada de forma aproximada, com a carga resistente de cálculo para paredes de adobe obtida nos ensaios de Gonçalves (2005). A planta baixa foi dividida em áreas de influência, distribuindo as cargas dessas áreas para as paredes correspondentes. Foram consideradas como paredes resistentes as centrais e das extremidades na direção de maior inércia. Foi admitido uma carga uniforme de  $1,5\text{kN/m}^2$  para a cobertura e sobrecarga de  $0,5\text{kN/m}^2$ .

### **4.4 Elaboração do plano construtivo**

Foi feita uma gestão sustentável de implantação da obra, mostrando a metodologia que deve ser adotada na execução do projeto desenvolvido neste trabalho, de forma a minimizar a geração de resíduos durante a construção. O plano construtivo fornece a descrição das etapas construtivas do sistema em adobe, seguindo as recomendações da bibliografia consultada, passando pela primeira etapa de limpeza do terreno até as etapas finais de acabamento e montagem da cobertura.

### **4.5 Cálculo dos orçamentos e análise comparativa entre solução habitacional do INCRA e o projeto sustentável desenvolvido**

A análise de viabilidade econômica foi feita através de comparativo entre dois orçamentos. O primeiro utilizando sistemas tradicionais de construção, realizado pelo INCRA (2009), para conceber o projeto e o segundo utilizando as soluções propostas neste trabalho em que se emprega o conceito de sustentabilidade na habitação.

O primeiro orçamento é uma atualização do orçamento elaborado pelo INCRA da habitação tradicional, visto que os valores cedidos pelo instituto datavam de 2009, utilizando valores de mercado de um depósito de construção localizado na cidade de Parazinho, do noroeste do estado do Ceará, e das tabelas de custo da Secretaria de Infraestrutura – Seinfra (versão 023). O segundo orçamento já contém as modificações (soluções sustentáveis) realizadas no projeto original, onde foi utilizado como base o preço do milho de adobe da cidade de Granja-CE, também foi utilizada as tabelas de custo da Seinfra (versão 023). Os dados foram colhidos entre julho e novembro desse ano.

Os orçamentos foram feitos utilizando planilhas do Excel, ressaltando a diferença de preço final entre os dois projetos (tradicional e sustentável), de forma a identificar se é viável a construção sustentável utilizando as diretrizes escolhidas.

A análise de viabilidade sustentável foi feita através do comparativo entre os sistemas adotados e aqueles tradicionalmente empregados, com base na pesquisa bibliográfica realizada. E assim, demonstrar a potencialidade de uma edificação com padrões sustentáveis em comparação às edificações tradicionalmente empregadas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Diretrizes de projeto

As principais diretrizes gerais, adotadas para a concepção do projeto, foram as seguintes:

- Especificar materiais de construção integrados com princípios sustentáveis, priorizando os materiais com o menor impacto ambiental, assim como aqueles disponíveis, produzidos e comercializados na localidade;
- Utilizar as tipologias habitacionais já praticadas pela população da região, de forma a refletir a identidade da população em relação à moradia;
- Utilizar tecnologias que pudessem ser facilmente assimiladas pelos futuros usuários, de modo a possibilitar processos de autoconstrução;
- Consumir a mínima quantidade de água e energia e aproveitar os recursos naturais disponíveis;
- Reduzir impactos negativos no entorno e integra-se ao meio ambiente natural;
- Ter uma gestão sustentável de implantação da obra;

### 5.2 Soluções sustentáveis incorporadas ao projeto

#### 5.2.1 Sistema construtivo com paredes estruturais de adobe

Unindo o desejo de utilizar materiais alinhados com princípios sustentáveis, e que ao mesmo tempo seja disponível localmente, procurou-se incorporar na proposta desenvolvida o conceito de construção vernacular, que são aquelas com caráter local, condicionadas pelo ambiente onde são edificadas, nas quais são empregadas técnicas tradicionais e utilizados materiais provenientes do próprio meio, produzidas pelo povo. Assim adotou-se o adobe, técnica já praticada pela população da região, que se mostrou um sistema construtivo adequado quando utilizado em projetos de habitações rurais.

A técnica de construção com adobe é simples e possui um alto potencial de sustentabilidade, pois é um material que utiliza pouca energia na sua fabricação, confere conforto térmico ao interior da edificação, é completamente reutilizável e não gera entulho durante a construção o que contribui para minimizar os impactos sobre o meio ambiente. A

prática está inserida na cultura arquitetônica do país, podendo ser executada com materiais locais e com mão de obra não especializada propicia o sistema de autoconstrução, podendo ser aplicada em conjuntos habitacionais utilizando o sistema de mutirão.

### ***5.2.2 Cobertura verde***

Com o intuito de diminuir o impacto negativo no entorno, foi prevista a reintegração da superfície verde eliminada do solo, desta forma uma parte da cobertura da habitação conterà um telhado verde. O sistema de natureza adotado para o projeto foi o sistema completo, que comporta seis camadas principais: impermeabilizante, separadora de proteção, drenagem, separadora filtrante, substrato e vegetação. Foi trabalhado o sistema completo na sua forma extensiva que é a versão ecológica, de menor espessura, portanto, menor peso e que, pelas suas características, prescinde de cuidados. E ainda foi adotada uma inclinação considerada moderada, que apresenta uma fácil execução e é mais econômica.

Os telhados verdes promovem a conexão da edificação com a natureza contribuindo com a melhoria da qualidade do ar e do microclima do entorno e resultando em benefício para a população local. A cobertura ajardinada ainda aumenta a área de percolação de águas pluviais no solo, aliviando problemas de enchentes causados por temporais com grandes volumes de água e garantindo o retorno da água de chuva ao seu ciclo natural. Além disso, esse tipo de cobertura influencia na temperatura do ambiente interno da habitação, aumentando a capacidade de equilibrar a temperatura e ainda melhora o grau de umidade do ambiente, proporcionando conforto.

### ***5.2.3 Sistema de aproveitamento de água da chuva***

Através do armazenamento de águas pluviais é possível reduzir o consumo de água potável e ainda diminuir o efeito das secas no interior do Ceará. Buscando tecnologias simples, adaptada às condições da região, o sistema incorporado às instalações hidráulicas do projeto desenvolvido neste trabalho conterà com uma cisterna de placas construída junto ao domicílio da família, aproveitando-se do escoamento da água do telhado (por meio de calhas instaladas no mesmo) para propiciar o armazenamento da água no reservatório.

O percentual de água potável utilizada para finalidades que não necessitam dessa característica é expressivo, esse percentual corresponde a aproximadamente 45% do consumo total de água para atividades como descarga de bacias sanitárias lavagem de roupa e limpeza

em geral. O problema de escassez de água é uma preocupação mundial e uma medida que pode amenizar o gasto indevido de água é a utilização de cisterna que armazena água da chuva para uso doméstico geral. Ainda vale lembrar que na longa estiagem anual nos sertões cearenses, muitas vezes o acesso à água se transforma em um problema de sobrevivência, as cisternas são uma solução para esse problema, uma vez que armazenam água no período da estiagem, suprindo as necessidades de uma família.

### **5.3 Elementos da edificação e seus componentes e materiais construtivos**

#### **5.3.1 Estrutura**

O sistema estrutural da edificação é composto de: fundação, paredes, cintas horizontais, vergas e contra-vergas.

##### **5.3.1.1 Fundação**

A fundação é do tipo rasa, direta e corrida, com profundidade de 50 cm, medida a partir da face inferior do piso acabado, e uma largura de 40 cm. Será executada em alvenaria de pedra de mão argamassada e arrematada por baldrame de alvenaria de tijolo maciço com dimensões 20x10x5cm dobrado, 1 vez, executado acima do nível do solo atingindo uma cota de 40 cm acima do nível do terreno, devendo ser rejuntado com argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:4, junta de 1 cm. O baldrame deve ser protegido por chapisco no traço 1:3.

##### **5.3.1.2 Paredes**

As alvearias foram executadas com tijolo de adobe não estabilizado com dimensões 10x15x30cm e terão função estrutural. A argamassa de rejuntamento deve ser constituída basicamente com o mesmo material dos blocos, devendo-se adicionar água suficiente para dar trabalhabilidade à massa. Os blocos serão assentados formando fiada nivelada, aprumada e alinhada, com juntas horizontais e verticais de no máximo 2 cm de espessura, serão preenchidas completamente, formando linha horizontais contínuas e verticais descontínuas.

### *5.3.1.3 Cintas horizontais*

Sobre todas as alvenarias, coroando as paredes, deverá ser executada uma cinta de concreto armado, no traço 1:2:4 com dimensões de 15x15 cm, armada com dois ferros Ø 10.0mm na parte inferior e dois ferros Ø 6.3mm na parte superior, com estribos Ø 6.3 mm a cada 20 cm. A cinta funcionará como uma viga de amarração distribuindo uniformemente as cargas do telhado sobre as alvenarias e possuindo a função de amarração do topo da parede contra as forças horizontais do telhado.

### *5.3.1.4 Vergas e contra-vergas*

Os vãos das portas e janelas deverão possuir vergas de concreto armado. Contra-vergas, de preferência de concreto reforçado, devem ser postas na parte inferior das aberturas das janelas. A altura das vergas e contra-vergas correspondem à altura do tijolo e devem penetrar pelo menos 30cm além das aberturas das janelas ou portas, no caso de vergas.

## **5.3.2 Cobertura**

A cobertura será composta em parte por um sistema completo de naturezação (telho verde) extensiva, onde se poderá criar uma mini horta de erva herbáceas, e em parte por telhas cerâmicas. Toda a coberta terá inclinação de 30% e um beiral de 80 cm.

### *5.3.2.1 Estrutura de madeira*

Todo o madeiramento que compõe a cobertura será executado em madeira de lei (de boa procedência e qualidade, entendida como aquela que não ofereça danos à segurança do usuário), tais como, maçaranduba, angelim, cumarú, etc., de boa qualidade isenta de quaisquer imperfeições, como rachaduras, lascas, outros defeitos e perfeitamente desempenadas e secas. Pode-se utilizar madeira de desgalhe local como sabiá e marmeleiro, de forma a reduzir o custo.

No madeiramento da coberta serão utilizadas as peças com as seguintes dimensões:

- Linhas de 6cm x12cm (para vãos menores e iguais a 3,5 m);
- Caibros de 5cm x2,5cm (afastamento médio de 40cm);
- Ripas de 5cm x 1,5cm (afastamento médio de 40cm para o meio e 31cm para o beiral).

### 5.3.2.2 *Telhamento em telha cerâmica*

O Telhamento será com telha de barro tipo canal, com uma inclinação de 30% e um consumo médio por metro quadrado de 28 unidades. A cumeeira e as últimas fiadas deverão ser emboçadas com argamassa 1:2:8.

### 5.3.2.3 *Telhado verde*

O sistema de natureza da cobertura conterá as seguintes camadas subsequentes:

- Camada de suporte: chapas de compensado de madeira impermeabilizada com 6 mm de espessura, colocados sobre caibros e ripas;
- Membrana de proteção anti-raízes e impermeabilizante: geomembrana de PVC cobrindo toda a extensão das placas de compensado. Tem por função proteger a camada de suporte contra toda e qualquer umidade. Possui alta resistência à perfuração, para evitar o transpasse de possíveis raízes e ainda por não serem orgânicas, como as mantas asfálticas, não são reconhecidas pelas plantas como alimento, passando a exercer a função anti-raízes;
- Membrana de drenagem: camada de argila expandida, com 10 cm de espessura. Tem por função recolher as precipitações e regas excedentes em toda a superfície, conduzindo-as aos desagues
- Camada separadora filtrante e de proteção: manta geotêxtil não-tecido de prolipropileno, material flexível que filtra a água que entra no substrato e que não fica retida no mesmo, evitando que as partículas mais finas do substrato sejam lixiviadas para a camada seguinte causando a contaminação do material drenante, o que pode vir a comprometer o seu adequado funcionamento e, por sua vez, a eficiência do conjunto.
- Suporte de vida vegetal: terra adubada (substrato) com espessura máxima de 10cm;
- Vegetação herbácea com altura entre 5 cm e 15 cm;
- Reservar a área ao redor da cobertura sem vegetação, preenchendo com cascalho ou brita pelo menos 30 cm de largura todo o perímetro do sistema de natureza.

### **5.3.3 Revestimento e acabamento**

A argamassa do reboco para as paredes de adobe deve ser constituída de materiais com características semelhantes às do bloco de adobe para melhor aderência à parede, ou seja, uma argamassa de terra e água. É necessária manutenção constante do revestimento para evitar frestas. A pintura poderá ser realizada a cal com três demãos. O importante é deixar a parede respirar, evitando tintas que contenham impermeabilizante e que retenham a água no interior da parede.

### **5.3.4 Piso**

O contrapiso é uma regularização de base com argamassa de terra e água, mesma massa de composição do reboco. O piso é cimentado com argamassa de cimento e areia, traço 1:4, espessura de 1,5cm. Será adicionado piso cerâmico somente nas áreas molhadas, cozinha e banheiro.

## **5.4 Sistemas prediais**

O diferencial em relação ao projeto convencional é a adição do sistema de aproveitamento de água da chuva nas instalações hidráulicas, as especificações restantes utilizadas pelo INCRA serão mantidas.

### **5.4.1 Sistema de aproveitamento de águas pluviais**

A condução da água até a cisterna deve ser feita em tubo de PVC com 75mm de diâmetro. A instalação da calha deve ser feita de modo que haja uma inclinação suficiente para que a água das chuvas escorra em direção à tubulação instalada. A fim de impedir contaminação e facilitar a retirada da água, recomenda-se a instalação de bomba hidráulica manual. A cisterna é executada em placas pré-moldadas de concreto armado, o reservatório é coberto e semienterrado, protegido da evaporação e das contaminações causadas por animais e dejetos trazidos pelas enxurradas.

A simulação no programa computacional NETUNO 4 indicou um volume ideal para o reservatório inferior de 16.000L, pois foi com esse volume que primeiro se conseguiu zerar a diferença entre potenciais de atendimento. Comprovando a informação da cartilha de

França *et al.*, 2010, desenvolvida pelo Governo cearense, que diz que as cisternas com capacidade de 16.000 litros são as mais adequadas para a realidade da região, as famílias terão condições de captar e armazenar água suficiente para passar um período de até 5 meses. Tabela 10 a seguir apresenta os resultados da simulação para encontrar o volume ideal.

Tabela 10 - Resultados da simulação com o programa NETUNO 4.

Volume do reservatório inferior (litros)	Potencial de economia de água potável (%)	Volume consumido de água pluvial (litros/dia)	Volume consumido de água potável (litros/dia)	Volume extravasado (litros/dia)	Demanda de água pluvial atendida completamente (%)	Diferença entre potenciais de atendimento pluvial (%/m³)
0	0,00	0,00	600,00	513,64	0,00	0,00
2.000	11,81	70,85	529,15	475,81	45,57	23,62
4.000	15,57	93,44	506,56	470,12	60,99	7,53
6.000	18,84	113,05	486,95	467,49	74,79	6,53
8.000	21,52	129,13	470,87	466,83	85,64	5,36
10.000	23,32	139,94	460,06	466,65	93,07	3,60
12.000	24,27	145,64	454,36	466,65	97,02	1,90
14.000	24,98	149,90	450,10	466,65	99,94	1,42
16.000	24,98	149,90	450,10	466,65	99,94	0,00
18.000	24,98	149,90	450,10	466,65	99,94	0,00
20.000	24,98	149,90	450,10	466,65	99,94	0,00

Fonte: Elaborada pela autora.

A Tabela 11 mostra os valores mensais de consumo de água pluvial e potável na simulação do sistema de aproveitamento de água da chuva utilizando uma cisterna de 16.000 litros. Os resultados mostram que é possível atingir quase completamente os 25%, proposto inicialmente, da demanda total de água potável a ser substituída por água pluvial. O sistema de reaproveitamento de água de chuva proporcionará uma economia de até 150 litros diários para a família. No período de um ano se tem uma economia de aproximadamente 55.000 litros do volume total de água potável que seria consumido para as condições propostas. No Apêndice A estão dispostos os gráficos gerados pelo programa NETUNO 4.

Tabela 11- Resultados dos valores mensais da simulação para um reservatório de 16.000L (continua).

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)
Janeiro	24,81	148,87	451,13	267,29	99,25
Fevereiro	25,00	150,00	450,00	254,69	100,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Tabela 12- Resultados dos valores mensais da simulação para um reservatório de 16.000L (conclusão).

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)
Março	25,00	150,00	450,00	429,02	100,00
Abril	25,00	150,00	450,00	677,77	100,00
Maio	25,00	150,00	450,00	647,89	100,00
Junho	25,00	150,00	450,00	539,74	100,00
Julho	25,00	150,00	450,00	675,08	100,00
Agosto	25,00	150,00	450,00	407,28	100,00
Setembro	25,00	150,00	450,00	380,90	100,00
Outubro	25,00	150,00	450,00	621,32	100,00
Novembro	25,00	150,00	450,00	342,24	100,00
Dezembro	25,00	150,00	450,00	338,48	100,00
Média	24,98	149,90	450,10	466,65	99,94
Total ano		54.715,00	164.285,00	170.329,00	

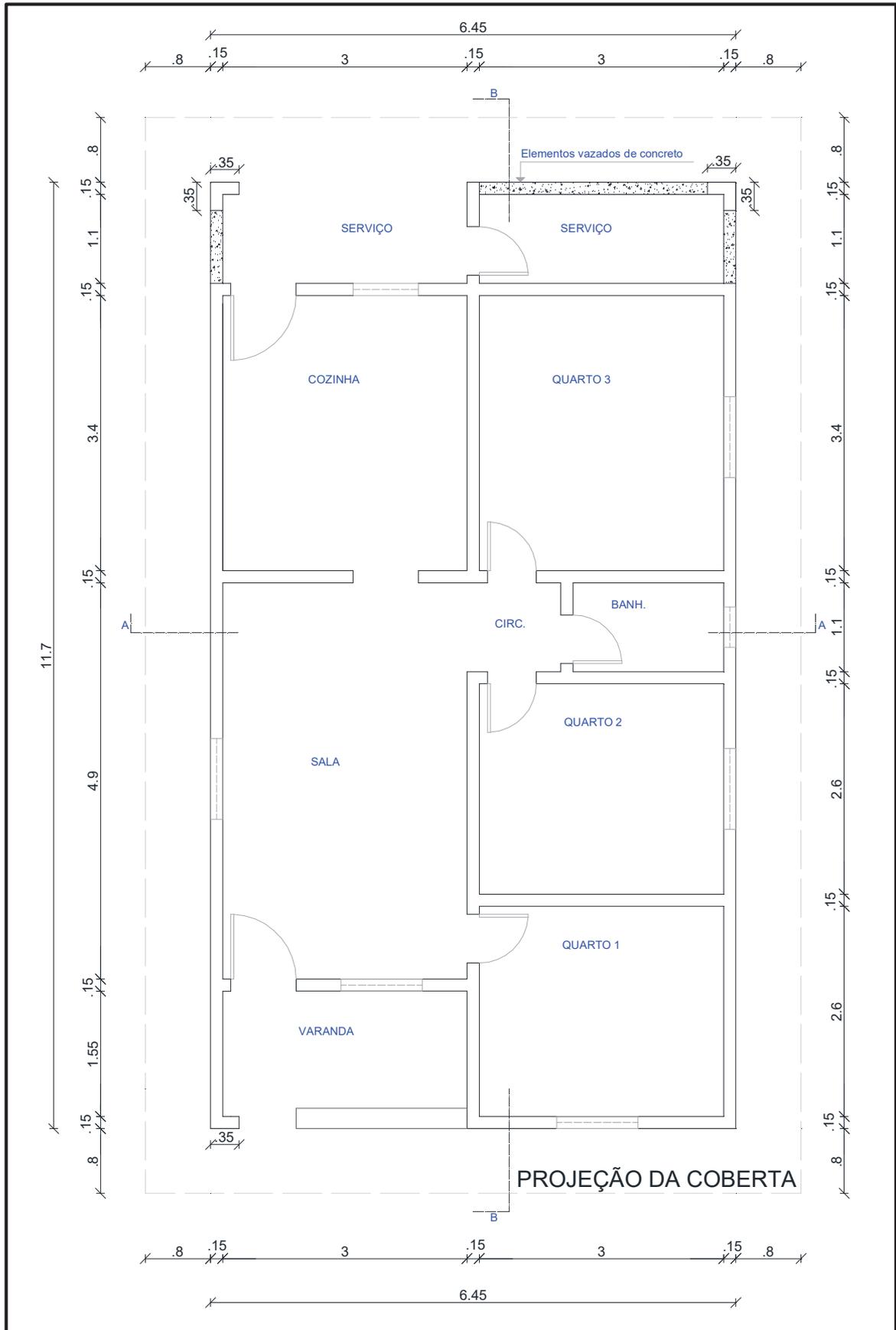
Fonte: Elaborada pela autora.

### 5.5 O projeto de habitação de interesse social sustentável

O projeto arquitetônico original da habitação do INCRA foi pouco alterado, as modificações realizadas ocorreram pela necessidade de se aumentar o vão das paredes resistentes, por esse motivo também foram adicionados elementos vazados de concreto nas paredes da área de serviço, para evitar fechá-las completamente. Também foram previstas janelas maiores, que auxiliam no desempenho de conforto ambiental. A planta baixa pode ser visualizada na Figura 16 a seguir. O projeto original está disposto no Anexo A. A Figura 17 mostra o corte AA e a fachada frontal da edificação, já na Figura 18 tem-se o corte BB. Na Figura 19 pode-se ver um corte esquemático da cobertura verde, com a indicação de cada camada o que a compõe. Na Figura 20 e 21 tem-se as perspectivas da moradia sustentável.

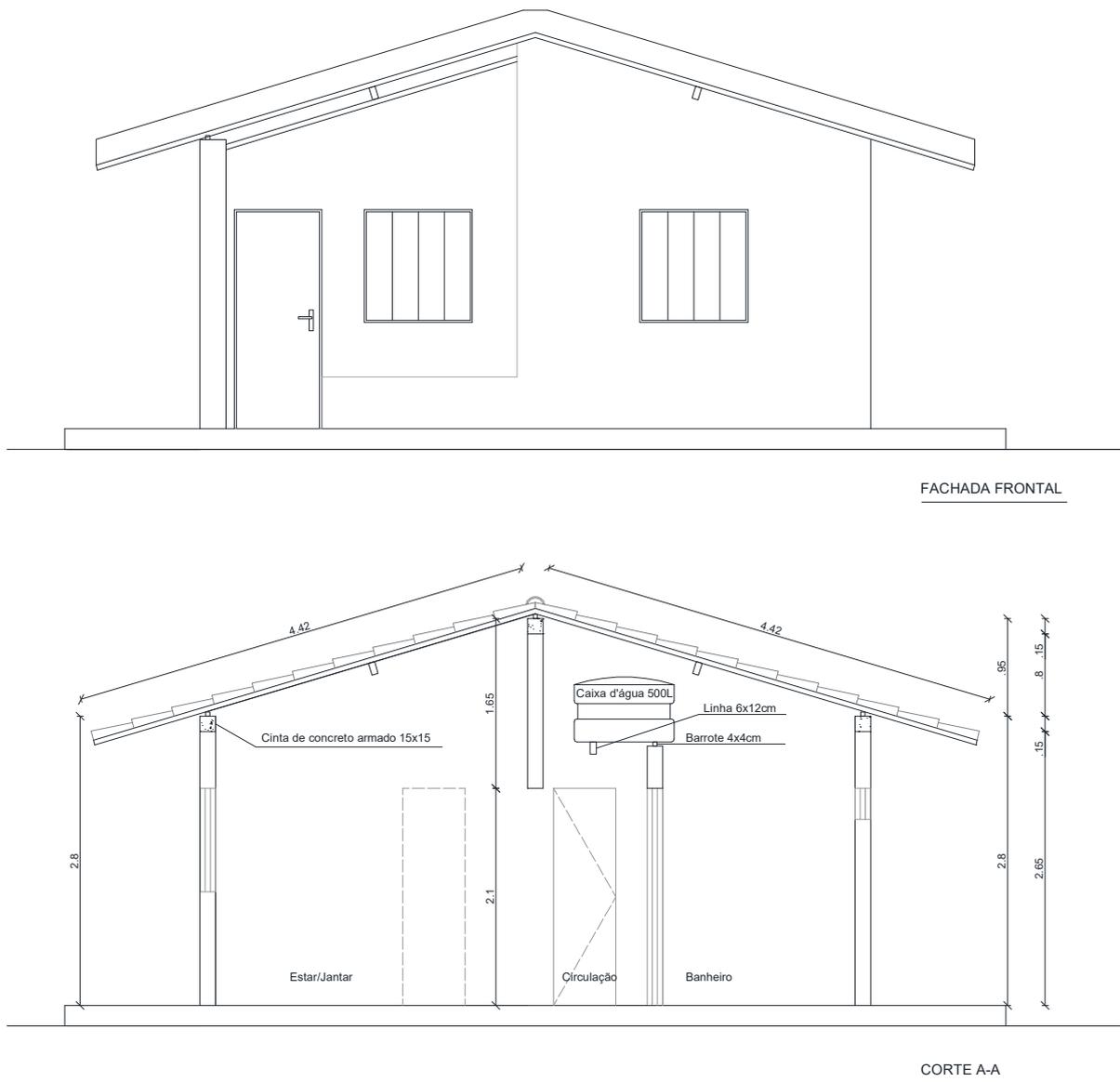
A verificação da estrutura em adobe mostrou que o carregamento sobre as paredes resistentes é menor que a tensão resistente de cálculo da alvenaria de adobe, satisfazendo a segurança, o Apêndice D mostra a tabelas de cálculo. Na realidade é um cálculo muito aproximado, pois na parede central mais carregada (ParV2, ver Apêndice C) tem-se a abertura de uma porta.

Figura 16 - Planta baixa do projeto sustentável.



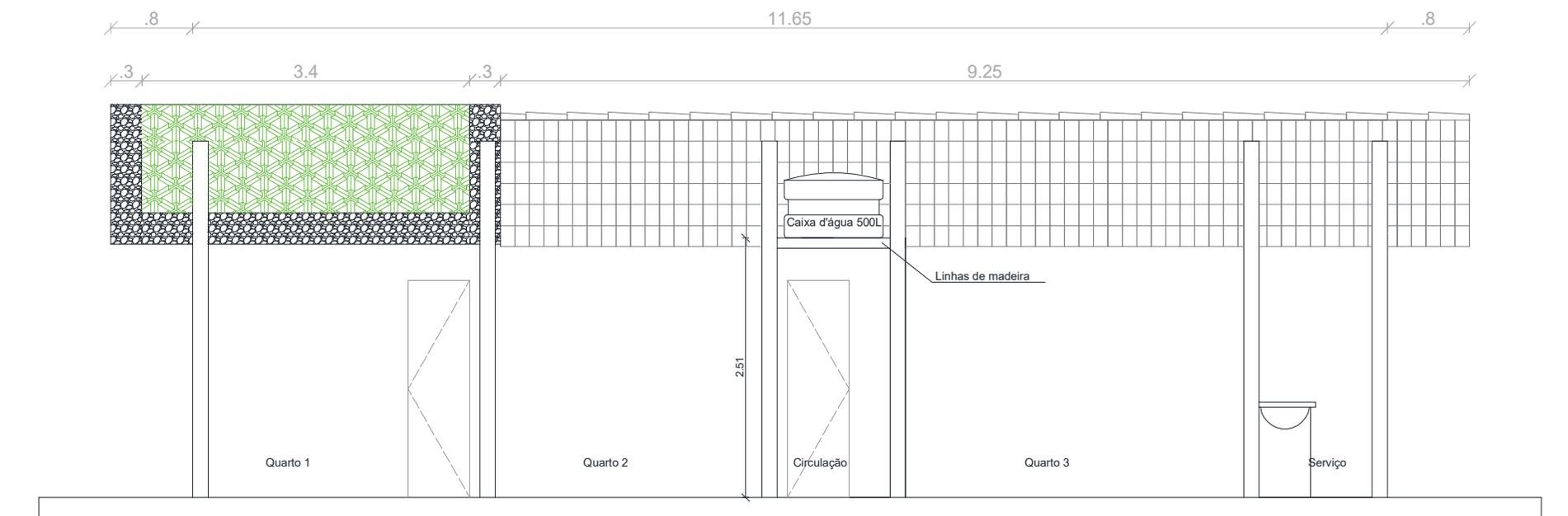
Fonte: Própria autora.

Figura 17 - Corte AA e fachada frontal da habitação.



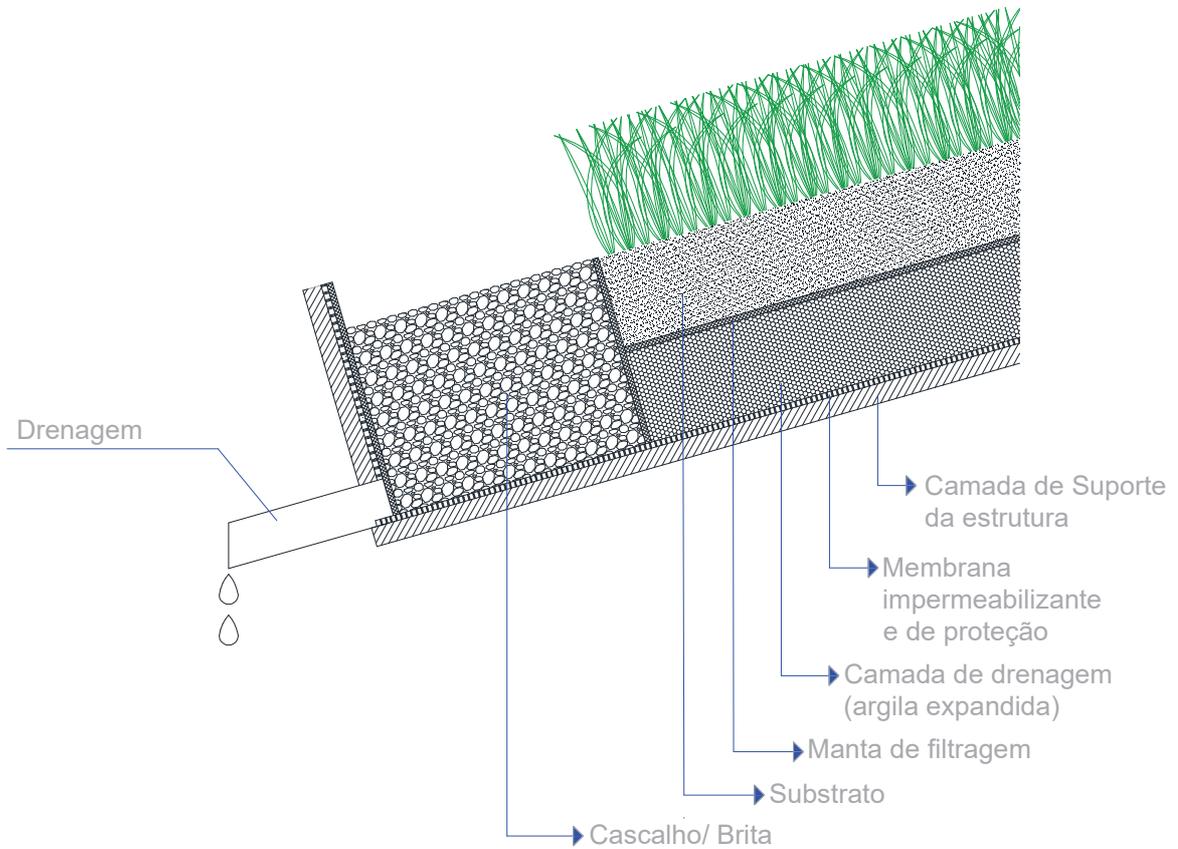
Fonte: Própria autora.

Figura 18 - Corte BB.



Fonte: Própria autora.

Figura 19 - Corte esquemático da cobertura ajardinada.



Fonte: Própria autora.

Figura 20 - Representação da habitação sustentável proposta (1).



Fonte: Própria autora.

Figura 21 - Representação da habitação sustentável proposta (2).



Figura 22 - Representação da habitação sustentável proposta (3).



Fonte: Própria autora.

## 5.6 Plano Construtivo

### **1ª etapa - Escolha do local de retirada da terra para fabricação dos blocos de adobe:**

O ponto de extração da terra deve estar localizado próximo a obra. Primeiramente é necessário descartar a camada superficial de solo (30 a 40 cm), pois ela não é adequada para a fabricação dos blocos de adobe devido à presença de matéria orgânica. Posteriormente deve ser executado o teste da garrafa, para verificar se o solo possui o percentual de argila, silte e areia adequados para a fabricação dos blocos de adobe. Uma garrafa com pelo menos 500 ml de volume é preenchida com  $\frac{1}{4}$  da sua altura de terra e o restante com água limpa, é agitada vigorosamente com a tampa vedada. Depois de descansar por 1 hora deve-se agitá-la novamente, em seguida o conjunto deve repousar por 24 horas. Após o repouso, a altura de cada camada da terra que se formou na garrafa é medida e com isso pode-se calcular o percentual dessas camadas em relação ao total. A camada mais abaixo corresponde à areia enquanto as camadas superiores correspondem à silte e argila. O ideal é que o solo esteja com um percentual de 20 a 30% de argila e 70 a 80% de areia / silte.

### **2ª etapa – Fabricação dos blocos de adobe:**

Essa etapa se inicia com a confecção das fôrmas de madeira que deve possuir dimensões de 10 (altura) x 15 (largura) x 30 (comprimento) centímetros, para que os blocos sejam fabricados nas medidas especificadas no projeto. Para a amarração das paredes é interessante que sejam confeccionados meios adobes, assim também é necessário a confecção de fôrmas de 10 (altura) x 15 (largura) 15 (comprimento) em centímetros.

Depois da fabricação das fôrmas é feito o preparo da terra, acrescentando água até um ponto onde o tijolo possa ser moldado na fôrma e retirado sem que ocorra deterioração do mesmo. Antes de moldar os tijolos a mistura deve ser amassada com a finalidade de homogeneizar a terra. Esse amassamento pode ser feito utilizando os pés ou utilizando uma betoneira. Após a mistura estar bem homogeneizada pode ser realizada a modelagem dos blocos nas fôrmas. As fôrmas são colocadas em uma superfície plana em um ambiente de preferência coberto e aberto nas laterais para que ocorra ventilação, e então devem ser preenchidas com a massa de terra e água. Utilizando as mãos a terra é moldada nas fôrmas até que preencha todo o espaço e a superfície superior fique plana, na altura da fôrma. Em seguida a fôrma é retirada devagar para que os tijolos não sejam danificados. As superfícies dos blocos devem ser alisadas

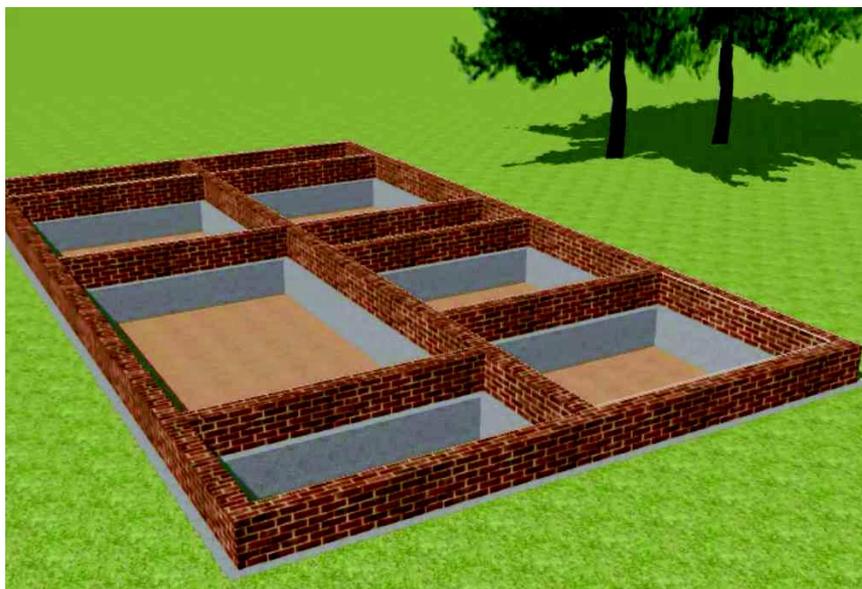
com uma espátula para melhorar o seu acabamento. As fôrmas que já foram utilizadas devem ser limpas para reutilizá-las na fabricação de mais adobes.

Após a moldagem, os blocos passam por um período de secagem ao sol. É importante deixar os blocos de adobe em local totalmente aberto, em pé, para que estes sejam expostos ao sol por um período de 3 dias, virando-os a cada 24 horas. Depois dos 3 dias, os blocos devem ser colocados a meia sombra até que estejam completamente secos. Em seguida os tijolos deverão ser armazenados em local protegido de chuvas e outras eventuais intempéries que possam ocorrer.

### **3ª etapa – Execução da fundação:**

Primeiramente é escavada uma vala de 40 cm de largura e 50 cm de profundidade nos locais onde existirem paredes de adobe de acordo com o projeto e então é realizado o apiloamento e nivelamento do fundo da vala. É executado um lastro inicial de argamassa de pelo menos 10 cm de espessura no fundo da vala e depois lança-se pedras maiores sobre o lastro inicial, usando marreta para assentá-las; em seguida pedras menores (de mão), arrumadas e marretadas são colocadas ao longo da vala preenchendo os vazios com argamassa e fragmentos de pedras. Em seguida é executado, logo acima da fundação, o baldrame de tijolo maciço assentado à uma vez, atingindo a altura de 0,4cm acima do nível do solo, rejuntado com argamassa de cimento. A Figura 23 mostra uma representação da fundação e baldrame da edificação.

Figura 23 - Execução da fundação.



Fonte: Própria autora.

#### **4ª etapa - Elevação das paredes de adobe:**

A primeira fiada de adobe é assentada diretamente sobre o baldrame da fundação, construindo as paredes de acordo com o projeto arquitetônico. É importante utilizar ferramentas específicas para garantir o prumo e o esquadro das paredes. A massa utilizada no assentamento dos tijolos deve ser a mesma utilizada em sua fabricação, sendo constituída de terra. O Processo de elevação das paredes é similar ao de tijolo cerâmico, sendo as amarrações feitas de forma semelhante. É necessário deixar os vãos livres onde existirem portas ou janelas, de acordo com projeto de arquitetura. A Figura 24 é uma representação das paredes de adobe elevadas logo acima do baldrame, com as vergas, contra-vergas e cintas de concreto.

Figura 24 - Elevação das paredes.



Fonte: Própria autora.

#### **5º etapa – Instalações dos sistemas prediais:**

As instalações elétricas e hidrossanitárias são feitas embutidas nas paredes. Nos locais onde forem passar eletrodutos ou tubulação de água e esgoto, é feito um rasgo na parede utilizando ferramentas adequadas. As tubulações são então chumbadas com a argamassa do revestimento. Esta etapa deve ser feita antes da execução do revestimento para evitar desperdício de material.

### 6ª etapa – Instalação da cobertura:

É montado o madeiramento da cobertura e primeiro é aconselhado a instalação do telhado verde antes da colocação das telhas cerâmicas. O madeiramento pode ser apoiado diretamente em cima das paredes de adobe, nas paredes que não forem coroadas com cinta de amarração. O beiral é comprido, com 80 centímetros de comprimento para evitar ao máximo que a água das chuvas entre em contato com as paredes de adobe. A fixação da madeira na parede de adobe pode ser feita com a massa utilizada no assentamento dos tijolos. A Figura 25 mostra uma perspectiva da edificação logo após a instalação do madeiramento da cobertura.

Figura 25 - Madeiramento do telhado.



Fonte: Própria autora.

A instalação do telhado verde se inicia com a montagem da caixa de suporte de compensado de madeira colocada diretamente sobre as ripas. Em seguida é colocada a lona de PVC com as juntas devidamente seladas para evitar infiltrações das raízes e o escoamento do substrato. Depois é necessário isolar a lateral da caixa de suporte, 30cm de largura, com brita, para evitar a proliferação da vegetação além da estrutura da natureza, a brita é contida com uma camada de manta filtrante geotêxtil. Acima da manta impermeabilizante é adicionada a camada de drenagem, argila expandida, com 10cm de espessura. Então se instala a manta geotêxtil para evitar a passagem de nutrientes do substrato para as camadas inferiores. Finalmente é introduzida a camada de solo, substrato, com os nutrientes necessários para o

estabelecimento das plantas, o sistema extensivo, adotado neste trabalho, suporta uma camada de substrato de até 10cm. A Figura 26 mostra o telhado verde instalado. Em seguida são colocadas as telhas cerâmicas apoiadas sobre o madeiramento (Figura 27).

Figura 26 - Montagem do telhado verde.



Fonte: Própria autora.

Figura 27 - Telhado completo.



Fonte: Própria autora.

## 5.7 Análise econômica e sustentável do projeto

No Apêndice B pode-se ver as tabelas de cálculo do consumo de materiais para realizar o orçamento do projeto sustentável proposto. Os orçamentos elaborados (o primeiro com os sistemas tradicionais de construção e o segundo com as soluções sustentáveis) podem ser vistos no Apêndice E. O Anexo B mostra as especificações do projeto original do INCRA de 2009. Os orçamentos foram divididos em 8 tópicos: **1 Serviços; 2 Locação, fundação, alvenaria, piso e outros, 3 Cobertura, 4 Esquadrias, 5 Fogão ecológico, 6 Instalações Hidráulicas, 7 Instalações Sanitárias e 8 Instalações Elétricas.**

No orçamento do projeto com as soluções sustentáveis incorporadas, no item referente à fundação e alvenaria (tópico 2), se tem um acréscimo na quantidade de sacos de cimento consumidos em relação ao projeto tradicional, passando de 100 sacos para 119 sacos, esse aumento se deu por conta da fundação executada em alvenaria de pedra de mão argamassada, ideal para as construções em adobe, uma vez que no projeto original não é prevista a argamassa, utilizando somente a alvenaria de pedra. A quantidade de cimento só não foi maior visto que não se utiliza cimento para a execução do reboco das paredes, o reboco é feito utilizando somente argamassa de terra e água.

Ainda no tópico 2, o grande diferencial ocorreu notavelmente nas paredes, uma vez que o bloco de adobe é bem mais barato que o tijolo cerâmico furado, isso acontece pelo fato do adobe poder ser fabricado no próprio local de construção e ainda possuir uma execução mais rápida e simples, apresentando um baixo consumo de energia, desta forma a alvenaria em adobe reduziu em 59% o custo em relação ao sistema tradicional. Entretanto esse abatimento dos custos acaba sendo compensado com o aumento de unidades de tijolo maciço utilizado no baldrame, já que a estrutura em adobe exigiu uma elevação da altura do baldrame em relação ao solo, para proteger as alvenarias da umidade, e também pela adição dos elementos vazados de concreto. Desta forma o projeto sustentável acabou apresentando um aumento de quase 3% no custo total neste item do orçamento, comparando com o custo do projeto convencional.

No tópico 3, referente à cobertura, com a incorporação do sistema de naturação, foi reduzido a quantidade de telhas cerâmicas, entretanto os custos com os materiais das camadas que formam o telhado verde aumentaram significativamente o orçamento final desse item, o acréscimo foi de 31% em relação ao telhado tradicional utilizado no projeto original. Esse aumento ocorreu principalmente por conta dos materiais das camadas de proteção anti-raízes e de drenagem, os mais dispendiosos. Uma forma de reduzir o custo da coberta é utilizar madeira

de desgalhe local como sabiá ou marmeleiro, assim como já é feito de maneira geral nas edificações com sistemas construtivos em terra crua.

A elevação de custo mais evidente incidiu sobre as instalações hidráulicas por conta do sistema de armazenamento de águas pluviais. Nesse tópico não existe uma compensação de valores, existe apenas o acréscimo de custo proporcionado pelos materiais de fabricação da cisterna e das tubulações necessárias. A cisterna de placas, apesar de ser uma das tecnologias mais baratas para esse tipo de elemento, requereu um investimento de quase R\$ 1.300,00; fazendo com que o orçamento total das instalações hidráulicas apresentasse um aumento de 123% em relação ao projeto original que não utiliza esse tipo de sistema. As cisternas de placas de 16.000 já são utilizadas em muitas regiões do sertão nordestino e na verdade, são um benefício valioso de baixo investimento monetário, fácil construção, que poderá ajudar a reduzir sensivelmente os efeitos negativos oriundos do longo período de estiagem e da má distribuição das chuvas no semiárido nordestino, particularmente no Ceará, contribuindo para melhorar a qualidade de vida das populações rurais.

O custo das esquadrias foi um pouco maior, 7% em relação à habitação convencional, por se ter aumentado as janelas, de forma a aproveitar ao máximo a ventilação e luminosidade. Já nos itens Instalações Sanitárias e Elétricas, não houve alterações e os valores do orçamento total desses itens permaneceram os mesmos para os dois projetos, convencional e sustentável. O INCRA já previu o uso de um fogão ecológico na habitação rural, esse item foi mantido no projeto sustentável com as mesmas especificações usadas no projeto original e não agregou custos adicionais. A mão de obra foi considerada contratada e se teve um aumento por conta da construção da cisterna de placas.

Ao final o orçamento do projeto com sistemas tradicionais de construção apresentou o custo total de R\$ 20.581,85 enquanto que o projeto com soluções sustentáveis apresentou R\$ 23.550,97. O custo final da habitação proposta ficou 15% maior que a de uma habitação social convencional, devido às instalações das soluções sustentáveis. Entretanto, devido à economia no gasto com água potável para a família, aliada ao conforto ambiental proporcionado pelas boas características térmicas do adobe e da cobertura verde, o investimento é compensado. Vale ressaltar que muitos custos ainda podem ser reduzidos com utilização de materiais locais, como a madeira de desgalhe regional para a cobertura e que também pode ser utilizada para fabricar as esquadrias. Ainda procurando reduzir custo, é importante lembrar que o adobe propicia o sistema de autoconstrução, pois é uma técnica simples que não necessita de mão de obra especializada, assim o construtor passa a ser o próprio morador e o custo com mão de obra pode ser desconsiderado.

## 6 CONCLUSÕES

A proposta desenvolvida buscou soluções construtivas, arquitetônicas e logísticas para um projeto habitacional através da aplicação de alguns critérios de sustentabilidade. Foi utilizado um projeto padrão de assentamento habitacional elaborado por um instituto de reforma agrária do estado do Ceará que emprega sistemas convencionais de construção, inadequado à realidade da cultura construtiva da região rural do estado e que ainda não se preocupava com as questões sustentáveis e as dificuldades pelas quais uma família do sertão nordestino pode passar ao longo do período de estiagem. Esse projeto tradicional foi então modificado de forma a se incorporar aspectos sustentáveis aliados as tradições construtivas do sertão nordestino, sempre visando a utilização de matérias disponíveis localmente e prevendo a conservação dos recursos naturais.

Depois de analisar as tipologias habitacionais já praticadas pela população da região e sempre baseado em princípios sustentáveis, foram escolhidas as soluções que melhor empregassem o conceito de sustentabilidade dentro da região, sendo possível realizar o detalhamento dessas soluções adotadas no projeto, mostrando o seu potencial de preservação ambiental. A técnica de construção com terra crua em blocos de adobe, por já ser tradicionalmente empregada no meio rural nordestino, foi escolhida para compor a estrutura do projeto sustentável, além de apresentar uma série de vantagens em relação ao sistema com tijolo cerâmico furado convencionalmente empregado. A adoção de um telhado verde sobre parte da coberta, foi a solução encontrada para reduzir os impactos ambientais proporcionados pela construção no entorno. O sistema de armazenamento de água da chuva, incorporado ao projeto, ajuda a família do semiárido nordestino a passar pelo período de estiagem sem muitas complicações e ainda contribui com o problema de escassez de água, promovendo uma redução no consumo de água potável, assim proporcionando economia para a família.

Baseado nos dados bibliográfico consultados foi possível dimensionar os sistemas e posteriormente elaborar o projeto da proposta de HIS sustentável, detalhando as suas especificações. Bem como, ainda seguindo recomendações do referencial teórico, elaborar a gestão sustentável da implantação da obra de modo a minimizar os impactos causados ao meio ambiente durante a sua execução. Concluiu-se que as técnicas são simples e não precisa de grandes esforços para executar as etapas construtivas, assim dispensando mão de obra especializada e propiciando a autoconstrução.

Depois da elaboração dos orçamentos foi possível analisar a viabilidade econômica e sustentável do projeto proposto para a população da zona rural do Ceará. Foi possível concluir

que a técnica em adobe é uma boa proposta como solução para reduzir o déficit habitacional rural, por apresentar características desejáveis para uma habitação. Concluiu-se que o custo da construção com adobe foi praticamente o mesmo que o de habitações construídas utilizando técnicas construtivas tradicionais, pois apesar do bloco de adobe ser mais barato foi necessário um aumento das dimensões da fundação e o reforço da estrutura, o que compensou a redução no custo do tijolo. Esse custo foi ainda reduzido por se utilizar materiais disponíveis nos próprios locais de construção, uma vez que os valores de mercado foram colhidos em um depósito regional. Conclui-se também que o adobe é uma ótima solução ambiental, pois junta os princípios da arquitetura bioclimática e da construção sustentável. Os impactos gerados ao meio ambiente são reduzidos quando comparados aos de construções convencionais, uma vez que a quantidade de energia envolvida no processo é bem inferior; a geração de resíduos é quase nula, tanto na fase de fabricação dos blocos quanto na fase de construção da edificação e o que se gera é totalmente absorvido pelo meio ambiente.

A instalação da cobertura ajardinada gerou custos adicionais de mais de 30% em relação ao telhado convencional, porém são inúmeras as vantagens da natureza aplicada em superfícies construídas, ela agrega valor à edificação na qual está instalada, pois apresenta uma inovação e beleza estética, proporciona um aumento da inércia térmica da cobertura, trazendo melhorias no conforto térmico da habitação, promove uma integração com a natureza, aumentando a área verde útil e proporcionando melhorias na qualidade do ar.

A incorporação do sistema de armazenamento de água pluviais aumentou significativamente o orçamento final, nas instalações hidráulicas ocorreu o aumento de mais de 120% do custo, entretanto essa proposta reduz em até 25% o consumo de água potável por dia para a família, é uma economia de 150 litros diários, acumulando 55.000 litros em apenas um ano. O sistema ainda garante água no período de estiagem, melhorando as condições de vida da família do sertão nordestino.

O investimento final foi menos que R\$ 3.000,00. O orçamento da proposta sustentável foi apenas 15% superior ao da habitação tradicional. Com isso o presente trabalho mostrou que não é difícil de alcançar uma habitação sustentável e que através de propostas com técnicas simples pode-se reverter processos de degradação ambiental que acabam prejudicando o conforto e até mesmo a saúde pessoal. No que se refere ao desempenho ambiental, com as soluções aplicadas é possível diminuir as temperaturas internas da edificação e proporcionar a melhoria das condições de conforto ambiental, a redução do consumo energético na fabricação dos materiais construtivos, a preservação de recursos naturais e o uso de materiais menos impactantes ao meio ambiente. No contexto social e econômico, se observa que com a utilização

do adobe conservam-se técnicas e tradições locais, foram consideradas as condições do déficit habitacional local, da renda familiar a que se destina a moradia, do baixo custo de construção e do menor custo de operação da edificação.

Com os resultados apresentados foi possível elaborar uma proposta de habitação de interesse social viável economicamente com aplicação destinada a população da zona rural do estado do Ceará, adotando diretrizes contidas no conceito de sustentabilidade, concluindo com esta experiência que, pelo menos em fase de projeto, há viabilidade de agregar um conjunto de aspectos de sustentabilidade à habitação de interesse social. Entretanto, para averiguar a efetividade das soluções propostas seria necessário executar e monitorar o projeto, analisando o potencial e os problemas eventuais para a admissão desse tipo de experiência no setor e no sistema financeiro da habitação.

Espera-se que esta pesquisa possa contribuir para que as futuras políticas voltadas para a moradia rural possam considerar a cultura construtiva regional e as questões ambientais, desenvolvendo estratégias mais adequadas aos meios. De forma a reduzir a degradação ambiental agravada pelo setor da construção civil sem comprometer as necessidades habitacionais.

Ainda que a proposta sustentável apresentada no desenvolvimento deste trabalho tenha sido com foco nas moradias rurais, futuros estudos poderão experimentá-la em outros contextos, como o urbano, o litorâneo e até mesmo no setor de edificações comerciais, observando a sua eficácia para tais casos e, se necessário, promovendo os devidos ajustes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Agenda 21, Brasília, 1995. 475 p.

ASSIS, E. S. ; RAMOS, J. G. L. ; CORTIZO, E. C. ; VELOSO, A. C. O. ; AMARAL, D. O. ; LUTKENHAUS, F. L. F. ; ASPAHAN, R. R. . **Princípios de sustentabilidade aplicados em projeto habitacional de interesse social**. I Seminário de História e de Tecnologia da Habitação, 2008, Itatiba, SP.

AZEVEDO, Sérgio de; ARAÚJO, Bernadette Maria. **Questões metodológicas sobre o déficit habitacional: o perigo de abordagens corporativas**. Cadernos Metrôpole 17, set. 2007.

BARBOSA, N. P.; GONÇALVES, J S; GHAVAMI, K. **Proposta de uma norma brasileira de construção com adobes**. Anais do Sismo Adobe, Univ. Católica do Peru, Lima, maio de 2005.

BARBOSA, N.; MATTONE, R.; MESBAH, A. **Blocos de Concreto de Terra: Uma Opção Interessante Para a Sustentabilidade da Construção**. 2007.

CARVALHO, Ricardo Marinho. **Solução para a construção de habitação em adobe a custos controláveis**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade de Aveiro, 2012.

CARVALHO, Ricardo Marinho de; VARUM, H.; BERTINI, A.A. **Mapeamento das construções existentes em adobe no estado do Ceará, Brasil - Expedição Caminhos da Terra**. VIII Seminario Ibeoamericano de Construcción con Tierra. 2009, Argentina.

CHAVES, Helena de Oliveira. **Diretrizes sustentáveis na construção civil: Avaliação do ciclo de vida**. Monografia (Curso de Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, 2014.

CORREIA, M. **Terra: Forma de Construir. Arquitetura, Antropologia, Arqueologia**. Lisboa, escola superior Gallaecia, 2006.

FRANÇA, F. M. C.; OLIVEIRA, J. B.; ALVES, J. J.; FONTENELE, F. C. B.; FIGUEREDO, A. Z. Q. **Cisterna de Placas: Construção, uso e conservação**. Cartilhas Temáticas. Vol. 2. Governo do Estado do Ceará – Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.

FLORIM, L. Chagas; QUELHAS, O. Luiz Gonçalves. **Contribuição para a construção sustentável: características de um projeto habitacional eco-eficiente**. Engevista, v. 6, n. 3, p. 121-120, Universidade Federal Fluminense, dez. 2004.

GAUZIN-MULLER, Dominique. **Arquitetura ecológica**. 1ª edição, 2006.

GIRÃO, Sampaio. **Análise comparativa de viabilidade entre sistemas tradicionais de construção e sistemas em adobe para habitações de baixo custo**. Monografia (Curso de Engenharia Civil) – Centro de tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

GONÇALVES, J. S.; BARBOSA, N. P.; GHAVAMI, K. – **Proposta de uma norma brasileira de construção com adobes**. Anais do Sismo Adobe, Univ. Católica do Peru, Lima, maio de 2005.

HENEINE, M. C. Almeida de Souza. “**COBERTURA VERDE**”. 2008, 49 p. Monografia (Curso de especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia UFMG, jan. 2008.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ARQUITETURA**. 3ª edição, 2014.

LORENZETTI, Maria Silvia Barros. **A questão habitacional no Brasil**. Consultora Legislativa da Área XIII. Desenvolvimento Urbano, Trânsito e Transportes. Câmara dos deputados - Brasília, jul, 2001.

MATOS, A. Chaves. **Uso da terra em blocos de terra compactada**. 2012, 44 p. Monografia (Curso de Ciência e Tecnologia) – Departamento de ciências ambientais e tecnologia, Universidade Federal do Semi-Árido, Mossoró, 2012.

MINKE, Gernot. **Techos verdes**. Planificación, ejecución, consejos prácticos. Editorial fin de siglo, 2004. 86 p.

NEVES, Sara da Cunha de M. **Estudo da aplicabilidade de sistemas construtivos no desempenho da sustentabilidade na Engenharia Civil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

NOVAES, M. De V.; MOURÃO, C.A.M. **Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. Coopercon. 1a Ed. Fortaleza, CE, 2008.

PINHEIRO, A. P. S. C. **Modo de olhar: Metodologia para o estudo de moradias rurais**. 2011, 227 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

PINHEIRO, Duarte Manuel. **Construção Sustentável – Mito ou Realidade?** – VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente, Lisboa, nov. 2003.

ROLA, S. M. **A Naturação como Ferramenta para a Sustentabilidade de Cidades**: Estudo da Capacidade do Sistema de Naturação em Filtros de Águas de Chuva. Tese (Doutorado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

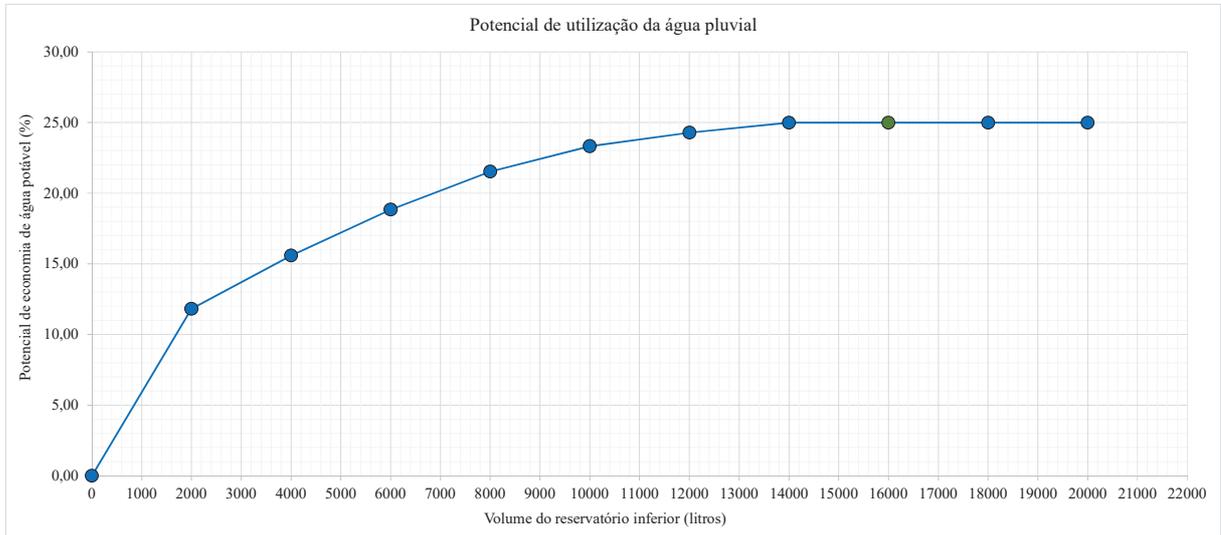
SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 96 p.

SILVA, Cláudia G. T. **Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola Nacional de Saúde Pública/ Fundação Oswaldo Cruz, 2000.

SOUZA, R. **A Avaliação de desempenho aplicada a novos componentes de sistemas construtivos para habitação**. São Paulo, 2008.

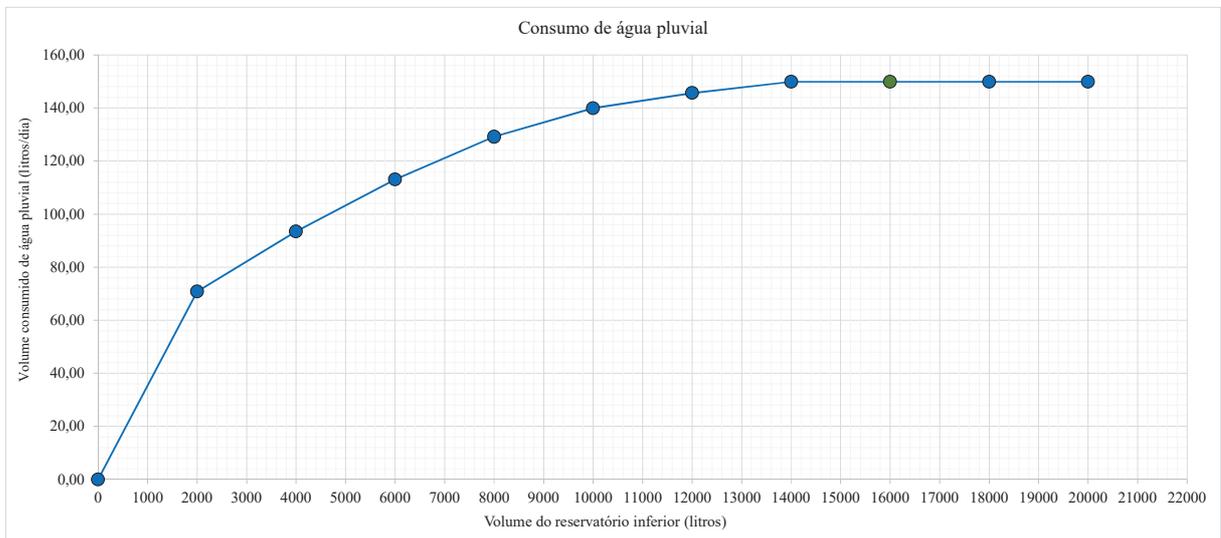
## APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO DA CISTERNA (SIMULAÇÃO COM O PROGRAMA NETUNO)

Gráfico 1 – Potencial de utilização da água pluvial.



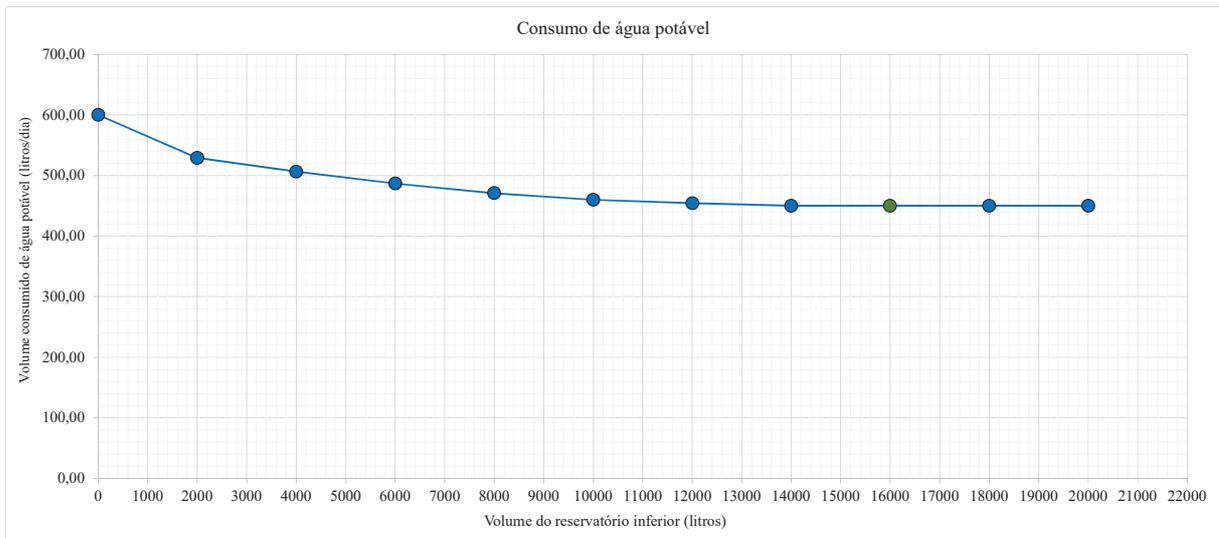
Fonte: Própria autora.

Gráfico 2 – Consumo de água pluvial.



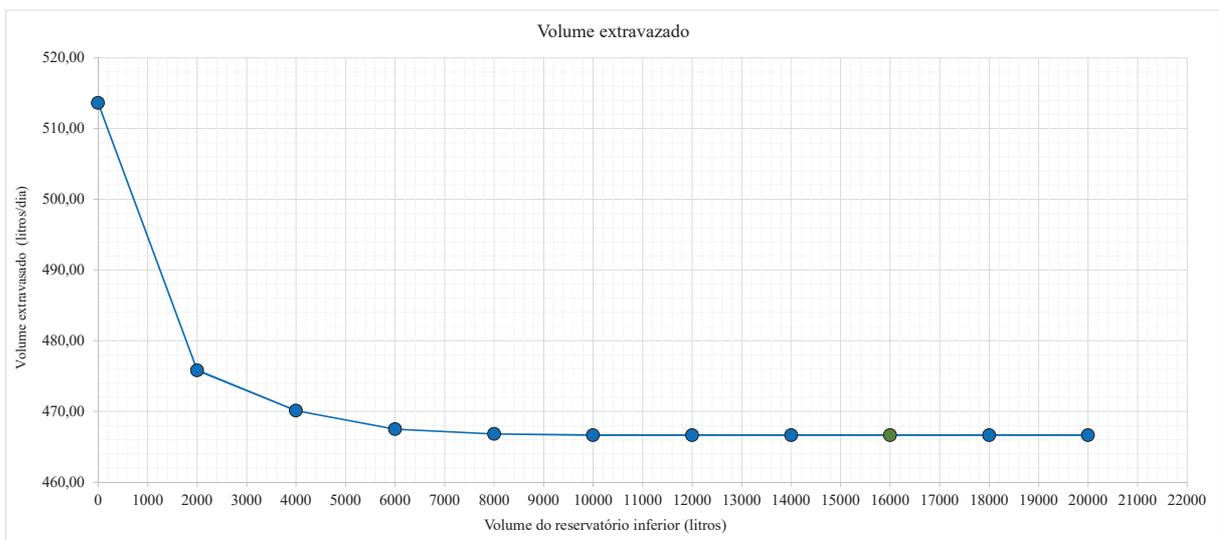
Fonte: Própria autora.

Gráfico 3 – Consumo de água potável.



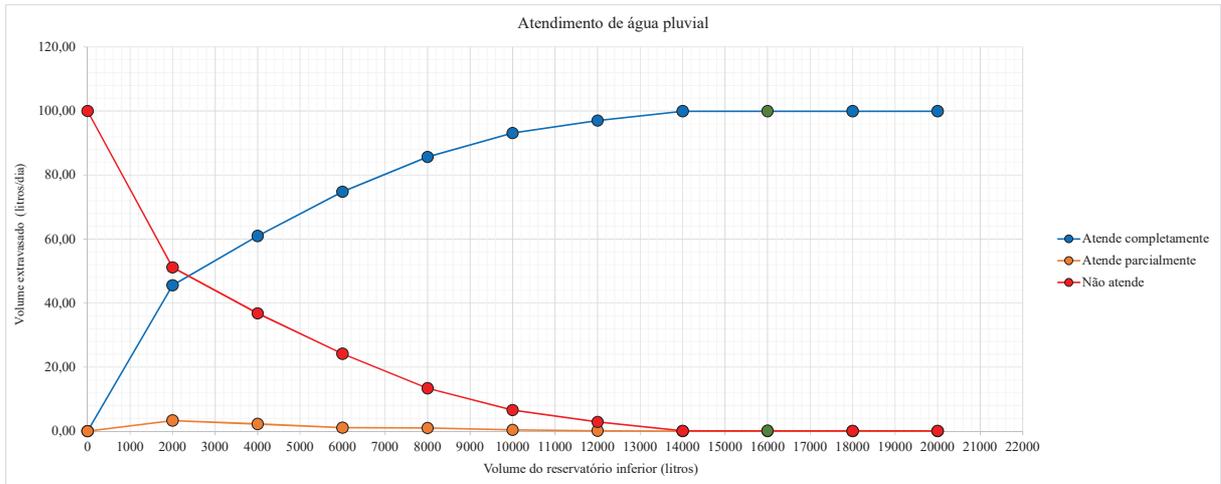
Fonte: Própria autora.

Gráfico 4 – volume de água pluvial extravasado.



Fonte: Própria autora.

Gráfico 5 – Atendimento de água pluvial



Fonte: Própria autora.

## APÊNDICE B – CÁLCULO DO CONSUMO DE MATERIAIS

Tabela 1 – Consumo de tijolos de adobe.

ADOBE	
comprimento	30 cm
altura	10 cm
espessura	15 cm
Juntas	2 cm
Área de 1 tijolo (incluindo juntas)	0,0384 m <sup>2</sup>
Quantidade de tijolos por m <sup>2</sup>	26 und
Área de parede	164,76 m <sup>2</sup>
Quantidade total de tijolos	4291 und
Quantidade total de tijolos com adicional de 10%	4721 und

Fonte: Própria autora.

Tabela 2 – Consumo de tijolo maciço no baldrame.

Baldrame (dobrado 1 vez)	
comprimento	20 cm
altura	5 cm
espessura	10 cm
Juntas	1 cm
Área de 1 tijolo (incluindo juntas)	0,0126 m <sup>2</sup>
Quantidade de tijolos por m <sup>2</sup>	159 und
Área de parede	26,44 m <sup>2</sup>
Quantidade total de tijolos	4197 und
Quantidade total de tijolos com adicional de 10%	4617 und

Fonte: Própria autora.

Tabela 3 – Consumo de telhas cerâmicas

Consumo de telhas (projeto sustentável)		
telha/m <sup>2</sup>	28	und/m <sup>2</sup>
c	4,025	m
h	1,2075	m
c'	4,202	m
l	9,25	m
área inclinada	77,7411	m <sup>2</sup>
telhas	2177	und
telhas (+5%)	2286	und

Fonte: Própria autora.

Tabela 4 – Consumo de cimento, areia e brita para concreto.

Concreto (Traço 1 : 2 : 4)	
Vergas	0,282 m <sup>3</sup>
Contra-vergas	0,1575 m <sup>3</sup>
Cintas	1,43944 m <sup>3</sup>
Total	1,88 m <sup>3</sup>
Consumo de materiais	
Cimento	12 sc (50Kg)
Areia	1 m <sup>3</sup>
Brita	2 m <sup>3</sup>

Fonte: Própria autora.

Tabela 5 – Consumo de cimento e areia para argamassa.

Argamassa (Traço 1:4)	
Junta (Elemento vazado)	0,24 m <sup>3</sup>
Pedra argamassada	15 m <sup>3</sup>
Junta (Baldrame)	2,39 m <sup>3</sup>
Piso cimentado	1,20 m <sup>3</sup>
Total	18,83 m <sup>3</sup>
Consumo de materiais	
Cimento	107 sc (50Kg)
Areia	16 m <sup>3</sup>

Fonte: Própria autora.

Tabela 6 – Consumo de aço.

RESUMO AÇO CA 50			
Φ (mm)	C.T. (m)	PESO LIN (kg/m)	PESO (kg)
6,3	163	0,245	40
10	127	0,617	79

Fonte: Própria autora.



## APÊNDICE D - VERIFICAÇÃO DAS CARGAS NAS PAREDES RESISTENTES

Tabela 7 – Cálculo das tensões nas paredes.

Paredes resistentes	l (m)	Carregamento (KN/m <sup>2</sup> )	área (m <sup>2</sup> )	Carga (KN/m <sup>2</sup> )	Coefficiente de majoração	Carga Majorada (KN/m <sup>2</sup> )	Tensão resistente de cálculo da alvenaria (KN/m)	Verificação
ParV1	11,7	2,00	18,19	3,12	1,40	4,37	23,57	OK
ParV2	5,65	2,00	19,35	6,85	1,40	9,59	23,57	OK
ParV3	4,95	2,00	17,10	6,91	1,40	9,67	23,57	OK
ParV4	11,7	2,00	18,19	3,12	1,40	4,37	23,57	OK

Fonte: Própria autora.

## APÊNDICE E – ORÇAMENTOS DOS PROJETOS

Tabela 8 - Orçamento projeto INCRA com sistemas tradicionais de construção (continua).

Nº	ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>1</b>	<b>SERVIÇOS</b>				
1.1	Pedreiro	H	75,00	40	3.000,00
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>3.000,00</b>
<b>2</b>	<b>LOCAÇÃO, FUNDAÇÃO, ALVENARIA, PISO E OUTROS</b>				
2.1	Arame recozido nº 18	Kg	1,00	6,50	6,50
2.2	Areia média	m³	19,00	46,00	874,00
2.3	Argamassa pré-fabricada de cimento colante	Kg	87,60	0,55	48,18
2.4	Armador p/ rede	par	7,00	3,80	26,60
2.5	Barra de aço CA-50 10.0 mm	Kg	34,55	5,15	177,94
2.6	Barra de aço CA-50 6.3 mm	Kg	43,37	3,01	130,53
2.7	Brita	m³	12,00	120,00	1.440,00
2.8	Cal em pó para pintura	Kg	250,00	1,20	300,00
2.9	Cal hidratada	Kg	764,66	0,67	512,32
2.10	Cimento Portland	sc. 50Kg	100,00	22,50	2.250,00
2.11	Pedra tosca (de mão)	m³	12,00	45,00	540,00
2.12	Pontaletes (seção 3x3")	m	3,00	15,43	46,29
2.13	Pegro 18x27 (2 1/2" x 10)	Kg	1,00	7,00	7,00
2.14	Rejunte	Kg	5,48	3,50	19,18
2.15	Revestimento Cerâmico	m²	23,00	20,50	471,50
2.16	Tábua de 30 cm	m	6,00	11,00	66,00
2.17	Tijolo cerâmico furado	und	5200,00	0,45	2.314,00
2.18	Tijolo comum	und	1500,00	0,25	375,00
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>9.605,04</b>
<b>3</b>	<b>CORBERTURA</b>				
3.1	Barrote (5 x 5cm)	m	24,50	11,00	269,50
3.2	Caibro (5 x 2,5cm)	m	230,00	3,90	897,00
3.3	Linha (6 x 12cm)	m	60,00	21,00	1.260,00
3.4	Prego	Kg	8,00	6,70	53,60
3.5	Ripa (1,5 x 5cm)	m	230,00	1,60	368,00
3.6	Telha cerâmica tipo colonial	und	2600,00	0,47	1.222,00
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>4.070,10</b>
<b>4</b>	<b>ESQUADRIAS</b>				
4.1	Porta tipo ficha (0.60 x 2.10)m - rolada madeira mista	und	1,00	77,04	77,04
4.2	Porta tipo ficha (0.80 x 2.10)m - rolada madeira mista	und	5,00	70,00	350,00
4.3	Batente de madeira para porta de 1 folha - vão de até 0.90 x 2.10m (espessura: 35,00 mm/ largura: 140, 00 mm/ tipo de madeira: PEROBA/ perímetro: 5,40 m)	und	5,00	88,40	442,00
4.4	Janela tipo ficha madeira mista	und	6,00	35,00	210,00
4.5	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm/ extremidades testa e contra testa: RETAS/ tipo de fechadura: CILINDRO/ tipo de guarnição: ESPELHO/ tipo de maçaneta: ALAVANCA)	und	5,00	46,17	230,85
4.6	Dobradiça de ferro para porta - leve pino solto (largura: 2 1/2" altura: 3")	und	15,00	6,75	101,25
4.7	Dobradiça de latão tipo palmeira para janela (largura: 3 1/2")	und	18,00	6,35	114,30
4.8	Ferrolho latão	und	6,00	4,80	28,80
4.9	Lixa 100	und	12,00	0,80	9,60
4.10	Prego 16 x 24	Kg	5,00	6,70	33,50
4.11	Parafuso madeira cabeça chata fenda simples - zincado branco (comprimento: 90 mm/ diâmetro nominal: 6,10 mm)	und	96,00	0,27	25,92
4.12	Esmalte sintético	l	5,00	11,79	58,95
4.13	Aguarrás mineral	l	2,00	10,46	20,92
4.14	Fundo nivelador para madeira branco fosco	l	4,00	14,44	57,76
4.15	Cobogó Ante-chuva (50x40 cm)	und	3,00	4,21	12,63
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>1.773,52</b>

Fonte: Própria autora.

Tabela 8 - Orçamento projeto INCRA com sistemas tradicionais de construção.

Nº	ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>5</b>	<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</b>				
5.1	Adaptador de 25x3/4"	und	3,00	0,50	1,50
5.2	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 20 mm	und	1,00	5,50	5,50
5.3	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 25 mm	und	1,00	5,50	5,50
5.4	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 40 mm	und	1,00	12,50	12,50
5.5	Adesivo para PVC - 75g	und	1,00	2,70	2,70
5.6	Bucha de redução de 25x20 mm	und	1,00	0,50	0,50
5.7	Caixa D'água 500 L	und	1,00	210,00	210,00
5.8	Calha em Zinco	m	10,00	26,50	265,00
5.9	Cano soldável 25 mm	m	6,00	20,00	120,00
5.10	Chuveiro PVC	und	1,00	3,30	3,30
5.11	Joelho 90° de 20 mm	und	2,00	0,40	0,80
5.12	Joelho 90° de 25 mm	und	8,00	0,50	4,00
5.13	Lixa 100	und	1,00	1,00	1,00
5.14	Registro de esfera de 3/4" metálico	und	1,00	12,86	12,86
5.15	Registro de pressão de 3/4"	und	1,00	7,50	7,50
5.16	Te 90° de 20 mm	und	4,00	0,50	2,00
5.17	Te 90° de 25 mm	und	3,00	0,70	2,10
5.18	Torneira de boia de 1/2"	und	1,00	5,00	5,00
5.19	Torneira de jardim de 1/2" - metálica de esfera	und	1,00	18,50	18,50
5.20	Torneira de parede para pia e lavatório - 1/2" - PVC	und	1,00	2,30	2,30
5.21	Tubo de descida e distribuição PVC 50 mm	m	10,00	11,67	116,70
5.22	Tubo de PVC de 20 mm	m	10,00	2,00	20,00
5.23	Tubo de PVC de 25 mm	m	26,00	3,33	86,58
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>905,84</b>
<b>6</b>	<b>INSTALAÇÕES SANITÁRIAS</b>				
6.1	Assento para bacia sanitária	und	1,00	19,00	19,00
6.2	Bacia sanitária	und	1,00	115,00	115,00
6.3	Bucha de redução de 50x40 mm	und	1,00	2,00	2,00
6.4	Caixa de descarga externa de plástico	und	1,00	23,00	23,00
6.5	Caixa sifonada 100 mm	und	2,00	6,50	13,00
6.6	Fita veda rosca	und	1,00	2,65	2,65
6.7	Joelho 45° 40 mm	und	2,00	0,75	1,50
6.8	Joelho 45° 50 mm	und	1,00	1,85	1,85
6.9	Joelho 90° 100 mm	und	1,00	3,00	3,00
6.10	Joelho 90° 40 mm	und	8,00	0,60	4,80
6.11	Joelho 90° 50 mm	und	3,00	1,20	3,60
6.12	Junção 45° 100x50 mm	und	1,00	9,00	9,00
6.13	Junção 45° 50 mm	und	2,00	4,50	9,00
6.14	Lavanderia de cimento	und	1,00	29,60	29,60
6.15	Lavatório de louça	und	1,00	45,00	45,00
6.16	Ligação da caixa de descarga	und	1,00	6,50	6,50
6.17	Pia de cozinha em mármore sintético (1,20 x 0,60m)	und	1,00	26,00	26,00
6.18	Sifão para pia	und	2,00	6,50	13,00
6.19	Tubo de PVC 100 mm	m	5,00	12,17	60,85
6.20	Tubo de PVC 40 mm	m	7,50	4,67	35,03
6.21	Tubo de PVC 50 mm	m	9,50	5,13	48,74
6.22	Válvula para lavatório	und	1,00	2,00	2,00
6.23	Válvula para pia	und	2,00	2,00	4,00
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>478,11</b>
<b>7</b>	<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>				
7.1	Arame galvanizado 12BWG	m	3,00	0,55	1,65
7.2	Bengala em eletroduto de 32mm	und	1,00	2,80	2,80
7.3	Caixa para disjuntores com 3 módulos	und	1,00	6,30	6,30
7.4	Caixa para medidor monofásico	und	1,00	44,80	44,80
7.5	Caixa plástica 4"x2"	und	7,00	1,20	8,40
7.6	Caixa plástica 4"x4"	und	1,00	1,70	1,70
7.7	Cleat (pacote com 8 pares)	und	2,00	2,00	4,00
7.8	Curva 90° PVC 32 mm	und	2,00	1,20	2,40
7.9	Disjuntor monofásico de 20A	und	1,00	7,50	7,50

Fonte: Própria autora.

Tabela8 - Orçamento projeto INCRA com sistemas tradicionais de construção (conclusão)

Nº	ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
7.10	Eletroduto de PVC rígido de 32 mm	m	2,00	4,05	8,10
7.11	Eletroduto flexível 20mm	m	15,00	1,00	15,00
7.12	Fio 2,5 mm²	m	90,00	0,98	88,20
7.13	Interruptor 1 seção com espelho	und	2,00	3,30	6,60
7.14	Interruptor 2 seções com espelho	und	1,00	5,00	5,00
7.15	Interruptor simples de 1 seção + tomada 2P universais com espelho	und	2,00	4,85	9,70
7.16	Interruptor simples de 2 seções + tomada 2P universais com espelho	und	1,00	6,30	6,30
7.17	Isolador de porcelana	und	1,00	3,97	3,97
7.18	Lâmpada Fluorescente (conjunto) 20W	und	7,00	8,60	60,20
7.19	Mini-poste	und	1,00	14,00	14,00
7.20	Parafuso galvanizado de 12cm x 16mm com porca e arruelas	und	1,00	1,87	1,87
7.21	Tomada 2P universal com espelho	und	1,00	5,75	5,75
<b>SUBTOTAL</b>					<b>304,24</b>
<b>TOTAL</b>					<b>20.581,85</b>

Fonte: Própria autora.

Tabela9 - Orçamento do projeto sustentável (continua)

Nº	ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>1</b>	<b>SERVIÇOS</b>				
1.1	Pedreiro	H	80,00	40	3.200,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>3.200,00</b>
<b>2</b>	<b>LOCAÇÃO, FUNDAÇÃO, ALVENARIA, PISO E OUTROS</b>				
2.1	Arame recozido nº 18	Kg	1,00	6,50	6,50
2.2	Areia média	m³	17,00	46,00	782,00
2.3	Argamassa pré-fabricada de cimento colante	Kg	87,60	0,55	48,18
2.4	Armador p/ rede	par	7,00	3,80	26,60
2.5	Barra de aço CA-50 10.0mm	KG	79,00	5,15	406,54
2.6	Barra de aço CA-50 6.3mm	KG	40,00	3,01	120,40
2.7	Brita	m³	2,00	120,00	240,00
2.8	Cal em pó para pintura	Kg	250,00	1,20	300,00
2.9	Cal hidratada	Kg	764,66	0,67	512,32
2.10	Cimento Portland	sc. 50Kg	119,00	22,50	2.677,50
2.11	Pedra tosca (de mão)	m³	15,00	45,00	675,00
2.12	Pontaleta (seção 3x3")	m	3,00	15,43	46,29
2.13	Pegro 18x27 (2 1/2" x 10)	Kg	1,00	7,00	7,00
2.14	Rejunte	Kg	5,48	3,50	19,18
2.15	Revestimento Cerâmico	m²	23,00	20,50	471,50
2.16	Tábua de 30 cm	m	6,00	11,00	66,00
2.18	Tijolo maciço comum	und	4617,00	0,25	1.154,25
2.19	Tijolo adobe	und	4721,00	0,20	944,20
2.20	Elemento vazado de concreto (20x20x20cm)	und	345,00	4,00	1.380,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>9.883,46</b>
<b>3</b>	<b>CORBERTURA</b>				
3.1	Barrote (5 x 5cm)	m	24,50	11,00	269,50
3.2	Caibro (5 x 2,5cm)	m	230,00	3,90	897,00
3.3	Linha (6 x 12cm)	m	60,00	21,00	1.260,00
3.4	Prego	Kg	8,00	6,70	53,60
3.5	Ripa (1,5 x 5cm)	m	230,00	1,60	368,00
3.6	Telha cerâmica tipo colonial	und	2286,00	0,47	1.074,42
3.7	Chapa de compensado resinado 6mm (1.10 x 2.20m)	m²	42,00	9,01	378,42
3.8	Manta de PVC - Geomembrana (filme laminado flexível de PVC)	m²	36,00	10,00	360,00
3.9	Manta Geotêxtil não-tecido 100% poliéster com resistência a tração longitudinal mínima de 7kN/m	m²	36,00	3,73	134,28

Fonte: Própria autora.

Tabela 9 - Orçamento do projeto sustentável (continuação)

Nº	ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
3.10	Argila expandida	m³	3,40	178,66	607,44
<b>SUBTOTAL</b>					<b>5.402,66</b>
<b>4</b>	<b>ESQUADRIAS</b>				
4.1	Porta tipo ficha (0.60 x 2.10)m - rolada madeira mista	und	1,00	77,04	77,04
4.2	Porta tipo ficha (0.80 x 2.10)m - rolada madeira mista	und	5,00	70,00	350,00
4.3	Batente de madeira para porta de 1 folha - vão de até 0.90 x 2.10m (espessura: 35,00 mm/ largura: 140, 00 mm/ tipo de madeira: PEROBA/ perímetro: 5,40 m)	und	5,00	88,40	442,00
4.4	Janela tipo ficha madeira mista 1,60 x 1,20 m	und	6,00	54,60	327,60
4.5	Fechadura completa para porta externa em latão (encaixe: 40,00 mm/ extremidades testa e contra testa: RETAS/ tipo de fechadura: CILINDRO/ tipo de guarnição: ESPELHO/ tipo de maçaneta: ALAVANCA)	und	5,00	46,17	230,85
4.6	Dobradiça de ferro para porta - leve pino solto (largura: 2 1/2"/ altura: 3")	und	15,00	6,75	101,25
4.7	Dobradiça de latão tipo palmeira para janela (largura: 3 1/2")	und	18,00	6,35	114,30
4.8	Ferrolho latão	und	6,00	4,80	28,80
4.9	Lixa 100	und	12,00	0,80	9,60
4.10	Prego 16 x 24	Kg	5,00	6,70	33,50
4.11	Parafuso madeira cabeça chata fenda simples - zincado branco (comprimento: 90 mm/ diâmetro nominal: 6,10 mm)	und	96,00	0,27	25,92
4.12	Esmalte sintético	l	5,00	11,79	58,95
4.13	Aguarrás mineral	l	2,00	10,46	20,92
4.14	Fundo nivelador para madeira branco fosco	l	4,00	14,44	57,76
4.15	Cobogó Ante-chuva (50x40 cm)	und	3,00	4,21	12,63
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1.891,12</b>
<b>5</b>	<b>FOGÃO ECOLÓGICO</b>				
5.1	Chapa com 3 bocas	und	1	30	30,00
5.2	Cimento Portland	sc. 50Kg	0,5	22,50	11,25
5.3	Estrutura de Ferro	um	1	220	220,00
5.4	Massa refratária	Kg	50	0,7	35,00
5.5	Tijolo cerâmico furado	und	35	0,45	15,75
5.6	Tijolo refratário	und	70	1,9	133,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>445,00</b>
<b>6</b>	<b>INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS</b>				
6.1	Adaptador de 25x3/4"	und	3,00	0,50	1,50
6.2	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 20 mm	und	1,00	5,50	5,50
6.3	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 25 mm	und	1,00	5,50	5,50
6.4	Adaptador roscável com anel p/ caixa d'água de 40 mm	und	1,00	12,50	12,50
6.5	Adesivo para PVC - 75g	und	1,00	2,70	2,70
6.6	Bucha de redução de 25x20 mm	und	1,00	0,50	0,50
6.7	Caixa D'água 500 L	und	1,00	210,00	210,00
6.8	Calha em Zinco	m	10,00	7,40	74,00
6.9	Cano soldável 25 mm	m	6,00	20,00	120,00
6.10	Chuveiro PVC	und	1,00	3,30	3,30
6.11	Joelho 90° de 20 mm	und	2,00	0,40	0,80
6.12	Joelho 90° de 25 mm	und	8,00	0,50	4,00
6.13	Lixa 100	und	1,00	1,00	1,00
6.14	Registro de esfera de 3/4' metálico	und	1,00	12,86	12,86
6.15	Registro de pressão de 3/4'	und	1,00	7,50	7,50
6.16	Te 90° de 20 mm	und	4,00	0,50	2,00
6.17	Te 90° de 25 mm	und	3,00	0,70	2,10
6.18	Torneira de boia de 1/2"	und	1,00	5,00	5,00
6.19	Torneira de jardim de 1/2" - metálica de esfera	und	1,00	18,50	18,50
6.20	Torneira de parede para pia e lavatório - 1/2" - PVC	und	1,00	2,30	2,30
6.21	Tubo de descida e distribuição PVC 50 mm	m	10,00	11,67	116,70
6.22	Tubo de PVC de 20 mm	m	10,00	2,00	20,00
6.23	Tubo de PVC de 25 mm	m	26,00	3,33	86,58

Fonte: Própria autora.

Tabela 9 - Orçamento do projeto sustentável (continuação)

Nº	ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
<b>MATERIAL PARA CISTERNA DE PLACAS</b>					
6.24	Cimento	sc. 50Kg	16,00	22,50	360,00
6.25	Arame galvanizado Nº 14	Kg	12,00	7,98	95,76
6.26	Arame recozido nº 18	Kg	1,00	9,97	9,97
6.27	Ferro 6.3 CA 50	Kg	35,00	3,01	105,35
6.28	Areia lavada	m³	5,00	65,00	325,00
6.29	Brita 0 (GNAISSE)	m³	0,50	56,00	28,00
6.30	Cal hidratada	Kg	10,00	0,67	6,70
6.31	Tubo de PVC 75mm	m	12,00	7,83	93,96
6.32	Tê PVC 75mm	und	1,00	10,60	10,60
6.33	Joelho de PVC 75mm	und	3,00	4,83	14,49
6.34	Cadeado pequeno	und	1,00	9,70	9,70
6.35	Impermeabilizante (galão 3,6L)	galão	1,00	28,00	28,00
6.36	Calhas de Zinco - 0,30m de largura	m	10,00	7,40	74,00
6.37	Tampa de zinco com dobradiças e porta cadeado	und	1,00	30,00	30,00
6.38	Bomba de sucção manual	bomba	1,00	70,00	70,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>1.976,37</b>
<b>7</b>	<b>INSTALAÇÕES SANITÁRIAS</b>				
7.1	Assento para bacia sanitária	und	1,00	19,00	19,00
7.2	Bacia sanitária	und	1,00	115,00	115,00
7.3	Bucha de redução de 50x40 mm	und	1,00	2,00	2,00
7.4	Caixa de descarga externa de plástico	und	1,00	23,00	23,00
7.5	Caixa sifonada 100 mm	und	2,00	6,50	13,00
7.6	Fita veda rosca	und	1,00	2,65	2,65
7.7	Joelho 45° 40 mm	und	2,00	0,75	1,50
7.8	Joelho 45° 50 mm	und	1,00	1,85	1,85
7.9	Joelho 90° 100 mm	und	1,00	3,00	3,00
7.10	Joelho 90° 40 mm	und	8,00	0,60	4,80
7.11	Joelho 90° 50 mm	und	3,00	1,20	3,60
7.12	Junção 45° 100x50 mm	und	1,00	9,00	9,00
7.13	Junção 45° 50 mm	und	2,00	4,50	9,00
7.14	Lavanderia de cimento	und	1,00	29,60	29,60
7.15	Lavatório de louça	und	1,00	45,00	45,00
7.16	Ligação da caixa de descarga	und	1,00	6,50	6,50
7.17	Pia de cozinha em mármore sintético (1,20 x 0,60m)	und	1,00	26,00	26,00
7.18	Sifão para pia	und	2,00	6,50	13,00
7.19	Tubo de PVC 100 mm	m	5,00	12,17	60,85
7.20	Tubo de PVC 40 mm	m	7,50	4,67	35,03
7.21	Tubo de PVC 50 mm	m	9,50	5,13	48,74
7.22	Válvula para lavatório	und	1,00	2,00	2,00
7.23	Válvula para pia	und	2,00	2,00	4,00
<b>SUBTOTAL</b>					<b>478,11</b>
<b>8</b>	<b>INSTALAÇÕES ELÉTRICAS</b>				
8.1	Arame galvanizado 12BWG	m	3,00	0,55	1,65
8.2	Bengala em eletroduto de 32mm	und	1,00	2,80	2,80
8.3	Caixa para disjuntores com 3 módulos	und	1,00	6,30	6,30
8.4	Caixa para medidor monofásico	und	1,00	44,80	44,80
8.5	Caixa plástica 4"x2"	und	7,00	1,20	8,40
8.6	Caixa plástica 4"x4"	und	1,00	1,70	1,70
8.7	Cleat (pacote com 8 pares)	und	2,00	2,00	4,00
8.8	Curva 90° PVC 32 mm	und	2,00	1,20	2,40
8.9	Disjuntor monofásico de 20A	und	1,00	7,50	7,50
8.10	Eletroduto de PVC rígido de 32 mm	m	2,00	4,05	8,10
8.11	Eletroduto flexível 20mm	m	15,00	1,00	15,00
8.12	Fio 2,5 mm²	m	90,00	0,98	88,20
8.13	Interruptor 1 seção com espelho	und	2,00	3,30	6,60
8.14	Interruptor 2 seções com espelho	und	1,00	5,00	5,00
8.15	Interruptor simples de 1 seção + tomada 2P universais com espelho	und	2,00	4,85	9,70
8.16	Interruptor simples de 2 seções + tomada 2P universais com espelho	und	1,00	6,30	6,30

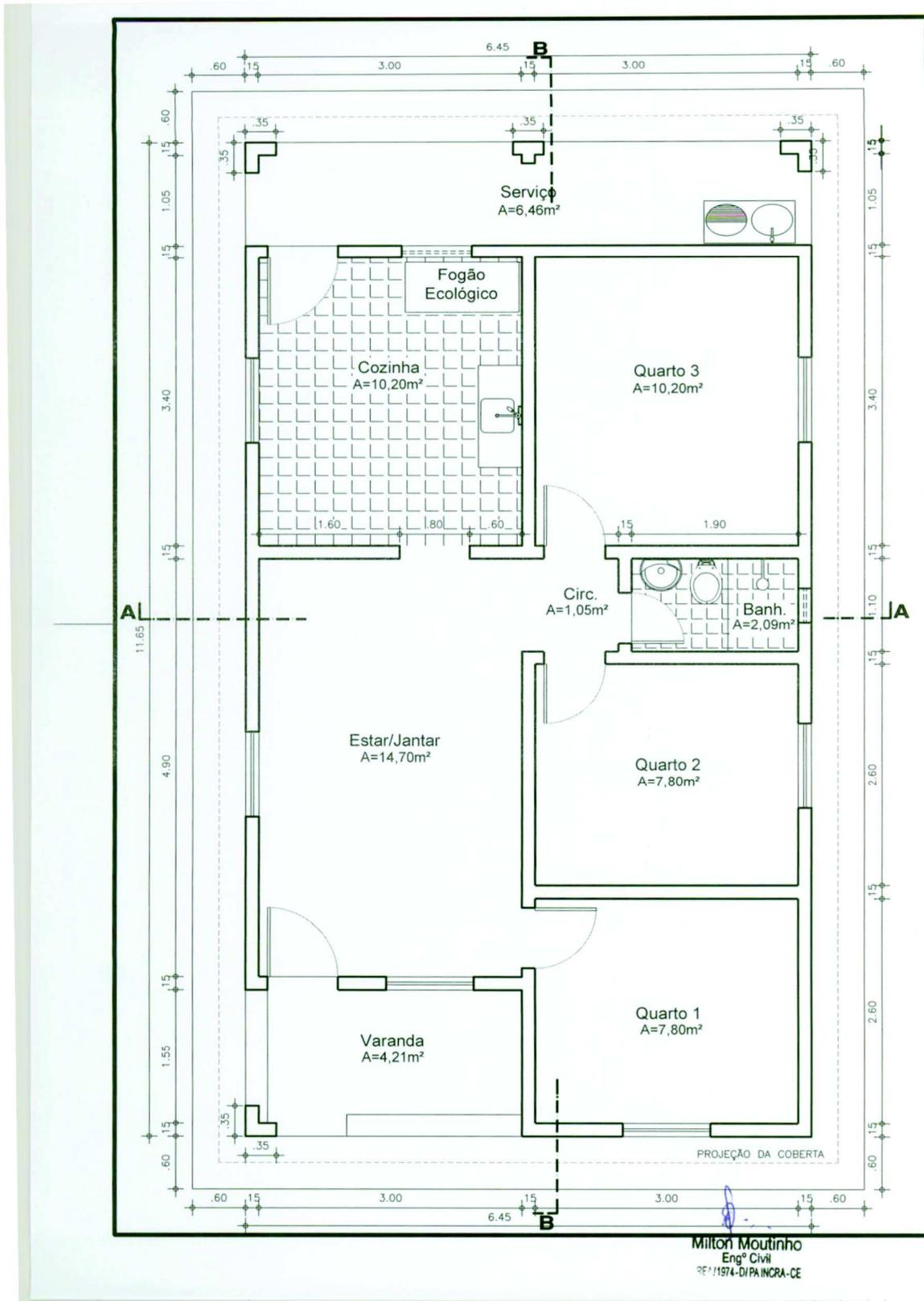
Fonte: Própria autora.

Tabela 9 - Orçamento do projeto sustentável (conclusão)

Nº	ITEM	UNID.	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	TOTAL (R\$)
8.17	Isolador de porcelana	und	1,00	3,97	3,97
8.18	Lâmpada Fluorescente (conjunto) 20W	und	7,00	8,60	60,20
8.19	Mini-poste	und	1,00	14,00	14,00
8.20	Parafuso galvanizado de 12cm x 16mm com porca e arruelas	und	1,00	1,87	1,87
8.21	Tomada 2P universal com espelho	und	1,00	5,75	5,75
<b>SUBTOTAL</b>					<b>304,24</b>
<b>TOTAL</b>					<b>23.265,70</b>

Fonte: Própria autora.

**ANEXOS A – HABITAÇÃO PARA ASSENTAMENTOS RURAIS SO CEARÁ –  
INCRA (2009)**



Fonte: INCRA (2009).

## ANEXO B - ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E METODOLOGIA DE EXECUÇÃO. HABITAÇÃO PARA OS ASSENTAMENTOS RURAIS DO CEARÁ. INCRA, 2009.



**INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO CEARÁ - SR (02)  
DIVISÃO DE DESENVOLVIMENTO - SR (02) D  
ENGENHARIA**

### ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS E METODOLOGIA DE EXECUÇÃO HABITAÇÕES PARA OS ASSENTAMENTOS RURAIS DO CEARÁ

#### 1. NORMAS GERAIS

- 1.1. A execução de todos os serviços contratados obedecerão rigorosamente às Normas especificadas a seguir.
- 1.2. Em caso de divergência entre o Contrato, as Especificações Técnicas e o Projeto Executivo, terá prioridade o Contrato, em segundo lugar as Especificações e em terceiro o Projeto; onde os mesmos são partes integrantes e inseparáveis do Contrato.
- 1.3. Todo material adquirido pelo CONTRATADO deverá ser obrigatoriamente de acordo com os requisitos das Especificações, sendo vetado o uso de materiais improvisados ou peças adaptadas em substituição ao tecnicamente indicado.
- 1.4. No caso de impossibilidade da aplicação do material discriminado nestas Especificações ou modificação nos Projetos, caberá ao CONTRATADO submeter em tempo hábil, uma ou mais opções, ao Setor de Engenharia do INCRA, que concordará ou não com a solução apresentada por escrito.
- 1.5. Ficarão o CONTRATADO obrigado a demolir e refazer todo e qualquer trabalho rejeitado pela Fiscalização, até 72 horas após o recebimento da notificação respectiva, correndo por sua conta todas as despesas de demolição e reconstrução.
- 1.6. Serão impugnados pela Fiscalização todo e qualquer trabalho que não satisfaça as condições contratuais.
- 1.7. O INCRA manterá nas obras Engenheiros e prepostos seus, com autoridade para exercer em seu nome, toda e qualquer ação de orientação geral, controle e fiscalização das obras e serviços de engenharia.
- 1.8. A relação entre o INCRA e o CONTRATADO, e vice-versa, serão mantidas por intermédio da Fiscalização.
- 1.9. À Fiscalização é assegurada o direito de ordenar a suspensão das obras e serviços no caso do não cumprimento das exigências contratuais. Fica o CONTRATADO sujeito as penalidades do contrato, no caso do não cumprimento das exigências da Fiscalização no prazo determinado.
- 1.10. É o CONTRATADO obrigado a retirar da obra de imediato após o recebimento da Comunicação da Fiscalização, qualquer empregado, tarefeiro, operário ou subordinado seu que, a critério da Fiscalização, venha demonstrar conduta inconveniente ou incapacidade técnica.
- 1.11. É o CONTRATADO obrigado a facilitar meticulosa fiscalização dos materiais e execução das obras e serviços.
- 1.12. Todos os casos omissos e dúvidas referentes aos Projetos ou Especificações só poderão ser resolvidas pela Fiscalização.

#### 2. SERVIÇOS PRELIMINARES

##### 2.1 - Limpeza do Terreno

- 2.1.1. Ficarão a cargo do CONTRATADO a limpeza total do terreno onde será edificada a obra, sendo retirado todo e qualquer entulho existente, inclusive qualquer vestígio de material orgânico (raízes, tocos de árvores, etc.). Deverá ser procedida periodicamente remoção de todo o entulho e detritos que venham acumular-se no terreno, no decorrer da Obra.
- 2.1.2. A limpeza deverá ser feita também numa faixa de 5m limitrofes em torno da obra, em toda a sua extensão.

##### 2.2 - Materiais

- 2.2.1. No canteiro de obra, os agregados (areia, pedra, brita, etc) não poderão apresentar substâncias nocivas, tais como torrões de argila, matéria orgânica, etc.
- 2.2.2. O cimento deverá ser armazenado em local suficientemente protegido das intempéries (chuvas, neblinas, etc), umidade do solo e outros agente nocivos às suas qualidades. Utilizar somente cimento Portland "Poly", "Zebu" ou "Nassau", CP 32.

#### 3. FUNDAÇÕES

##### 3.1. Nivelamento e Locação

- 3.1.1. A locação será feita por meios topográficos ou manuais (trena, prumo, gabarito, esquadro), de acordo com o Projeto de Situação/Locação, sendo o CONTRATADO responsável por erro de alinhamento, cota de nível, ficando sob sua responsabilidade qualquer demolição e reconstrução dos serviços que a Fiscalização julgar como imperfeitos.
- 3.1.2. Deverão as paredes, depois de concluídas, reproduzirem planimetricamente o paralelismo e perpendicularismo recíproco tal como apresentado em planta (estar em esquadro ou 90°).

##### 3.2. Movimento de Terra

##### 3.2.1. Preparo do Terreno

- 3.2.1.1. O CONTRATADO executará todo o movimento da terra necessário e indispensável ao nivelamento do terreno, obedecendo rigorosamente as cotas previstas no Projeto.
- 3.2.1.2. As áreas externas, mesmo quando não perfeitamente caracterizadas em plantas, deverão ser regularizadas de forma a permitir, sempre fácil acesso e perfeito escoamento das águas superficiais.

##### 3.2.2. Escavação

- 3.2.2.1. Os serviços de escavação visam a retirada de solo de um dado terreno a fim de atingir a profundidade ou a cota necessária a execução de uma determinada construção.
- 3.2.2.1. As cavas de fundação de pedra terão largura de 30cm e profundidade de 50cm.
- 3.2.2.2. No caso de as cavas de fundação não encontrarem terreno uniforme e firme na profundidade especificada, deverá ser consultada a Fiscalização o técnico do INCRA responsável, que definirá a possibilidade de análise do solo ou majoração da mesma. DEVERÃO SER TOMADAS TODAS AS PRECAUÇÕES PARA GARANTIR A ESTABILIDADE E A SEGURANÇA DA OBRA.
- 3.2.2.3. O fundo das cavas de fundação deverá ser devidamente molhado a fim de serem localizadas possíveis raízes, formigueiros, etc. não aflorados. Também deverá ser regularizado e apoiado sempre na horizontal.

### 3.2.3. Aterro e reaterro

3.2.3.1. Os trabalhos de aterro e reaterro deverão ser executados com materiais escolhidos, areia ou terra sem detritos vegetais ou matéria orgânica.

3.2.3.2. O apiloamento deverá ser em camadas sucessivas de no máximo 20 cm, convenientemente molhadas, para perfeita consolidação, de modo a serem evitadas posteriores fendas, trincas e desníveis, por recalque, das camadas aterradas.

3.2.3.3. Após a execução da fundação, deverá ser feito pelo CONTRATADO, o reaterro das cavas com apiloamento e remoção ou espalhamento da terra excedente.

### 3.3. Fundações

3.3.1. As fundações serão do tipo rasa, direta e corrida.

3.3.2. Para sua execução serão utilizadas alvenaria de pedra de mão (20 a 30cm de diâmetro, cada) com 30cm de largura e 50cm de profundidade (dimensões mínimas), executadas abaixo do nível do solo, arrematadas por baldrame, devendo ser rejuntado com argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:4.

3.3.3. Antes de serem implantadas as fundações, deverá ser feito um apiloamento para regularização do terreno.

3.3.4. O fundo da vala deverá ser abundantemente molhado com a finalidade de localizar possíveis elementos estranhos (raízes, formigueiros, etc.) não aflorados que serão identificados por percolação das águas, e após isso, deverá ser fortemente apiloado.

### 3.4. Baldrame

3.4.1. O baldrame será de tijolo maciço (20 x 10 x 5cm) dobrado, 1 vez, executado acima do nível do solo, devendo atingir uma cota mínima de 20cm acima do nível do terreno, para evitar infiltrações e alagamentos. Seu rejunte será com argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:4.

### 3.5. Cinta de Impermeabilização

3.5.1. Sobre o baldrame, quando as condições do terreno forem desfavoráveis, deverá ser executada, uma cinta de concreto armado no traço 1:2:4 com dimensões mínimas de 10 x 10cm, armada com dois ferros  $\varnothing$  6,3mm na parte inferior e dois ferros  $\varnothing$  1/4" na parte superior, com estribos  $\varnothing$  5mm a cada 25cm. As emendas deverão ter um traspasse de no mínimo, 40cm, amarrados com arames recozido nº. 18.

3.5.2. O ambiente Estar/Jantar deverá receber na parte superior de suas paredes uma cinta de seção e armadura semelhantes à cinta de impermeabilização, funcionando como cinta de amarração, aumentando a estabilidade das respectivas paredes.

## 4. VEDAÇÕES

4.1. Sobre os vãos das portas e janelas devem existir vergas de concreto armado. Estas devem ser executadas no traço 1:2:4, respectivamente, cimento, areia grossa e brita, com dois ferros de 6,3mm (espessura mínima) e seção transversal 0,10m x 0,10m. Seu comprimento esta relacionado ao do seu respectivo vão, somando-se ainda um sobrepasso de 20cm para cada lado, estando apoiados nas alvenarias.

## 5. ALVENARIA

### 5.1. Alvenaria de Vedação

5.1.1. As alvenarias de elevação serão executadas com tijolos cerâmicos furados (19 x 19 x 9cm), ½ vez, rejuntados com argamassa de cimento e areia vermelha no traço 1:6. As espessuras indicadas em Projeto referem-se as paredes depois de revestidas.

5.1.2. Os tijolos serão assentados formando fiada perfeitamente nivelada, aprumada e alinhada, com junta, de no máximo 1,5cm de espessura formando linhas horizontais contínuas e verticais descontinuas.

5.1.3. Sobre a alvenaria de elevação, quando as condições do terreno forem desfavoráveis, deverá ser executada, uma cinta de concreto armado no traço 1:2:4 com dimensões mínimas de 10 x 10cm, armada com dois ferros  $\varnothing$  10,0mm na parte inferior e dois ferros  $\varnothing$  6,3mm na parte superior, com estribos  $\varnothing$  5mm a cada 20cm. As emendas deverão ter um traspasse de no mínimo 40cm, amarrados com arames recozido nº. 18.

5.1.4. Quando existir Projeto de Instalações, toda tubulação embutida nas paredes deverá ser envolvida em seu perímetro, com argamassa de cimento e areia no traço 1:3.

5.1.5. Os vãos das portas e janelas, que deverão possuir vergas de concreto armado, poderão ser pré-fabricadas.

5.1.6. Deverão ser colocados tufo de madeira com 2,5 cm de espessura no mínimo para fixação dos forramentos, sendo três pregos de ripa na face superior e inferior e assentados na argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:3.

### 5.2. Elementos Vazados (Cobogós)

5.2.1. A execução dos painéis e elementos vazados (cobogós) seja de cerâmica, tipo "cianinha" ou de concreto, tipo industrial (sol/chuva), será procedido com particular cuidado e perfeição, por profissionais especializados nesse serviço e nos locais indicados no Projeto.

5.2.2. Para o assentamento de cobogós será empregada a argamassa de cimento e areia grossa sem peneirar no traço 1:3.

5.2.3. Os elementos serão cuidadosamente aprumados a fio de prumo. As fiadas serão perfeitamente retas e niveladas com nível de bolha.

5.2.4. Não será tolerada qualquer torção, desnível, desaprumo dos elementos vazados, nem qualquer sinuosidade nas juntas verticais e horizontais.

5.2.5. A espessura visível das juntas deverá ser perfeitamente uniforme, cerca de 1,5cm.

### 5.3. Fogão Ecológico

5.3.1. As especificações técnicas referentes à construção do Fogão Ecológico encontram-se em anexo.

## 6. COBERTURA

### 6.1. Estruturas de Madeira

6.1.1. Todo o madeiramento que compõe a cobertura será executado em madeira de lei (de boa procedência e qualidade, entendida como aquela que não ofereça danos à segurança do usuário), tais como, maçaranduba, muiracatiara, angelim, cumarú, etc., de boa qualidade isenta de quaisquer imperfeições, como rachaduras, lascas, outros defeitos e perfeitamente desempenada e secas.

6.1.2. No madeiramento da cobertura serão utilizadas as peças com as seguintes dimensões:

- Linhas de 6cm x 12cm (para vãos menores e iguais a 3,50m);
- Caibros de 5cm x 2,5cm (afastamento médio de 40cm);
- Ripas de 5cm x 1,5cm (afastamento médio de 40cm para o meio e 31cm para o beiral).

## 6.2. Telhamento em Telha Cerâmica

6.2.1. O telhamento será com telha de barro tipo canal, com uma inclinação mínima variando de 25 a 30%, e um consumo médio por metro quadrado de 26 a 32 unidades, onde se exige um perfeito alinhamento.

6.2.2. As telhas deverão ter um traspasso ideal para evitar goteiras.

6.2.3. Não serão aceitas telhas de barro que se apresentarem furadas, sujas, com quaisquer imperfeições ou fissuradas.

6.2.4. A Cumeeira e as últimas fiadas deverão ser emboçadas com argamassa 1:2,8.

## 7. ESQUADRIAS E FERRAGENS

### 7.1. Esquadria de Madeira

7.1.1. As esquadrias deverão obedecer rigorosamente, quanto à sua localização, tipologia, dimensões, quantitativo e execução, a indicação do quadro de esquadrias do projeto arquitetônico e respectivos desenhos de detalhes construtivos.

7.1.2. As portas e janelas devem ser em madeira de lei (madeira mista), com espessura mínima de 2,0cm. Toda madeiramento empregado deverá ser devidamente aplainado, seco, lixado e isento de defeitos que comprometam sua finalidade, não sendo aceitas peças que tiverem rachaduras, nós, escoriações, falhas, empenamentos, emendas e desigualdade de madeira e nem defeito de fabricação.

7.1.3. Seus respectivos forramentos e caixas devem seguir o padrão da madeira, com 2,0cm de espessura e 10,0cm de largura.

7.1.4. A fixação desses componentes será nas paredes, através de ganchos de ferros ou pregos, utilizando-se uma argamassa de cimento e areia com traço de 1:3.

### 7.2. Ferragens

7.2.1 - Nas portas com altura de até 2,10 m serão usadas dobradiças de 3" x 2 1/2" em ferro cromado, sendo 3 por folha.

7.2.2 - Nas portas a partir de 2,10 m serão usadas dobradiças em ferro cromado sendo 3 por folha.

7.2.3 - Nas janelas serão usadas dobradiças de 3" x 2 1/2" em ferro cromado, sendo duas por folha. Os ferrolhos serão de 5".

7.2.4 - As maçanetas das portas, salvo condições especiais, serão localizadas a 1,05 m do piso acabado.

## 8. REVESTIMENTO

### 8.1. Disposições Gerais

8.1.1 - Os revestimentos deverão apresentar parâmetros perfeitamente desempenados, aprumados, alinhados e nivelados e as arestas serão vivas e desfeitas.

## 8.2. Chapisco

8.2.1 - Todas as alvenarias de tijolos cerâmicos devem ser revestidas interna e externamente com chapisco de argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:3, com espessura mínima de 5,0mm.

## 8.3. Reboco

8.3.1 - Após o terminado o chapisco e a colocação dos peitoris e forramentos e antes do assentamento dos alizares e rodapés, é feito o reboco nas alvenarias interna e externas.

8.3.2 - O reboco terá espessura mínima de 1,5cm de argamassa de cimento e areia peneirada no traço 1:6. Será esponjado e nunca alisado a colher.

8.3.3 - O reboco será regularizado e desempenado à régua e desempenadeira, devendo apresentar aspecto uniforme, não podendo ser tolerada qualquer ondulação e desigualdade de alinhamento na superfície.

## 8.4. Revestimento Cerâmico

8.4.1. Todas as cerâmicas serão de boa qualidade, assentadas nos locais indicados no projeto arquitetônico e respeitando as dimensões e formatos indicados.

8.4.2. Antes de serem assentadas, as cerâmicas deverão ser imersas em água limpa durante 24 horas, no mínimo. Ao fim desse prazo serão retiradas e, deixando-se escorrer o excesso de água que as recobre até que desapareça o brilho da lâmina sobre a face não vitrificada.

8.4.3. As paredes que forem receber cerâmicas serão emboçadas com argamassa de cimento e areia fina no traço 1:6.

8.4.4. As paredes deverão ser suficientemente molhadas, no momento do assentamento das cerâmicas.

8.4.5. A argamassa de assentamento será de cimento e areia fina no traço 1:3.

8.4.6. A colocação das cerâmicas será feita de modo a serem obtidas juntas de espessuras constantes, não superior a 2 mm.

8.4.7. O rejuntamento será feito com pasta de cimento branco no traço 1:3.

8.4.8. As cerâmicas cortados para passagem de peças de instalações não devem apresentar rachaduras nem emendas.

8.4.9. Toda tubulação embutida na parede deverá ser feita antes do reboco pronto; o teste de vazamento da instalação hidráulica e sanitária antes do assentamento do piso.

8.4.10. Quando não indicado no Projeto, as cerâmicas deverão ser executados até uma altura mínima de 1,60m.

## 9. PINTURA

9.1. As superfícies a serem pintadas serão cuidadosamente limpas e preparadas para cada tipo de pintura a que se destinam.

9.2. As superfícies deverão estar secas e isentas de pó durante a pintura.

9.3. As superfícies só poderão ser pintadas quando perfeitamente enxutas.

9.4. As paredes internas terão 3 demãos de cal ou hidrator.

- 9.5. As paredes externas terão mesma pintura que a interna.
- 9.6. As esquadrias de madeira serão emassadas e lixadas antes de iniciar a pintura.
- 9.7. Aplicar 2 demãos de esmalte depois de aplicado o fundo branco.

## 10. PAVIMENTAÇÃO

- 10.1. Todo solo aterrado será nivelado, aguado e bem apiloado em camadas não superior a 0,20 m de modo a constituir uma infra-estrutura de resistência uniforme.
- 10.2. Em toda a área do piso deverá ser executado lastro de contra piso em tijolo maciço (20 x 10 x 5) devidamente rejuntado com traço de 1:3 ou concreto simples com 6,0cm de espessura no traço 1:3:6.
- 10.3. O contrapiso terá espessura de 5,0cm, sendo executado com material de boa qualidade, devidamente umedecido e compactado (metralha ou piçarra). Em seguida, deve-se cobri-lo com uma camada de argamassa de cimento e areia grossa para acomodação com um traço de 1:6.
- 10.3. O piso será executado sobre o contrapiso, sendo do tipo cimentado queimado (liso) com espessura mínima de 2,0 cm, no traço de 1:3 de cimento e areia grossa peneirada.
- 10.4. Todo cimentado deverá ter uma declividade mínima, a fim de possibilitar um bom escoamento de líquidos.
- 10.5. No caso de utilização de cerâmicas, estas devem ser assentadas sobre uma camada de argamassa de cimento e areia grossa no traço 1:3. Antes de serem assentadas deverão ser imersos em água durante 24 horas.
- 10.6. Nas áreas sujeitas a lavagens constantes, o piso terá uma declividade de 2,0% , para perfeito escoamento das águas em direção aos ralos, portas etc.
- 10.7. As calçadas de contorno serão executadas da mesma forma do piso interno e seu acabamento será em cimento áspero com espessura mínima de 2,0cm no traço 1:3 de cimento e areia grossa, onde serão riscadas a cada 60cm. A calçada de contorno terá largura padronizada em 60cm.

## 11. INSTALAÇÕES HIDROSANITÁRIAS

### 11.1. Instalações Hidráulicas

- 11.1.1. A tubulação hidráulica será executada em tubo de PVC soldável, tendo o ramal de alimentação domiciliar um diâmetro mínimo de 3/4", e as tubulações para cada ponto/aparelho localizado terão um diâmetro mínimo de alimentação de 1/2".
- 11.1.2. As conexões deverão ser em PVC soldável e conectadas a tubulação através de Adesivo.
- 11.1.3. As canalizações de distribuições de água nunca serão inteiramente horizontais, devendo apresentar declividade mínima de 2,0% no sentido do escoamento.
- 11.1.4. As ferragens serão de fabricação de boa qualidade.
- 11.1.5. As tubulações das instalações deverão ser verificadas quanto a sua posição, bem como feito os testes de vazamento, antes do início do revestimento.
- 11.1.6. Será executada ou adquirida uma caixa d'água para atender o consumo residencial com capacidade de 500 litros.

## 11.2. SANITÁRIAS

- 11.2.1. As tubulações serão executadas em tubo de PVC soldável nas seguintes bitolas:
- A ligação da bacia sanitária para a caixa de inspeção e a fossa será de 100mm;
  - As outras instalações terão bitola de 1 1/2" ou 40 mm;
- 11.2.2. As conexões serão de marcas idênticas e conectadas através de adesivo;
- 11.2.3. No box do banheiro será obrigatório o ralo plástico sifonado.
- 11.2.4. As caixas de gordura terão que ser sifonadas.
- 11.2.5. As canalizações de distribuições deverão apresentar declividade mínima e 2,0% no sentido do escoamento.
- 11.2.6. As louças serão de boa marca e qualidade.
- 11.2.7. A tubulação de ventilação será em PVC soldável de 40 mm, sendo exigido um trasparse de 30 cm acima do telhado.
- 11.2.8. As tubulações das instalações sanitárias deverão ser verificadas quanto a sua posição, bem como, feito os testes de vazamento antes do início da pavimentação.

## 11.3. Detalhamento das Peças e Equipamentos

### 11.3.1. Banheiro

- 01 Vaso sanitário de louça, auto sifonado, padrão popular;
- 01 Caixa de descarga de sobrepor de plástico, externa e com volume de 9 litros;
- Ralo sifonado;
- 01 Chuveiro de plástico;
- 01 Lavatório de louça em tamanho médio, simples e padrão popular.

### 11.3.2. Cozinha

- 01 Pia em mármore sintético, com 1,20m de comprimento por 0,50m de largura, assentada sobre paredes de alvenaria de 1/2 vez, no bordo livre é encaixada em 5cm na alvenaria de elevação, do outro lado;
- Caimento das águas servidas para a fossa.

### 11.3.3. Área de Serviço

- Tanque pré-moldado de cimento, apoiado em alvenaria de 1/2 vez.

## 12. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

- 12.1. A execução das instalações elétricas obedecerá rigorosamente ao respectivo projeto elétrico, especificações e detalhes, bem como as Normas Técnicas da ABNT, para que venha preencher satisfatoriamente às condições de utilização e durabilidade.
- 12.2. A Instalação Elétrica só será aceita, quando entregue em perfeita condição de funcionamento e ligada à rede da Empresa fornecedora de energia local, ficando por conta do CONTRATADO todas as despesas referentes às previstas na legislação em vigor.
- 12.3. A tubulação deverá ser executada em PVC embutida na parede até a coberta.
- 12.4. A descida de fiação pelas paredes até interruptores e tomadas, deverá ser feita dentro de eletrodutos de plástico na bitola permitida para o número de fios (mínima de 1/2").

- 12.5. O diâmetro da fiação não deverá ser inferior a 14 AWG (600 V).
- 12.6. Todos os condutores correrão embutidos nas paredes e serão aparentes quando aéreos, fixados por cleat's de louça ou similar.
- 12.7. Os interruptores e tomadas serão do tipo universal (padrão do Programa Luz para Todos).
- 12.8. Os interruptores ficarão a 1,10m do piso e as tomadas a 0,40m. Somente a tomada que fica sobre o balcão da cozinha quando for o caso, esta ficará com 1,30m do piso.
- 12.9. Os quadros distribuição e os de medição deverão obedecer rigorosamente os padrões da concessionária de energia elétrica local COELCE.
- 12.10. Todos os compartimentos terão no mínimo, uma tomada e um ponto de luz. Nos compartimentos acima de 15m<sup>2</sup> terão um ponto de luz e para cada 15m<sup>2</sup> ou fração, um ponto de luz e uma tomada.
- 12.11. Toda tubulação deverá ser verificada quanto a sua posição, antes do início do revestimento.

### 13. DIVERSOS

#### 13.1. Conjunto Fossa Sumidouro

- 13.1.1. As dimensões da fossa séptica serão de no mínimo de 2,00 x 1,00 x 1,50m em alvenaria revestida com tampa de concreto armado e do sumidouro de 1,00 x 1,00 x 1,50m devidamente vazada e sem fundo com tampa de concreto armado com os elementos destinados a disposição do efluente.
- 13.1.2. Sua localização, dimensão e detalhes construtivos deverão ser de acordo com o respectivo projeto, obedecendo às inclinações do terreno.
- 13.1.2. O nível do fundo do sumidouro deverá ficar, no mínimo, 1,00m acima do lençol freático.

#### 13.2. LIMPEZA GERAL

- 13.2.1. A obra deverá ser entregue totalmente limpa, devendo as instalações e aparelhos estar em perfeito funcionamento, com as instalações ligadas às redes públicas, ficando o seu custo por conta do construtor (quando for o caso). As áreas externas da obra deverão estar limpas sendo removido todo o tipo de entulhos por acaso existente. Todos os serviços deverão ser examinados pelo Engenheiro Fiscal, que constará se os mesmo foram executados de acordo com as Especificações e Projeto.

Fortaleza, 30 de setembro de 2009.

  
**Milton Daniel Moutinho de Assunção**  
Engenheiro Civil/INCRA/CE  
CREA 1974-D/CE