



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
ESCOLA POLITÉCNICA  
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL URBANA**

**CARLA CARVALHO SIMÕES**

**CONFORTO AMBIENTAL COMO PARÂMETRO PARA CONSTRUÇÃO  
DE NOVAS HABITAÇÕES RURAIS NA REGIÃO DO MÉDIO SÃO  
FRANCISCO, SEMIÁRIDO BAIANO**

Salvador  
2009

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**CARLA CARVALHO SIMÕES**

**CONFORTO AMBIENTAL COMO PARÂMETRO PARA CONSTRUÇÃO  
DE NOVAS HABITAÇÕES RURAIS NA REGIÃO DO MÉDIO SÃO  
FRANCISCO, SEMIÁRIDO BAIANO**

Dissertação apresentada ao Mestrado de Engenharia Ambiental Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, na área de concentração Engenharia Ambiental Urbana e na linha de pesquisa Produção e Gestão do Ambiente Construído.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Telma Côrtes Q. Andrade  
Co-orientador: Prof. Dr. Emerson de A. e M. Ferreira

SALVADOR  
2009

---

Simões, Carla Carvalho

Conforto Ambiental como Parâmetro para Construção de  
Novas Habitações Rurais no Região do Médio São Francisco,  
Semiárido Baiano / Carla Carvalho Simões. – Salvador, 2009.

166 f. : il. color.

Orientador: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Telma Côrtes Q. Andrade

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia.  
Escola Politécnica, 2009.

1. Habitação popular. 2. Conforto humano. 3. Arquitetura -  
Projetos e plantas. 4. Habitações - Projetos e construção. I.  
Andrade, Telma Côrtes Q. II. Universidade Federal da Bahia.  
III. Título.

---

CARLA CARVALHO SIMÕES

CONFORTO AMBIENTAL COMO PARÂMETROS PARA CONSTRUÇÃO DE  
NOVAS HABITAÇÕES RURAIS NA REGIÃO DO MEDIO SÃO FRANCISCO,  
SEMIÁRIDO BAIANO

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental Urbana.

Salvador, 15 de dezembro de 2009

Banca Examinadora:

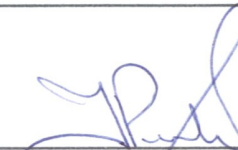
Profa. Dra. Telma Côrtes Quadros Andrade  
Universidade Federal da Bahia –UFBA



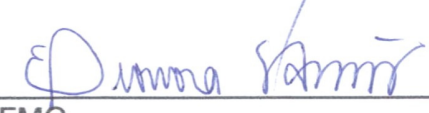
Prof. Dr. Emerson de Andrade Marques Ferreira  
Universidade Federal da Bahia –UFBA



Profa. Dra. Ilce Marília Dantas Pinto de Freitas  
Universidade Federal da Bahia –UFBA



Profa. Dra. Eleodora Sad de Assis  
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG



A

Yára, minha mãe, por me apoiar sempre.

Augusto, Rodrigo e Carolina, filhos queridos, por estarem sempre comigo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu avô que está no céu olhando por mim e me inspirando todos os dias.

Aos meus pais por terem me ensinado a não parar nunca, continuar aprendendo sempre, trilhando novos caminhos com determinação e perseverança.

Aos meus filhos por serem a razão da minha vida, pela compreensão e paciência nos momentos difíceis.

A amiga Ronilza pelas reflexões, revisões de texto e firmeza nas horas mais difíceis.

A Telma, orientadora e amiga, pessoa fundamental na minha escalada profissional e crescimento pessoal.

A Jussana, por não ter me deixado esquecer que sou arquiteta.

Ao Núcleo Interdisciplinar de Estudos sobre o Semi-Árido (NIEAIS), coordenado pelo professor Dr<sup>o</sup> Aurélio Lacerda, ao Núcleo de Estudos Ambientais e Rurais (NUCLEAR), coordenado pela professora Dr<sup>a</sup> Lídia Cardel, e Grupo de Estudo sobre Agricultura Familiar, coordenado pelo professor Dr<sup>o</sup> Vitor Athaide por viabilizarem a pesquisa de campo.

A vida pode mudar a arquitetura.  
No dia em que o mundo for mais justo,  
ela será mais simples.

Oscar Niemeyer



SIMÕES, Carla Carvalho. *CONFORTO AMBIENTAL COMO PARÂMETRO PARA CONSTRUÇÃO DE NOVAS HABITAÇÕES RURAIS NA REGIÃO DO MÉDIO SÃO FRANCISCO, SEMIÁRIDO BAIANO* 166f. il. 2009. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2009.

## RESUMO

A pesquisa investiga a aplicação de estratégias de conforto ambiental como parâmetros construtivos em um modelo icônico de casa estável para novas habitações no meio rural do Distrito dos Brejos, município de Barra, região do médio São Francisco, semiárido baiano. A partir da análise das variáveis climáticas e das tipologias construtivas da região, foi possível identificar parâmetros e diretrizes para concepção de um modelo de casa estável para novas habitações. O presente trabalho descreve com um olhar tecnológico, uma nova concepção de projeto pelo qual se considera os fluxos de materiais e energia, compatibilizando com outros enfoques sociais, econômicos, culturais e ambientais. Esse trabalho envolve inclusive a reeducação ambiental e a qualificação da mão de obra, formal e informal de seus usuários e construtores em mutirão. Foram empregadas análises de soluções tecnológicas aplicáveis as habitações da região do estudo de caso, associada a um diagnóstico climático considerado fundamental para determinar estratégias bioclimáticas. O resultado obtido na pesquisa é um modelo virtual de casa estável, adaptada ao meio ambiente externo, para estudos tridimensionais das especificidades dos locais onde novos projetos de habitação e assentamentos serão implantados. Através de modelo 3D e animações simuladas em ambientes computacionais, essa pesquisa revelou ainda a viabilidade de estudos tridimensionais em modelos virtuais como ferramenta capaz de testar a aplicação de soluções tecnológicas que contemplam diretrizes climáticas e os parâmetros construtivos propostos como forma de contribuir para as estratégias de desenvolvimento da sociedade local.

**Palavras chave:** diretrizes bioclimáticas, parâmetros construtivos, modelo icônico, casa estável, novas habitações no meio rural.

SIMÕES, Carla Carvalho. ENVIRONMENTAL COMFORT AS BENCHMARK FOR CONSTRUCTION OF NEW HOUSING AREAS IN THE MIDDLE SÃO FRANCISCO, semi BAIANO 166f. il. 2009. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, 2009

## **ABSTRACT**

The research investigates the implementation of strategies for environmental comfort parameters such as building a model of iconic stable home for new housing in a rural areas of a small district in the middle region of São Francisco, in the State of Bahia-Brazil. Analyzing the climatic variables and the building typologies of the region, it was possible to identify parameters and guidelines for designing a stable model home environment for new housing. This study describes a new conception of home design based on a technological view, considering materials and energy flow, as well as social, economic, cultural and environmental issues. This work also involves the rehabilitation and environmental qualification of the workforce, formal and informal users and also builders in joint effort. Different technological solutions were tested in the home design of the case study, and a preliminary investigation about the climate was realized in order to establish the bioclimatic strategies. The result obtained in this research was a virtual model of stable house, adapted to the aggressive external environment of the rural area. This model could be used for three-dimensional studies of specific sites where new housing projects and settlements may be implemented. This research also shows the feasibility to develop studies in a three-dimensional virtual model as a tool able to test the application of technological solutions, considering climate guidelines and building parameters proposed in this work, as a contribution to establish strategies for the development of the local society.

**Keywords:** bioclimatic guidelines, parameters constructive iconic model, stable home, new housing in rural areas.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura	1	Localização do Estudo de Caso	18
Fotografia	1	Sede do Distrito Projeto Brejos da Barra	21
Quadro	1	Dados Climáticos	56
Figura	2	Déficit Habitacional	25
Fotografia	2	Moradias Brejeiras, Barra/Bahia	79
Quadro	2	Ventilação e Salubridade	58
Figura	3	Déficit Habitacional em relação ao total de domicílios	26
Fotografia	3	Novas moradias, Barra/Bahia	80
Quadro	3	Interação de Elementos Construtivos	57
Figura	4	Área de Limitação Hídrica no Mundo	32
Fotografia	4	Ampliação das Casas, Barra/Bahia	81
Figura	5	Delimitação do Semi-Árido Brasileiro	33
Fotografia	5	Ampliação das Casas, Barra/Bahia	82
Figura	6	Mapa de Climas do Brasil	47
Figura	7	Troca de Calor do Corpo Humano	51
Figura	8	Croqui exemplo de uma Zona Um da Permacultura	64
Figura	9	Geometria da Insolação	76
Figura	10	Geomorfologia do Estado da Bahia	94
Figura	11	Planta baixa do Projeto da Casa Estável	103
Figura	12	Valores de radiação solar – solstício de verão	106
Figura	13	Simulação para a data de 21 de janeiro	107
Figura	14	Valores de radiação solar – solstício de inverno	108
Figura	15	Simulação para a data de 21 de junho	109

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Produtividade das prensas para solo estabilizado	44
Tabela 2	Critérios para seleção de solos	46
Tabela 3	Limites especificados para controle de qualidade de tijolos de solo cimento	47
Tabela 4	Classificações Climáticas	48
Tabela 5	Escalas de sensações térmicas	53
Tabela 6	Normais climatológicas na interface do Programa VAFF	84
Tabela 7	Indicadores de Mahoney	85
Tabela 8	Triângulo de Conforto de Evans – dados	86
Tabela 9	Triângulo de Conforto de Evans – diagrama	87
Tabela 10	Carta Bioclimática – Olgyay	88
Tabela 11	Diagrama Psicrométrico	89

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland.
ABCTerra	Associação Brasileira dos Construtores em Terra;
ABMTENC	Associação Brasileira de Materiais e Tecnologias não Convencionais;
AT	Amplitude Térmica
CEPED	Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia;
CINVA	Centro Interamericano de Vivienda y Planejamento
CRATerre-EAG	<i>Center for the Research and Application of Earth Architecture</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
FJP	Fundação João Pinheiro
FAPESB	Fundação de Amparo de Pesquisa do Estado da Bahia
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INAP-G	Instituto Nacional Agrônômico Paris-Grignon
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NIEAIS	Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Ações Integrados no Semiárido
NUCLEAR	Núcleo de Estudos Ambientais e Rurais
OMM	Organização Meteorológica Mundial
ONG	Organização Não Governamental
ONU	Organizações das Nações Unidas
PBQP-H	Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Hábitat
PEHIS	Política Estadual de Habitação de Interesse Social
PMV	<i>Predicted Mean Vote</i>
RM	Região Metropolitana
SEDUR	Secretaria de Desenvolvimento Urbano
T	Temperatura
VAFF	Víctor Armando Fuentes Freixanet
VME	Voto Médio Estimado

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	14
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.1.1	<b>Caracterização do Sítio do Projeto</b>	16
1.1.2	<b>Tipologias construtivas da região</b>	21
1.1.3	<b>Arquitetura e o espaço construído</b>	22
1.1.4	<b>O déficit habitacional</b>	24
1.2	OBJETIVOS	28
1.2.1	<b>Objetivo Geral</b>	28
1.2.2	<b>Objetivos Específicos</b>	28
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	29
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	31
2.1	SEMIÁRIDO	31
2.1.1	<b>O semiárido brasileiro</b>	32
2.2	TIPOLOGIAS HABITACIONAIS	35
2.2.1	<b>Arquitetura e o Clima</b>	35
2.2.2	<b>Construções com terra</b>	37
2.2.3	<b>Métodos construtivos</b>	40
2.2.4	<b>Tijolos de solo cimento</b>	41
2.3	CONFORTO AMBIENTAL	47
2.3.1	<b>Mapa Climático</b>	47
2.3.2	<b>Termorregulação em seres humanos</b>	49
2.3.3	<b>Equações e Índice de Conforto</b>	52
2.4	ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E BIOCLIMATOLOGIA	59
2.4.1	<b>Classificação das escalas do clima</b>	59
2.4.2	<b>Estudos Bioclimáticos</b>	60
2.4.3	<b>Arquitetura e a Permacultura</b>	63
2.4.4	<b>Arquitetura e desenvolvimento sustentável</b>	65
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	68
3.1	OBJETO DE ESTUDO	69
3.2	SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS E TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS	70

<b>3.2.1</b>	<b>Diagnóstico Climático</b>	70
<b>3.2.2</b>	<b>Dados a serem considerados na concepção bioclimática</b>	73
3.3	PRINCÍPIO DE DESENHO	74
<b>3.3.1</b>	<b>Modelo Virtual</b>	75
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	78
4.1	IDENTIFICAÇÃO DAS TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS	78
4.2	PARÂMETROS CONSTRUTIVOS QUE PRIORIZEM O CONFORTO TÉRMICO	83
<b>4.2.1</b>	<b>Análise Climática para a Cidade de Barra</b>	83
<b>4.2.2</b>	<b>Diretrizes e estratégias de projeto</b>	90
4.3	SISTEMA INTEGRADO DE HABITAÇÃO	98
4.4	CONSTRUÇÃO DE MODELO VIRTUAL PARA NOVAS HABITAÇÕES	102
4.5	SIMULAÇÕES PARA VERIFICAÇÃO DO SOMBREAMENTO DE ABERTURAS E FACHADAS DA EDIFICAÇÃO	106
<b>4.5.1</b>	<b>Solstício de verão</b>	106
<b>4.5.2</b>	<b>Solstício de inverno</b>	108
4.6	ANIMAÇÃO COMPUTADORIZADA DO MODELO VIRTUAL DE CASA ESTÁVEL	111
<b>4.6.1</b>	<b>Vídeo 1 – Parâmetros Construtivos</b>	112
<b>4.6.2</b>	<b>Vídeo 2 - Solstício de Verão nas fachadas Sul e Leste</b>	112
<b>4.6.3</b>	<b>Vídeo 3 - Solstício de Verão nas fachadas Norte e Oeste</b>	112
<b>4.6.4</b>	<b>Vídeo 4 - Solstício de Inverno nas fachadas Sul e Leste</b>	112
<b>4.6.5</b>	<b>Vídeo 5 - Solstício de Inverno nas fachadas Norte e Oeste</b>	113
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	114
	<b>REFERÊNCIAS</b>	117
	<b>APÊNDICES</b>	125
	<b>ANEXO</b>	150

## 1 INTRODUÇÃO

Como resultado da Revolução Industrial ocorrida em meados do séc. XIX, a evolução tecnológica afetou profundamente a prática de construir. Até então, o projeto das edificações deveria estar diretamente vinculado às características ambientais a fim de admitir as quantidades de luz e ventilação naturais indispensáveis ao seu funcionamento. O surgimento e desenvolvimento de mecanismos artificiais, tais como equipamentos mecânicos de refrigeração e calefação e diversos sistemas de iluminação, “liberaram” os projetistas, entre eles boa parte dos arquitetos, da exclusiva utilização dos elementos naturais e da integração das edificações às condições do meio ambiente como forma de proporcionar conforto térmico, desconsiderando gradativamente à grande lição da arquitetura vernacular. As modificações técnicas e a maneira como os espaços construídos passaram a se relacionar com seus ocupantes, trouxeram consigo transformações culturais.

A crise do petróleo nos anos 70 desencadeou o desenvolvimento de diversas iniciativas focadas na avaliação - e maximização - da eficiência energética das habitações. Uma década antes, os irmãos Olgyay já discutiam partes dessas técnicas com a nomenclatura de “Arquitetura Bioclimática” estabelecendo que essa arquitetura deva buscar utilizar, por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima, com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto do homem. Para conseguir um resultado térmico desejável, esse projetar voltado a bioclimatologia implica na adoção de soluções arquitetônicas combinadas com técnicas e materiais disponíveis no local onde será executada a edificação.

A necessidade das comunidades rurais sejam estas centenárias ou assentamentos recentes, de infra-estrutura e, principalmente, de moradia de qualidade projetada em conformidade com suas práticas culturais, colocam em foco a discussão da urbanização da área rural. Isto pode ser projetado em um cenário



onde a habitação passe por modelos que levem em conta os ambientes construídos e seus sistemas integrados de utilização dos espaços internos e externos, respeitando as características regionais da população.

O desenvolvimento de exemplos eficientes, desde que possam ser reproduzidos, é necessário para que se alcance, no planeta, um modelo social de comunidades sustentáveis. No entanto, existem hoje, proporcionalmente poucos exemplos, razão principal da lentidão do avanço da comunidade humana em direção a sustentabilidade. A crise dos assentamentos humanos pode ser traduzida como um desafio enorme para todo o planeta. A prática da arquitetura e do planejamento urbano deve concretizar-se considerando os impactos que provocam no ambiente, contribuindo não somente para o equilíbrio do meio, como também no conforto e na salubridade da população.

A edificação deve atuar como divisor entre o ambiente externo e interno, definindo, a partir das características arquitetônicas e construtivas, a qualidade desses ambientes e o grau de conforto a ser percebido pelo ocupante no desenvolvimento de suas atividades cotidianas. Projetar uma edificação visando o conforto e a minimização no uso de energia pressupõe a adoção de soluções arquitetônicas capazes de captar as condições ambientais externas favoráveis e minimizar as desfavoráveis. Para que uma edificação apresente um bom desempenho ambiental e energético, cabe ao arquiteto prover a ligação entre o saber técnico e as decisões práticas que serão transferidas ao projeto.

O conhecimento acerca das necessidades do usuário e seu comportamento durante a fase de uso da edificação também se constitui em uma informação útil, pois permite identificar aspectos culturais e sócio-econômicos que podem interferir na eficácia das estratégias de condicionamento ambiental idealizadas pelo arquiteto. Considerando-se todas essas informações durante a fase de projeto, a obra concluída configurar-se-á como um conjunto de soluções mais integradas entre si e adaptadas ao meio, ao invés de um simples somatório de resultados.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

As dimensões continentais do Brasil, com a grande diversidade de climas e ecossistemas, propiciaram múltiplas adaptações dos modelos trazidos pelos imigrantes desde a Rússia ártica, a costa e a contra costa africana até, naturalmente, os mais diversos países europeus. Entre essas adaptações, não podem ser esquecidas as muçulmanas, que nos foram legadas pelo colonizador.

Os portugueses são muito orgulhosos de seus feitos náuticos e de suas descobertas transcontinentais. Mas o que quase sempre fica esquecido é que houve pouquíssimos lugares onde os “descobridores” não encontraram populações estabelecidas.

Os indígenas, em sua forma de vida original, já não existem no sertão nordestino há séculos. Os que não se miscigenaram foram exterminados, e seu lugar ocupado pelos negros que acompanhavam os colonizadores europeus. Da hibridação dessas três raças resultou o tipo chamado cabeça chata, em quem predomina o sangue europeu. Segundo SALZANO (1986), os percentuais dessa hibridação seriam de 59% de brancos, 11% de indígenas e 30% de negros.

### 1.1.1 Caracterização do Sítio do Projeto

A cidade de Barra é umbilicalmente dependente da extensa zona rural que, com sua diversidade ambiental, congrega áreas naturais de cerrados e campos, paisagens semiáridas da caatinga, como também micro regiões com grande abundância de água denominada de região dos brejos, onde se instalam várias residências.

A autora pode participar de pesquisas de campo realizando trabalhos

coordenados de observação e diagnósticos sócios - econômicos da população da área rural que integra o projeto realizado na região dos Brejos do município de Barra em novembro de 2007 participando da validação do Método Análise-diagnóstica de Sistemas Agrários, desenvolvido no Instituto Nacional Agrônômico Paris-Grignon (INAP-G), da França. Este método vem sendo difundido em todo o mundo, inclusive no Brasil, através da Organização para Agricultura e Alimentação das Nações Unidas - Food and Agriculture Organization (FAO). O método compõe a pesquisa intitulada "Semi-Árido: superação da pobreza pelo desenvolvimento auto-sustentável" financiado pelo Fundação de Amparo de Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e coordenado, de forma colegiada, pelos seguintes núcleos de pesquisa: Núcleo Interdisciplinar de Estudos Ações Integrados no Semi-Árido (NIEAIS) coordenado pelo professor Dr<sup>o</sup> Aurélio Lacerda; Núcleo de Estudos Ambientais e Rurais (NUCLEAR) coordenado pela professora Dr<sup>a</sup> Lídia Cardel; e Grupo de Estudo sobre Agricultura Familiar coordenado pelo professor Dr<sup>o</sup> Vitor Athaide.

Barra está situada na região Nordeste do Brasil, em uma microrregião denominada Médio São Francisco (figura 1). A 43°13" de longitude oeste, 11°08" de latitude sul, distante 800 km em linha reta do litoral, com altitude de 406 m (HEYER, 1997). Apresenta características de clima semi-árido, com temperaturas médias anuais sempre acima de 25°C, chuvas abundantes - 2.500 mm, intensa radiação, elevada umidade do ar e baixas velocidades de ventos (NIMER,1979).

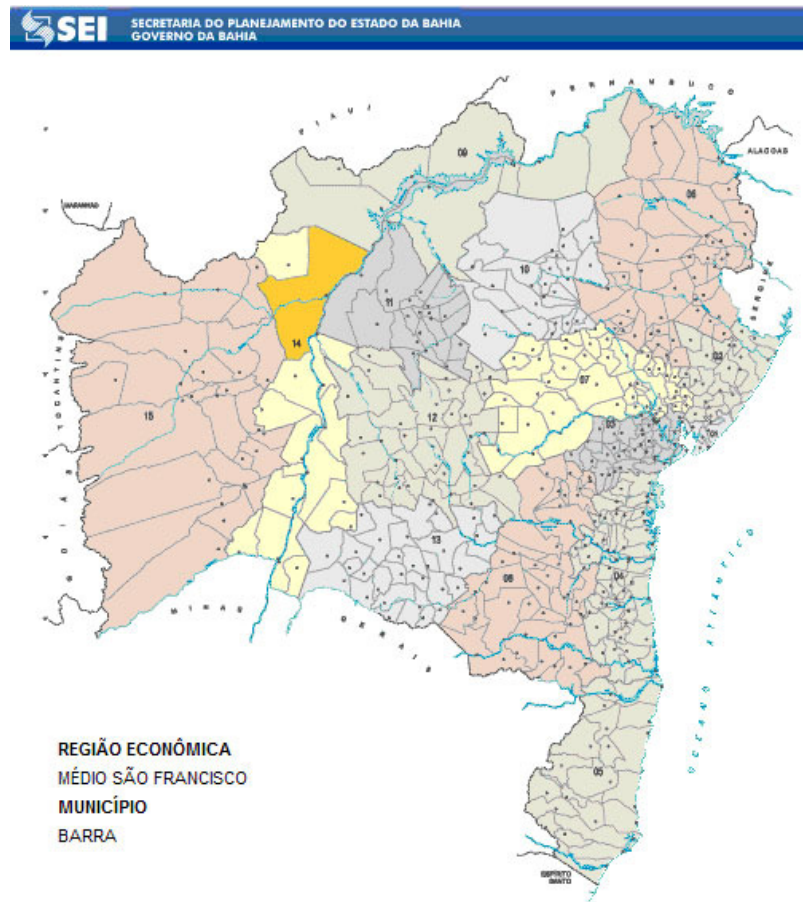


Figura 1 – Localização do Estudo de Caso.

Fonte: SEI: Secretaria do Planejamento do Estado da Bahia.  
Disponível em:<[HTTP://www.seplan.ba.gov.br](http://www.seplan.ba.gov.br)>. Acesso em: 28 jun. 2009.

Pela sua localização geográfica, tornou-se ponto de passagem obrigatório para quem se dirigia ao sertão do São Francisco e das boiadas do Piauí, Maranhão e Goiás, vivendo grande efervescência comercial e social entre 1891 e 1912. Em 1902 o vapor Saldanha Marinho começou a trafegar regularmente entre Pirapora, Minas Gerais, e Juazeiro, Bahia, passando por Barra, o que reforçou o comércio da região. A exploração de borracha de maniçoba também deu um impulso econômico à região. Esta cultura sofreu declínio a partir de 1912.

Os fatores climáticos da região caracterizados por longas estiagens entremeadas por curtos períodos de chuvas abundantes tornam o solo muito fértil fazendo florir pouco tempo após a primeira chuva e logo a região se cobre de um verde viçoso. À medida que a chuva escasseia e deixa de cair, a vegetação perde

as folhas e sobram os galhos e troncos retorcidos cobertos de pó, tudo fica com uma cor esbranquiçada. Daí a origem do nome que os indígenas deram a essa mata: a *caatinga* (do tupi, *caa* = mato + *tinga* = branco).

O meio ambiente impôs duras condições de vida a esses povoadores. A criação de gado num ambiente caracterizado pelas secas prolongadas impõe um semi-nomadismo forçando à procura de cacimbas cavadas nos talwegues dos rios temporários. Cercas de galhos retorcidos construídos segundo diversas técnicas africanas lembram a descrição de aldeias *ganguelas* ou *muchimbas* do planalto Huíla, ao longo da costa sul de Angola. Técnicas de pastoreio e de construção são bem próximas das africanas, em razão do que não deve surpreender o uso dos mesmos termos. Curioso, porém, é o fato de que a tipologia da construção das casas é característica da costa norte do mesmo país, com plantas quadradas ou retangulares, telhados de duas águas com coberturas vegetais de folhas de palmeiras, com um arranjo interno de três compartimentos formados por uma sala na frente e uma cozinha nos fundos, ligadas entre si por um corredor lateral ao longo de um quarto fechado ou com uma janela pequena.

Segundo WEIMER (2005), nos arredores de São Raimundo Nonato, as casas de pau-a-pique eram vedadas com taipa de sopapo. A presença de janelas minúsculas ou a inexistência delas indica que a imigração africana dessa região deve ser muito antiga, visto que é sabido que as casas da tradição dos quimbundos ou dos bacongus, do nordeste de Angola, que certamente serviram de modelo a essas construções, originalmente não tinham janelas. O diminuto tamanho delas é um atestado dessa postura, fato que continua a ser percebido no sertão nordestino.

Apresenta características de clima semiárido, com temperaturas médias anuais sempre acima de 25 °C, chuvas abundantes - 2.500 mm, intensa radiação, elevada umidade do ar e baixas velocidades de ventos, porém no inverno ocorre uma sensível diminuição da temperatura durante poucos dias, quando são freqüentes as penetrações de frentes frias de origem polar. Este fenômeno denomina-se friagem,

período de forte umidade específica e relativa, acompanhado de chuvas frontais, sucedido de tempo bom e extraordinária queda de temperatura que ocorre de junho a agosto (NIMER, 1979).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano 2003 sua população era estimada em 47.755 habitantes (24.311 homens e 23.444 mulheres). Com área territorial de 12.348 km<sup>2</sup>, densidade demográfica de 3,87 hab/km<sup>2</sup>, altitude de 406 m, o município possui três distritos: Barra (sede), Igarité (1<sup>o</sup> distrito), Ibiraba (2<sup>o</sup> distrito).

Esta pesquisa poderá, portanto, contribuir para o desenvolvimento de um projeto de interesse social específico que atenda a demanda por habitação de qualidade na área rural, caracterizada pelos Brejos da Barra, região do médio São Francisco, semiárido baiano, disponibilizando parâmetros construtivos, adaptados às condições sócio econômicas e necessidades de conforto ambiental (térmico e luminoso) da população.

O município onde está situado o Distrito dos Brejos, do ponto de vista dos desenvolvimentistas, é “atrasado”. A representação do que é desenvolvido coaduna com o modo de vida urbana. O município da Barra, tal como outros das imediações, tem maioria da sua população no meio rural, constituída em grande parte de posseiros.

Os órgãos estatais por meio da Organização Não Governamental (ONG), Distrito Projeto Brejos da Barra (fotografia 1), vêm impulsionando importantes mudanças trazendo reflexos no modo de vida tradicional das comunidades.



Fotografia 1 – Sede do Distrito Projeto Brejos da Barra  
Autor: C.C.Simões (agosto, 2007)

As comunidades dos Brejos da Barra, em grande maioria, convivem com o tempo histórico próprio, nas suas relações sociais e com o meio natural. A esperança não morreu no coração dos barreenses e o seu bairrismo e sentimento de amor à terra nativa, constituíram os ingredientes que serviram para alimentar a esperança de recuperação e a retomada do desenvolvimento.

### 1.1.2 Tipologias construtivas da região

A contextualização e conceituação das habitações e suas técnicas construtivas deve estar subordinada as responsabilidade sociais e ambientais, privilegiando os aspectos regionais face à demanda por qualidade de vida, bem como exigir a expansão e atualização de metodologias na concepção de projetos adaptados também ao meio rural.

Em geral, os padrões de assentamento com suas morfologias diferenciadas, constituem um tema à parte e mais difícil de ser abordado principalmente porque implicam um saber antropológico mais específico.

Os espaços nos tempos atuais estão sendo remodelados para outra funcionalidade tendo como característica marcante a “edificação” de sucessivos eventos: a construção de estradas, instalação de torres de celulares, a construção de novas moradias, escolas, canais de irrigação.

As comunidades principalmente nas localizadas às margens do baixo e médio vale do Riacho Icatu, e dali seguindo o afluente São Gonçalo, muitos brejeiros estão substituindo suas moradias por conta própria, utilizando-se de tijolos crus (adobe) e telhas (adquiridas na Barra). Isto vem se tornando possível a partir do aumento da monetarização resultante da maior produção destinada a comércio e à chegada recente dos programas sociais do Governo Federal, bem como a maior quantidade de aposentadoria dos idosos, dados revelados pela pesquisa “Semi-Árido: superação da pobreza pelo desenvolvimento auto-sustentável”. Nos casos em que a modificação das moradias é feita por iniciativa do próprio morador, observa-se, de forma geral, a manutenção do tamanho da casa antiga.

### 1.1.3 **Arquitetura e o espaço construído**

A arquitetura produzida sem projeto, de forma intuitiva não se define como anônima, pois, muitas vezes, se conhece o produtor; qualificá-la como espontânea não considera seu engajamento com tradições ancestrais; ser indígena não é suficiente para defini-la, considerá-la rural não permitiria incluir exemplos que se aproximam das condições sociais e econômicas urbanas. Finalmente, considerá-las como primitivas implicaria em defini-las como rudimentar e provisória e como construção receberia um sinal estético negativo.

Definir arquitetura vernacular não é tão simples quanto parece, alguns autores usam termos como anônima, primitiva, espontânea, pré-industrial e até mesmo arquitetura sem arquitetos. Etimologicamente vem, no seu significado latino, de *vernachelo*: escravo nascido doméstico. Posteriormente, linguagem ou dialeto de



uma região, possui uma adaptação metafórica quando é aplicada à arquitetura. Arquitetura vernacular significaria então aquela que foi produzida em determinada região utilizando os materiais aí disponíveis a partir de práticas construtivas adquiridas, no tempo, por uma comunidade.

Tal definição comportaria dois tipos de edifícios: o vernacular englobando as edificações pré-industriais e vernáculas modernos e o primitivo constituído de edificações produzidas por sociedades definidas pelos antropólogos como primitivas – refere-se a certos níveis de desenvolvimento técnico e econômico, mas também compreendem aspectos de organização social. São sociedades orientadas pela tradição, cujas construções resultam do domínio dos materiais e sistema construtivo a partir da experiência, pois existem sem uma concepção prévia (projeto), e persistem, sem grandes modificações, por muito tempo.

O espaço construído deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico. O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico. A arquitetura como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas. Por outro lado, a intervenção humana, expressa no ato de construir seus espaços internos e externos, altera as condições climáticas locais, das quais, por sua vez, também depende a resposta térmica da edificação.

Considerando que as diferenças climáticas da Terra são basicamente advindas da energia solar, torna-se indispensável à posse de elementos para avaliar qual a carga térmica que determinada edificação ou espaço ao ar livre receberá nas diversas horas do dia e nas várias épocas do ano.

Não menos importante é a orientação das aberturas e dos elementos transparentes e translúcidos da construção, que permitem o contato com o exterior e

a iluminação dos recintos. A proteção solar das aberturas por meio de “brise-soleil” ou quebra-sol é também um indispensável recurso para promover os controles térmicos naturais possibilitando além do sombreamento a ventilação.

O conhecimento das exigências humanas de conforto térmico e do clima associado ao das características térmicas dos materiais e das premissas genéricas para o partido arquitetônico adequado a climas particulares proporciona condições de projetar edifícios e espaços urbanos cuja resposta térmica atenda às exigências de conforto térmico.

#### **1.1.4 O déficit habitacional**

Dentro do conceito mais amplo de necessidades habitacionais, têm-se dois segmentos distintos: o déficit habitacional e a inadequação de moradias. Como déficit habitacional entende-se a noção mais imediata e intuitiva de necessidade de construção de novas moradias para a solução de problemas sociais e específicos de habitação, detectados em um dado momento. O conceito de inadequação de moradias reflete problemas na qualidade de vida dos moradores que não se relacionam ao dimensionamento do estoque de habitações, e sim a especificidades internas desse estoque. Seu dimensionamento visa ao delineamento de políticas complementares à construção de moradias, voltadas à melhoria do estoque já existente.

O déficit habitacional, principalmente nos países de terceiro mundo, é muito grande. No Brasil, entre 1991 e 2000, o total estimado de domicílios particulares permanentes ocupados passou de 35 milhões para 44,9 milhões.

O trabalho realizado pela Fundação João Pinheiro (FJP) tem-se configurado como uma importante fonte de informação sobre a questão habitacional no país,

constituindo um ponto de referência necessário para que se desfaça o dissenso em torno das estatísticas que dimensionam o déficit de moradias. Dentre as unidades da Federação, devem-se destacar os valores absolutos do déficit habitacional em São Paulo: estima-se a necessidade de 1,234 milhão de novas moradias, 9,6% dos domicílios, das quais 629 mil em sua região metropolitana (RM). Devem ser também mencionados Minas Gerais, com correspondentes 521 mil ou 8,8%, das quais 129 mil na região metropolitana de Belo Horizonte; Bahia, com 511 mil ou 12,9%, sendo 141 mil na RM Salvador; Rio de Janeiro, com 479 mil ou 9,1%, sendo 379 mil na sua região metropolitana; e Maranhão, com 461 mil ou 29,5%, figuras 2 e 3.

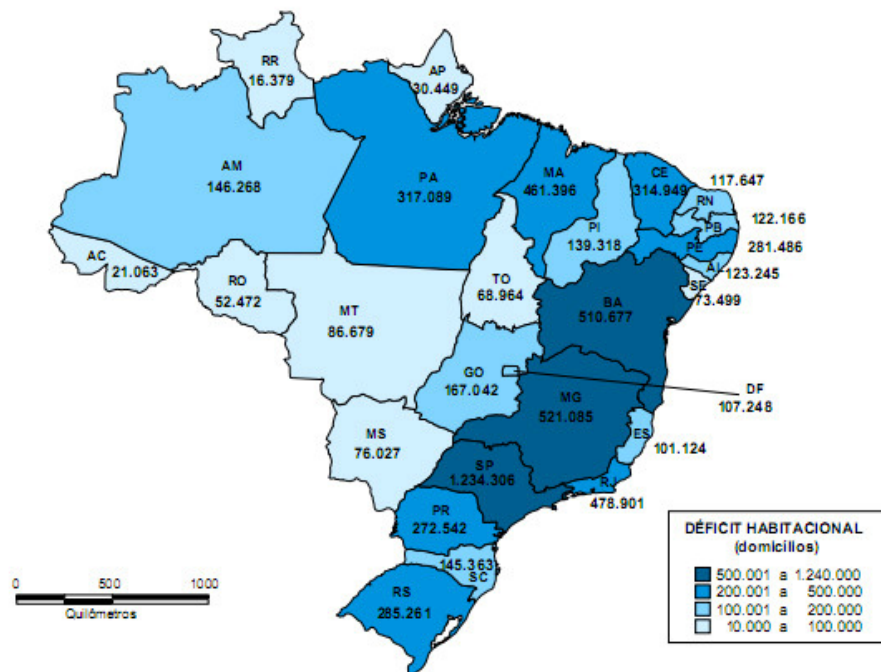


Figura 2 – Déficit Habitacional

Fonte: Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pnad, 2007.

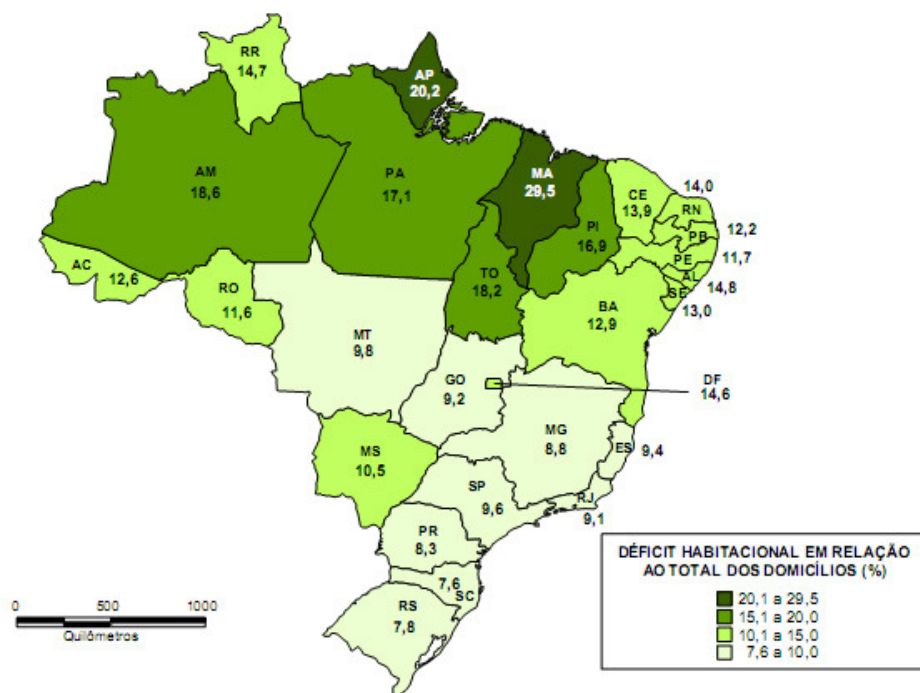


Figura 3 – Déficit Habitacional em relação ao total de domicílios  
 Fonte: Dados básicos: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Pnad, 2007.

No Brasil, as precárias condições de habitabilidade na zona rural ainda se constituem em um dos grandes responsáveis pelo inchaço das regiões metropolitanas. Tendo esgotado as possibilidades de exercer suas atividades agrícolas e pastoris e na busca por melhores oportunidades para suas famílias, há décadas, um grande contingente de trabalhadores rurais vem optando por deixar o campo e aventurar a vida nas grandes cidades.

Segundo a Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDUR, 2009), o objetivo geral da Política Estadual de Habitação de Interesse Social (PEHIS) é garantir o acesso à moradia digna. Aquela que é “sadia, segura, acessível, que inclua serviços básicos, instalações e área de lazer, e que esteja livre de qualquer discriminação no que se refere à habitação ou à garantia legal da posse”, rural e urbana, à população baiana de baixa renda (renda familiar mensal até 3 salários mínimos) e às populações tradicionais, tais como indígenas, ribeirinhas e quilombolas.

A PEHIS é composta de um conjunto de objetivos, princípios, diretrizes e instrumentos que expressam o entendimento dos diversos sujeitos sociais a respeito da maneira como o poder público estadual deve orientar-se para promover o acesso à MORADIA DIGNA.

Apesar da grande disponibilidade de terras nos municípios do interior da Bahia, a ausência de infra-estrutura adequada, condições de salubridade, oportunidades de trabalho, educação e saúde são dificuldades enfrentadas diariamente pela população rural que, por vezes, inviabilizam a sua permanência na sua localidade de origem.

A imagem difundida do semiárido, como clima, sempre foi distorcida. Tem-se a idéia de uma região árida, não semiárida. É como se não chovesse, como se o solo estivesse sempre calcinado, como se as matas fossem secas e as estiagens durassem anos. As imagens de migrantes, de crianças raquíticas, do solo estorricado, dos açudes secos, dos retirantes nas estradas, dos animais mortos, da migração da Asa Branca – essas imagens estão presentes na música de Luís Gonzaga, na pintura de Portinari, na literatura de Graciliano Ramos e na poesia de João Cabral de Mello Neto. É um ponto de vista, ao mesmo tempo, real e ideológico, que muitas vezes serve para que se atribua à natureza problemas políticos, sociais e culturais, historicamente construídos.

Está em gestação um novo conceito civilizatório para a região: a convivência com o semiárido. A idéia parte de um princípio simples: por que os povos do gelo podem viver bem no gelo, os povos do deserto podem viver bem nos desertos, os povos das ilhas podem viver bem nas ilhas e a população da região semi-árida vive mal aqui? É porque aqueles povos desenvolveram culturas de convivência adequadas ao ambiente, adaptaram-se a ele e tornaram viável a vida. No semiárido brasileiro, essa integração de pessoa e natureza não encontrou uma solução adequada, de modo que o ser humano permaneceu sujeito às variações normais do clima regional.

## 1.2 OBJETIVO

Estão descritos a seguir o objetivo geral, os objetivos específicos e pressuposto da pesquisa realizada.

### 1.2.1 Objetivo Geral

Contribuir para o planejamento local participativo propondo parâmetros construtivos que priorize o conforto térmico e a integração de sistemas produtivos para construção de novas habitações em áreas rurais da região do médio São Francisco, na cidade de Barra no semiárido baiano.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

O objetivo geral pode ser subdividido nos seguintes objetivos específicos:

- Relacionar tipologias construtivas e soluções tecnológicas para filtrar os impactos adversos do clima como proteções nas fachadas, ventilação cruzada, maior incidência de luminosidade entre outras;
- Analisar aspectos climáticos da região tais como temperatura, incidência e velocidade dos ventos e umidade do ar (normais climatológicas);
- Propor a criação do modelo virtual sistêmico de habitação levando em conta as especificidades locais utilizando soluções tecnológicas viáveis para a região, considerando as análises e os dados obtidos nos objetivos anteriores.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos: Introdução, Fundamentação Teórica, Metodologia, Resultados e Discussão, Conclusão, Referências e Anexos. A seguir, os capítulos serão descritos de forma resumida para oferecer uma visão geral e integrada do conteúdo produzido nesta pesquisa.

No **capítulo 1**, já apresentado, contextualizam-se e conceituam-se os temas abordados arquitetura sem arquitetos, conforto térmico e a problemática do déficit habitacional brasileiro. Em seguida, foram colocados à justificativa e os objetivos do trabalho desenvolvido.

No **capítulo 2**, desenvolve-se em quatro partes: a primeira parte estabelece a relação do homem com o seu ambiente; a segunda parte relaciona a tipologia habitacionais; a terceira parte conceitua conforto ambiental e conforto térmico e finaliza-se com a quarta parte descrevendo as relações entre o clima e a arquitetura. Em especial, discute-se também a importância da adoção de materiais alternativos e dos princípios do conforto térmico na construção de habitações de interesse social. Vale ressaltar que neste capítulo é feita uma breve revisão bibliográfica sobre técnicas construtivas utilizando terra e índices de conforto térmico, dando destaque ao uso das normais climatológicas.

No **capítulo 3**, apresenta-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento dos cinco momentos inerentes a este trabalho: a) Coleta de dados e pesquisa de campo no local e caracterização do estudo de caso; b) Pesquisa de tipologias construtivas e soluções tecnológicas que filtrem os impactos adversos do clima, utilizando o desenho da permacultura e a tradição da arquitetura vernácula resgatando as técnicas construtivas milenares; c) Elaboração de um Diagnóstico Climático a partir dos dados coletados na estação meteorológica existente no município de Barra utilizando as normais climatológicas - Programa VAFF, para possibilitar a determinação das estratégias bioclimáticas para o modelo de habitação; d) Criação de um modelo de projeto de habitação rural utilizando maquete eletrônica para simular aspectos climáticos coletados e tratados na etapa anterior; e, por fim, e) Animação computadorizada do modelo virtual de casa estável.

No **capítulo 4**, apresentam-se os resultados e discussões referentes a cada etapa de dados coletados, abrangendo os seguintes subtítulos: Identificação e Apresentação das Tipologias Construtivas – Parâmetros Construtivos que Priorize o Conforto Térmico – Sistema Integrado de Habitação – Construção do Modelo Virtual para Novas Habitações – Simulações para Verificação do Sombreamento de Aberturas e Fachadas da Edificação – Animação Computadorizada do Modelo Virtual de Casa Estável.

No **capítulo 5**, são apresentadas as conclusões sobre o trabalho, bem como sugestões para trabalhos futuros.

Nos apêndices estão descritos alguns procedimentos considerados importantes para a preparação da matéria prima do modelo físico e por fim, nos anexos são apresentados os dados coletados – normais climatológicas e o CD onde estão gravados os recursos computacionais como os vídeos e imagens do modelo de casa estável.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SEMIÁRIDO

As regiões semiáridas são caracterizadas, de modo geral, pela aridez do clima, pela deficiência hídrica, com imprevisibilidade das precipitações pluviométricas, e pela presença de solos pobres em matéria orgânica. O prolongado período seco anual eleva a temperatura local, caracterizando a aridez sazonal. Conforme essa definição, o grau de aridez de uma região depende da quantidade de água advinda da chuva (precipitação) e da temperatura que influencia a perda de água por meio da evapotranspiração potencial.

A definição de aridez foi estabelecida em 1977 pelo Plano de Ação de Combate à Desertificação das Organizações das Nações Unidas (ONU, 1977). Com base no índice, as terras áridas, semi-áridas e sub-úmidas secas do planeta compreendem cerca de 51.720.000 km<sup>2</sup>, ou seja, quase 33% de toda a superfície terrestre. As áreas hiper-áridas - os desertos somam 9.780.000 km<sup>2</sup>, ou seja, quase 16% da superfície do globo.

Verifica-se na figura 4 que, na América do Sul, além da ocorrência no nordeste do Brasil, encontram-se áreas de semi-aridez também na Venezuela, Colômbia, Argentina, Chile, Peru e Equador.

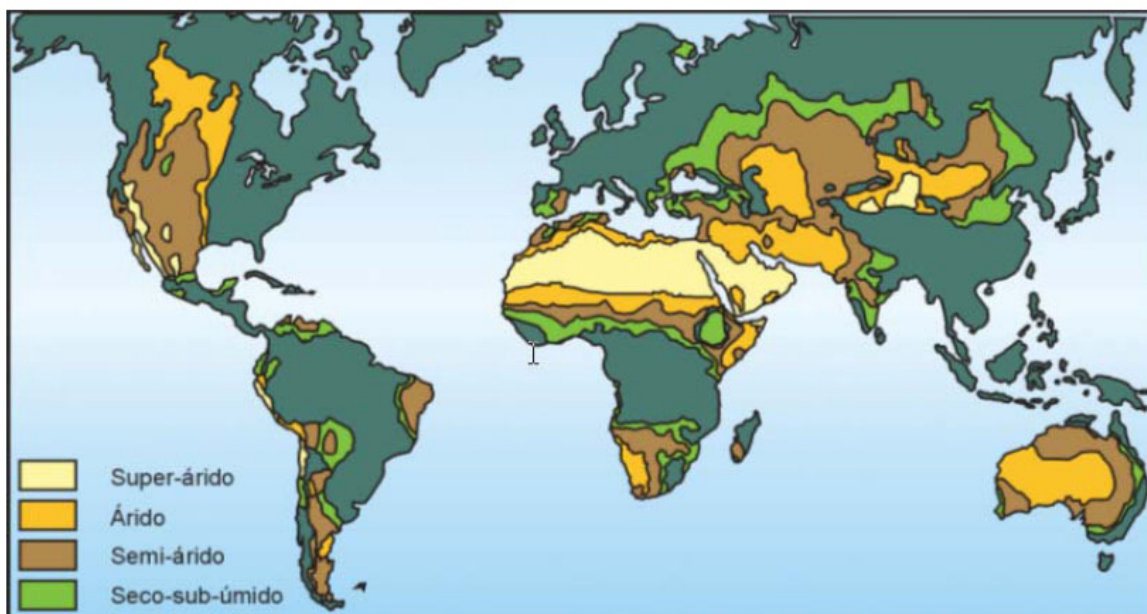


Figura 4 - Área de Limitação Hídrica no Mundo  
Fonte: Irpaa, 1996

### 2.1.1 O Semiárido brasileiro

A primeira delimitação oficial do semiárido brasileiro data de 1936, o chamado Polígono das Secas. Em 2005, o Ministério da Integração Nacional (LINS, 2004) atualizou a área de abrangência do semiárido utilizando três critérios técnicos: a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; um índice de aridez de até 0,5, no período entre 1961 e 1990, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial; e o risco de seca maior que 60% no período entre 1970 e 1990.

Segundo a delimitação atual representada na figura 5, o semiárido abrange 1.133 municípios com uma área de 969.589,4 km<sup>2</sup>, correspondente a quase 90% da Região Nordeste (nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia); e mais uma parte de Minas Gerais.



Figura 5: Delimitação do Semi-Árido Brasileiro  
 Fonte: Brasil..., 2005d.

Segundo o IBGE (1999), a população do semiárido é de cerca de 21 milhões de pessoas (11% da população brasileira). O semiárido brasileiro não é apenas clima, vegetação, solo, sol ou água. É povo, música, festa, arte, religião, política, história. Segundo o IBGE (1999) é o semiárido mais chuvoso do planeta: a pluviosidade é, em média, 750 mm/ano (variando, dentro da região, de 250 mm/ano a 800 mm/ano). É também o mais populoso, e em nenhum outro as condições de vida são tão precárias como aqui. O subsolo é formado em 70% por rochas cristalinas, rasas, o que dificulta a formação de mananciais perenes e a potabilidade da água, normalmente salinizada. Por isso, a captação da água de chuva é uma das formas mais simples, viáveis e baratas para se viver bem na região. Há déficit hídrico. Mas

essa expressão não significa falta de chuva ou de água. O grande problema é que a chuva que cai é menor do que a água que evapora. No semiárido brasileiro, a evaporação é de 3.000 mm/ano, três vezes maior do que a precipitação.

Outra característica é a variação das chuvas, no tempo e no espaço. Não há período fixo, nem lugar certo, para chover. O período chuvoso pode ir de setembro a março, mas nunca se sabe nem o dia nem o lugar em que vai chover. Essa variação de tempo e espaço dificulta, mas não impede a boa convivência com o ambiente.

A cobertura vegetal do semiárido é a caatinga. No período chuvoso ela fica verde e florida. Abriga uma das maiores biodiversidades brasileiras de insetos, inclusive a abelha, o que a torna muito favorável para a produção de mel. Entretanto, no período normal de estiagem, ela hiberna, fica seca, adquire uma aparência parda; daí o nome caatinga, expressão indígena que quer dizer “mata branca”. Mas não está morta. Quando a chuva retorna, acontece uma espécie de ressurreição: o que parecia morto ressuscita; o que estava seco volta a ser verde. Parece que a vida brota do nada. Na verdade, o semiárido tem apenas duas estações: a das chuvas e a sem chuvas (IBGE 2000a, 2004b).

## 2.2 TIPOLOGIAS HABITACIONAIS

### 2.2.1 Arquitetura e o Clima

Vitrúvio entendia a arquitetura como um espaço habitável que deveria equilibrar os aspectos ESTRUTURAIS, FUNCIONAIS e FORMAIS. O arquiteto e engenheiro romano que viveu no século I a.C. e deixou como legado a sua obra em 10 volumes, aos quais deu o nome de *De Architectura* (aprox. 40 a.C.), que constituem o único tratado europeu do período grego-romano que chegou aos nossos dias e serviu de fonte de inspiração a diversos textos sobre construções, hidráulicas, hidrológicas e arquitetônicas desde a época do Renascimento.

Os seus padrões de proporções e os seus princípios arquiteturais: *utilitas, venustas e firmitas* (utilidade, beleza e solidez), inauguraram a base da Arquitetura clássica. Hoje em dia a arquitetura também tem que ser vista como um elemento que precisa ter eficiência energética. A Eficiência Energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com o menor consumo de energia. Dessa forma, o triângulo conceitual de Vitruvius pode ser acrescido de um vértice (o da eficiência energética) transformando-se no conceito ideal para a arquitetura contemporânea.

O outro princípio também utilizado é aproveitar as características desejáveis do clima enquanto se evitam as indesejáveis. Na antiga Roma, o imperador Ulpiano criou o *Heliocaminus*, uma lei para garantir ao povo romano do século II d.C o direito ao SOL.

No deserto do Colorado, nos Estados Unidos, o povo de Mesa Verde construiu

suas habitações protegidas do sol pelas encostas de pedra, de forma a sombrear a incidência dos raios solares no verão quente e seco. A figura 6 retrata a interação das edificações com o clima. No inverno, a inclinação mais baixa do sol permite sua entrada nas habitações, aquecendo-as durante o dia. O calor armazenado na rocha das encostas durante o dia é devolvido ao interior das habitações à noite, garantindo o conforto térmico.

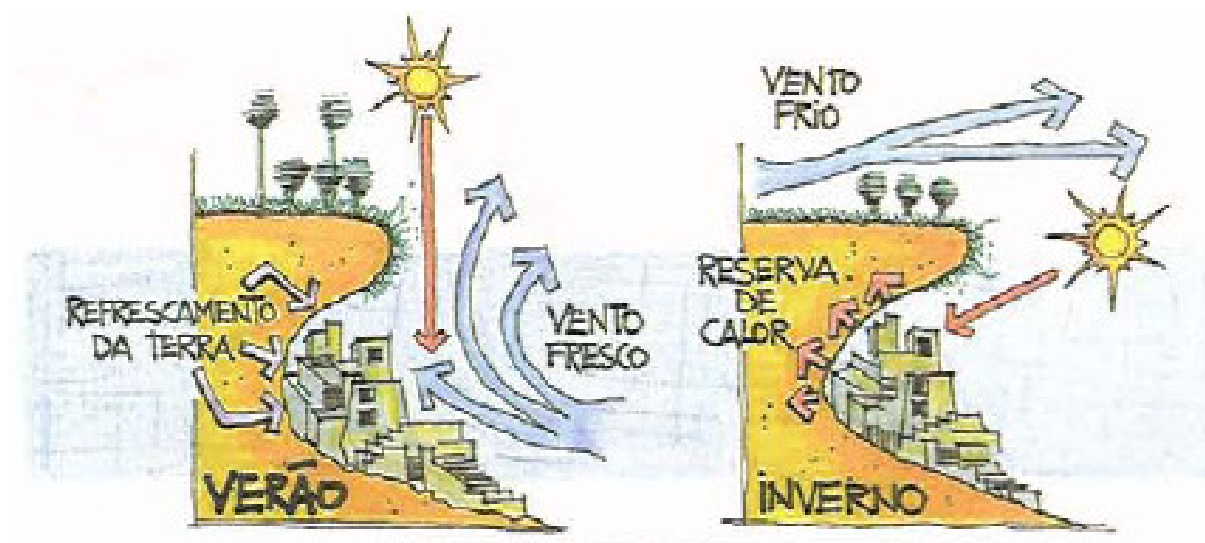


Figura 6 - Interação das edificações com o clima

Fonte: Eficiência Energética na Arquitetura. PW Editores. São Paulo, 2007.

Um desempenho térmico satisfatório da arquitetura, com a utilização apenas de recursos naturais, pode não ser possível em condições climáticas muito severas. Mesmo nesses casos devem-se procurar propostas que maximizem o desempenho térmico natural, pois, assim, pode-se reduzir a potência necessária dos equipamentos de refrigeração ou aquecimento, visto que a quantidade de calor a ser retirada ou fornecida ao ambiente resultará menor.

## 2.2.2 Construções com terra

CYTRYN (1957), afirma que a construção com terra foi a primeira solução encontrada pelo homem primitivo para a construção de abrigos eficientes contra o meio ambiente hostil, em locais que apresentavam dificuldades de manuseio de pedras e madeira.

CUNHA (1978) acrescenta que o desenvolvimento da técnica de construção com terra foi o início de uma nova vida, até então fixada nas proximidades de uma caverna qualquer. Há evidências arqueológicas de que a construção com blocos de terra seca ao sol já eram comuns no final do período Neolítico.

“O adobe, na forma de blocos secos ao sol, era bem conhecido na antiguidade. Os filhos de Israel faziam tijolos de barro para os egípcios no tempo de Moisés. (...). Acredita-se que as primeiras casas de Siolk, um oásis no Iran, foram feitas de terra na forma de adobe monolítico cru, antes do ano 4.000 a.C” (CUNHA, 1978, p.1).

“Pouco a pouco, o homem aprendia que, com certos tipos de barro poderia fazer construções melhores do que com outros e que alguns duravam por toda a vida. (...). No Egito, melhorava-se o adobe adicionando a palha e o bambu (...). Na Babilônia e na Assíria, introduzia-se o asfalto natural, dando ao adobe primitivo uma melhor resistência ao intemperismo” (CUNHA, 1978, p.3)

CYTRYN (1957) relata descobertas arqueológicas de diversas localidades da China (incluindo a Grande Muralha), Índia, Síria, Palestina, Pérsia, Egito, Grécia e, finalmente, Roma, cujos métodos de construção com solos foram disseminados por vastas extensões da Europa, onde hoje se localizam a França, a Alemanha e a Inglaterra.

Vale ressaltar ainda dois fatores históricos interessantes. Os romanos, de acordo com anotações de Plinius e Vitruvio, em 600 a.C. já dominavam o uso da cal e de pozolanas na estabilização de solos. Fato consolidado nas construções da “Cloaca Máxima” e da famosa “Via Apia”, estrada que, segundo GUIMARÃES (1998), estendia-se por quase 300km e que, em alguns poucos trechos existentes atualmente, após 2.300 anos de utilização, ainda apresenta condições de tráfego.

Segundo DETHIER (apud SILVA 2001) as primeiras notícias de pesquisas sobre a construção com terra ocorreram no final do séc. XVIII.

O desenvolvimento científico do uso do solo e também do solo estabilizado em habitações ocorreu, segundo MERRIL (apud CUNHA 1978), a partir de 1806, quando foi escrito um tratado sobre a construção de terra compactada ou paredes monolíticas (*pisé*) para construções rurais. Posteriormente, na Inglaterra, no período pós primeira guerra, a construção com solo compactado foi amplamente divulgada como alternativa frente à escassez de recursos energéticos e materiais de construção.

Nos Estados Unidos, PATTY (apud MERRIL 1947) publica uma série de trabalhos voltados para a construção de terra compactada, devido ao sucesso da experiência inglesa referida acima. Os trabalhos de Patty originaram as pesquisas de HUBBELL (1941) que estudou as propriedades estruturais e térmicas de painéis de paredes de solo e solo cimento compactados.

Desde então, diversos órgãos de pesquisa, arquitetos e engenheiros defendem a causa do uso da terra como material de construção de habitações, principalmente a partir da década de 70, quando começavam a ser discutidas as questões relativas ao impacto ambiental causado pela indústria da construção civil.



Dentre os órgãos internacionais de pesquisa, destaca-se o *Center for the Research and Application of Earth Architecture (CRATerre-EAG)*, com sede em Grenoble, na França (ROAF, 2006). No Brasil, algumas entidades ligadas ao estudo dessa tecnologia são:

- ABCTerra – Associação Brasileira dos Construtores em Terra;
- CEPED – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Bahia;
- ABMTENC – Associação Brasileira de Materiais e Tecnologias não Convencionais;
- ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland.

A experiência brasileira sobre a construção com terra é bastante ampla. De acordo com CUNHA (1978), os primeiros artigos sobre o assunto foram publicados em 1880, porém, tais textos não apresentavam dados científicos.

No Brasil, a utilização do solo cimento foi intensificada a partir de 1940, quando a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) já dispunha de um método de dosagem para o emprego em obras de pavimentação inspirado nos moldes da experiência da PCA Americana (ABCP,1985).

Na mesma década, a ABCP (apud MERCADO 1990) já dispunha de experiência no uso do solo cimento em paredes monolíticas. Segundo THOMAZ (1979), em 1948, construiu-se em Manaus o Hospital Adriano Jorge, com área de 10.800 m<sup>2</sup>, com paredes monolíticas, uma obra marcante desse sistema construtivo, que mesmo depois de muito tempo de seu término, apresentava desempenho aprovado frente ao clima tropical.

Várias obras de habitação social foram decorrentes do sucesso do emprego dessa tecnologia, sensibilizando programas governamentais e órgãos de pesquisa que visavam à transferência de tecnologia, conforme ABCP (1985) e CEPED (1978a) (1978b).

LOPES (apud SILVA 2001) relata, por outro lado, que as construções com terra costumam ser associadas à pobreza, devido ao seu emprego em programas sociais. O surgimento de materiais de construção industrializados também contribui para que essa tecnologia alternativa ficasse à margem do mercado financeiro da habitação.

Felizmente, algumas iniciativas estão sendo retomadas, conseqüências de pesquisas, aprofundamento técnico de arquitetos e engenheiros e experiências bem sucedidas, assim como as crescentes preocupações ambientais que estão atraindo investimentos em construções de solo estabilizado, segundo SILVA (2001) e MONTORO e SAWAYA (2002).

### 2.2.3 Métodos construtivos

Conforme CUNHA (1978), os principais métodos construtivos com solos são:

- **Adobes:** os tijolos de adobe são feitos por meio da moldagem de barro úmido com alta plasticidade em formas. Após a moldagem, retiram-se as formas e os tijolos são secos ao sol. O sistema construtivo é bastante simples e conhecido e, quando os tijolos são bem feitos, conseguem-se paredes com boa resistência.

- **Pisé, Taipa de Pilão, Terra Apiloada ou Paredes Monolíticas:** o princípio

básico desse método é a construção de paredes “*in situ*” comprimindo o solo dentro de formas móveis em camadas sucessivas. Emprega-se, neste caso, solo arenoso na umidade ótima de compactação e origina-se, dependendo das condições das formas, painéis de parede com acabamento refinado. MERRIL (1947) e CYTRYN (1957) descrevem detalhadamente o sistema construtivo desde o projeto das formas até o acabamento das paredes.

- **Taipa de mão:** esse sistema consiste em preencher com barro úmido uma trama de madeira que estrutura o painel de parede. Foi introduzido no Brasil pelos portugueses e atualmente já existem propostas de racionalização do sistema com o emprego de painéis pré-fabricados SILVA (2001).

- **Bolas:** sistema bastante rudimentar com exemplares na África Ocidental, segundo CUNHA (1978). Consiste em empilhar bolas achatadas de barro formando a parede.

- **Leivas:** variação do adobe. Consiste em cortar o solo superficial em blocos (denominados leivas) e empilhá-los em camadas sucessivas sem argamassa.

- **Tijolos prensados:** para a moldagem desse tijolo, é usado um dispositivo mecânico submetendo o material a pressões bastante elevadas. Utilizam-se, de preferência, solos arenosos estabilizados com cimento. Também são produzidos blocos com dimensões idênticas aos de concreto.

#### 2.2.4 Tijolos de solo cimento

A fabricação de componente de alvenaria de solo estabilizado tem sua

evolução devido ao CENTRO INTERAMERICANO DE VIVIENDA Y PLANEJAMENTO – CINVA (1961) com a criação da “Prensa Cinva-Ram”. Trata-se de uma prensa manual para a produção de tijolos de solo cimento compactados. No Brasil, os tijolos de solo cimento compactados foram pesquisados principalmente pelo IPT (1977a, 1977b, 1978).

Desde então, vários fabricantes desenvolveram prensas manuais e hidráulicas para a fabricação de diversos tipos de tijolos e blocos de solo cimento compactado. Segundo FARIA (1990) e VIOLANI (1987), poucos daqueles fabricantes conseguiram permanecer no mercado, pois se constatou um abandono dessa tecnologia devido a um preconceito em relação ao material.

De fato, o processo de estabilização compreende uma gama de variáveis bastante complexa e requer conhecimento e controle tecnológico eficiente para a geração de um produto de qualidade.

É consenso que as qualidades do produto do solo estabilizado dependem primordialmente da matéria prima, ou seja, do solo. FARIA (1990) expõe que mesmo após a estabilização, é comum a ocorrência de uma série de patologias por exemplo:

- variações volumétricas por reações da água com aditivos, retrações e aparecimento de fissuras;
- degradação do material devido à presença de sais solúveis em água, de matéria orgânica e materiais expansivos;
- propriedades heterogêneas na série produzida devido à descontinuidade das características da matéria prima.

Com relação ao componente tijolo, convém destacar as diferenças entre o tijolo de barro cozido (ou cerâmico) e o tijolo de solo estabilizado.

Segundo VAN VLACK (1973), nos produtos cerâmicos, o esqueleto dos grãos minerais formados durante a queima é o responsável pelas propriedades mecânicas. Dessa forma, o material resultante é leve, resistente e poroso. O tijolo de barro cozido, no processo de queima (ou sinterização) tem a área específica das partículas reduzidas, causando redução do volume aparente e aumento da resistência mecânica. O resultado de diversos fenômenos físicos que ocorrem durante a queima é consequência da aproximação e contato das partículas, reduzindo a porosidade.

A qualidade do tijolo de solo cimento prensado é função do empacotamento dos grãos do solo depois de compactado. O material resultante tem baixa porosidade e alta densidade. O equipamento utilizado para a moldagem do tijolo desempenha papel fundamental, pois ele condiciona a taxa de compactação do material e as características produtivas em si, conforme avaliações de FARIA (1990).

FERRAZ JUNIOR (1995) comparou as características de diversas prensas existentes no mercado, a tabela 1 apresenta um resumo desse estudo.

Tabela 1 – Produtividade das prensas para solo estabilizado.

TIPO DE PRENSA		ENERGIA DE COMPACTAÇÃO (MPa)	TAXA DE COMPACTAÇÃO DO SOLO <sup>36</sup>	PRODUÇÃO (tijolos/dia)
Manual	Mecânica	1,5 – 2,0	1,38	300 a 1.200
	Hidráulica	2,0 – 10,0	1,65	2.000 a 2.800
Motorizada	Mecânica	4,0 – 24,0	>1,65	1.600 a 12.000
	Hidráulica	>20,0	>2,00	-

A ABCP (1988) indica que o processo de moldagem possibilita manter a regularidade dimensional das faces dos tijolos, implicando em menor consumo de argamassa de assentamento e de revestimento, isso se houver necessidade, pois a moldagem permite obter um *design* diferenciado dos tijolos, possibilitando modulações e encaixes que podem reduzir a zero o consumo da argamassa de assentamento, conforme ASSIS (1995).

Segundo CARVALHO e POROCA (apud CARNEIRO 2001) as paredes construídos com tijolos de solo cimento prensados têm comportamento térmico e durabilidade equivalentes às construídas com tijolos ou blocos cerâmicos. Além disso, os tijolos de solo cimento podem ser utilizados em alvenaria de vedação ou estrutural, desde que atendam às resistências estabelecidas nos critérios de projeto, que devem ser os mesmos aplicados aos materiais de alvenaria convencional, bem como devem seguir as indicações de cuidados e manutenção do material.

CARNEIRO ET AL. (2001) ressaltam outra vantagem dos tijolos de solo estabilizado: a possibilidade de incorporar outros materiais na sua fabricação, como por exemplo, agregados produzidos com entulho reciclado e rejeitos industriais (sílica ativa, cinza volantes, escórias de altos fornos, finos de serrarias e outros). Além disso, por não ser necessária a queima do tijolo, há uma expressiva redução do consumo de energia e, por conseqüência, de danos ambientais e sociais para a sua fabricação.

Além disso, NEVES (1989) destaca que o tijolo de solo cimento, produzido por sistemas manuais ou automatizados, constitui um elemento de viabilidade comprovada em diversos programas habitacionais realizados tanto por mutirão, como por administração direta, fato que demonstra a transferência de tecnologia pela fácil assimilação dos operadores dos equipamentos e também da mão de obra já familiarizada com o sistema construtivo de alvenaria.

O processo de fabricação do tijolo de solo cimento prensado corresponde às seguintes etapas:

- **preparação do solo:** que consiste em destorroar e peneirar o solo seco;
- **preparo da mistura:** adiciona-se o cimento ao solo preparado e realiza-se uma mistura com os materiais secos. Após a homogeneização adiciona-se água e mistura-se novamente o material até uniformizar a umidade no solo;
- **moldagem dos tijolos;**
- **cura e armazenamento:** após 6 horas de moldados e durante os 7 primeiros dias, os tijolos devem ser mantidos úmidos por meio de sucessivas molhagens.

A ABCP (1988) recomenda que a quantidade da mistura deva ser dimensionada para a produção de tijolos durante 1 hora de funcionamento da prensa.

Segundo a NBR 10822 e a NBR 10833, os solos adequados para a fabricação de componentes de alvenaria são os que possuem as seguintes características apresentadas na tabela 2.

Tabela 2 – Critérios para seleção de solos.

CARACTERÍSTICA	REQUISITOS (%)
% passando na peneira ABNT 4,8mm (n.º 4)	100
% passando na peneira ABNT 0,075mm (n.º 200)	10 a 50
Limite de liquidez	≤ 45
Limite de plasticidade	≤ 18

Em termo de dosagem, ABCP (1988) recomenda moldar tijolos com proporções, em volume, de cimento e solo de 1:10, 1:12 e 1:14. A escolha do “traço adequado” deve ser a que apresentar menor consumo de cimento e atender aos critérios de resistência à compressão e absorção de água estabelecida na NBR 8491 e demonstrada na tabela 3.

Tabela 3 – Limites especificados para controle de qualidade de tijolos de solo cimento.

CARACTERÍSTICA	N.º de AMOSTRA	EXIGÊNCIA NBR 8491	
Variação dimensional	-	$\pm 3$ mm	
Resistência à compressão	10	Valor médio	$\geq 2,0$ MPa
		Valor individual	$\geq 1,7$ MPa
Absorção de água	3	Valor médio	$\leq 20\%$
		Valor individual	$\leq 22\%$



## 2.3 CONFORTO AMBIENTAL

### 2.3.1 Mapa Climático

O clima de uma região é representado pelo conjunto estatístico de suas condições durante um intervalo específico de tempo. Essas condições geralmente incluem a temperatura, precipitação e umidade, entre outras variáveis.

O Mapa de Climas do Brasil, representado na figura 6, apresenta as divisões climáticas do país de acordo com a temperatura média e a quantidade de meses secos.

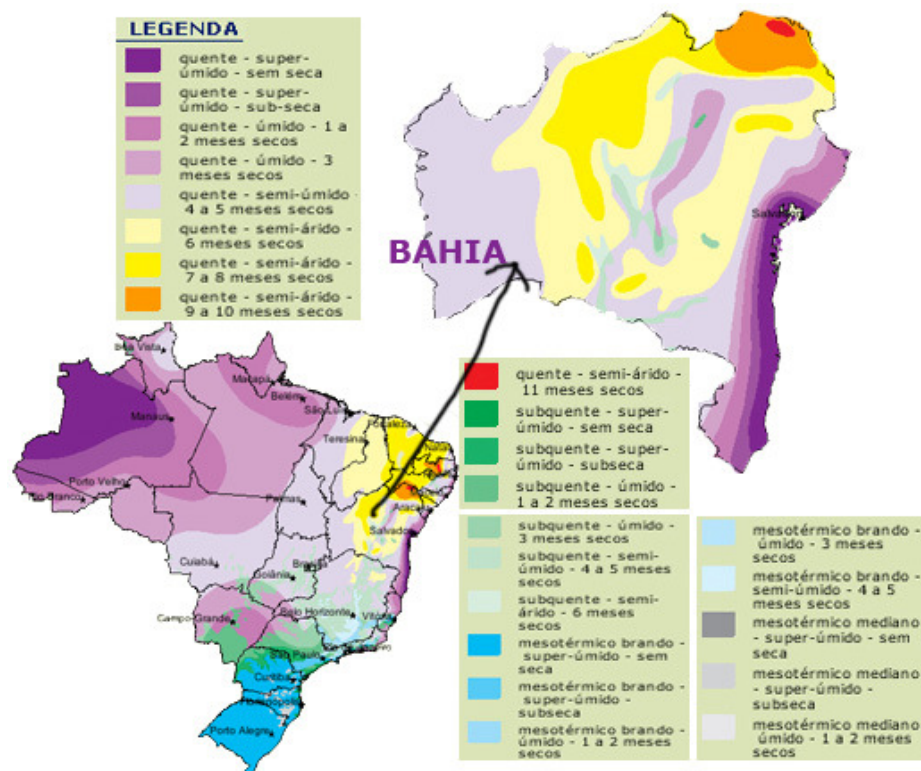


Figura 6 - Mapa de Climas do Brasil

Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Adaptado do original disponível em: < [http://www.ibge.gov.br/mapas\\_ibge/tem.php](http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem.php)>. Acesso em: 20 jun./2009.

O mapa de climas do Brasil (figura 6) representa de forma simplificada elementos suficientes para se estabelecerem parâmetros quanto à adequação da arquitetura a qualquer região brasileira.

Do ponto de vista do desempenho térmico da arquitetura, agruparam-se algumas classificações climáticas encontradas no Mapa do Clima do Brasil, de modo a obter apenas dois grupos distintos de climas quentes: seco e úmido, conforme tabela 4.

Tabela 4 – Classificações Climáticas

quente úmido	quente:	superúmido úmido semi-úmido
	subquente:	úmido semi-úmido
quente seco	quente:	semi-árido brando semi-árido mediano a muito forte
	subquente:	semi-árido brando

Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
Adaptado do original disponível em <[http://www.ibge.gov.br/mapas\\_ibge/tem.php](http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem.php)>  
Acesso em: 20 jun. 2009

Quando se diz: “Como faz calor!” na leitura da Física está se manifestando o desagrado (desconforto térmico) porque a temperatura da pele está ficando alta. Vice-versa para o frio: “Que frio!” quer dizer “A temperatura da pele está baixa demais e o corpo está começando a ter reações desagradáveis”. (CORBELLA, 2003).

Segundo LAMBERT (1997), define-se Conforto Térmico como o estado mental que expressa à satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda. A não satisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando o balanço térmico não é estável, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente. A norma internacional para averiguar o conforto térmico em ambientes é a ISO 7730 (1994).

### **2.3.2 Termorregulação em seres humanos**

Segundo FROTA (1998), “O homem é um animal homeotérmico. Seu organismo é mantido a uma temperatura interna sensivelmente constante. Essa temperatura é da ordem de 37°C, com limites muito estreitos — entre 36,1 e 37,2°C - sendo 32°C o limite inferior e 42°C o limite superior para sobrevivência, em estado de enfermidade”.

O organismo dos homeotérmicos pode ser comparado a uma máquina térmica — sua energia é conseguida através de fenômenos térmicos. A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo a mais importante a combinação do carbono, introduzido no organismo sob a forma de alimentos, com o oxigênio, extraído do ar pela respiração.

Esse processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos é denominado metabolismo. O organismo, através do metabolismo, adquire energia. Cerca de 20% dessa energia é transformada em potencialidade de trabalho. Então, termodinamicamente falando, a “máquina humana” tem um rendimento muito baixo. A parcela restante, cerca de 80%, se transforma em calor, que deve ser dissipado para que o organismo seja mantido em equilíbrio (LAMBERTS et al, 1997).

Tanto o calor produzido como o dissipado dependem da atividade que o indivíduo desenvolve. Em repouso absoluto — metabolismo basal —, o calor total dissipado pelo corpo, cedido ao ambiente, é de cerca de 75W (LAMBERTS et al, 1997).

A manutenção da temperatura interna do organismo humano relativamente constante, em ambientes cujas condições termo-higrométricas são as mais variadas e variáveis, se faz por intermédio de seu aparelho termorregulador, que comanda a redução dos ganhos ou o aumento das perdas de calor através de alguns mecanismos de controle.

A termorregulação, apesar de ser o meio natural de controle de perdas de calor pelo organismo, representa um esforço extra e, por conseguinte, uma queda de potencialidade de trabalho.

O organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente, sem recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação, o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade.

Como ser homeotérmico (que possui a temperatura constante) o homem tem que perder calor adquirido e/ou produzido para manter o balanço térmico de seu corpo – especialmente em climas tropicais. A equação do balanço térmico humano é assim traduzida:

- Fatores de ganho de calor: metabolismo (basal e muscular), condução (contato com corpos quentes); convecção (se o ar é mais quente que a pele) e radiação (do sol, da abóbada celeste e dos corpos quentes);

- Fatores de perda de calor: condução (contato com corpos frios); convecção (se o ar é mais frio que a temperatura da pele); radiação (de superfícies frias) e evaporação (da umidade e suor).

A manutenção da temperatura constante do corpo humano se processa pelo aparelho termorregulador que comanda a redução ou aumento das perdas de calor.

O corpo humano é sensível ao nível de temperatura da pele (figura 7). Quando a superfície de um material (ou a água, ou o ar do ambiente) transfere calor aumenta a temperatura da pele.

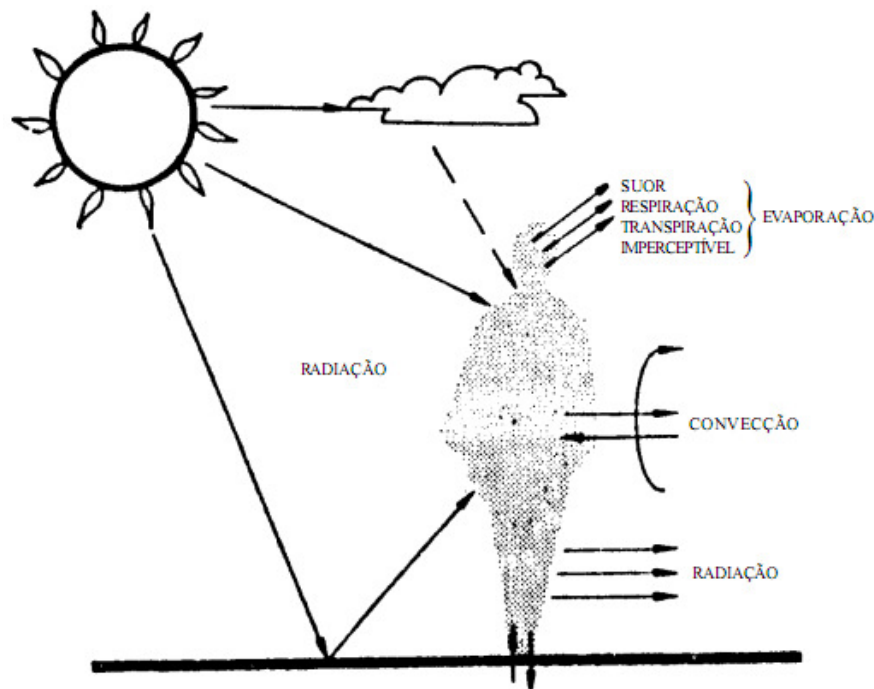


Figura 7– Trocas de Calor do Corpo Humano.

Fonte: Sistema de Controle das Condições Ambientais de Conforto, - Tadeu Almeida de Oliveira e Otto Toledo Ribas - MINISTÉRIO DA SAÚDE - 1995.

Quando uma superfície úmida é exposta ao ar ocorre a *evaporação*, se a pressão de vapor d'água do ar for menor do que a pressão de vapor saturado à temperatura da superfície. A camada de ar que recobre a superfície tende a ficar saturada, com maior quantidade de vapor d'água do que o resto da atmosfera, causando uma redução na evaporação. O suor, ao escorrer pela pele, é a resultante

da limitação da capacidade de evaporação em determinado ambiente.

As principais variáveis do meio ambiente que concorrem para as trocas de calor entre o homem e o meio são *temperatura, tensão de vapor, velocidade do ar e temperatura radiante média*. Quando a perda de calor do corpo é menor ou maior que a quantidade de calor produzida pelo organismo, observa-se estresse térmico. Um ambiente é considerado de neutralidade térmica quando propicia a dissipação do calor na justa medida em que está sendo produzido pelo organismo (FANGER, 1972).

A sensação de conforto térmico é dada pela percepção combinada das variáveis que concorrem para a troca de calor com o meio e é estimada através de *índices de conforto térmico* que contém uma *zona de conforto térmico*. O desempenho térmico de um ambiente deve propiciar aos seus ocupantes condições próximas à zona de conforto durante a maior parte do ano (KOENIGSBERGER et al, 1977).

### **2.3.3 Equações e Índice de Conforto**

Com o intuito de avaliar o efeito conjunto das variáveis de conforto térmico, alguns pesquisadores sugerem diferentes índices de conforto térmico. De forma geral, estes índices são desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta do indivíduo para, a partir daí, relacionar as variáveis do ambiente e reunir, sob a forma de cartas ou nomogramas, as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos (LAMBERTS et al, 1997).

Índice de conforto é um parâmetro que representa o efeito combinado das principais variáveis intervenientes. Através dele é possível avaliar a situação de conforto térmico de um ambiente, bem como obter subsídios para melhor adequá-lo às necessidades humanas.

A maioria dos índices, contudo, têm limitações em sua aplicação prática devido às dificuldades de aplicabilidade. Surgem do fato desses experimentos terem sido realizados em condições climáticas muito variáveis. Como consequência, cada índice é válido e útil para uma margem limitada de condicionantes que não podem ser empregadas universalmente.

Os primeiros esforços organizados para o estabelecimento de índices de conforto térmico foram realizados nos Estados Unidos da América no período de 1913 a 1923. Desde então e até hoje esse assunto vem sendo estudado em diferentes partes do mundo e vários métodos para avaliação de conforto térmico têm sido propostos.

O método mais conhecido e amplamente aceito é o Predicted Mean Vote (PMV) ou Voto Médio Estimado (VME), que foi desenvolvido pelo professor dinamarquês Ole Fanger e publicado em FANGER (1972). Fanger usou dados obtidos em experiências de laboratório, com mais de 1300 pessoas, para estabelecer uma equação que permite, a partir do conhecimento das variáveis ambientais e pessoais, estimar a sensação térmica média de um grupo de pessoas (VME) quando exposto a uma determinada combinação dessas variáveis. O VME é dado na a escala de sensações térmicas conforme tabela 5

Tabela 5 – Escalas de sensações térmicas

Escala	Sensação
+3	muito quente
+2	quente
+1	levemente quente
0	neutro
-1	levemente frio
-2	frio
-3	muito frio

Fonte: MESQUITA, A.L.S et al. Engenharia de Ventilação Industrial. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.

A fim de conhecer a quantidade de pessoas termicamente descontentes com um ambiente, Fanger relacionou o valor do VME com a porcentagem estimada de insatisfeitos (PEI).

O método de Fanger foi adotado como base para o desenvolvimento de uma norma que especifica condições de conforto térmico para ambientes termicamente moderados (ISO 7730, 1984) e da sua atualização em 1994.

A aplicação prática dessa norma, porém, deve ser cuidadosa uma vez que o PMV é um modelo matemático desenvolvido a partir de experiências em laboratório onde todas as variáveis foram medidas; essa condição, contudo, não pode ser garantida para as variáveis pessoais nas aplicações de campo devido aos recursos técnicos necessários. Assim, essas variáveis têm que ser subjetivamente estimadas e isso pode gerar erros consideráveis na avaliação do conforto térmico.

HÖPPE (1999) define a temperatura equivalente fisiológica – Physiological Equivalent Temperature (PET) – de dada situação como a temperatura equivalente à temperatura do ar na qual, em uma situação típica interna, o balanço térmico do corpo humano é mantido, com temperaturas do centro do corpo e da pele iguais às da situação em questão.

OLGYAY (1963) foi o primeiro pesquisador a propor um procedimento sistemático para adaptar o projeto de uma edificação aos requerimentos humanos e condições climáticas.

Segundo GIVONI (1969), o método de Olgyay é limitado em sua aplicabilidade, uma vez que a análise dos requerimentos fisiológicos está baseada sobre o clima externo e não sobre o micro clima esperado no interior da edificação em questão. Define-se, então, uma área de conforto a partir da qual pode-se relacionar



estratégias de projeto passivo de modo a criar condições para o conforto. A representação do clima local é feita por linhas que correspondem à união entre pontos que representam as máximas e as mínimas temperaturas.

O conceito desenvolvido por Carl Mahoney na Nigéria é a base das tabelas de Mahoney, posteriormente desenvolvida por KOENIGSBERGER e EVANS (1970). As tabelas de MAHONEY propõem uma análise do clima que começa com uma seqüência básica de dados amplamente disponível.

Para que os dados sejam considerados confiáveis, segundo GRET (apud OLIVEIRA e RIBAS, 1995), são necessários no mínimo de 5 anos relativos a ventos, 10 anos de dados sobre temperatura e umidade, e trinta anos para as precipitações.

Para essa pesquisa, foram coletados os dados referentes às normais climatológicas da região em um período de 30 anos. Através da tabela 6 de GRET (apud OLIVEIRA 1995), indicam-se os dados climáticos indispensáveis na concepção bioclimática conforme quadro 1.

Quadro 1 - Dados Climáticos

	INDISPENSÁVEIS	SE POSSÍVEL
<b>TEMPERATURA</b>		
média das temperaturas máximas diárias	X	
média das temperaturas mínimas diárias	X	
média das temperaturas máximas absolutas		X
média das temperaturas mínimas absolutas		X
<b>UMIDADE RELATIVA</b>		
médias das máximas diárias	X	
médias das mínimas diárias	X	
<b>VENTO</b>		
rosa dos ventos com 8 direções, indicando a intensidade e a frequência dos ventos predominantes		X
direção dos ventos principais e secundários	X	
<b>PRECIPITAÇÃO</b>		
precipitações totais em mm	X	
número de dias com chuva		X
<b>INSOLAÇÃO</b>		
número de horas de insolação	X	
fração de insolação: número de horas de insolação efetiva - duração máxima de insolação	X	
<b>NEBULOSIDADE</b>		
nebulosidade do céu		X
<b>CICLONES E ABALOS E ABALOS SÍSMICOS</b>		
zonas de risco	X	

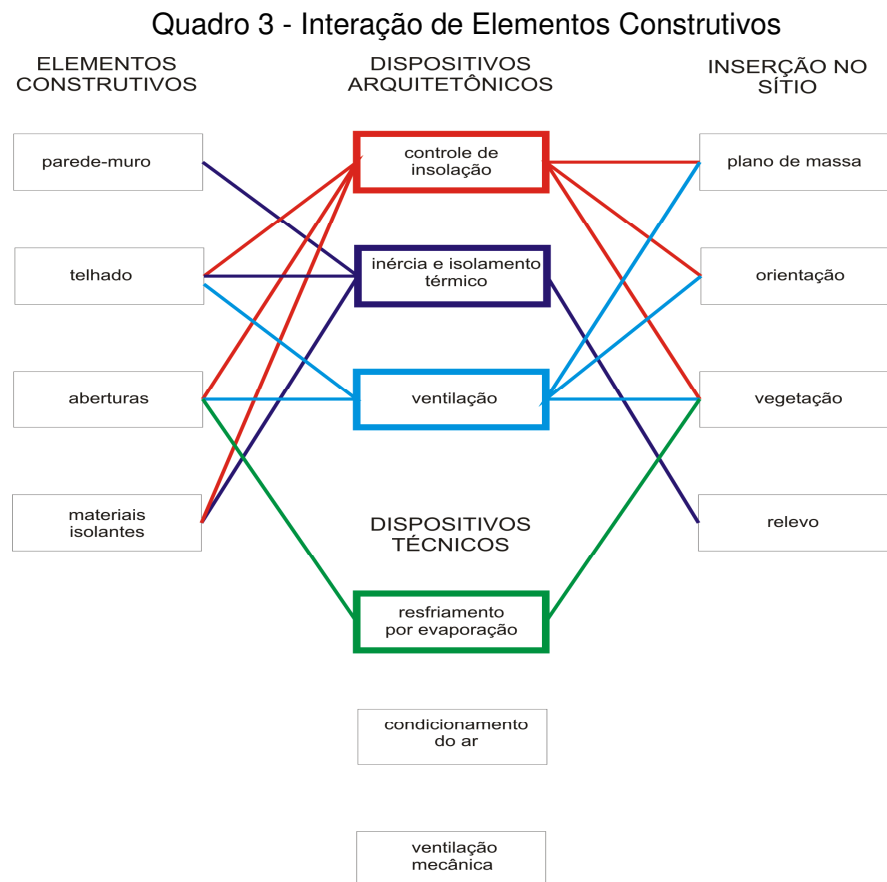
Fonte: GRET (apud OLIVEIRA 1995)

A insolação de um local depende da posição do sol, do grau de nebulosidade do céu e do ambiente (sombras, relevo etc.). A posição do sol pode ser determinada facilmente através dos diagramas solares, necessitando-se para tanto apenas do conhecimento da latitude local. O grau de nebulosidade é mais difícil de se obter (a meteorologia divulga apenas o nº de horas com sol por mês e anualmente). A quantidade de energia solar que chega a um determinado local depende do ângulo de incidência do sol em relação à sua superfície; a espessura da camada de ar atravessada pela radiação e pela transparência do céu (poeira em suspensão, nebulosidade).

De acordo com GRET (apud OLIVEIRA1986) as respostas da arquitetura ao problema climático podem ser apreendidas em diferentes níveis:

- dispositivos arquitetônicos;
- dispositivos técnicos;
- elementos construtivos;
- inserção no sítio.

Todos os elementos estão relacionados entre si e suas interações podem ser esquematizadas conforme o quadro 3.



Fonte: GRET (apud OLIVEIRA 1986)

MASCARÓ (1983) salienta que “é indispensável conhecer e aplicar técnicas de projeto e cálculo de ventilação natural dos edifícios; com a dupla finalidade de oferecer conforto ao usuário e otimizar o uso da energia na edificação”.

Os fatores que condicionam a ventilação são: forma e características da edificação e do entorno (topografia natural e edificada); localização e orientação do edifício; posição e tamanho das aberturas; direção, velocidade e frequência dos ventos; e diferença de temperaturas interiores e exteriores. O quadro 2 relaciona as funções de ventilação e salubridade.

Quadro 2 - Ventilação e Salubridade

	RENOVAÇÃO DO AR VICIADO	CONFORTO TÉRMICO DO CORPO HUMANO	RESFRIAMENTO DA MASSA INTERNA DO EDIFÍCIO
VENTILAÇÃO NECESSÁRIA	Para todos os espaços ocupados	Principalmente em climas quentes e úmidos	Principalmente em climas muito quentes e secos
CONDIÇÃO DE TEMPERATURA EXTERNA NECESSÁRIA	Para todas as condições de temperatura externa	Quando a temperatura do ar externo é mais fresca ou vizinha daquela do ar interno	Quando a temperatura do ar externo é mais fria pelo menos 2° C da do ar interno
TIPO DE CONSTRUÇÃO ADEQUADA	Todos os tipos	Construção com uma orientação principal	Construção com grande inércia térmica

Fonte: GRET (apud OLIVEIRA 1986)

## 2.4 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E BIOCLIMATOLOGIA

A bioclimatologia estuda as relações entre o clima e o ser humano. Como forma de tirar partido das condições climáticas para criar uma arquitetura com desempenho térmico adequado, OLGYAY (1963) criou a expressão Projeto Bioclimático, que visa à adequação da arquitetura ao clima local.

### 2.4.1 Classificação das escalas do clima

As classificações das escalas do clima variam de autor para autor. Em geral, podem ser considerados o macro clima, o mesoclima e o micro clima.

No macro clima são observadas as características climáticas de uma região, normalmente medidas em estações meteorológicas. As normais climatológicas são um exemplo de dados medidos em estações climáticas disponíveis para caracterização do clima das cidades. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) as normais são séries de dados padronizados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) calculadas para períodos de 30 anos, obtidas a partir de médias mensais e anuais de totais diários. A série de 1961 a 1990 é a mais recente, e apresentam médias mensais de temperatura, médias das máximas de temperatura, média das mínimas de temperatura, temperaturas máximas e mínimas absolutas, pressão atmosférica, umidade relativa, horas de insolação, precipitação, dentre outras. Os dados medidos em estações podem também ser reunidos em arquivos climáticos. Os arquivos podem conter dados de anos específicos ou podem representar o macro clima de uma cidade ou região.

No mesoclima e micro clima, são observadas as alterações locais na radiação solar, temperatura do ar, umidade e vento. Uma grande cidade pode alterar as condições do mesoclima pela poluição que gera ou pelo corte indiscriminado da

vegetação, por exemplo. Já o micro clima está diretamente relacionado à escala da edificação e de seu entorno imediato, sendo influenciado pelas conseqüências das outras escalas climáticas e também pela interferência direta na propriedade onde se encontra a edificação.

Para ADAM (2001) a arquitetura bioclimática, investiga as relações entre os seres humanos (animais homeotérmicos) e as características climáticas de um local, que são absorvidas e transformadas pelos edifícios, refletindo-se no partido arquitetônico (orientação dos ambientes, projeto, disposição das vedações, paredes e coberturas, proporção e composição das aberturas, estruturas, materiais e paisagismo) com o objetivo de minimizar a quantidade de energia operante consumida no edifício.

Segundo PEREIRA *et al* (1997) o projeto bioclimático é resultado da interação do projeto arquitetônico com as condicionantes climáticas de cada região. É através da correta implementação das estratégias bioclimáticas que se poderá chegar a um projeto apropriado, proporcionando conforto térmico com a otimização de energia.

#### **2.4.2 Estudos Bioclimáticos**

Desde a década de 1970 existe a preocupação em projetar edifícios adequados ao clima, mesmo sem a relevância necessária para um diálogo mais consistente, já se estudava o gráfico solar e a incidência de seus raios nas fachadas dos edifícios bem como alguns elementos de proteção como as fachadas duplas e os brises.

Segundo FATHY (1980) todos os projetos deveriam ter como determinante da forma e função a climatização natural, utilizando os seguintes princípios:

- Materiais, elementos e componentes construtivos com grande inércia térmica;

- Ventilação cruzada, que apropria a inversão térmica que acontece à noite;
- Idéia da gruta, do vale e do átrio ou pátio avarandado;
- Malkaf (Pega-vento) - quanto maior for a razão entre as aberturas maior será a ventilação.

FATHY (1980) comenta que o homem do deserto, há milênios, utiliza o fenômeno natural da fotossíntese, que acontece toda madrugada, e catalisa a inversão térmica. As plantas assimilam o gás carbônico e expelem o oxigênio durante a noite para purificar a sua casa com ar puro pleno de oxigênio e também refrigerar a sua casa com o ar frio resultante da inversão térmica. Por isso é que o morador do Deserto do Saara e do Novo México, além de utilizar materiais, elementos e componentes construtivos de grande inércia térmica, utiliza em suas janelas, portas e aberturas internas venezianas e treliças permitindo a ocorrência de ventilação cruzada. Durante a noite, quando acontece a inversão térmica, o ar frio (que é mais pesado que o ar quente que está dentro da casa) entra por uma dessas frestas e expulsa o ar quente por outra fresta.

A sensação de calor é diferente da sensação de temperatura alta. É possível ficar numa praia a 30°C ou 40°C e não em uma sala fechada na mesma temperatura. A ventilação transmite uma sensação térmica agradável transmitida, por exemplo, pelos ventiladores. Observando as casas antigas em fazendas e cidades, algumas têm venezianas ou treliças nas janelas e portas, com uma parte que permite fechar nos dias em que o frio é excessivo.

Em muitas fazendas antigas, além de serem de taipa de sopapo (pau-a-pique), têm um assoalho elevado a 2 m do terreno e cheio de frestas. O teto é de esteiras de bambu, também cheias de frestas por onde o ar entra e sai constantemente. Geralmente essas fazendas têm o piso elevado e são construídas perto do curral,

para que na época do inverno rigoroso o morador possa colocar ali o gado para dormir à noite. O calor dos animais aquece o ar que entrará pelas frestas do assoalho e aquecerá a casa.

É possível observar também que a dimensão do pé-direito dessas casas é de 4 m, no mínimo. Essa dimensão tem a finalidade de facilitar o deslocamento do volume de ar dos ambientes. As igrejas antigas, as do Barroco principalmente, têm abertura ao lado da porta de entrada, que drenam o ar constantemente.

Segundo FATHY (1980), há milênios, o homem do deserto criou o átrio ou o pátio interno avarandado. Esse pátio nada mais é que uma gruta artificial para receber o ar fresco. Como a casa possui as frestas que permitem ao ar atravessar a residência, o ar fresco do pátio e o ar quente do exterior trocam de lugar, propiciando uma brisa permanente o tempo todo o que justifica a necessidades dos afastamentos entre as edificações.

O governo do Irã, em seu Código de Obras, destaca o valor do pátio: "O átrio é um meio tradicional de criar sombra variada, reduzir a claridade, canalizar o movimento de ar e dissipar calor. A interpretação contemporânea do átrio poderia ser um elemento essencial de qualquer morada iraniana" (SILVA, 1981). O Código de Obras do Irã explicita: "A água, tendo tido uma longa história cultural no Irã, deve ser usada por seu valor simbólico em espaços externos privados e públicos e poderia ser criativamente expressa e exposta para adicionar riqueza visual à cena urbana e ter um efeito psicologicamente refrescante" (SILVA, 1981).



### 2.4.3 Arquitetura e a Permacultura

O atendimento do conforto térmico e luminoso deve ser obtido preferencialmente através de recursos passivos, a exemplo da ventilação natural, barreiras à transferência de calor e iluminação natural, dentre outros. Os recursos ativos (que consomem energia) devem ser empregados apenas quando forem imprescindíveis, a exemplo de ventiladores de teto, chuveiro elétrico, dentre outros (SZOKOLAY, 1980).

Para SOARES (1998) a casa é o centro do sistema, a partir do qual iniciamos os nossos trabalhos, pondo a casa em ordem. Na própria casa, e à sua volta, existem muitos espaços que podem se tornar produtivos. Peitoris de janelas, laterais de parede. O autor segue dizendo que: “A Zona 1 compreende as áreas mais próximas da casa, que visitaremos diariamente e onde colocamos os elementos que necessitam cuidados diários: as hortas, as ervas culinárias, alguns animais de pequeno porte e árvores frutíferas de uso freqüente. Também é onde concentraremos a armazenagem de ferramentas e de alimentos, para utilização em longo prazo. A horta é um elemento essencial da Zona 1, pois funciona como base de sustentação da alimentação da família. Ela poderá ser manejada com o auxílio de animais que façam o trabalho de fertilização e controle. É na Zona 1 que incluímos os elementos necessários à nossa sobrevivência elementar: água potável, espaço para a produção de composto e uma área onde lavar os produtos da horta e as ferramentas. Um viveiro de mudas também deve ser incluído, como base para a diversificação da produção”(SOARES, 1998).

MOLLISON (1990) acrescenta a possibilidade de termos nesta Zona 1, além da captação de água de chuva por telhado de grama e armazenamento em cisterna, os tratamentos de águas servidas como círculo de bananeiras, bacia de evapotranspiração ou biodigestor. Inclui também a produção de energia limpa como a eólica e solar.

Em resumo, os itens integrantes da Zona 1 (figura 8) e residência citados por SOARES (1998) e MOLLISON (1990) segundo os critérios permaculturais são: habitação sustentável e saudável, horta, árvores ou treliças para sombreamento e estufa para viveiro de mudas e aquecimento passivo, espiral de ervas culinárias e medicinais, pequeno pomar intensivo (paisagismo produtivo), captação de água de chuva, círculo de bananeiras e bacia de evapotranspiração, composteira, minhocário, área para reciclagem, depósito ou despensa para alimentos e ferramentas, pequenos animais (coelhos, galinhas) e geração de energia limpa (eólica, solar, biodigestor).

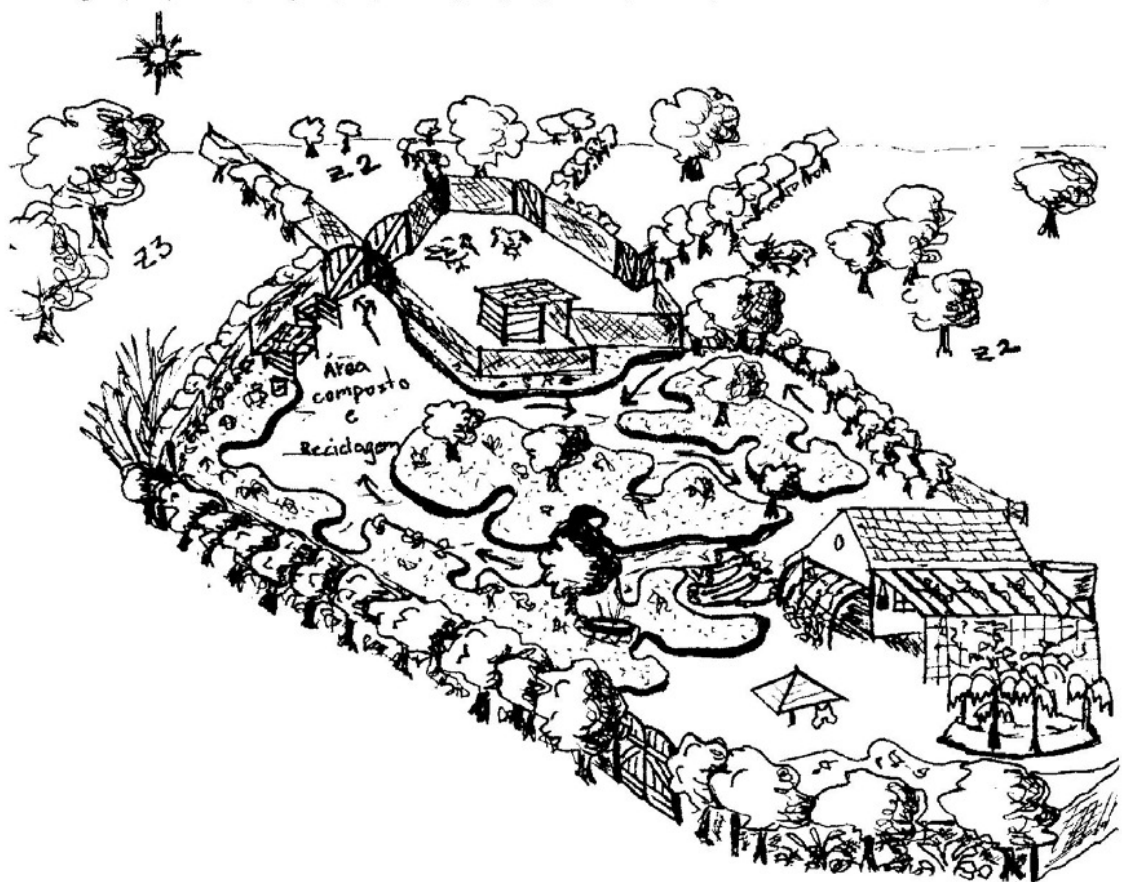


Figura 8 - Croqui exemplo de uma Zona 1 da Permacultura  
Fonte: Manual do Arquiteto Descalço.

Os autores SOARES (1998) e HOLMGREN (2004) demonstram considerar a casa como a zona zero, MOLLISON (1990) acompanha-os no raciocínio, e inclui a possibilidade de toda uma vila (conjunto de residências) pertencer a esta zona. Notam-se na prática, projetos de desenho permacultural que não diferenciam a Zona 0 da Zona 1, contendo a residência, seus equipamentos e o entorno imediato, sendo a zona de maior empenho energético.

#### 2.4.4 Arquitetura e desenvolvimento sustentável

A idéia de desenvolvimento sustentável começou a se difundir à medida que crescia a consciência sobre o esgotamento dos recursos naturais. As muitas frentes de discussão sobre o assunto enveredam por aspectos econômicos, sociais e ambientais, tais como a busca por formas alternativas de energia em substituição ao petróleo, manejo de florestas para evitar sua extinção ou o exercício de uma arquitetura sustentável.

Segundo KRONKA (2001) uma conceituação atual e abrangente de arquitetura sustentável “é uma forma de promover a busca pela igualdade social, valorização dos aspectos culturais, maior eficiência econômica e menor impacto ambiental nas soluções adotadas nas fases de projeto, construção, utilização, reutilização e reciclagem da edificação, visando a distribuição eqüitativa da matéria-prima e garantindo a competitividade do homem e das cidades”.

De acordo com KRONKA (2001), boa parte dos conceitos da arquitetura sustentável está presente nas aulas básicas de conforto ambiental, que ensinam a considerar aspectos como insolação, ventos dominantes, características do entorno e uso dado à edificação antes de definir posicionamento no lote, espessura das paredes, dimensão das aberturas ou materiais que serão empregados. “O objetivo é explorar as formas passivas de energia até a exaustão antes de partir para as soluções de energia ativa”. Um dos pontos destacados é a necessidade de dar mais atenção ao desenvolvimento das fachadas. “É comum prédios com grandes superfícies de vidro onde as luzes permanecem acesas durante o dia inteiro”, exemplifica.

O ideal, segundo KRONKA (2001), é procurar reduzir as áreas de transparência para diminuir a entrada de calor. Ao mesmo tempo, o aproveitamento da iluminação natural deve ser maximizado. As janelas altas, junto ao teto, ajudam a distribuir

melhor a luz - o resultado é ainda melhor quando as superfícies internas apresentam cores claras para difundir a luminosidade no ambiente. Há outros recursos simples e eficientes para isso, como brises ou bandejas de luz - espécie de brise horizontal fixado no caixilho que se prolonga para o interior dos espaços, direcionando a luz para os pontos mais afastados das janelas.

Um erro comum é considerar apenas o sistema de ar condicionado para o conforto térmico no interior das edificações. Segundo KRONKA (2001), depende do arquiteto buscar caminhos que eliminem ou pelo menos reduzam a necessidade de usar recursos artificiais para o condicionamento do ar, “a ventilação cruzada é a solução natural e eficiente”. Para isso, é necessário prever aberturas em paredes opostas ou justapostas, ou mesmo no teto, forçando o fluxo de ar.

O dimensionamento da ventilação deve considerar o volume do ambiente, a quantidade de pessoas e a existência de equipamentos que geram calor, como computadores e lâmpadas. Ainda com referência às fachadas, KRONKA (2001) alerta para a necessidade de grande cuidado na especificação do produto, “o vidro errado pode transformar o prédio em uma caixa concentradora de calor”.

A legislação interfere diretamente na sustentabilidade da arquitetura. Segundo KRONKA (2001), não há no Brasil a regulamentação do desempenho que deve ter determinada edificação. “Se houvesse limite de consumo de água ou de energia por tipologia, teríamos projetos mais bem resolvidos. Não temos sequer uma lei que preveja o K - coeficiente de transmissão global, fator que indica quanto calor por metro quadrado uma parede opaca pode deixar passar.

Segundo CARLO (1971) na Holanda e no Reino Unido já funciona um código de obras que exige o estudo de viabilidade ambiental de uma edificação, o qual, por sua vez, determina quanta energia ela poderá demandar. Além disso, a legislação no Brasil permite falhas como lotes muito reduzidos, o que implica menores recuos,

maiores áreas impermeabilizadas, grandes adensamentos ou edificações que barram a passagem do vento, entre muitas outras situações”. Apesar da pouca ajuda encontrada nos códigos de obras, o arquiteto que deseja projetar e construir dentro dos princípios da arquitetura sustentável pode buscar parâmetros nas normas ISO 14000 ou na Agenda Hábitat, documentos que fornecem diretrizes para o desenvolvimento sustentável.

Segundo CARLO (1975), os conceitos de sustentabilidade podem ser aplicados tanto em edificações novas como em retrofits. “É apenas uma questão de consciência, pois é perfeitamente possível substituir sistemas construtivos e materiais de acabamento não recicláveis ou causadores de grande impacto ambiental por outros, que não comprometam o meio ambiente nem a saúde do ser humano que trabalhará na obra ou usará a edificação”.

De acordo com CARLO (1975), a lista de materiais substituíveis é bastante extensa e inclui produtos como cimento, concreto, derivados de petróleo, tintas e vernizes insolúveis em água ou com grande concentração de metal, para citar apenas alguns exemplos. Dependendo do porte da obra, ele sugere o uso de adobe e madeira de reflorestamento ou de áreas manejadas.

Entre as novidades estão às surgidas em decorrência das novas metas estabelecidas pelo governo federal a partir do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Hábitat (PBQP-H) que, desde o início de 2003, limita a 6 litros o consumo de água por descargas em bacias sanitárias. Além da redução obrigatória, algumas empresas já se adiantaram e passaram a oferecer sistemas de descarga com dois tipos de acionamento: um para dejetos líquidos, que consome apenas três litros, e outro para dejetos sólidos, que utiliza o limite de seis litros. Há também uma nova válvula de descarga com fechamento automático que impede fluxos superiores a 6 litros, mesmo que o usuário fique pressionando o botão.

### 3 METODOLOGIA

O método empregado no presente trabalho consiste na análise de soluções tecnológicas aplicáveis as habitações da região do estudo de caso associada a um diagnóstico climático, considerado fundamental para determinar estratégias bioclimáticas. Foi idealizado um modelo virtual de casa estável onde, através de simulações computacionais, foi possível determinar parâmetros construtivos para o modelo proposto contemplando o conforto térmico e a integração de sistemas habitacionais. A aplicação do método proposto se subdivide em:

- Coleta de dados e pesquisa de campo no local e caracterização do objeto de estudo;
- Pesquisa de tipologias construtivas e soluções tecnológicas que filtrem os impactos adversos do clima, utilizando o desenho da permacultura e a tradição da arquitetura vernácula resgatando as técnicas construtivas milenares;
- Elaboração de um Diagnóstico Climático a partir dos dados coletados na estação meteorológica existente no município de Barra utilizando as normais climatológicas - Programa VAFF, para possibilitar a determinação das estratégias bioclimáticas para o modelo de habitação,
- Criação de um modelo de projeto de habitação rural utilizando maquete eletrônica para simular aspectos climáticos coletados e tratados na etapa anterior.
- Animação computadorizada do modelo virtual de casa estável.

### 3.1 OBJETO DE ESTUDO

Por meio do projeto de pesquisa intitulado “Semi-Árido: superação da pobreza pelo desenvolvimento auto-sustentável”, a autora participou de pesquisas de campo realizando trabalhos coordenados de observação e diagnósticos sócios - econômicos da área rural que integra o projeto realizado no município de Barra, denominada distrito dos Brejos.

Foram selecionadas diferentes tipologias existentes no distrito dos Brejos e elaborada uma coletânea de fotos das residências. O critério de seleção para as fotos foi à diversidade de construções com soluções intuitivas de adaptabilidade ao meio ambiente hostil e as condições de preservação do patrimônio cultural local.

## 3.2 SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS E TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS

Como proposta de soluções tecnológicas aplicáveis ao semiárido, utilizou-se o desenho da Permacultura e a tradição da arquitetura vernácula resgatando as técnicas construtivas milenares, características dos princípios adotados nas cidades árabes, tais como sombra, pátios internos, terraços para dormir e pequenas aberturas que permitam filtrar os impactos adversos do clima.

O planejamento utilizando a Permacultura foi desenvolvido através da cuidadosa observação dos padrões naturais e das características da região, o que permitiu a implementação de métodos ótimos para integrar instalações humanas com os sistemas naturais de produção de energia como plantas comestíveis, aquicultura, animais silvestres e domésticos, dentre outros. Na permacultura o traçado urbano é organizado de modo que se aproveite da melhor maneira possível toda a água e luz disponíveis. Procurou-se aproveitar também toda a flora local, associando árvores, ervas, arbustos e plantas rasteiras que se alimentam e se protegem mutuamente.

A água da chuva também foi aproveitada através da instalação de captadores, que fazem com que a água seja armazenada e utilizada para diversos fins.

### 3.2.1 Diagnóstico Climático

Várias metodologias foram desenvolvidas para conjugar as variáveis climáticas: temperaturas, umidade, radiação solar e ventilação, que influenciam diretamente no balanço térmico do homem com a noção de conforto. Alguns índices de conforto (biofísicos, fisiológicos e subjetivos) foram estudados para fins de aplicação. Para as condições climáticas da região destacaram-se os de Olgay - Carta Bioclimática;



Givoni - Gráfico Psicométrico; Evans - Método dos Triângulos de Conforto; Carl Mahoney - tabelas e indicadores; e Diagrama Psicométrico (Según Szokolay).

O método de Olgyay (1963) está baseado em uma carta bioclimática apresentando a zona de conforto humano em relação à temperatura e umidade do ar ambiente, temperatura radiante média, velocidade do vento, radiação solar e resfriamento evaporativo. Seu método envolveu os seguintes passos: coleta de dados climáticos (temperatura, ventos, radiação e umidade); tabulação dos dados em uma base anual e construção de uma série de cartas mostrando a distribuição anual dos elementos climáticos; plotagem dos dados tabulados de temperatura e umidade do ar em uma carta bioclimática.

A metodologia proposta por GIVONI (1969) utiliza o Índice de Estresse Térmico para avaliar os requerimentos humanos para o conforto. Essa metodologia envolve os seguintes passos: análise do clima; opções para aquisição de condições internas para conforto em climas quentes; plotagem das variáveis climáticas na carta psicrométrica. Através do Gráfico Psicométrico de Givoni é possível definir uma área de conforto a partir da qual, podem-se relacionar estratégias de projeto passivo de modo a criar condições para o conforto. A representação do clima local é feita por linhas que correspondem à união entre pontos que representam as máximas e as mínimas temperaturas.

Uma metodologia com base no Método dos Triângulos de Conforto, proposto por Evans e Schiller definem-se regiões para quatro estados de conforto, a partir dos dados climáticos de entrada referentes à Temperatura (T) e Amplitude Térmica (AT) e estratégias para alcançar o Conforto Ambiental caso a análise demonstre que a região analisada está fora da área de conforto.

Os quadros Mahoney (Evans, 1999; Evans, 2001) propõem análises climáticas que começam com a seqüência básica e amplamente disponível mensalmente dos

dados climáticos de temperatura, umidade e chuva, publicados pelos serviços meteorológicos nacionais, por exemplo, INMET (1995). Hoje, os dados para a maioria das grandes cidades podem ser obtidos diretamente da Internet.

O resultado das planilhas de Víctor Armando Fuentes Freixanet conhecidas como Programa VAFF foi uma importante ferramenta no sentido de compilar e organizar dados analisados simultaneamente pelos quatro grandes métodos descritos. Baseado na interpolação dos principais estudos já realizados foi possível obter parâmetros de desenho e materiais apropriados as execuções de construções mais adaptadas as condições climáticas locais.

A metodologia de aplicação das planilhas do Programa VAFF foi o seguinte: os dados climáticos disponíveis coletados foram compilados e em seguida digitados sendo utilizados como orientação de projeto. A grande vantagem metodológica da utilização das planilhas foi à substituição isolada, e a detalhada análise térmica ou das simulações realizadas pelos autores anteriormente citados, por um modelo único de entrada de dados e uma saída concomitante dos resultados oriundos dos métodos existentes.

Os parâmetros que compõe os quadros de análise do Programa VAFF são:

- Temperaturas do ar;
- Umidade, precipitação e vento;
- Comparação de conforto e condições climáticas;
- Indicadores de condições áridas ou úmidas;
- Recomendações de desenho e desenvolvimento de projetos.

### 3.2.2 Dados a serem considerados na concepção bioclimática

O estudo climático da região envolve o conhecimento de dados sobre o clima e sobre o sítio no qual se insere. Para essa pesquisa, foram coletados os dados referentes às normais climatológicas da região em um período de 30 anos. Na metodologia de coleta de dados a serem alimentados no Programa VAFF, foi necessário estabelecer:

- Temperatura do ar, medida no Brasil em graus centígrados, as médias das máximas, médias das mínimas, mínimas absolutas e máximas absolutas - para cada um dos 12 meses do ano.
- Precipitações nas regiões tropicais resumem-se as chuvas. A condensação do vapor d'água contido no ar está na origem da formação das nuvens, e das precipitações resultantes destas.
- Umidade do ar, relacionada ao vapor d'água que este contém e a pressão atmosférica. Para uma dada temperatura uma massa de ar só pode conter uma quantidade limitada de vapor. Além deste limite o ar fica saturado ocorrendo à condensação. Quanto mais aquecido o ar, mais ele pode conter vapor d'água. Os dados meteorológicos fornecem em geral a umidade relativa do ar, que é a relação entre o peso da água contida no ar (umidade absoluta) e o peso máximo de água que ele poderia conter na mesma temperatura. Quando o ar contém uma quantidade máxima de vapor d'água possível, diz-se que está saturado - sua umidade relativa neste caso é de 100%.
- Vento corresponde ao movimento das massas de ar das zonas de alta pressão para as zonas de baixa pressão. Em escala terrestre o regime dos ventos é determinado pelos cinturões de alta pressão situados próximos dos trópicos e pelo movimento de rotação do planeta. Em nível local o vento dependerá do relevo e da vegetação presente no sítio de implantação, razão pela qual se exige prudência na utilização dos dados meteorológicos.

### 3.3 PRINCÍPIO DE DESENHO

Foi utilizada a metodologia proposta por GRET apud OLIVEIRA (1986) onde as respostas da arquitetura ao problema climático podem ser apreendidas em diferentes níveis onde todos os elementos estão relacionados entre si, são eles:

- dispositivos arquitetônicos;
- dispositivos técnicos;
- elementos construtivos;
- inserção no sítio.

Desses quatro conjuntos de elementos foram considerados, para o tipo de clima encontrado na região, aspectos relacionados aos dispositivos arquitetônicos, elementos construtivos e inserção no sítio.

Os dispositivos técnicos - ar condicionado e ventilação mecânica, não foram abordados, pois transcendem aos limites do trabalho, que enfoca apenas mecanismos de controle passivos.

Os aspectos cobertura - no nível dos elementos construtivos, e ventilação - no nível dos dispositivos arquiteturais, merecem por sua importância no controle bioclimático nas regiões, considerações preliminares à listagem dos princípios de desenho para os diferentes tipos de clima brasileiros.

A cobertura – considerado um dos elementos envoltórios, pelo fato de se tratar de regiões de baixa latitude a incidência de radiação solar, foi considerado o mais

importante elemento para efeito do “controle térmico”.

A ventilação em climas de tensão térmica positiva - quente-seco e quente-úmido, foi outro elemento fundamental para obtenção das condições de conforto, de salubridade e controle térmico dos ambientes. Sob a ótica do conforto térmico, os movimentos de ar aceleram as trocas de calor das pessoas com o ambiente por convecção e por evaporação.

### **3.3.1 Modelo Virtual**

A análise de incidência da radiação solar direta e condições de sombreamento das diferentes superfícies da edificação foi realizada (MORELLO; BEVILACQUA; GRIGOLETTI, 2004) a partir de dados obtidos com simulação, através do programa Luz do Sol. O programa Luz do Sol gera gráficos com radiações solares diretas horárias e tabelas com tais dados, para cada uma das quatro orientações, para datas escolhidas a partir da latitude do local.

O através do programa AutoCAD o projeto da casa estável foi digitalizado e em seguida importado para o *Sketchup* onde foi desenhada a maquete tridimensional do protótipo. No *SketchUp* foram realizadas as simulações para a verificação do sombreamento de aberturas e fachadas da edificação, em diferentes épocas do ano e horários do dia, com o objetivo de verificar a eficiência dos elementos projetados para esse fim (beirais, pergolados, etc.), e as análises que validaram os parâmetros construtivos propostos pelas diretrizes bioclimáticas estabelecidas em etapas anteriores.

A Geometria da Insolação conforme figura 9, forneceu um instrumental, a partir de gráficos simplificados, para mensurar os horários de insolação para distintas orientações de paredes em cada latitude particular.

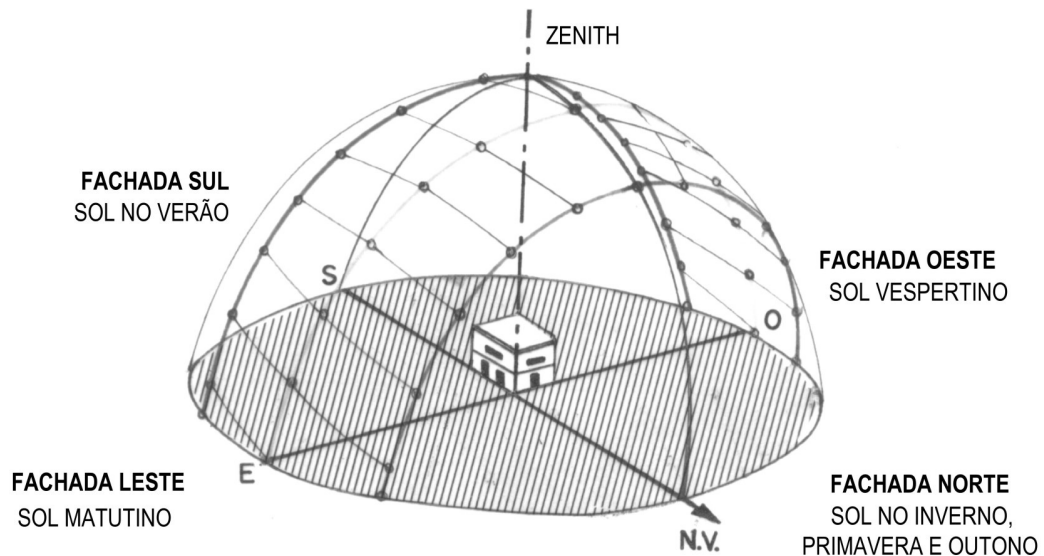


Figura 9 – Geometria da Insolação

Fonte: Sistema de Controle das Condições Ambientais de Conforto, 1995.

Foram simuladas quatro datas: solstícios de verão e inverno (21 de dezembro e 21 de junho), equinócios de primavera e outono (21 de setembro e 21 de março), para a latitude de Barra. As simulações foram realizadas considerando dias de céu claro e para as quatro orientações – norte, leste, sul e oeste – e planos horizontais, correspondentes às orientações dos fechamentos laterais e cobertura, do modelo virtual.

Os dados das normais climatológicas foram coletados da estação meteorológica de Barra e em seguida, inseridos no Programa VAFF o que determinou quais as estratégias de condicionamento passivo que deveriam ser priorizadas no contexto climático local.

Foram observados outros fatores na avaliação do potencial de aplicação das estratégias de condicionamento passivo como também de aspectos econômicos, relativos aos custos de construção - compra de materiais isolantes, impermeabilização, reforços na estrutura, e também manutenção de alguns sistemas. Por outro lado, buscou-se evitar propostas alheias à realidade cultural dos Brejos, com base nas informações obtidas a partir da pesquisa “Semi-árida: superação da pobreza pelo desenvolvimento auto-sustentável”.

Tendo sido avaliado o potencial de aplicação de cada estratégia através de simulações computacionais no modelo virtual de casa estável, foi sugerir propostas de adequação das tipologias arquitetônicas investigadas.

Foram verificadas quais as adaptações necessárias observando os condicionantes de projeto, visando o melhor aproveitamento das estratégias bioclimáticas e, conseqüentemente, o incremento no desempenho térmico das habitações. As propostas abrangeram desde a especificação de elementos construtivos para paredes e coberturas, observando a adequação de suas propriedades térmicas ao clima quente e seco de Barra, até modificações no projeto das residências, tendo como finalidade prover as adaptações necessárias à implementação das estratégias de condicionamento passivo.

Os resultados desta investigação serão apresentados no capítulo seguintes.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados no presente capítulo encontram-se subdivididos em 6 temáticas principais, sobre as quais se fundamenta o objetivo geral do presente trabalho, a saber: (i) identificação e apresentação das tipologias construtivas; (ii) parâmetros construtivos que priorize o conforto térmico; (iii) sistema integrado de habitação; (iv) construção de modelo virtual para novas habitações; (v) simulações para verificação do sombreamento de aberturas e fachadas da edificação; (vi) animação computadorizada do modelo virtual de casa estável.

### 4.1 IDENTIFICAÇÃO E APRESENTAÇÃO DAS TIPOLOGIAS CONSTRUTIVAS

Como resultado da etapa da pesquisa que selecionou diferentes tipologias existentes no distrito dos Brejos foi elaborado uma coletânea de fotos das habitações, onde pode ser observada a diversidade de construções com soluções intuitivas que utilizam material de construção não convencional e disponível no local.

Essa seleção possibilitou a observação mais detalhada dos modelos de casas originais que remetem as primeiras ocupações na região erguidas em palha e madeiras das palmeiras de buriti e da caatinga (fotografia 2), adaptadas ao meio ambiente hostil, preservando a identidade do local através de suas construções.





Fotografia 2 – Moradias Brejeiras, Barra/Bahia  
Autor: C.C.Simões (agosto, 2007)

O conceito de tipologia em arquitetura é aplicável quando é possível identificar um somatório coerente de denominadores comuns em um determinado grupo de edificações, ou seja, uma série de fatores tecnológicos, estéticos e geométricos que contribuem para configurar a forma resultante (CERASI, 1998).

As tipologias arquitetônicas traduzem o conhecimento que é aplicado na prática de construir com a função de solucionar “problemas” recorrentes em um determinado momento histórico, levando-se em consideração as limitações técnicas, funcionais e econômicas de determinado local (EMMIT, 2002). A arquitetura tende a acompanhar a dinâmica da sociedade com o crescimento e evolução das cidades, porém isso não impede que uma tipologia predominante permaneça no contexto atual. “Convivendo” com as inovações técnicas e estéticas, tipologias arquitetônicas podem se incorporar à tradição construtiva da população tornando-se

representativas daquela cultura.

O Distrito Projeto Brejos da Barra, em parceria com a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), substituiu as antigas moradias construídas de materiais extraídos do ambiente local, por casas de alvenaria visando o combate ao barbeiro causador da grande incidência da Doença de Chagas nos Brejos (fotografia 3).

O descontentamento de muitos moradores sobre as novas casas contrapõe-se a essa iniciativa. Reclamam do reduzido tamanho, o qual não suporta as numerosas famílias, sendo muito frequente os casos do deslocamento de uma parte de seu moradores para a casa dos vizinhos nos pernoites.



Fotografia 3 – Novas moradias, Barra/Bahia  
Autor: C.C.Simões (agosto, 2007)

Além disso, estas moradias foram entregues em estado inacabado, sem o funcionamento das instalações hidráulicas e sanitárias, fato que obriga aos brejeiros por falta sequer das “casinhas” onde possam realizar suas necessidades fisiológicas, a manterem seus costumeiros hábitos. Demonstra ainda a incompletude da intervenção, um fato muito relevante que se refere a uma especificidade, principalmente da comunidade do Brejo do Saco e região (Cachoeira, Ilhota, Mutuca e São José). Nestas comunidades, em função da lavoura cultivada por seus

integrantes noutro local, na caatinga, chamado Sitio Novo, durante parte importante do ano, migram para essas roças onde têm uma outra moradia. Disto resulta que fica comprometido o objetivo de combater a Doença de Chagas, pois, durante cerca de metade do ano permanecem morando como antes nas cabanas de palhas em suas roças, onde a incidência do inseto também ocorre.



Fotografia 4 – Ampliação das Casas, Barra/Bahia  
Autor: C.C.Simões (agosto, 2007)

Devido ao conjunto de falhas na condução dos serviços que os órgãos desenvolvimentistas estão oferecendo, no quesito moradia, muitos moradores, mesmo no brejo, resistem em destruir as antigas casas sob fortes argumentos - tamanho inadequado, e permanecem morando nas duas casas (fotografias 4 e 5), de forma que a paisagem dos brejos onde a intervenção estatal se realiza, percebe-se a coexistência de elementos integrantes de diferentes tempos históricos tais como, redes de energia elétrica, cabanas de palha, moradias e oficinas: engenhos e

casas de farinha, antenas parabólicas e de telefonia, estradas de rodagem poeirentas nas quais circulam automóveis em alta velocidade, carros de boi e jumentos camuflados nas imensas cargas de lenha e cana de açúcar, motos, bicicletas – demonstram a complexidade de um espaço geográfico convidativo à busca de compreensão.



Fotografia 5 – Ampliação das Casas, Barra/Bahia  
Autor: C.C.Simões (agosto, 2007)

## 4.2 PARÂMETROS CONSTRUTIVOS QUE PRIORIZEM O CONFORTO TÉRMICO

### 4.2.1 Análise Climática para a Cidade de Barra

No decorrer da pesquisa, foram levantados os dados climáticos horários do período de 30 anos da cidade de Barra através de registros da estação meteorológica de Barra no período de 1961 a 1990 obtidos através das normais climatológicas (Anexo D).

As normais climatológicas (tabela 6) de um período de 30 anos - 1961 a 1990 - registrados na estação meteorológica de Barra = A429, foram tratados pelo Programa VAFF que através do compartilhamento dos dados inseridos e/ou calculados entre as planilhas, determinou as estratégias baseada nas principais fontes e estudos já realizados que buscaram estabelecer zonas de conforto ou limites de conforto, tendo em vista os requerimentos humanos.

Tabela 6 – Normais climatológicas na interface do Programa VAFF

					Estação: BARRA			Estado: BAHIA		Período: 1961-1990				
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA					Latitude: 11° 0847 S			Altitude da Estação (Hp): 130,93						
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA					Longitude: 43° 1391 W Grw.			Fonte INMET						
4º DISTRITO DE METEOROLOGIA														
NORMAIS CLIMATOLOGICAS														
MESES	Temperaturas (°C)					Umidade	Nebulosidade	Altura	altura	Insolação	Direração	Velocidade	Pressão	Evaporação
	Média das Máximas	Média das Mínimas	Máxima Absoluta	Mínima Absoluta	Média Compensada	Relativa (%)	(0-10)	Total (mm)	max 24h (mm)	Total (h)	do Vento	do Vento (m/s)	(hpa)	(mm)
Jan.	33,9	19,2	38,3	13,6	26,1	48,0	3,3	12,1	50,0	273,9	E	2,8	966,5	288,5
Fev.	34,0	21,2	39,7	12,9	27,2	52,1	4,3	40,4	66,5	243,7	E	2,7	965,0	263,8
Mar.	33,3	21,3	39,1	13,9	27,0	61,0	4,9	81,7	59,4	229,6	SE	2,6	964,0	190,9
Abr.	32,4	21,1	39,9	13,5	26,4	64,3	4,9	140,8	54,2	224,9	SE	2,8	917,7	187,0
Mai	31,3	20,8	37,0	13,2	25,9	71,2	5,0	105,7	70,8	210,1	SE	3,1	964,8	140,8
Jun.	32,0	21,3	37,8	14,9	26,4	69,6	5,2	98,3	86,7	188,2	SE	2,6	964,1	131,5
Jul.	31,4	20,8	37,3	13,0	25,5	71,3	4,8	105,9	92,8	231,6	SE	3,2	964,9	128,8
Ago.	31,2	20,3	36,6	13,1	25,2	69,0	4,4	64,0	110,2	227,4	SE	3,1	965,3	125,6
Set.	31,5	18,0	35,8	11,3	24,4	61,9	3,4	7,2	58,5	279,2	SE	3,0	966,0	165,4
Out.	30,9	16,1	35,3	11,2	23,3	57,9	2,8	3,4	10,2	264,9	E	3,3	968,1	177,0
Nov.	31,4	15,8	35,5	10,4	23,6	53,4	2,2	1,0	12,2	297,8	E	3,3	968,2	207,6
Dez.	32,7	16,8	36,3	10,2	24,6	47,0	2,3	0,8	5,3	292,6	E	3,0	967,2	252,8
MÉDIA	32,2	19,4	37,4	12,6	25,5	60,6	4,0	55,1	56,4	247,0	SE	2,9	961,8	259,7
<b>temperatura</b>														
MAXIMA	°C	33,9	34,0	33,3	32,4	31,3	32,0	31,4	31,2	31,5	30,9	31,4	32,7	
MEDIA	°C	26,1	27,2	27,0	26,4	25,9	26,4	25,5	25,2	24,4	23,3	23,6	24,6	
MINIMA	°C	19,2	21,2	21,3	21,1	20,8	21,3	20,8	20,3	18,0	16,1	15,8	16,8	
<b>umidade</b>														
H.R. MAXIMA	%	65	69	80	83	90	89	92	89	83	79	73	66	
H.R. MEDIA	%	48	52	61	64	71	70	71	69	62	58	53	48	
H.R. MINIMA	%	31	35	42	45	52	50	51	49	41	37	34	30	

Fonte: site do INMET, acessado em 28 jun. 2009.

Os resultados encontrados nas etapas descrita na metodologia pelo programa VAFF foram os seguintes:

Tabela 7 – Indicadores de Mahoney

Grupo de Humedad	Temperatura media anual					
	A		B		C	
	mayor a 20 °C		entre 15 y 20 °C		menor a 15 °C	
	día	noche	día	noche	día	Noche
1	26-33	17-25	23-31	14-23	21-30	12-21
2	25-30	17-24	22-29	14-22	20-27	12-20
3	23-28	17-23	21-27	14-21	19-26	12-19
4	22-27	17-21	20-25	14-20	18-24	12-18

Ciudad:	Barra								
INDICADORES DE MAHONEY									
	1	2	3	4	5	6	no.	Recomendaciones	
	2	0	0	10	1	0			
Distribución				1			1	1	Orientación Norte-Sur (eje largo E-O)
						1		2	
Espaciamento	1						1	3	
								4	igual a 3, pero con protección de vientos
								5	
Ventilación	1			1			1	6	
		1						7	Habitaciones en doble galería - Ventilación Temporal -
								8	
Tamaño de las Aberturas						1		9	
								10	
				1			1	11	Pequeñas 20 - 30 %
						1		12	
								13	
Posición de las Aberturas	1			1			1	14	
								15	(N y S), a la altura de los ocupantes en barlovento, con aberturas tambien en los muros interiores
Protección de las Aberturas						1	1	16	Sombreado total y permanente
								17	
Muros y Pisos				1			1	18	
								19	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Techumbre				1				20	
	1							21	
				1			1	22	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Espacios nocturnos exteriores								23	
								24	

Fonte: site do INMET, acessado em 28 jun. 2009.

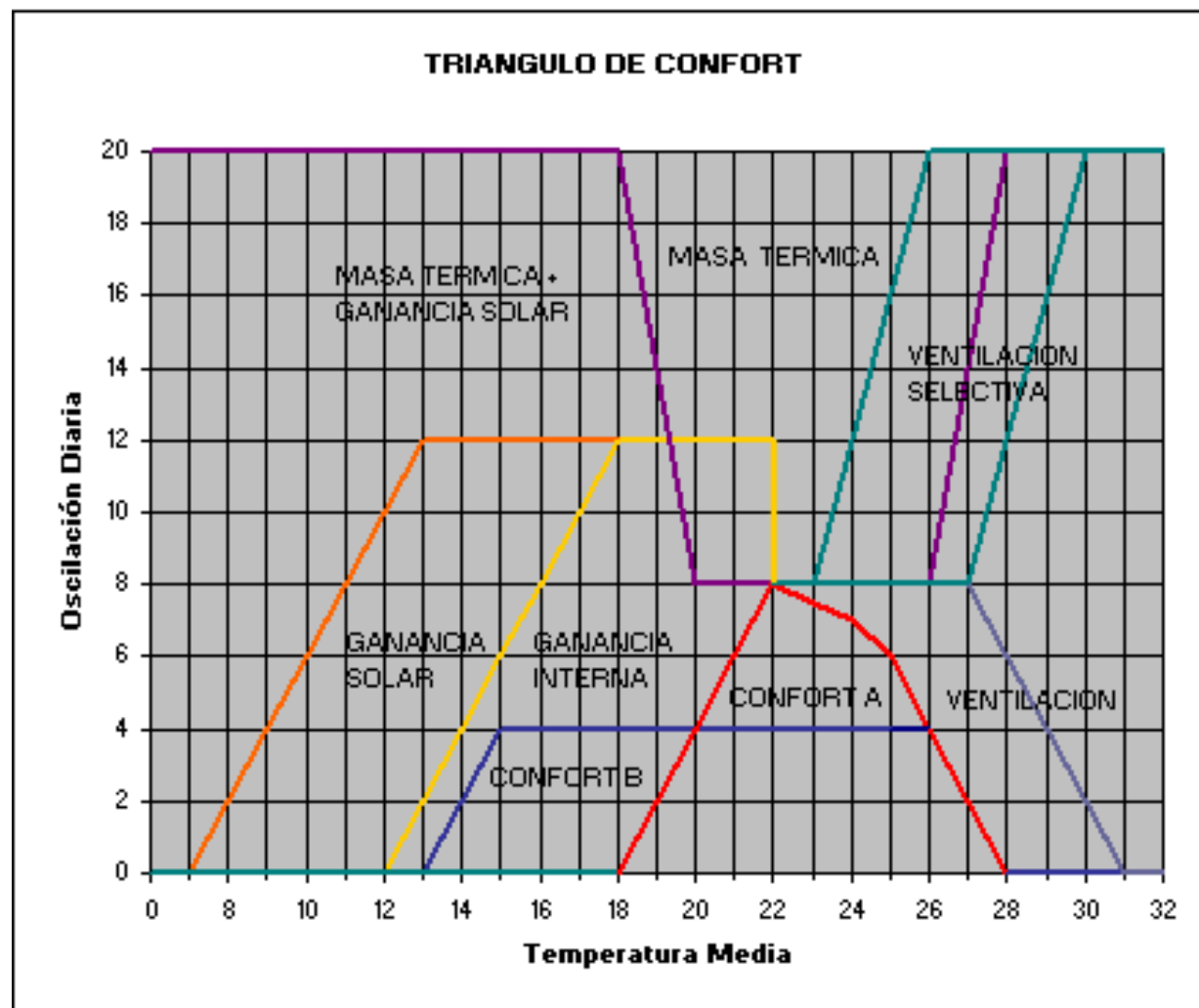
Tabela 8 – Triângulo de Conforto de Evans - dados

TRIÂNGULO DE CONFORT DE EVANS															
<b>Ciudad:</b>		<b>Barra</b>													
LATITUD		11° 05'	grados												
LONGITUD		43° 10'	grados												
ALTITUD		131	mnm												
fte	PARAMETROS	u	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOY	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURAS</b>															
A	MAXIMA	°C	33,9	34,0	33,3	32,4	31,3	32,0	31,4	31,2	31,5	30,9	31,4	32,7	32,2
A	MEDIA	°C	26,1	27,2	27,0	26,4	25,9	26,4	25,5	25,2	24,4	23,3	23,6	24,6	25,5
A	MINIMA	°C	19,2	21,2	21,3	21,1	20,8	21,3	20,8	20,3	18,0	16,1	15,8	16,8	19,4
D	OSCILACION	°C	14,7	12,8	12,0	11,3	10,5	10,7	10,6	10,9	13,5	14,8	15,6	15,9	12,8
<b>HUMEDAD</b>															
A	H.R. MAXIMA	%	65	69	80	83	90	89	92	89	83	79	73	66	79,9
A	H.R. MEDIA	%	48	52	61	64	71	70	71	69	62	58	53	48	60,6
A	H.R. MINIMA	%	31	35	42	45	52	50	51	49	41	37	34	30	41,4
<b>TRIANGULO DE EVANS</b>															
<b>ZONAS DE CONFORT</b>															
	Zona A (Confort Diurno)														
	Zona B (Confort Nocturno)														
	Zona C (Circulaciones interiores)														
	Zona D (Circulaciones exteriores)						<b>D</b>		<b>D</b>	<b>D</b>	<b>D</b>				
<b>ESTRATEGIAS DE DISEÑO</b>															
	Confort														
	Ganancia Solar														
	Ganancias Internas														
	Masa Térmica	<b>MT</b>			<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	<b>MT</b>	
	Ventilación														
	Ventilación Selectiva	<b>YS</b>	<b>YS</b>	<b>YS</b>	<b>YS</b>	<b>YS</b>	<b>YS</b>	<b>YS</b>	<b>YS</b>	<b>YS</b>	<b>YS</b>				<b>YS</b>
	Enfriamiento Evaporativo	<b>EE</b>	<b>EE</b>	<b>EE</b>	<b>EE</b>	<b>EE</b>	<b>EE</b>	<b>EE</b>	<b>EE</b>	<b>EE</b>	<b>EE</b>				
	Humidificación														
	Masa Térmica + Solar														

Fonte: site do INMET, acessado em 28 jun. 2009.



Tabela 9 – Triângulo de Conforto de Evans - diagrama



Fonte: site do INMET, acessado em 28 jun. 2009.

Tabela 10 – Carta Bioclimática - Olgay

CARTA BIOCLIMÁTICA															
Ciudad:		Barra													
LATITUD	11° 05'	grados													
LONGITUD	43° 10'	grados													
ALTITUD	130,93	msnm													
fte	PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURAS</b>															
A	MAXIMA	°C	33,9	34,0	33,3	32,4	31,3	32,0	31,4	31,2	31,5	30,9	31,4	32,7	32,2
A	MEDIA	°C	26,1	27,2	27,0	26,4	25,9	26,4	25,5	25,2	24,4	23,3	23,6	24,6	25,5
A	MINIMA	°C	19,2	21,2	21,3	21,1	20,8	21,3	20,8	20,3	18,0	16,1	15,8	16,8	19,4
D	OSCILACION	°C	14,7	12,8	12,0	11,3	10,5	10,7	10,6	10,9	13,5	14,8	15,6	15,9	12,8
<b>HUMEDAD</b>															
D	H.R. MAXIMA	%	65	69	80	83	90	89	92	89	83	79	73	66	79,9
A	H.R. MEDIA	%	48	52	61	64	71	70	71	69	62	58	53	48	60,6
A	H.R. MINIMA	%	31	35	42	45	52	50	51	49	41	37	34	30	41,4
<b>CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (revisada por Szokolaj)</b>															
<b>TEMPERATURA NEUTRA</b>															
	Temperatura neutra	°C	25,69	26,03	25,97	25,78	25,63	25,78	25,51	25,41	25,16	24,82	24,92	25,23	25,49
	límite máximo de confort	+2,5	28,19	28,53	28,47	28,28	28,13	28,28	28,01	27,91	27,66	27,32	27,42	27,73	27,99
	límite mínimo de confort	-2,5	23,19	23,53	23,47	23,28	23,13	23,28	23,01	22,91	22,66	22,32	22,42	22,73	22,99
<b>ESTRATEGIAS DE DISEÑO</b>															
Confort	Tmax														
	Tmed	C	C	C	C					C	C	C	C	C	C
	Tmin														
Radiación (w/m2)	Tmax														
	Tmed														
	Tmin	70-140	0-70	0-70	0-70	0-70	0-70	0-70	0-70	0-70	70-140	140-210	210-280	140-210	70-140
Sombreado	Tmax	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Tmed	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Tmin														
Ventilación	Tmax	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
	Tmed														
	Tmin														
Humidificación	Tmax											H	H	H	
	Tmed														
	Tmin														

Fonte: site do INMET, acessado em 28 jun. 2009.

Tabela 11 – Diagrama Psicrométrico  
**DIAGRAMA PSICROMÉTRICO (Según Szokolay)**

<b>Ciudad:</b>	<b>Barra</b>	
LATITUD	11°,05'	grados
LONGITUD	43°,10'	grados
ALTITUD	130,33	mznm

Ítem	PARAMETROS	U	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>TEMPERATURAS</b>															
A	MAXIMA	°C	33,9	34,0	33,3	32,4	31,3	32,0	31,4	31,2	31,5	30,9	31,4	32,7	32,2
A	MEDIA	°C	26,1	27,2	27,0	26,4	25,9	26,4	25,5	25,2	24,4	23,3	23,6	24,6	25,5
A	MINIMA	°C	19,2	21,2	21,3	21,1	20,8	21,3	20,8	20,3	18,0	16,1	15,8	16,8	19,4
D	OSCILACION	°C	14,7	12,8	12,0	11,3	10,5	10,7	10,6	10,9	13,5	14,8	15,6	15,9	12,8
<b>HUMEDAD</b>															
D	H.R. MAXIMA	%	65	69	80	83	90	89	92	89	83	79	73	66	79,9
A	H.R. MEDIA	%	48	52	61	64	71	70	71	69	62	58	53	48	60,6
D	H.R. MINIMA	%	31	35	42	45	52	50	51	49	41	37	34	30	41,4

<b>ESTRATEGIAS DE DISEÑO</b>		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
CONFORT	Tmax													
	Tmed	C								C	C	C	C	
	Tmin													
RADIACIÓN SOLAR	Tmax													
	Tmed													
	Tmin	R	R	R	R	R		R	R	R	R	R	R	R
SOMBREADO	Tmax	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Tmed	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Tmin						S							
VENTILACIÓN	Tmax	V		V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
	Tmed		V	V	V	V	V	V	V					V
	Tmin						V							
ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO	Tmax										EE	EE	EE	
	Tmed		EE											
	Tmin													
MASA TÉRMICA INVERNAL	Tmax													
	Tmed	Mi	Mi	Mi	Mi				Mi	Mi				Mi
	Tmin													
MASA TÉRMICA	Tmax										M	M	M	
	Tmed	M	M	M						M	M	M	M	
	Tmin													
MASA TÉRMICA / VENTILACIÓN NOCTURNA	Tmax	MV												
	Tmed													
	Tmin												MV	
CALEFACCIÓN CONVENCIONAL	Tmax													
	Tmed													
	Tmin													
AIRE ACONDICIONADO	Tmax													
	Tmed													
	Tmin													

Fonte: Programa VAFF, acessado em 28 jun. 2009.

#### 4.2.2 Diretrizes e estratégias de projeto

Através do compartilhamento dos dados inseridos nas planilhas das principais fontes e estudos já citados, foram calculadas as diretrizes e estratégias de projeto buscando estabelecer zonas de conforto ou limites de conforto, tendo em vista os requerimentos humanos.

A implantação e a orientação das edificações no terreno devem seguir as seguintes recomendações:

- orientação Norte ou Sul para as faces de maior dimensão das edificações. As faces orientadas em torno do Leste ou do Oeste devem ter a mínima dimensão possível;
- utilização abundante de vegetação para proteção (copa alta, baixa, arbustos, rasteira, trepadeira) as altas copas, principalmente a Leste e a Oeste;
- pátio interno possibilitando agrupar a unidade ao máximo, desejável espelho d'água e chafarizes;
- construir parte da edificação semi soterrada, principalmente a Oeste e a Leste.

As lajes de coberturas se utilizadas, deverão ter grande espessura ou serem preenchidas de materiais que aumente sua inércia térmica ou as proteja da radiação solar (areia, terra com gramado, água, tijolo furado ou pedra argila expandida com água). É desejável uma ventilação sem entrada de radiação ou um forro formando câmara de ar.

Materiais pesados e maciços como tijolos, pedra, taipa para as vedações verticais que deverão ter grande espessura, se possível, parede dupla com câmara de ar fechada.

É recomendável que os pisos sejam absorventes e, nos casos de baixos valores de umidades sejam umedecidos como os de tijolos sobre areia ou cerâmicas porosas.

Todas as aberturas deverão ter pequenas dimensões, apenas suficientes para ventilação e iluminação, guarnecidas de persianas, treliças de vidro ou lâminas que permitam abertura sendo desejável que dêem para pátios internos, para alpendres ou áreas sombreadas.

Como resultado das diretrizes gerais que nortearam o projeto pode-se destacar:

- É necessário facilitar o armazenamento e transmissão lenta do calor adquirido pelas superfícies externas, possibilitando apenas a troca, sob controle, do ar interno às edificações evitando os ventos;
- Impedir a entrada de radiação solar direta em qualquer orientação, protegendo as faces externas da radiação, principalmente as provindas de Leste e Oeste – com variação aproximada de + 15º e - 15º;
- Facilitar a retenção da umidade.

Adequar a arquitetura ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto. À arquitetura cabe tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como os de excessivos ventos, estresse térmico positivo ou negativo, como também

propiciar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos. Dentre as variáveis climáticas que caracterizam uma região, podem-se distinguir as que mais interferem no desempenho térmico dos espaços construídos: a oscilação diária e anual da temperatura e umidade relativa, a quantidade de radiação solar incidente, o grau de nebulosidade do céu, a predominância de época e o sentido dos ventos e índices pluviométricos.(GIVONI, 1992)

O conhecimento do clima foi especialmente estudado e deve ser de interesse de todos, em especial daqueles que ajudam a construir a cidade ou projetam suas edificações. O clima pode ser definido como o conjunto das condições atmosféricas de uma região, caracterizado pela suas variáveis ou elementos: temperatura, umidade, precipitações, ventos etc, podendo ser quantificado pelas médias mensais e anuais de, pelo menos, os últimos trinta anos. Os dados dessa pesquisa foram organizados em escalas que definiram a dimensão de análise.

As estações do ano são definidas pelo movimento de translação da terra ao redor do sol. A trajetória elíptica diferencia o outono (d) e primavera (b) do inverno (a) e verão (c), enquanto a inclinação do eixo de rotação da terra em relação ao plano do equador ( $23^{\circ} 27'$ ) diferencia o verão do inverno. A região de Barra está localizada dentro da faixa que mais recebe a radiação solar, entre os trópicos Câncer, no hemisfério norte e Capricórnio, no hemisfério sul. Sob o ponto de vista do observador, o sol se movimenta entre estas regiões, limitado pelos solstícios de verão e inverno parâmetros utilizados nessa pesquisa.

A radiação solar, quando atinge a atmosfera terrestre, é dividida entre a porção direta e difusa. A radiação direta, como diz o próprio nome, é a parcela que atinge diretamente a terra. A radiação difusa é a parcela que sofre um espalhamento pelas nuvens e pelas partículas da atmosfera, sendo refletida na abóbada celeste e nas nuvens e devolvida para a terra. Um céu muito nublado pode apresentar uma parcela de radiação difusa maior que a parcela direta, enquanto o céu claro, sem

nuvens, apresenta uma parcela maior da radiação direta, fato muito comum no município de Barra. Por ser uma região de clima quente, a porção direta deve ser evitada, sendo somente a radiação difusa desejável para promover a iluminação do ambiente.

Uma das principais causas da distribuição dos ventos no globo é o desequilíbrio de radiação entre as latitudes baixas e altas. O aquecimento desigual da Terra e de sua atmosfera pela radiação solar gera energia potencial, parte da qual se transforma em energia cinética pela elevação do ar quente na região próxima ao equador, abrindo caminho para a entrada do ar frio que vem do norte e do sul. O vento é também influenciado pela altitude, pela topografia e pela rugosidade do solo. A topografia da região é pouco acidentada e não se observou alterações na direção dos ventos que sopram predominantemente nos sentidos sudeste e leste.

A rugosidade do solo pode ser formada pelo tipo de solo (apêndice a) ou pela vegetação, dependendo da escala de análise. Quanto maior a rugosidade do solo, menor a velocidade do vento. A área selecionada para essa pesquisa apresenta solo arenoso com formação de pequena vegetação rasteira.

A umidade do ar é regulada pela vegetação e pelo ciclo hídrico. O regime de chuvas, aliado a fontes de lagos, rios e mares regula a umidade através da evaporação enquanto a vegetação atua na umidade do ar através da evapotranspiração.

Outros fatores observados na região que podem influenciar na umidade do ar são a topografia e a ocupação urbana. A umidade relativa de mesoclimas pode ser caracterizada pela topografia, como no caso da pesquisa de brejos. A declividade do terreno protege a área do vento de forma que a umidade dentro do brejo se torna alta. Esta alta umidade realça a sensação térmica, razão pela qual os climas do brejo são considerados frios no inverno e quentes e abafados no verão.

A figura 10 apresenta as características geomorfológicas do estado da Bahia, representadas através de unidades de relevo, como planícies, planaltos e serras, relacionando as unidades integrantes de um mesmo domínio morfoestrutural. É possível observar que Barra está a 200m acima no nível do mar o que representa apenas a terceira altitude mais alta do estado.

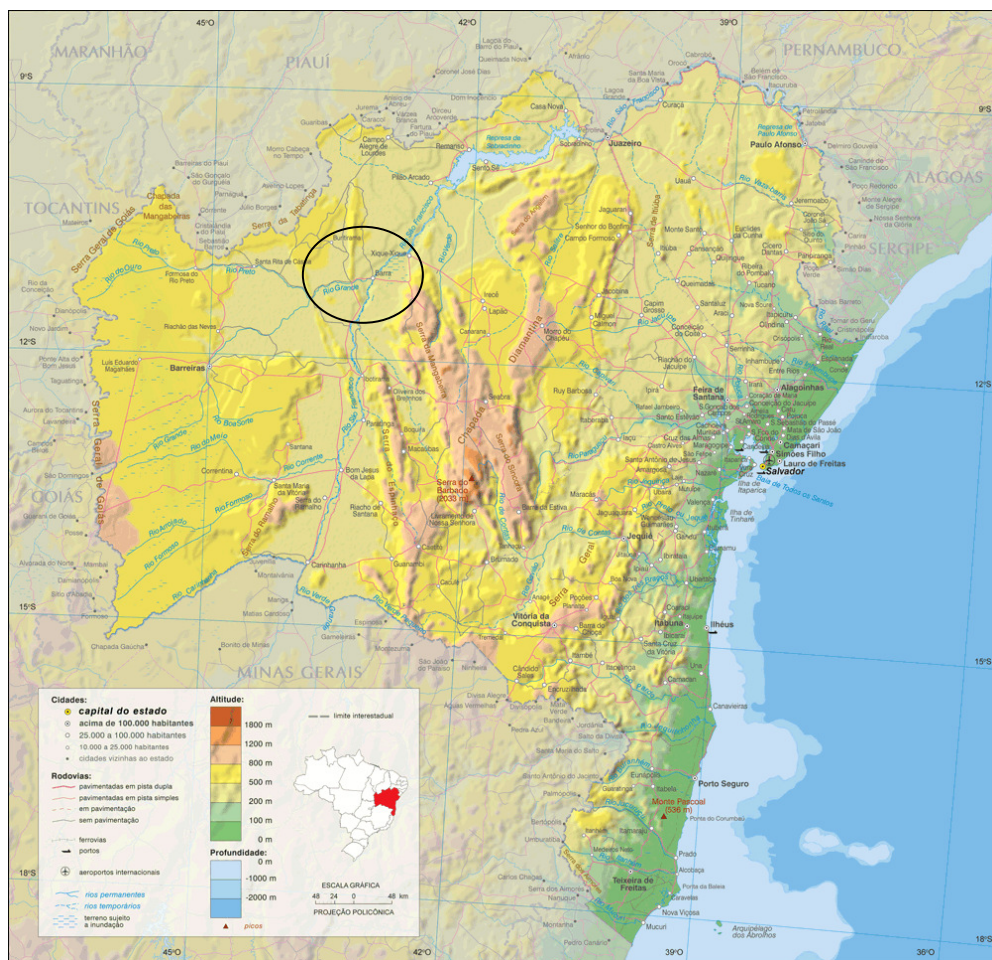


Figura 10 - Geomorfologia do Estado da Bahia

Fonte: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/mapas\\_ibge/tem.php](http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem.php)>. Acesso em: 20 jun. 2009.

Se a umidade influencia na amplitude térmica, a temperatura influi na quantidade de vapor de água que o ar pode conter. Quanto maior a temperatura, maior a quantidade de vapor de água por metro cúbico de ar. A carta psicrométrica



apresenta esta relação na região estudada, mostrando as temperaturas máximas que podem conter determinadas quantidades de vapor de água - temperaturas de ponto de orvalho, para uma pressão atmosférica.

O solo observado nos brejos, comum em climas mais secos, recebe mais radiação solar direta, acarretando uma temperatura do ar mais baixa do que a do solo, e este, então, tendendo a entrar em equilíbrio térmico dissipa o calor armazenado durante o dia. O ar úmido, das partículas de água em suspensão que de dia armazenaram calor devolvem ao ar o calor retido, além de dificultar a dissipação do calor do solo. Parte desse calor retorna em direção ao solo, e a outra parte para a atmosfera. Assim, as temperaturas noturnas do ar, principalmente no verão, variam pouco das diurnas. Como o clima da região é quente seco, o solo perde, à noite, esse calor armazenado durante o dia com muito mais facilidade, pois não tem muitas partículas de água em suspensão agindo como barreira térmica.

O segredo da convivência está em compreender como o clima funciona e adequar-se a ele. Não se trata mais de “acabar com a seca”, mas de adaptar-se de forma inteligente, da mesma forma que fazem os moradores da região. É preciso interferir no ambiente, é claro, mas respeitando as especificidades de um ecossistema que, embora frágil, tem riquezas surpreendentes.

Foi observado que a utilização da maioria dos índices de conforto térmico de forma isolada tem limitações em suas aplicações práticas. As dificuldades de aplicabilidade surgem do fato de que os experimentos que deram origem aos índices terem sido realizados em condições climáticas muito variáveis. Como consequência, cada índice é válido e útil para uma margem limitada de condicionantes que não podem ser empregadas universalmente.

A escolha do programa VAFF como ferramenta para tratamento dos dados climáticos da região, possibilitou a pesquisa uma maior aplicabilidade, pois utilizou os resultados obtidos simultaneamente pelos diferentes pesquisadores

selecionados. Funcionando como uma matriz, o programa forneceu através do cruzamento dos resultados, estratégias e diretrizes para uma região complexa.

A convivência com o semiárido passa pela produção e estocagem dos bens em tempos chuvosos para se viver adequadamente em tempos sem chuva. O principal bem a ser estocado é a própria água. Mesmo sendo irregular no tempo e no espaço, existe chuva. A quantidade de água que cai, somada às águas de superfície – principalmente os rios São Francisco e Parnaíba – e às águas de subsolo, faz com o que a região seja perfeitamente viável para a vida humana. Entretanto, a infraestrutura de armazenamento da água de chuva, construída ao longo de séculos, é capaz de armazenar apenas uma pequena parte.

Além do fenômeno da evapotranspiração, há a questão chave do cristalino. As águas das chuvas não conseguem penetrar no subsolo; correm diretamente para os rios intermitentes e deles seguem rápidas para o mar ou se perdem por evaporação.

A primeira lei da convivência com o semiárido, então, é a captação inteligente da água da chuva, uma prática milenar, usada pelo povo de Israel desde os tempos bíblicos. A abundância de água em território brasileiro fez com que essa prática fosse quase abandonada. Só recentemente o Plano Nacional de Recursos Hídricos desenhou os primeiros rumos para uma política nacional de captação da água de chuva para consumo humano, consumo animal e agricultura.

No contexto do clima quente e seco, podem ser identificados na arquitetura local alguns problemas de adequação climática, especialmente na tipologia de “casa em fita”. O pé-direito baixo e a proximidade da cobertura, geralmente sem fôrro e caracterizada pela elevada transmitância térmica, prejudicam as condições de conforto internas. Quanto à admissão da ventilação, é possível realizar ventilação cruzada nas edificações recuadas em relação aos limites do lote. Porém, a ventilação pode até prejudicar o conforto térmico dos ocupantes durante o dia, uma

vez que, quando é empregada, a temperatura interna do edifício tende a se aproximar da temperatura externa, bastante elevada no período diurno (GIVONI, 1992). Já no período noturno, com a redução da temperatura externa à noite, o emprego da ventilação torna-se desejável.

O princípio de “quanto maior for a razão entre as aberturas maior será a ventilação”, é, de certo modo, o mesmo da turbina do avião a jato, só que mecanicamente ela retira o ar de uma abertura maior e o comprime em uma abertura menor, resultando no empuxo que empurra o avião.

Observando as casas do homem do deserto (seja na África ou no Novo México) elas têm sempre um pátio avarandado ou um muro muito alto ( $\pm 5$  m) que circula um pátio. Esse muro não é para segurança, mas para criar uma gruta artificial para receber o ar fresco natural. Outra curiosidade é que ele planta no meio do pátio tâmaras, coqueiros ou árvores cuneiformes; quando as camadas de ar fresco e quente passam no alto, criam uma turbulência e conduzem o ar fresco para o interior do pátio. Como, às vezes, junto do ar fresco vem um ar quente, este construtor inteligente coloca os coqueiros junto a uma pequena e rasa piscina para resfriar as camadas de ar quente.

### 4.3 SISTEMA INTEGRADO DE HABITAÇÃO

A integração dos sistemas sustentáveis buscou incentivar a adoção de tecnologias de auto fornecimento energético através de meios renováveis, reduzindo os impactos ambientais associados ao uso de combustível fóssil. Parte da energia consumida na habitação poderá ser produzida no local, através de tecnologias renováveis e não poluentes como solar, eólica, geotérmica, hidroelétrica, biomassa e biogás.

Os terrenos devem ser sustentáveis. Foi observada a necessidade do controle de erosão e sedimentação visando atenuar impactos negativos à qualidade da água e ar. Através de plano de práticas, deve prevenir a erosão do solo por carreamento de água ou vento durante a construção, bem como reduzir a sedimentação de poeira e poluição do ar por dispersão de materiais particulados.

O modelo proposto incentiva a utilização de materiais originários da região onde é desenvolvida a edificação, bom como a pesquisa de potenciais fornecedores destes materiais, considerando entre outros: painéis, portas, batentes, mobílias e itens decorativos. O objetivo é estender a vida útil dos materiais de construção, reduzindo impactos ambientais relacionados à sua produção e transporte e beneficiando a economia regional.

A utilização de materiais rapidamente renováveis (apêndice b) buscou reduzir o consumo de matérias primas finitas, substituindo-os por materiais rapidamente renováveis, ou seja, que podem ser produzidos em ciclos curtos, relativamente à demanda extrativista, promovendo o gerenciamento florestal responsável através de estímulo à utilização de madeiras certificadas.

Ampliando o conceito de arquitetura sustentável, ADAM (2001) utiliza o termo

“eco-edifício” como sendo uma perspectiva de conciliar os ecossistemas naturais e o próprio edifício, de forma holística e interdisciplinar. O autor estende o conceito incluindo os estudos da arquitetura bioclimática, geobiologia, ecotech, bioconstrução, tradições do Feng-Shui, tecnologia de materiais, tecnologias de ponta, ecologia, alternativas energéticas e do conhecimento contemporâneo em psicologia, física e biologia, neurociências, ou seja, é uma tentativa de contextualizar, no âmbito urbano e arquitetônico, descobertas científicas recentes e tradições milenares. O Eco-edifício é um conceito dinâmico e progressivo de qualificação que integra indivíduo, edifício e ecossistemas, permitindo que todos se assimilem harmonicamente.

Neste contexto, o estudo dos assentamentos humanos, segundo a UNESCO (apud DIAS, 1997), considera os seguintes componentes:

- ambiente natural (água, ar, solo, vegetação e vida animais);
- pessoas;
- atividades (interação entre pessoas e destas com o ambiente urbano);
- ambiente feito pelo ser humano (ruas, prédios, vias, fábricas).

Portanto, a reformulação do tipo de habitação (apêndice c) é algo fundamental para uma vida sustentável, economizando água, energia e diminuindo drasticamente a geração de lixo. Nos próximos anos, a necessidade de rever o modelo atual será cada vez maior e, muitos consumidores conscientes já estão de olho no futuro.

Deve-se destacar ainda, que a utilização dos conceitos de sustentabilidade na arquitetura pode produzir resultados mais efetivos quando aplicados de forma comunitária, a um grupo de pessoas, comunidade, vizinhança ou bairro, pois determinadas ações necessitam de sistemas que muitas vezes são inacessíveis a habitações isoladas.

O plantio de árvores nativas foi facilmente incorporado ao projeto paisagístico. O embelezamento e ordenação da paisagem no meio rural, através do paisagismo, tornam-se cada vez mais necessários para contrabalancear os desequilíbrios visuais e ambientais impostos pelo uso inadequado das áreas de plantio.

A importância do paisagismo não se limita apenas à arte de criar jardins. Deve ser entendido e dimensionado como a arte-ciência que se dedica a reordenar, com naturalidade e bom senso, a paisagem de acordo com a natureza local, adequando-a para a convivência dos seres humanos, bem como das espécies animais silvestres; servindo, sobretudo para refazer o equilíbrio do ecossistema.

Entre as várias vantagens propiciadas pelo paisagismo ao meio rural, destacam-se: maior valorização da propriedade pelo melhoramento visual da paisagem; criação de meios eficazes de defesa contra a erosão; implantação de condições ambientais favoráveis para a criação de animais; correção ecológica do micro clima favorecendo o reequilíbrio do ecossistema regional e proteção ambiental às lavouras pela redução da incidência dos ventos e manutenção dos níveis da umidade relativa do ar.

Aliando o belo ao útil, o paisagismo serve ainda para prevenir várias ocorrências prejudiciais à propriedade rural, combatendo a erosão existente em seu solo ou ainda melhor, impedindo seu aparecimento através da utilização racional das espécies de plantas apropriadas para tal finalidade.

Nas propriedades onde a atividade principal é a criação de animais, de qualquer tipo ou porte, o planejamento paisagístico tem grande valia, criando um ambiente mais propício para o desenvolvimento de cada espécie; ora determinando barreiras corta-ventos, ora implantando ilhas de sombreamento.

A função ecológica é uma das bases fundamentais do paisagismo. Assim

sendo, sua aplicação na propriedade rural é útil, intrinsecamente, para uma grande melhoria no micro clima local, quer pelo plantio de espécies ornamentais e ou essências florestais; ou ainda pela implantação de lagos, gramados etc.

O adensamento de vegetação e o aumento das reservas hídricas servem sempre para atrair vários tipos de pássaros, insetos e animais silvestres que restabelecem o elo primordial da cadeia ecológica, favorecendo o equilíbrio do ecossistema na região. Outra vantagem do paisagismo rural é tornar a propriedade mais produtiva por deixar suas áreas de plantio protegidas da ação fustigante dos ventos contínuos. Isto ocorre através da formação de renques vegetais que atuam também para propiciar a manutenção dos níveis ideais da umidade relativa do ar, além de evitar a perda do húmus pela nefasta ação das enxurradas. A aplicação de recursos na implantação de um projeto de paisagismo constitui-se em um investimento seguro cujos resultados, em médio prazo, são recompensados por alta lucratividade permanente.

Gerenciamento da Água de Chuva tem o objetivo de limitar o fluxo e promover a maior absorção da água nos limites do terreno, ao mesmo tempo garantindo a não percolação de contaminantes para o solo. O projeto foi elaborado de forma a manter os fluxos naturais de água de chuva, minimizando as superfícies impermeáveis. O uso de água potável para irrigação foi limitada ou eliminada com o reuso de água utilizada no paisagismo, utilizando água de chuva e/ou adotando tecnologias com alta eficiência de irrigação. Como princípio, o projeto de paisagismo utilizou planta nativa com baixa necessidade de irrigação e, a partir daí, sistemas de irrigação eficiente, que utilize água de chuva e residuária.

#### 4.4 CONSTRUÇÃO DE MODELO VIRTUAL PARA NOVAS HABITAÇÕES;

Os dados coletados da pesquisa “Semi-árido: superação da pobreza pelo desenvolvimento auto-sustentável”, definiram o seguinte programa de necessidades para o projeto das habitações para os residentes dos Brejos da Barra:

- uma sala e cozinha conjugadas em um mesmo ambiente, mas com possibilidade de separação, com aproximadamente 27 m<sup>2</sup> de área, incorporando um espaço para trabalho/geração de renda;
- dois dormitórios - com 9 m<sup>2</sup> cada, com possibilidade de ampliação para mais cômodos;
- um banheiro;
- uma área de serviço fora da casa, mas coberta;
- um alpendre na entrada da casa;
- ecotecnologias alternativas: armazenamento da água de chuva, coletor solar para aquecimento de água, ventilação e iluminação naturais.
- sistemas de tratamento de águas residuais, biodigestores

O projeto (figura 11) prevê pergolados para o cultivo de plantas trepadeiras do tipo anuais suculentas e xerófilas na fachada leste da casa, a fim de melhorar o conforto térmico no interior dela - uma vez que as espécies caducifólias permitem o sombreamento no verão e a passagem dos raios solares no inverno. Também foi projetado um pergolado, próximo à entrada da casa, com a finalidade de servir como uma área de estar sombreada, onde os visitantes poderão ser recebidos. Os pergolados permitem, também, a variação na paisagem, a partir da luz filtrada, que varia durante as diferentes horas do dia.



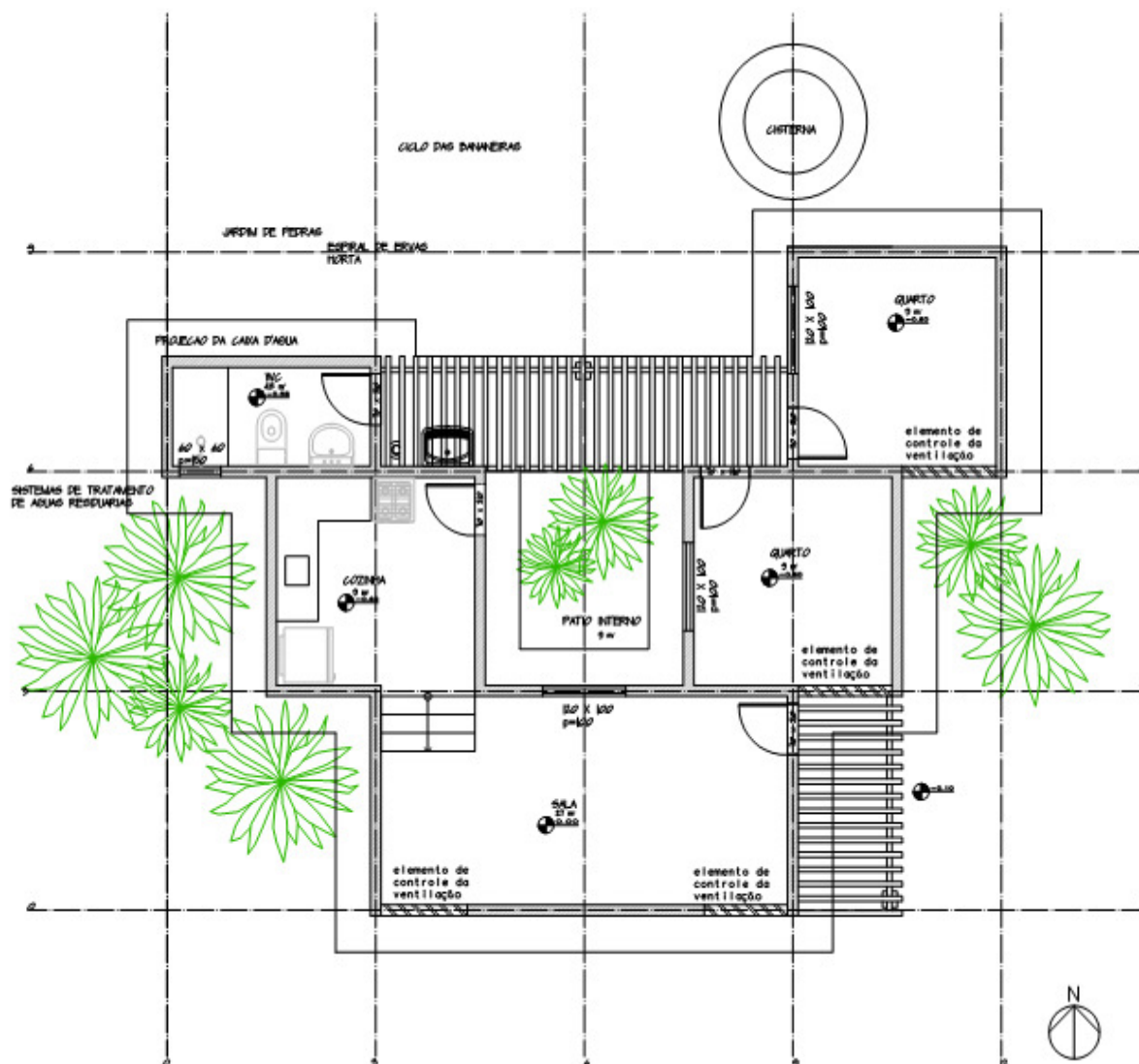


Figura 11 – Planta baixa do Projeto da Casa Estável  
 Autor: C.C.Simões (agosto, 2007)

Junto à fachada norte da casa foi prevista a construção de um pequeno jardim de pedras, onde serão cultivadas espécies xerófitas. O jardim de pedras visa evitar a erosão e a compactação do solo, em função da queda da água da chuva e ainda demonstrar a possibilidade de construção de jardins utilizando plantas suculentas, com finalidade medicinal e de produção de alimentos.

Do lado oposto, também na fachada norte, tem-se os círculos de bananeiras com a finalidade de demonstrar a utilização de uma estratégia permacultural. Essa técnica permite, além da produção de frutos, a produção de composto orgânico para

os cultivos do jardim. À medida que as bananas vão sendo colhidas, suas folhas vão sendo cortadas e colocadas no interior do círculo, para serem compostadas - também outros resíduos orgânicos, provenientes do jardim, ou da cozinha, poderão ser compostados nesses locais.

A espiral de ervas e a horta em “ferradura”, próximo à cozinha, é outra técnica permacultural, onde ervas e temperos são cultivados em um canteiro elevado, em forma de espiral. Essa estrutura permite um maior aproveitamento do espaço disponível e uma disposição racional das espécies, de acordo com suas exigências de insolação e drenagem do solo.

O cultivo em canteiros elevados permite maior facilidade de manejo e maior acessibilidade para pessoas de idade mais avançada e/ou que possuam dificuldades para se abaixar, além de manter os animais afastados. A disposição dos canteiros facilita o manejo da horta, uma vez que segue um desenho mais racional dos cultivos, onde as espécies de menor porte e maior exigência de manutenção são plantadas no interior da “ferradura”, enquanto as espécies maiores e que requerem pouca manutenção são dispostas do lado de fora da mesma. O projeto prevê, também, o cultivo de espécies repelentes de insetos-citronela e cravo-de-defunto, junto à horta, a fim de prevenir danos às demais espécies cultivadas.

O principal desafio na construção do modelo virtual da casa estável foi o de não fugir radicalmente a tipologia das casas originais mantendo também as dimensões dos lotes, suas áreas de produção privada e a criação de animais domésticos, tendo como princípio um desenho flexível capaz de quebrar as possíveis resistências quanto ao uso de materiais alternativos.

O modelo foi desenvolvido prevendo mecanismos que garantam o conforto térmico a seus usuários. Incentiva a conexão do ambiente externo aos espaços internos através da utilização da luz natural e visão das áreas exteriores a

edificação. O atendimento a este item se concentrou no projeto arquitetônico, através da orientação da edificação no terreno, da determinação do perímetro da habitação, determinação das janelas, instalação de dispositivos internos e externos de sombreamento, entre outros.

Sob a perspectiva ecológica, a sustentabilidade se assenta em três princípios fundamentais: a conservação dos sistemas ecológicos sustentadores da vida e da biodiversidade; a garantia da sustentabilidade dos usos que utilizam recursos renováveis e o manter das ações humanas dentro da capacidade de carga dos ecossistemas sustentadores.

Desta forma, para garantir a qualidade de vida das gerações futuras, a utilização sustentável dos recursos naturais na área de construção civil se tornou algo indispensável (GAUZIN-MÜLLER, 2001).

O ser humano precisa reeducar-se em todas as suas dimensões, e a compreensão dos assentamentos humanos sob um novo paradigma, o desenvolvimento humano sustentável, precisa ser considerado (DIAS, 1997).

Os parágrafos acima nortearam o conceito do modelo de casa estável proposto nessa pesquisa trabalho e serviram como parâmetros para construção do protótipo necessário para as simulações apresentadas.

## 4.5 SIMULAÇÕES PARA VERIFICAÇÃO DO SOMBREAMENTO DE ABERTURAS E FACHADAS DA EDIFICAÇÃO

Foram realizadas simulações para verificação das **Condições de insolação e sombreamento** de aberturas e fachadas da edificação, para diferentes horários e período, com o objetivo de verificar a eficiência dos elementos projetados para esse fim. Os gráficos e as tabelas mostram os estudos realizados a partir dos dados obtidos através das normais climatológicas, as figuras são simulações sobre as quatro fachadas da edificação.

### 4.5.1 Solstício de verão

No gráfico à esquerda da figura 12 observa-se que a maior incidência de irradiação, no dia de 21 de dezembro, extensível aos meses quentes do ano, ocorre sobre os planos verticais orientados a leste e oeste, nos períodos manhã e tarde, respectivamente, e sobre o plano horizontal. Na figura, “000,00” corresponde ao Norte, “090,00” corresponde ao leste, e assim sucessivamente.

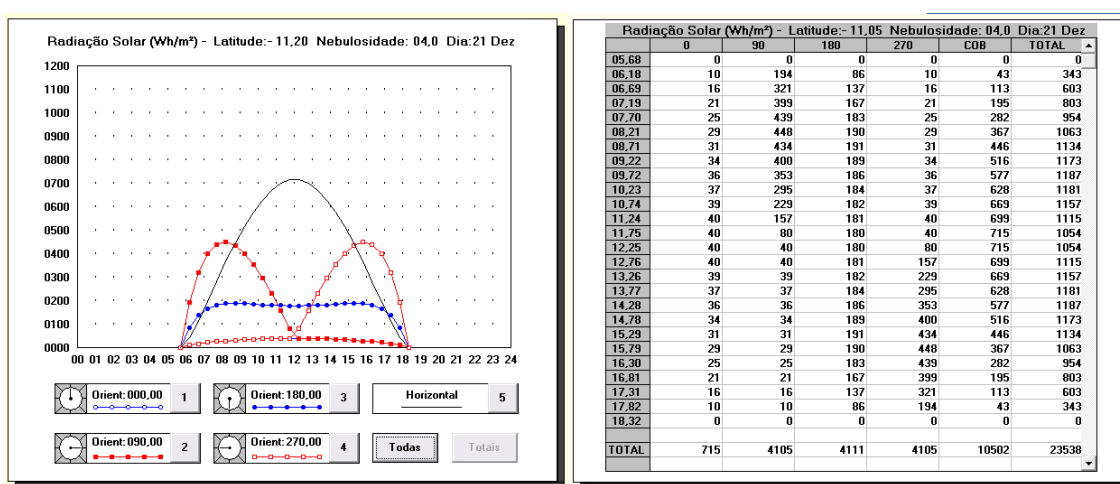


Figura 12 – Valores de radiação solar - solstício de verão

Fonte: Programa Luz do Sol, para as quatro orientações, para a data de 21 de dezembro.

A figura 13 mostra a insolação sobre as quatro orientações de paredes da

edificação e para o plano horizontal, em diferentes horários do dia, para o solstício de verão (21 de dezembro).

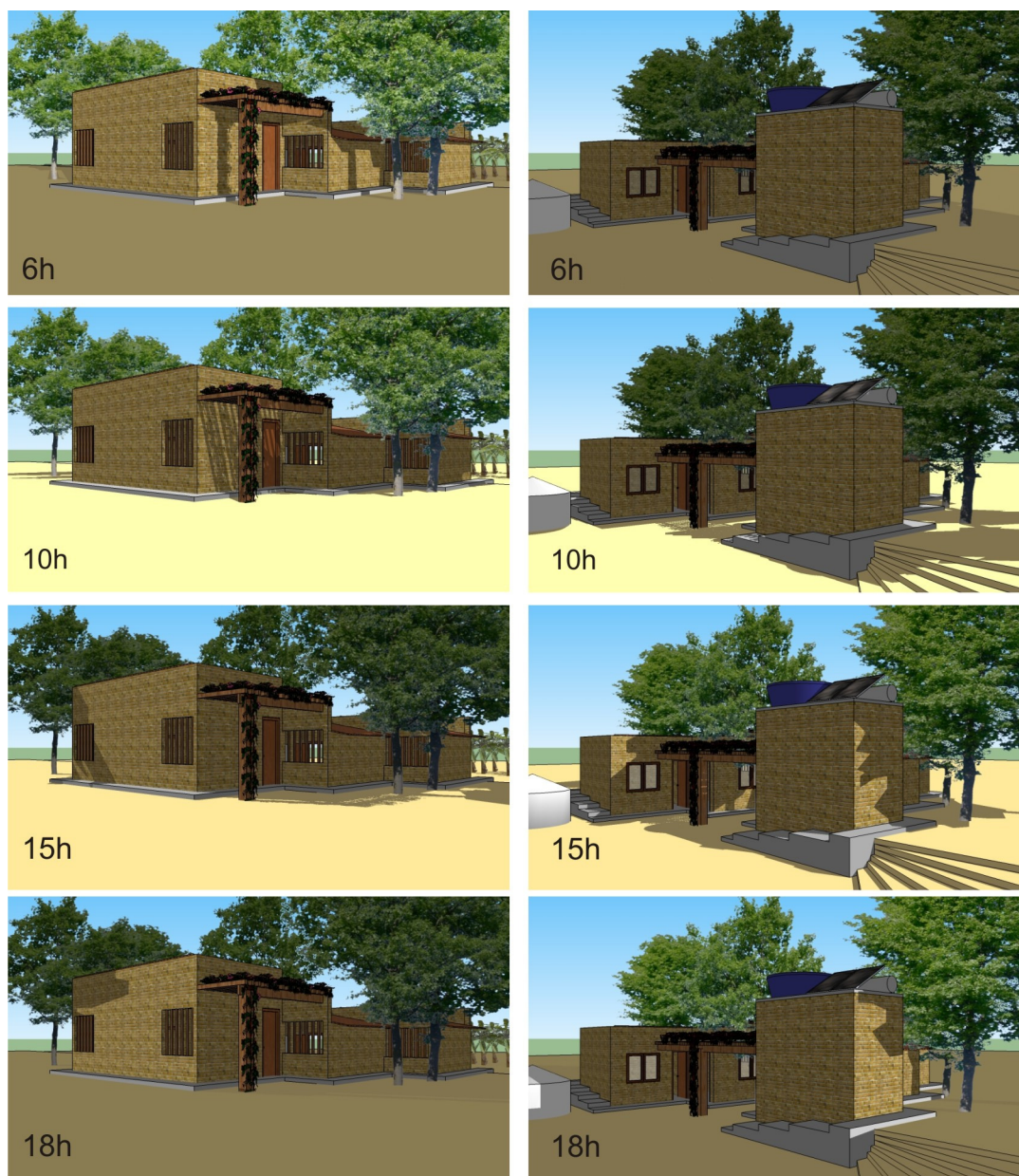


Figura 13 – simulação para a data de 21 de dezembro.

Na coluna da esquerda estão simuladas as fachadas sul e leste e a da direita, as norte e oeste (figura 13). Observa-se que as paredes orientadas para leste e oeste, nos horários de maior incidência de radiação direta nos período da manhã (10h) e a tarde (15h), estão sombreadas.

## 4.5.2 Solstício de inverno

No gráfico à esquerda da figura 14 observa-se que a maior incidência de irradiação, no dia de 21 de junho, ocorre sobre os planos verticais orientados a leste e oeste, nos períodos manhã e tarde, respectivamente, e sobre o plano horizontal. Na figura, “000,00” corresponde ao Norte, “090,00” corresponde ao leste, e assim sucessivamente.

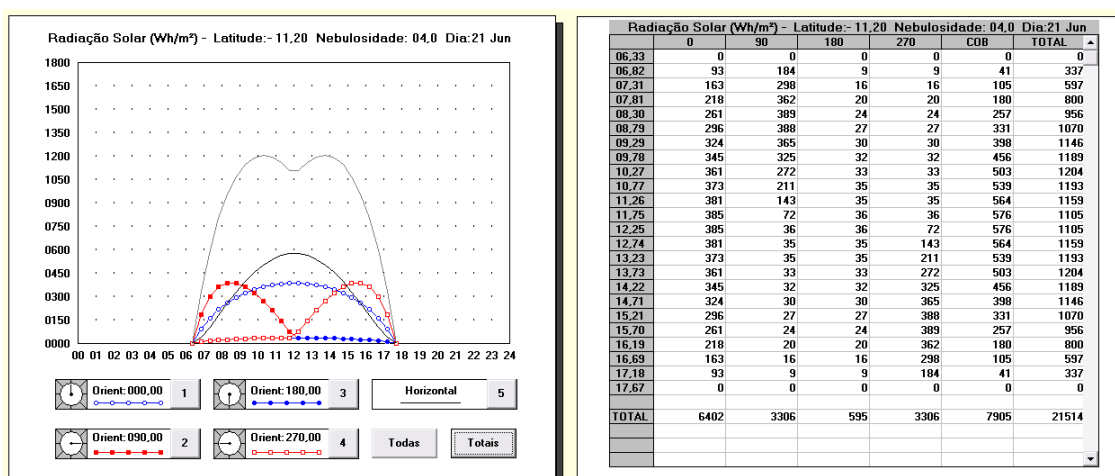


Figura 14 – Valores de radiação solar – solstício de inverno  
Fonte: Programa Luz do Sol, para as quatro orientações, para a data de 21 de junho.

A figura 14 mostra a insolação sobre as quatro orientações de paredes da edificação e para o plano horizontal, em diferentes horários do dia, para o solstício de inverno (21 de junho).

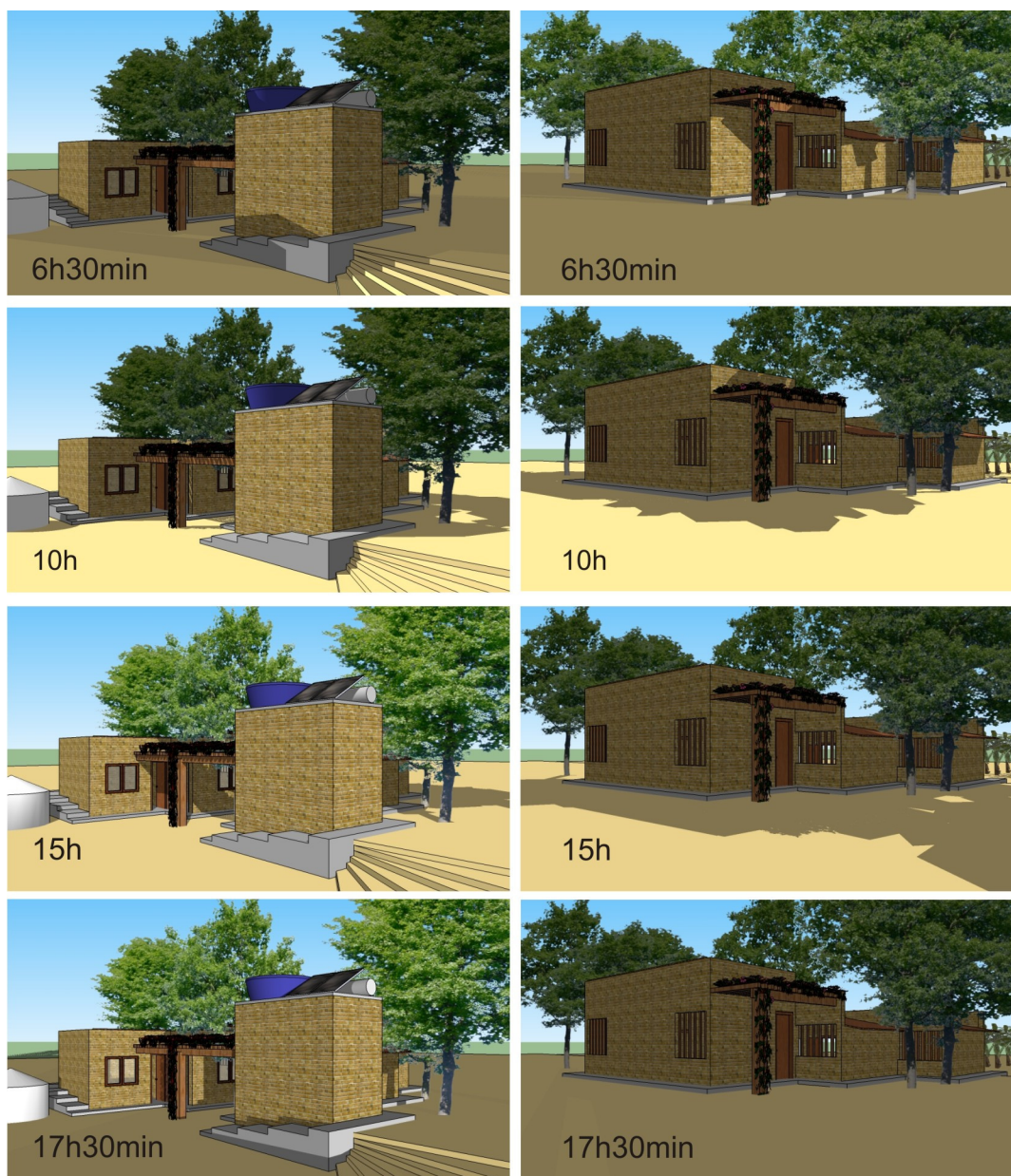


Figura 15 – simulação para a data de 21 de junho.

A figura 15 mostra a radiação solar incidente sobre as paredes da edificação, para cada uma das quatro orientações, em diferentes horários do dia, para o solstício de inverno (21 de junho).

Nas imagens da figura 15 é possível verificar que, para o solstício de inverno, o período de insolação das janelas localizadas na fachada norte inicia-se entre as 7h00 e as 8h00 da manhã e se prolonga até pouco antes das 18h00. Durante a tarde, a cozinha e banheiro passam a receber insolação a partir das 13h00 e a

fachada norte fica apenas parcialmente sombreada pelo pergolado de troncos.

O controle do ganho térmico pelas paredes da edificação foi parcialmente contemplado através do sombreamento da parede oeste, com o uso da vegetação. O uso da vegetação foi estendido, também, à fachada leste, que contém as paredes dos dormitórios, uma vez que tais ambientes podem ser usados pela manhã. O fato de haver incidência de radiação solar direta sobre tais fechamentos pode tornar o uso de tais compartimentos desconfortáveis no período de verão.

Para o período de inverno, considerou-se como característica desejável a entrada de sol pelos painéis verticais da construção. Com isso, podem ser obtidos ganhos térmicos durante a estação mais fria do ano. No entanto, os dormitórios começam a receber insolação antes das 8h00, representando um inconveniente para os usuários em dias nos quais se deseja despertar mais tarde - essa situação irá se repetir em todas as outras simulações.



#### 4.6 ANIMAÇÃO COMPUTADORIZADA DO MODELO VIRTUAL DE CASA ESTÁVEL.

A animação computadorizada deste trabalho utilizou a exibição rápida de seqüências de imagens de computador com intuito de criar a ilusão de movimento. Essa arte é a ilusão óptica de movimento derivada do fenômeno de persistência da visão - podendo ser representada de inúmeras maneiras.

Na animação elaborada com a manipulação de cenas utilizando o Programa *SketchUp*, foi possível apresentar diferentes ângulos do modelo de maneira simples, sem a sofisticação de um software como o *Blender 3D*, *3DS Max* ou outro para controlar e determinar com exatidão as trajetórias das câmeras.

O *SketchUp* constituiu poderosa ferramenta na criação, visualização e modificação de protótipo de forma rápida e fácil. Seu nome: "*Sketch*" significa esboço em inglês. Muitos projetistas usam esse programa na fase inicial do trabalho, quando ainda têm a liberdade de alterar as formas e volumes.

O projeto da casa estável foi digitalizado no programa *AutoCad* e importado para o *Sketchup* onde foi construído o modelo virtual. Foram capturadas imagens geradas pelo programa que combinadas em seis animações, simulam passo a passo, os parâmetros construtivos determinados pelas diretrizes bioclimáticas como também, o percurso solar nas fachadas, em duas estações do ano. Tais simulações estão gravadas em CD anexo. As apresentações através de imagens obtidas de ângulos externos foram salvas em formatos de arquivo que possibilitam a sua visualização em programas de exibição comuns e mostram as seguintes imagens:

#### **4.6.1 Vídeo 1 – Parâmetros Construtivos**

Mostra as aplicações das diretrizes de projeto relacionadas na etapa de análise climática da região, entre elas: orientação Norte ou Sul para as faces de maior dimensão, utilização abundante de vegetação para proteção - copa alta, baixa, arbustos, rasteira, trepadeira, principalmente a Leste e a Oeste, pátio interno, parte da edificação semi soterrada, principalmente a Oeste e a Leste. Aberturas suficientes para ventilação e iluminação, guarnecidas de lâminas que permitam abertura para área externa e janelas tradicionais para pátios internos, para alpendres ou áreas sombreadas;

#### **4.6.2 Vídeo 2 - Solstício de Verão nas fachadas Sul e Leste**

Mostra o sombreamento das fachadas realizado pela trajetória do sol no dia 21 de dezembro em intervalos de 30 minutos;

#### **4.6.3 Vídeo 3 - Solstício de Verão nas fachadas Norte e Oeste**

Mostra o sombreamento das fachadas realizado pela trajetória do sol no dia 21 de dezembro em intervalos de 30 minutos;

#### **4.6.4 Vídeo 4 - Solstício de Inverno nas fachadas Sul e Leste**

Mostra o sombreamento das fachadas realizado pela trajetória do sol no dia 21 de junho em intervalos de 30 minutos;

#### 4.6.5 Vídeo 5 - Solstício de Inverno nas fachadas Norte e Oeste

Mostra o sombreamento das fachadas norte e oeste realizado pela trajetória do sol no dia 21 de junho em intervalos de 30 minutos;

O objetivo principal das simulações no modelo virtual de casa estável produzidas no programa *Sketchup* foi apresentar o protótipo, realizando animações de câmera usando cenas estáticas ou em movimento, para estudo da volumetria e aplicações das diretrizes bioclimáticas, entre elas a incidência de sombreamento nas fachadas e suas possíveis proteções.

Como análise final dos resultados apresentados no presente capítulo, é possível afirmar que as tipologias construtivas existentes na região dos Brejos da Barra são adaptadas ao clima, havendo restrições quanto à falta de parâmetros tecnológicos que priorizem o conforto térmico. Essa pesquisa propõe soluções através da aplicação dos resultados obtidos como diretrizes construtivas, capazes de integrar novos projetos a outros componentes de sustentação da vida local, num contexto que priorize a questão cultural, mantendo aspectos regionais.

Foi possível através das análises e diretrizes encontradas durante a pesquisa, dimensionar um modelo virtual de casa estável que possibilitou estudos através de simulações para construção de novas habitações entre eles o conforto térmico determinado pelo sombreamento de aberturas e fachadas. A animação computadorizada do modelo possibilitou uma maior aplicabilidade e visualização das interfaces e parâmetros encontrados como soluções tecnológicas de implantação de novas habitações.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho desenvolvido no Distrito do Brejo da Barra, região do médio São Francisco no semiárido baiano, propôs parâmetros construtivos para novos projetos de habitação baseado na análise de soluções tecnológicas aplicáveis a região de estudo de caso, associada a um diagnóstico climático, considerado fundamental para determinar estratégias de adequação do modelo às especificidades da região. Foi idealizado um modelo virtual de casa estável que possibilitou a realização de simulações e determinou os parâmetros construtivos para o modelo proposto, contemplando o conforto térmico e a integração de sistemas habitacionais.

Esse estudo deteve-se a propor um modelo que atendesse as condições externas e que utilizasse tecnologias construtivas e de projeto possíveis de serem executadas como condição de garantir o conforto térmico das novas habitações na área de estudo. Comparando os elementos analisados na pesquisa com as recomendações para habitações em regiões semiáridas, constante na bibliografia especializada, foi possível constatar a adequação de um número significativo de moradias populares aos aspectos bioclimáticos da região do Distrito dos Brejos. Estas soluções são pouco encontradas nos projetos formais de residências destinadas às classes médias e altas da cidade de Barra, que rejeitam os elementos da arquitetura vernacular locais, sobretudo por questão de distinção social, e adotam o repertório modernista ou alguns modismos das correntes contemporâneas, apesar do desconforto que causa a seus próprios usuários.

A fundamentação teórica associada à coletânea de imagens recolhidas no Distrito dos Brejos da Barra possibilitou identificar, relacionar e analisar as tipologias construtivas da região. Outra análise fundamental para a determinação de parâmetros construtivos que priorizem o conforto térmico foi a das variáveis climáticas encontradas nas normais climatológicas e correlacionadas através do

Programa VAFF, determinando as diretrizes construtivas para o projeto do modelo de casa estável.

O projeto da casa estável foi então erguido de forma virtual dando origem a um modelo tridimensional baseado nos parâmetros construtivos encontrados. No modelo foram estudados e validados os parâmetros construtivos e os sistemas de integração dos espaços internos e externos necessários a adaptabilidade do projeto as condições climáticas, sociais e culturais da região. O modelo também possibilitou as simulações para verificação do sombreamento de aberturas e fachadas da edificação e a construção de animações computadorizada da casa estável e do seu entorno. Tais simulações são ferramentas capazes de apresentar o projeto de forma lúdica e didática para inclusão de suas diretrizes nos programas de habitação, podendo ser utilizadas inclusive em treinamentos e qualificações da mão de obra local.

Outro dado importante revelado na pesquisa foi que a técnica construtiva que utiliza o tijolo modular aparente, além de mais barata pela economia de material, traz associada o valor agregado da qualificação da mão de obra local para produção de suas habitações. Para cada uma das etapas do projeto poderá ser ministrado de forma presencial ou à distância, treinamento específico para população da região. Sem discriminação de gênero, os moradores poderão se associar em mutirões e executar as orientações do modelo proposto construindo uma casa estável, adaptada as condições climáticas da região.

O modelo também permite flexibilidade e individualização do projeto sem descaracterizar as tipologias das habitações identificadas na região, qualificando o morador a executar sua própria obra de manutenção, ampliação ou reforma da sua moradia.

Por fim, o sucesso de qualquer projeto de assentamento humano, seja ele na

dimensão de uma unidade ou de uma vila, demanda da participação e principalmente da aceitação dos usuários dos princípios proposto como alternativas de melhora contínua. Para isso, essa pesquisa além das propostas e soluções apresentadas, sugere como prosseguimento o aprofundamento da pesquisa na região do Distrito de Brejo da Barra:

- aplicação das técnicas permaculturais de sistemas produtivos integrados;
- programa de capacitação e qualificação da mão de obra local, presencial e/ou a distância;
- estudos do solo para a produção de tijolos modulares;
- fabricação de tijolos modulares como técnica construtiva de casas estáveis em toda a região;
- avaliação através de medições locais dos parâmetros de conforto interno das casas antigas;
- avaliação pós ocupacional das casas novas;
- estudo do sistema de tratamento as águas residuais, entre outros.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. L. P. de. **Método estimativo da temperatura interna de edificações residenciais em uso**. Orientação Roberto Lamberts. Florianópolis, SC. 2004. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ADAM, Roberto S. **Princípios do ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício**. São Paulo, Aquariana, 2001. ISBN 85-7217-069-3.128p.

ANDRADE, T. C. Q. NERY, J. M. F. G.; FREIRE, T. M. M.; SOUZA, M. G. O. **Conforto Ambiental e Conservação de Energia no Ambiente Construído**. Revista Baiana de Tecnologia – TECBAHIA. 2003.

ANDRADE, T. C. Q. **Aplicações de Conceitos de Física ao Conforto Ambiental**. Notas de aula, LACAM / FAUFBA, 2004.

ASHRAE. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Standard 55-1992Atlanta, GA. 1992.

ASIMAKOPOULOS, D. N.; ASSIMAKOPOULOS, V. D. (Aut); CHRISOMALLIDOU, N. (Aut); KLITSIKAS, N. (Aut); MANGOLD, D. (Aut); SANTAMOURIS, M. (Aut); TSANGRASSOULIS, A. (Aut). **Energy and Climate in the Urban Built Environment**. London: James x James, 2001, 402p. il. COC

ASSIS, J.B.S. de. **Bloco intertravado de solo-cimento “tijolito”**. In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA. São Paulo. Anais. NUTAU-FAUUSP.p.149 – 162. 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais**. Publicações ABCP, São Paulo, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático Brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **Projeto 02:136.01.001**: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **Projeto 02:136.01.001**: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 4: Fachadas e paredes internas. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **Projeto 02:136.01.001**: Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Parte 5: Coberturas. Rio de Janeiro, 2004.

BARBOSA, M. J. 1997. 274 f. **Uma metodologia para especificar e avaliar o**

**desempenho térmico de edificações unifamiliares.** Tese de doutorado (Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção) - Depto. de Engenharia de produção e sistemas, Programa de pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

BATISTA, J. O. 2004. 53 f. **Arquitetura bioclimática para o semi-árido alagoano: Centro Comercial e de Serviços em Santana do Ipanema.** Trabalho Final de Graduação (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2004.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Um manual prático.** Petrópolis: Vozes, 2002.

BAKER, N. **Passive and low energy building design for tropical island climates.** London: Commonwealth Science Council, 1987.

BRASIL. Fundação Brasileira Para o Desenvolvimento Sustentável. **Escala Histórica do Desenvolvimento Sustentável.** Disponível em: [www.fbds.org.br](http://www.fbds.org.br). Acesso em: 24 abr. 2006.

BUENO, M. **O Grande Livro da Casa Saudável.** São Paulo: Editora Roca, 1995.

CARLO, U. . **Conjuntos Habitacionais - Aspirações e Necessidades do Homem** (Nível de Satisfação Em Conjuntos Habitacionais da Grande São Paulo) Publicação Vol. I el, 1975 , 400 Páginas. 1. ed. São Paulo: IPT, 1975. v. I e II. 400 p.

CARNEIRO, A. P.; BRUM, I.A.S. & CASSA, J.C.S. **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção.** EDUFBA; Caixa Econômica Federal, Salvador. 2001.

CARVALHO, A.R.O.; POROCA, J.S. **Como fazer e usar tijolos prensados de solo estabilizado.** Brasília. IBICT. 38p. 1995.

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO. **Manual prático de construção com solo-cimento.** Camaçari. BNH / CEPED. 1978a

\_\_\_\_\_. **Solo-cimento na habitação popular: relatório final do Projeto Tecnologias Alternativas para Habitações de Baixo Custo – fase2.** Camaçari. BNH / CEPED.1978b

CERASI, M. **Muqarnas: an annual on the visual culture of the islamic world.** Brill Academic Publisher: Jan 1, 1998. Disponível em <[http://books.google.com/books?ie=UTF8&vid=ISBN9004110844&id=aNZg\\_afrAKIC&dq=CERASI+%2B+Muqarnas&pg=PT2&printsec=7&lpg=PT2&sig=bi5kP1KpPxqtDI9\\_-IGHI5E25QM](http://books.google.com/books?ie=UTF8&vid=ISBN9004110844&id=aNZg_afrAKIC&dq=CERASI+%2B+Muqarnas&pg=PT2&printsec=7&lpg=PT2&sig=bi5kP1KpPxqtDI9_-IGHI5E25QM)> Acesso em: 10 novembro 2008.

CARLO, U.. **Nível de Satisfação em Conjuntos Habitacionais da Grande São Paulo.**1. ed. São Paulo: IPT, 1975. v. 2. 500 p.



CORBELLA, Oscar. YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CUNHA, U. V. L. (1978). **Terra-cimento: contribuição para o estudo da casa de baixo custo**. São Carlos. EESC-USP (Dissertação de Mestrado).

CYTRYN, S. (1957). **Soil construction: its principles and application for housing**. State of Israel – Ministry of Labor – House Division. The Weizman Science Press of Israel. Jerusalém.

DEAR R. J. **Global Database of Thermal Comfort - Field Experiments**. ASHRAE Transactions: v. 104, p. 1141-1151, Atlanta.1998

DETHIER, J. (1993). **Arquiteturas de terra ou o futuro de uma tradição milenar**. Europa Terceiro Mundo. Estados Unidos. 10ed. Lisboa: Litografia Tejo.

DREW, D. **Processos interativos Homem-Meio ambiente**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil.4 ed., 1998.

EDWARDS, B.: HYETT, P. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Agenda 21 on sustainable construction. **Guia Básica de la Sostenibilidad, Barcelona, 2001**.Rotterdam, CIB, 1999. (CIB Report Publication 237). 2001.

EKNAT. A comunidade alternativa. **Ecoredes**, Amazonas, 2002. Disponível em: [www.abra144.com.br/asc/11comunic/ecoredes.htm](http://www.abra144.com.br/asc/11comunic/ecoredes.htm). Acesso em: 27mar. 2003.

EMMIT, S. **Architectural Technology**. Blackwell Publishing: Feb 1, 2002. Disponível em:[http://books.google.com/books?ie=UTF8&vid=ISBN063206403&id=K6togH6XBOIC&num=10&dq=TYPOLOGIES+%2B+Architectural+Technology&pg=PR2&pg=PR3&printsec=3&sig=GvrELJWAU\\_0K\\_SOpEwuW8wh4SW](http://books.google.com/books?ie=UTF8&vid=ISBN063206403&id=K6togH6XBOIC&num=10&dq=TYPOLOGIES+%2B+Architectural+Technology&pg=PR2&pg=PR3&printsec=3&sig=GvrELJWAU_0K_SOpEwuW8wh4SW) Acesso em: 10 novembro 2008.

ESPAÑA. Ministerio de Trabajo e Asuntos Sociales (Org.). NTP 289: **Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo**. Disponível em: [www.mtas.es](http://www.mtas.es). Acesso em: 10 ago. 2006.

FALQUET, J. **Três questões aos movimentos sociais progressistas: contribuições da teoria feminista à análise dos movimentos sociais**. MDA. Portal NEAD. Artigo do mês. n. 289. 23 jun - 03 jul. 2005. Disponível em:<<http://www.nead.org.br/index.php>>.

FANGER, P.O. **Thermal comfort**. Nova York: McGraw-Hill Book Co., 1972.

FANGER, P. O.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non ar-conditioned buildings in warm climates. **Energy and Buildings**, Berkley, n 34, 2002. p. 533-536. 1972

FATHY, Hassan. **Construindo com o povo**. Rio de Janeiro: Editora Forense, 2ªedição brasileira, 1980.

FARIA, J.R.G. **Unidade de produção de tijolos de solo estabilizado**. Dissertação de Mestrado, EESC – USP, São Carlos. 1990

FERRAZ JUNIOR, F. DE A.C. **Equipamentos modernos para a produção de tijolos de terra prensada**, In: WORKSHOP ARQUITETURA DE TERRA. São Paulo. Anais NUTAU-FAUUSP.p.163 – 179. 1995

FERREIRA P. **Alguns dados sobre o clima de Brasília**. Dissertação de mestrado UnB. 1965.

FE, D. S. ; ANDRADE, T. C. Q. ; SANTANA, M. J. A. ; NERY, J. ; FREIRE, T. M. M. ; OLIVEIRA, I. B. **Índices de Conforto Térmico: Avaliação para Clima Quente e Úmido**. Anais da Biblioteca Nacional, v. 01, 2007. p. 697-706.

FREITAS, Carlos G.L. et al. **Habitação e meio ambiente – abordagem integrada em empreendimentos de interesse social**. São Paulo: IPT, 2001. cap. 2. ISBN 85-09-00117-0.

FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R. (1988), **Manual de Conforto Térmico**, 2 a.ed., Studio Nobel, SP.

GAUZIN-MULLER, D. **Arquitetura ecológica**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2001.

GEN – Global Ecovillages Moviment. **What is an ecovillage?** Disponível em: <http://gen.ecovillages.org/about/wiaev.php>. Acesso em: 25 jul. 2003.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. Orientação Dr. Jefferson Benedicto Libardi Liborio. São Carlos, SP. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Escola de Engenharia de São Carlos.

GIL, Antônio C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**: Building Research Station - Tedcnion, Israel Institute of Technology. New York: Elsevier, 1969, 364p: il. COC

\_\_\_\_\_. **Man, climate and architecture**, 2<sup>a</sup> ed. Londres: Applied Science Publishers, 1976.

\_\_\_\_\_. **Comfort climate analysis and building design guidelines**. Energy and Buildings, v.18, n.1, p. 11 – 23, 1992.

GUIMARÃES, J. E. P. (1998). **A cal – fundamentos e aplicações na construção civil**. São Paulo, Pini.

HOLANDA, A. **Roteiro para se construir no Nordeste**. Recife: Ed. da UFPE, 1997.

HOPPE, P. **The physiological equivalente temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment.** International Journal of Biometeorology, n.43, p. 71-75, 1999.

HOLMGREN, D. **Permaculture: Principles and Pathways Beyond Sustainability**, n.16, 2004.

\_\_\_\_\_. **The essence of permaculture.** Disponível em: <http://www.holmgren.com.au/DownloadableFiles/PDFs/EssenceofPC3.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2004.

HUBBELL, E. (1943). **Earth brick construction.** Kansas. U.S. Office of Indian Affairs, Educational Division.

IBGE, 2000a. **Amostra do Censo Demográfico 2000 - Malha municipal digital do Brasil:** situação em 2001. Rio de Janeiro.

\_\_\_\_\_. 2004b. **NOTA:** Informações de acordo com a Divisão Territorial vigente em 01.01.2001).

\_\_\_\_\_. **Área territorial oficial.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 outubro 2007.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Síntese de indicadores 2003.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 outubro 2007.

INSTITUTO 21. **Os treze princípios de uma comunidade sustentável.** Disponível em: <http://www.instituto21.org.br> . Acesso em: 20 jan. 2005.

IPAB - Instituto de Permacultura Auto-brasileiro. Disponível em: <http://ambar.agrorede.org.br:8080/ambar/Publico/ipab/index.jsp#>. Acesso em: 20 jan. 2005.

IPIUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. Disponível em: <http://www.ipuf.sc.gov.br/> .Acesso em : jan. de 2005.

ISO 7730. **Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.** Genebra. 1994

JACKSON, Hildur. **What is an ecovillage?** In: Gaia Trust Education Seminar.Thy Denmark, set. 1998. Disponível em [http://www.gaia.org/resources/HJackson\\_whatIsEv.pdf](http://www.gaia.org/resources/HJackson_whatIsEv.pdf). Acesso em: 25 jul 2003.

JOHN, Vanderley M. et al. **Agenda 21: Uma proposta para o construbusiness brasileiro.** In: II ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 2001, Canela, RG. **Anais...** ANTAC 2001.

KRONKA, M. R. C.. **Arquitetura, Sustentabilidade e Meio Ambiente.** Revista Técnica, São Paulo, v. 55, n. outubro, p. 66-69, 2001.

KOENIGSBERGER et al, (1997). **Manual of Tropical Housing**. 4a edição Nova York, 1980.

KOENIGSBERGER, O.; INGERSOL, T. G.; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S. V. **Manual of Tropical Housing and Building**. Part I: Climatic Design. London: Longman, 1974.

KOENIGSBERGER, O.; MAHONEY, C. **El Clima y el Diseño de Casas** New York: ONU. 1973.

KRONKA MÜLFARTH, R. C. **Arquitetura , Sustentabilidade e Meio Ambiente**. Revista Técnica, São Paulo, v. 55, n. outubro, p. 66-69, 2001

LEAL, T. A.; CÂNDIDO, C. M.; BITTENCOURT, L. S. **A influência na distribuição e velocidade da ventilação natural a partir do uso do peitoril ventilado em escolas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11. **Anais...** Florianópolis, 2006.

LAMBERTS, R. DUTRA, L; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: Ed. PW, 1997.

\_\_\_\_\_. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades Brasileiras**, PW ed., São Paulo.

LENGEN, JOHAN, VAN.: **Manual do Arquiteto Descalço – TIBÁ**. 2004.

LIMA, M.A. **The Development of bioclimatic design**. St. Lucia, Qld., 1995.379p.

LINS, Carlos José Caldas. **Metodologia para redelimitação da região Semi-árida**. Brasília: Ministério da Integração Nacional. 2004. 1 CD

LÓPEZ DE ASIAIN, Jaime. **Anexo: Estudio de Acondicionamiento Bioclimático de los Espacios Abiertos. Plan Director de la Expo '92**. Sevilha, sociedad Estatal para la Exposición Universal, Sevilha, 1987.

LOPES, W. G. **Taipa de mão no Brasil: levantamento e análise de construções**. São Carlos, SP. Dissertação (Mestrado). SAP – EESC – USP, 1978.

MASCARO, Lúcia Luz. **Clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983.

MALVEZZI, Roberto. **SEMI-ÁRIDO - Uma Visão Holística**. Série Pensar o Brasil e Construir o Futuro da Nação, 2007.

MALLICK, F. H. **Thermal comfort and building design in the tropical climates**. Energy and Buildings, v. 23, 1996.

MERCADO, M. C. (1990). **Solo-cimento: alguns aspectos referentes à sua produção e utilização em estudo de caso**. São Paulo. Dissertação (Mestrado) – FAU USP.

MERRIL, A. F. (1947). **Casas de tierra apisonada y suelo-cemento**. Windsor, Buenos Aires.

MOLLISON, Bill, SLAY, Reny Mia. **Introdução à Permacultura**. Brasília: MA/SDR/PNFC, 1998. Trad. André Luis Jaeger Soares.

MONTORO, P.; SAWAYA, S.B. (2002). **Arquitetura com terra: uma porta para o futuro**. In: revista CREA-SP, ano II, nº 5. São Paulo. CREA-SP. P.8-10.

MORELLO, A.; BEVILACQUA, D.; GRIGOLETTI, G. C. **Análise do Protótipo Alvorada e propostas de alterações visando o melhor desempenho visual, funcional e térmico da edificação**. Trabalho desenvolvido para a disciplina de Conforto Ambiental II. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2004. (Trabalho não publicado).

NEVES, C. M. M. **Tijolos de solo-cimento**. In: DEZ ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA HABITAÇÃO. Brasília. Anais. MINTER / PNUD. P.273 -282.

NIMER E. **Climatologia do Brasil**. IBGE, Rio de Janeiro, 422p. 1979

OLGYAY, Victor. **Design with climate**. Princeton: Princeton University, 1963.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas: biología, climatología, tecnología y arquitectura**. Barcelona: GG, 2004, 203p: il.

OLIVEIRA T. A. e RIBAS O. T.. **Sistema de Controle das Condições Ambientais de Conforto**- - MINISTÉRIO DA SAÚDE – 1995

PAULA, L. G. S. D. **Projeto Aurora Editorial**. 2004 a. Disponível em: <http://www.aurora.org.br>. Acesso em: 10 fev. 2004.

PATTY, R. L. **Rammed earth for farm buildings**. AGRICULTURAL EXPERIMENT. 1936.

PEREIRA, Fernando O. R. et al. **Aplicação de princípios bioclimáticos no projeto de assentamentos humanos em Florianópolis**. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. nov. 1997.Salvador. Anais... ANTAC, 1997.

ROAF, Susan. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. 2ªed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ROMERO, Marta A. Bustos. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001

RUA. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**. Salvador. V.1. nº9, janeiro /julho 2001.

RUDOLFSKY, Beranrd. **Architecture without Architects**. Londres: Academy Edition, 1964.

SALZANO, Francisco M. **Em busca das raízes**. Rio de Janeiro, SBPC, jul.-ago.1986, p. 53,

SCHILLER, G. E.; ARENS, E.; BAUMAN, F.; BENTON, C.; FOUNTAIN, M.; DOHERTY, T. **A field study of thermal environments and comfort in office buildings**. ASHRAE Transactions, v. 94, p. 280-308, 1988.

SILVA, M. A. V. **Meteorologia e Climatologia**. XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Versão digital 2. Recife, Pernambuco, 2006.

SILVA, R. T. da. **Arquitetura e Tecnologia**. Belo Horizonte: Proed/UFGM, 1981, pg. 41.

SILVA, M. S. **A terra crua como alternativa sustentável para a produção de habitação social**. Escola de Engenharia de São Carlos – SAP, Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais (Tese de Doutorado). 2001.

SOARES, A. L. J. **Conceitos básicos sobre permacultura** - Brasília : MA/SDR/PNFC, p 53 1998.

SZOKOLAY, S. V. **Environmental science handbool for architects and builders**. London: Constrction Press. 1980. 532pp.

TANABE, S.; KIMURA, K.; HARA, T. **Thermal comfort requirements during the summer season in Japan**. ASHRAE Transactions, v. 93, n. 1, p. 564-577, 1987.

THOMAS, C. A. **Paredes monolíticas de solo-cimento: Hospital Adriano Jorge**. São Paulo, Publicações ABCP. 1979

TOFTUM, J. **Air Movement: good or bad? Indoor Air**, 2004.

VAN VLACK, L. H. **Propriedades dos materiais cerâmicos**. São Paulo. EDUSP/Edgard Blucher, 1973

VIOLANI, M. A. F. **Estabilização do latossolo roxo para a produção de tijolos – a experiência de Londrina**. Escola de Engenharia de São Carlos (Dissertação de Mestrado). 1987

WATSON D. e LABS K., (1983). **Climatic Building Design**. Energy- efficient building principles and practice. McGraw-Hill book Company.

WEIMER, Gunter. **Arquitetura popular brasileira**. São Paulo: Martins Fontes, 2005 – (Raízes).

## APÊNDICES A - Guia para classificação do solo e produção de tijolos de solo cimento modular

Com o objetivo de facilitar o acesso à tecnologia dos tijolos de solo cimento modular, este anexo visa apresentar, de modo simples e resumido, testes de classificação do solo e o método de produção de tijolos de solo-cimento, utilizando como exemplo uma prensa manual, para fins de orientação, da empresa SAHARA. Ressalta-se que para outros fabricantes de equipamentos, poderá ser adotada orientação semelhante.

Antes da realização dos testes de classificação do solo, propriamente, é preciso obter a matéria prima e, para tanto, é importante ter o cuidado de extrair um solo livre de matéria orgânica. É recomendável retirar o solo de uma profundidade maior que 50cm (conforme ilustram as figuras 1 e 2) e, mesmo assim, convém verificar se esse solo está realmente livre de matéria orgânica para não comprometer a qualidade do tijolo modular alterando sua estabilidade.



Figura 1 – Perfil do solo, existência de matéria orgânica. Fonte:SAHARA (2009)



Figura 2 – Extração do solo. Fonte: SAHARA (2009)

Além dos cuidados para obter um solo livre de matéria orgânica, é importante analisar pelo menos três propriedades fundamentais do solo, que são:

- **GRANULOMETRIA:** refere-se ao tamanho das partículas contidas no solo, classificadas comumente em cinco frações: pedra, cascalho, areia, sílte (ou limo) e argila. O procedimento usual para verificar a granulometria do solo é o peneiramento que mede as partículas maiores (pedregulho, cascalho e areia). Convém utilizar uma peneira inclinada com malha de 4 a 6 mm (conforme indicado nas figuras 3 e 4), que retém as partículas de pedregulho e cascalho, deixando passar as partículas de areia, sílte e argila.



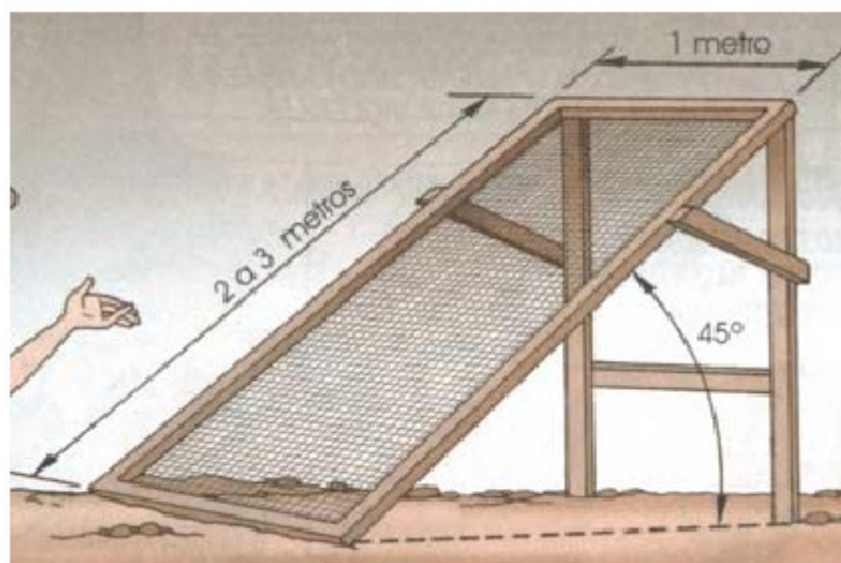


Figura 3 – Peneira inclinada. Fonte: SAHARA (2009)



Figura 4 – Procedimento de peneiramento. Fonte: SAHARA (2009)

Depois de peneirado, o solo deve ser classificado quanto ao teor de areia e argila, pois o consumo de cimento depende da quantidade de tais partículas presentes no solo, figura 5.



Figura 5 – Consumo de cimento em função da natureza das partículas presentes no solo. Fonte: SAHARA (2009)

Para verificar o teor de areia e argila do solo já peneirado, realiza-se o teste de sedimentação, que separa as partículas em camadas.

Procedimentos para o **teste de sedimentação**:

- Em um recipiente de vidro, transparente e de fundo chato, com capacidade de 1 litro, preencher  $\frac{1}{4}$  do recipiente com a amostra do solo e  $\frac{3}{4}$  com água;
- Adicionar uma colher (sopa) de sal marinho;
- Deixar a mistura descansar até o solo ficar saturado;
- Chacoalhar vigorosamente o recipiente e deixar a mistura decantar por uma hora;
- Chacoalhar novamente e deixar decantar por mais 45 minutos.

**Resultado:** depois deste período é possível identificar as diferentes camadas: no fundo do recipiente ficam depositados os grãos maiores (areia), sobre a areia

forma-se uma camada de silte e, sobre este se deposita a argila. Na superfície ficam os materiais orgânicos (se houver).

É a partir da análise granulométrica que se define a “textura” do solo. Conforme SILVA (2009), a textura é arenosa se possuir mais de 85% de frações de areia; argilosa se apresentar mais de 35% de argila; e barrenta (ou franca) se tiver as três frações (areia, silte e argila) em quantidades equilibradas. A figura abaixo apresenta um diagrama para determinar a textura do solo.



Figura 6 – Diagrama para determinação da textura do solo.

Fonte: SILVA (2001) baseado em LEPSCH (1979).

- **PLASTICIDADE:** propriedade do solo de ser moldável. Depende da granulometria e da água. Para verificação da plasticidade do solo podem-se realizar dois testes: Teste de Retenção de Água e Teste de Consistência.

Procedimentos para o **teste de retenção de água:**

- Modelar uma bola de solo umedecido de 2 a 3 cm de diâmetro;

- Adicionar água à bola até que os grãos fiquem unidos, mas grudem nos dedos;
- Alisar a bola levemente e segurá-la na palma da mão;
- Abrir e fechar a mão várias vezes até a água venha à superfície da bola.

**Resultados:** reação rápida (5 ou 6 movimentos) – solo arenoso; reação lenta (20 a 30 movimentos) – solo medianamente plástico; sem reação (a água não aparece e a bola mantém aparência brilhante): solo argiloso.

Procedimentos para o **teste de consistência:**

- Modelar uma bola de solo úmido de 2 a 3 cm de diâmetro;
- Rolar esta bola sobre uma superfície plana até conseguir moldar um filete de 3mm;
- Se na 1ª tentativa o filete se romper antes de alcançar 3mm, o solo está muito seco (adicione água e repita o procedimento).

**Resultado:** se o filete for moldado com facilidade, e com bastante água, o solo é argiloso; com média facilidade, e com pouca água, o solo contém argila em baixa proporção; e se não puder ser moldado, o solo é arenoso.

- **COESÃO:** propriedade do solo de resistir a esforços de tração e compressão. A coesão está relacionada ao teor de argila e é determinada pelos seguintes testes: Teste de Adesão, Rigidez e Coesão.

Procedimentos para o **teste de adesão:**

- Modelar uma bola de solo úmido de 2 a 3 cm de diâmetro;
- Cortar ao meio com uma faca ou espátula.

**Resultado:** se o solo for cortado com dificuldade, é muito argiloso; sem grande dificuldade, a proporção de argila é moderada; facilmente cortado, o solo é arenoso.

Procedimentos para o **teste de rigidez:**

- Modelar uma porção de solo em formato de uma moeda com aproximadamente 1cm de espessura;
- Deixar secar completamente;
- Pressionar a “moeda” entre o dedo indicador e polegar, tentando quebrá-la.

**Resultado:** dificuldade para quebrar a “moeda” e quebra com estalo e poucas partes – solo argiloso; média dificuldade – solo com proporção equilibrada de silte, areia e argila; facilidade para quebrar e reduzi-la a pó – solo arenoso.

Procedimentos para o **teste de coesão:**

- Modelar um cilindro com aproximadamente 1,5cm de diâmetro e no máximo 30 cm de comprimento;
- Deixar secar à sombra;
- Colocar a fita próxima à borda de uma superfície plana e deslocar a fita para fora dessa superfície até que a fita se rompa pelo seu próprio peso. Observar a dimensão do pedaço que se despreendeu.

**Resultado:** se dimensão do pedaço for maior de 15cm – solo argiloso; dimensão do pedaço for de 5 a 15cm – solo bem graduado; e se o pedaço for menor eu 5cm – solo arenoso.

O teste complementar que permite conhecer o tipo de argila (inerte ou ativa) e o quanto esta é capaz de absorver água, é o teste de retração. Os procedimentos são os seguintes:

- Preencher totalmente uma caixa de dimensões 60cm x 4cm x 4cm (comp. X larg. X prof.) com uma mistura bastante umedecida do solo anteriormente analisado;
- Prensar o solo, principalmente nas quinas, e rasar a superfície da caixa com uma espátula;
- Deixar o solo na caixa secando ao sol por três dias;
- Depois desse período, empurrar a massa seca para um lado da caixa e medir o encurtamento do volume do solo.

**Resultado:** se não houver variação do volume – solo arenoso; se surgirem poucas fissuras e uma considerável pequena variação de volume – solo com argila pouco ativa (média absorção de água); várias fissuras e uma considerável variação de volume (com destacamento das laterais) – solo com argila ativa (grande absorção de água).

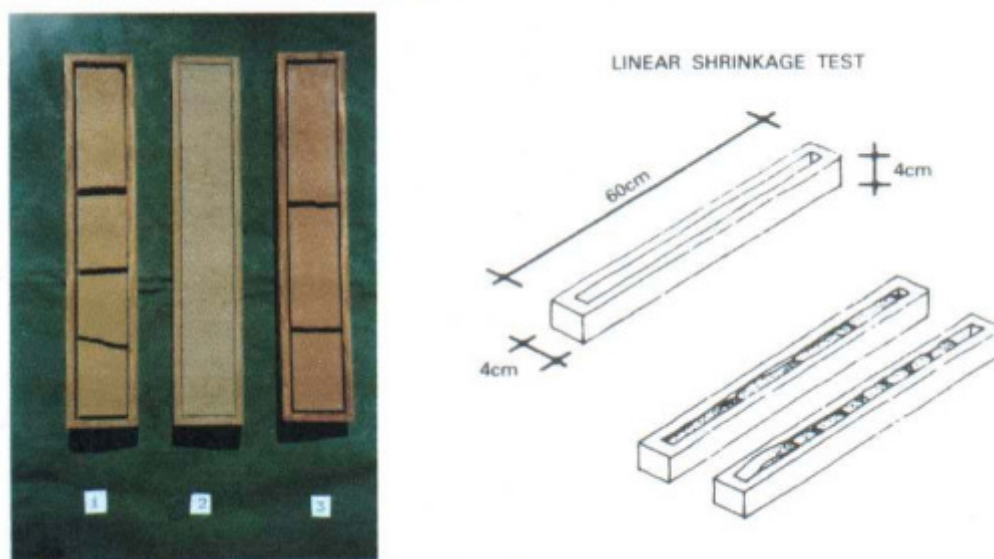


Figura 7 – Teste de retração. Fonte: SILVA (2001).

Observações: o teste de retração é importante para determinar a qualidade do solo a ser utilizado na produção dos tijolos de solo cimento, uma vez que a presença de argila ativa pode comprometer o tijolo após a secagem com o surgimento de fissuras e partículas desagregadas.

Caso o solo analisado apresente resultados adversos nos diversos teste, faz-se necessário corrigi-lo e homogeneizá-lo com adição de areia lavada (em caso de solo muito argiloso), argila (em caso de solo muito arenoso), ou outros materiais (fibras, cal, outros tipos de finos) e, após essa correção, convém realizar novamente os testes para caracterizar essa nova mistura.

## **APÊNDICES B** – Recomendações para a produção de tijolos de solo cimento prensados manualmente

Os ensaios propostos no item anterior apresentam parâmetros de avaliações bastante práticos e rudimentares para a classificação do solo. A próxima etapa é a produção de tijolos de solo cimento e antes disso, é preciso definir duas variáveis de grande importância: o teor de cimento e quais os procedimentos que devem ser adotados para se ter controle tecnológico da mistura e do tijolo produzido.

O teor de cimento é obtido por uma metodologia de dosagem. Os resultados dessa metodologia devem ser avaliados pela resistência à compressão e absorção de água do tijolo.

O controle tecnológico é de fundamental importância tanto na fase de elaboração da mistura como na fase de estocagem e cura dos tijolos moldados, porque é o controle que irá garantir a qualidade do produto final.

As dosagens recomendadas pelos fabricantes de prensas são realizadas em volume, por exemplo, medidas em “baldes” ou “latas”. Apesar da prática de dosagem em volume ser comum e de certa facilidade, ela somente será correta se forem realizadas outras análises, como a determinação da massa específica, inchamento, massa unitária sob diversos graus de compactação, etc. Assim, o ideal para um efetivo controle tecnológico da mistura é que a dosagem do traço seja realizada em massa (kg), com determinação e correção de umidade da matéria prima.

A explicação dessa recomendação é que o cimento e o solo têm massas diferentes e o solo contém umidade natural e não uniformemente distribuída no lote que será utilizado; por isso, nem sempre as medidas em latas terão o mesmo peso e



corre-se o risco de se produzir tijolos com variações muito expressivas de resistência à compressão. A mão de obra e as condições de armazenamento do solo também interferem na dosagem de traços em volume.

O controle tecnológico do tijolo, mesmo que bastante simples, é a melhor garantia de qualidade para o fabricante e o usuário desse material. Dessa forma, quando se compara o custo de um balança (com capacidade de 20kg e precisão de 10g) com o custo total da obra, verifica-se que o investimento é muito barato, praticamente irrisório, mas os benefícios são incalculáveis.

Em geral, a ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) recomenda que a dosagem de cimento, para a fabricação de tijolos prensados, se inicie em 10% em relação à massa de solo. A partir dessa determinação, devem-se realizar pelo menos mais duas dosagens (um mais rica em cimento e outra mais pobre) em intervalos de 2% a 3% da dosagem inicial. O quadro abaixo demonstra um exemplo de dosagem.

DOSAGEM INICIAL PARA DETERMINAÇÃO DE TRAÇO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO PRENSADOS				
EM MASSA 1 : m (cimento : solo)				
TRAÇOS POBRES		TRAÇO DE REFERÊNCIA	TRAÇOS RICOS	
1:14	1:12	1:10	1:8	1:7
% de cimento em relação ao solo				
7%	8%	10%	12,5%	14,%

Para se dosar com certa precisão os materiais em massa, deve-se descontar a umidade contida no solo que será utilizado. No canteiro de obras, uma maneira bastante simples e rápida de se fazer isso é através do uso de uma chapa (ou frigideira), um fogareiro, uma espátula e uma balança com precisão de 10g. Deve-se coletar uma amostra do solo e depositá-la na chapa. Pesar (chapa + solo úmido). Colocar a chapa sobre o fogareiro e esquentá-la até secar completamente o solo,

revolvendo-o com a espátula. Pesar (chapa + solo seco). A diferença entre as duas pesagens é a umidade contida no solo e que deve ser descontada toda vez que se for preparar a mistura de solo cimento. Por exemplo:

Peso (solo úmido + chapa) = 2kg;

Peso (solo seco + chapa) = 1,8kg;

Umidade contida no solo = 0,2kg (200g) ou 10%

Na realidade, nessas condições, quando se pesar 15kg de solo em uma lata, apenas 13,5kg é solo e o restante (1,5kg) é água. É por essa razão que a dosagem em volume não é interessante do ponto de vista do controle tecnológico.

A medição de umidade na amostra de solo deve ser realizada constantemente, ainda mais quando as condições de armazenamento do solo não são muito adequadas, por exemplo ao ar livre. É recomendável separar a quantidade que será imediatamente utilizada, homogeneizar a umidade e só depois fazer a medição.

A mistura de solo cimento deve ser realizada de forma bastante criteriosa e consiste nos seguintes procedimentos:

- destorroamento e peneiramento do solo;
- adição de cimento;
- homogeneização da mistura a seco;
- adição de água;
- homogeneização da mistura úmida.

Não se deve demorar muito no procedimento e a quantidade de mistura deve ser consumida no máximo em uma hora após a adição da água. Essas recomendações são devidas à perda de umidade por evaporação que compromete a resistência do tijolo. De maneira geral, o volume de solo para se produzir tijolos durante 1 hora é aproximadamente 2,5 carriolas bem cheias.

Quanto à adição de água, esse é um parâmetro que deve ser bem esclarecido pois é o principal fator de controle da mistura. Pode-se dizer que a determinação correta da quantidade de água necessária para o melhor desempenho (a melhor compactação) da mistura é tão importante, ou até mais, quanto o teor de cimento.

É fundamental que se saiba o conceito de umidade ótima de compactação:

Umidade ótima é o teor de umidade que possibilita a maior compactação do material, por meio da aproximação das partículas de solo e preenchimento dos vazios. A umidade ótima pode ser estimada pelo seguinte método prático:



Figura 8 – Observação prática da umidade ótima de compactação. Fonte: SAHARA (2009).

Outro fator relevante é que a umidade ótima de compactação depende da constituição granulométrica do solo, ou seja, solos arenosos consomem menos água até atingir o teor ótimo do que os solos argilosos. É difícil, portanto estabelecer um teor de água que sirva para todos os casos.

Já a observação da umidade não ideal é bastante eficaz e está ilustrada na figura 9.



Figura 9 – Observação da umidade da mistura. Fonte: SAHARA (2001).

Recomenda-se, para a determinação de umidade ideal, o seguinte procedimento:

- pesar os materiais do traço em estudo para uma determinada quantia de tijolos (por ex. 7 tijolos);
- determinar a umidade natural do solo (umidade inicial);
- adicionar cimento e homogeneizar a mistura a seco;
- realizar o teste das figuras 7 e 8. Se a mistura estiver muito seca, adicionar água em pequena porcentagem (1% em relação a massa da mistura) e homogeneizar novamente até que ela se comporte como a ilustração da figura 7;
- produzir tijolos com essa mistura e verificar o seguinte:
  - Se for possível produzir a quantidade desejada (7 tijolos) com facilidade;
  - Se houve muita perda de material por destorroamento na desmoldagem do tijolo;
  - Se o tijolo quando desmoldado esfarelar e soltar partículas de suas faces (especialmente nas quinas).

- Se não foi possível produzir os tijolos (por ex. só foram desmoldados 3 tijolos), se houve desperdício e destorroamento. A umidade foi insuficiente;
- destorroar a mistura (reaproveitada) e adicionar mais água em intervalos de 1%;
- repetir os procedimentos até se obter a produtividade almejada com facilidade;
- adotar o teor de umidade máximo que permita a maior produtividade da prensa.

Determinado o traço que será efetivamente utilizado, após os ensaios dos tijolos, o controle tecnológico também deve ser realizado na produção e na pós produção dos tijolos.

Na produção, podem-se sugerir os seguintes procedimentos:

- conhecer bem os dispositivos da prensa;
- realizar manutenção constante (lubrificação do compartimento de moldagem e dos dispositivos da alavanca, limpeza das formas, desmontagem e lavagem completa da prensa após um período de produção);
- proteger a mistura que será utilizada da incidência direta da luz solar e de ventos;
- empilhar os tijolos conforme as figuras 10 e 11;
- não permitir a secagem dos tijolos moldados, cobrindo-os com um plástico e borrifando água sobre a pulha de hora em hora.



Figura 10 – Produção de tijolos. A máquina deve movimentar-se para perto das pilhas de tijolos, diminuindo o percurso entre a desmoldagem e o empilhamento. Fonte: SAHARA (2009).

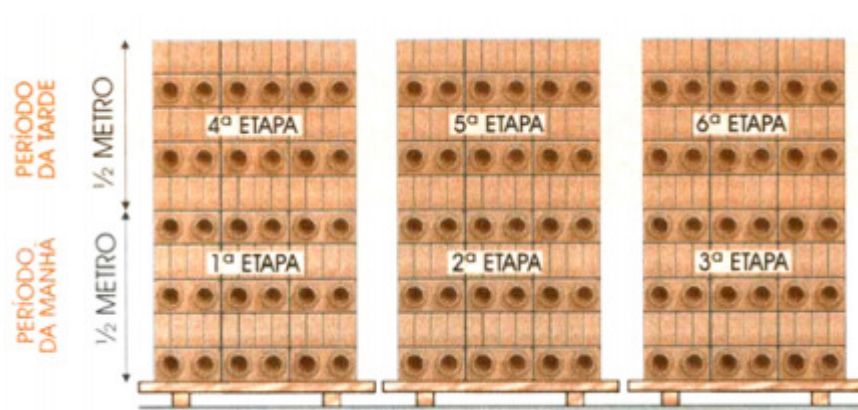


Figura 11 – Esquema da sequência adequada do empilhamento. Fonte: SAHARA (2009).

A cura dos tijolos é o principal fator de controle de pós produção dos tijolos e que determinará o sucesso de todos os procedimentos anteriormente adotados. A cura significa impedir que a umidade saia do tijolo por evaporação.

Recomenda-se um período de cura mínimo de 7 dias, porém, quanto maior for esse período, melhor será a qualidade do material. No dia da moldagem dos tijolos, as pilhas devem ser curadas de hora em hora com o auxílio de um borrifador, pois os tijolos ainda não endureceram suficientemente para suportarem o impacto de um

esguicho de água. No 2º dia em diante, as pilhas podem ser irrigadas com água à vontade, de preferência três vezes ao dia e devem ser cobertas com uma lona, para evitar a perda de água.

Na verdade, o que se demonstrou nesse anexo foi como proceder para a fabricação de um tijolo de solo cimento com controle de qualidade. Foram cercadas algumas variáveis de fundamental importância para o sucesso do empreendimento. O solo, a dosagem e o controle tecnológico do tijolo.

Contudo, outras variáveis devem ser consideradas no processo de produção:

- o operador da prensa, por exemplo, tem muita influência sobre o abastecimento do compartimento de moldagem, força no braço da alavanca etc...;

- as condições de trabalho, armazenamento de matéria prima e estocagem de tijolos do local;

- o conhecimento das regulagens (que definem o padrão das dimensões dos tijolos) e a correta manutenção do equipamento durante a produção (que permite a manutenção das regulagens e a produtividade).



**APÊNDICES C** – Detalhes construtivos de edificações realizadas com o sistema construtivo modular.

Conforme apresentado no ANEXO 2, os tijolos modulares requerem certos cuidados desde a seleção de um solo adequado para a produção de uma mistura de solo cimento de qualidade, até o controle das condições de preparação da mistura, dos processos de moldagem e desmoldagem e do empilhamento dos tijolos para garantir suas características de resistência e durabilidade.

Nesta parte do anexo, será apresentado alguns detalhes construtivos que distinguem o sistema construtivo modular dos sistemas convencionais em construção civil.

Nesse sistema construtivo modular, é possível embutir as colunas nas paredes. Para isso, é importante que as barras de ferro que irão compor a estrutura da coluna estejam fundidas no alicerce ou no radier antes das paredes serem erguidas.

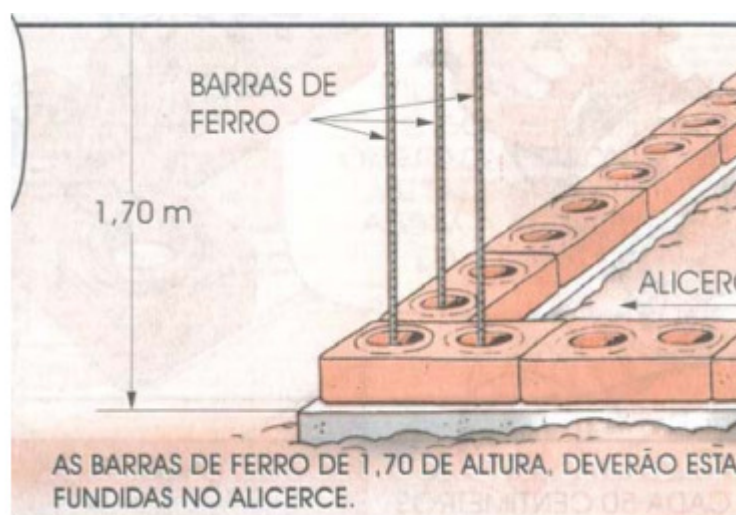


Figura 15 – Detalhe das barras de ferro fundidas no alicerce. Fonte: SAHARA (2009).

O preenchimento dos furos com argamassa ou concreto tem duas finalidades: reforçar a estrutura e promover uma melhor amarração das paredes. A necessidade, a quantidade e a localização dessas “colunas” devem ser calculadas em projeto. Se elas existirem, é preciso encher as colunas de sustentação a cada meio metro de altura. A amarração das paredes deve ser feita com grampos, encaixados em pequenos sulcos cavados nos tijolos. Ou ainda de forma direta, pela simples amarração do tijolo. O mesmo procedimento deve ser repetido a cada meio metro para proporcionar resistência a construção.

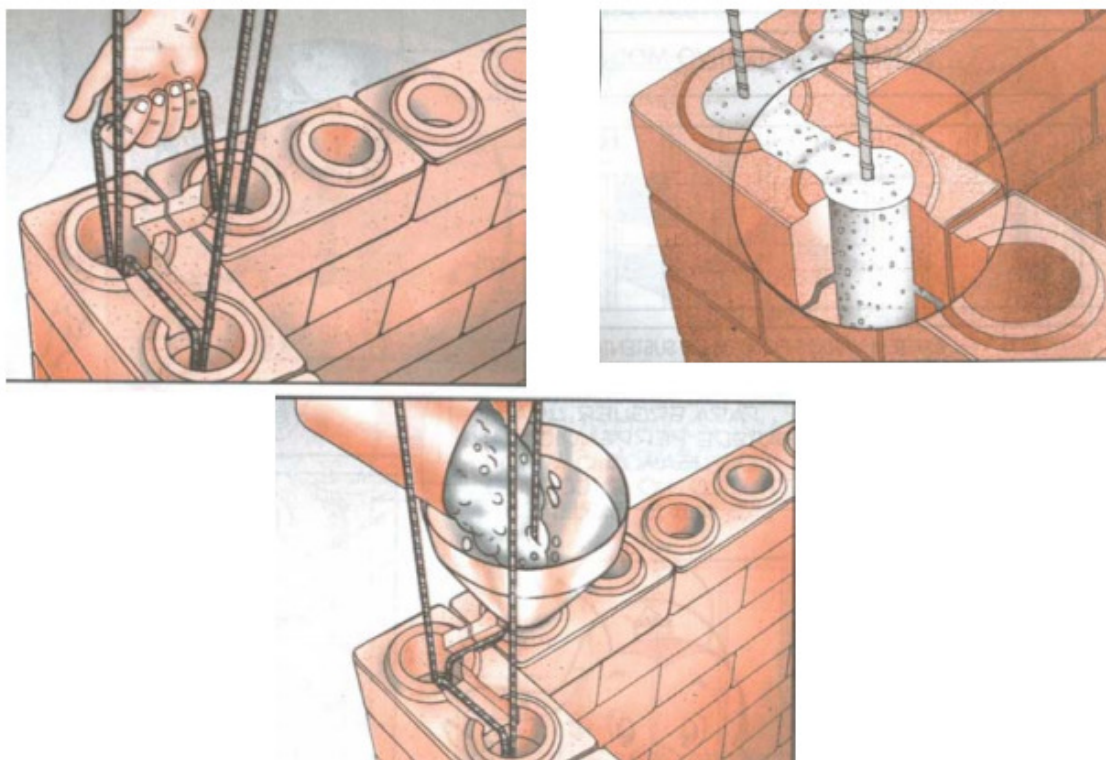


Figura 16 – Detalhe do preenchimento das colunas e das amarrações com os grampos. Fonte: SAHARA (2009).

Amarração de encontro de paredes.

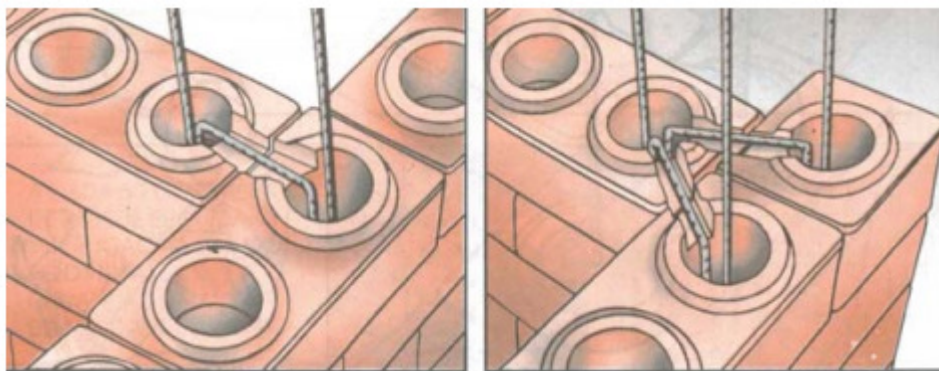


Figura 17 – Detalhes das amarrações de encontro de paredes. Fonte: SAHARA (2009).

A amarração de encontro de paredes pode ser realizada também de maneira direta:

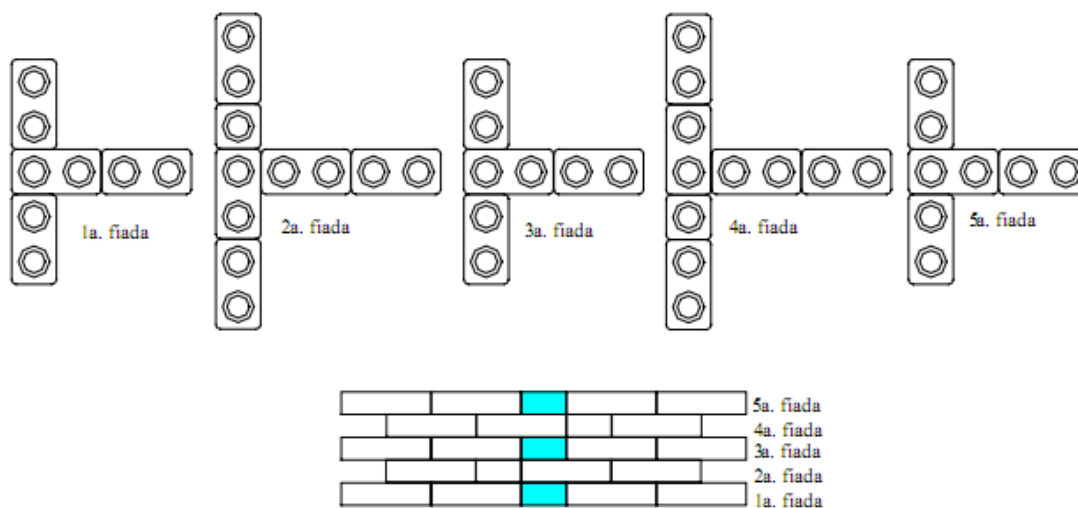


Figura 18 – Detalhes das amarrações de encontro de paredes. Fonte: SAHARA (2009).

Detalhe da cinta de amarração e da contra verga que devem ser executadas à meia altura (peitoril da janela), sobre os vãos de portas e janelas e no respaldo.

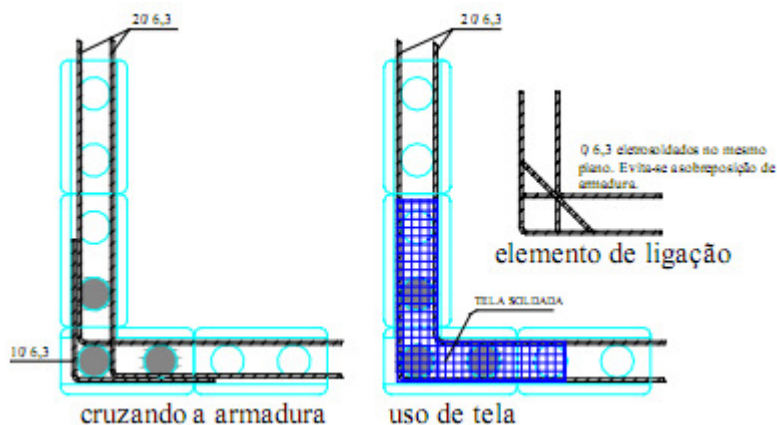


Figura 19 – Detalhes sugeridos para as cintas de amarração em cantos de parede. Fonte: SAHARA (2009).

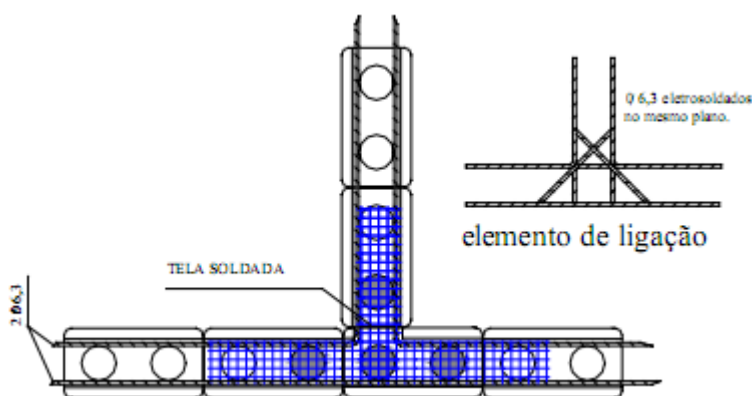


Figura 20 – Detalhes sugeridos para as cintas de amarração em encontros de parede. Fonte: SAHARA (2009).



Figura 21 – Detalhes das cintas de amarração e das contra vergas. Fonte: SAHARA (2009).

As canaletas podem ser preenchidas da forma ilustrada na figura 22,

possibilitando futuras ampliações da rede elétrica, sem a necessidade do corte da alvenaria.

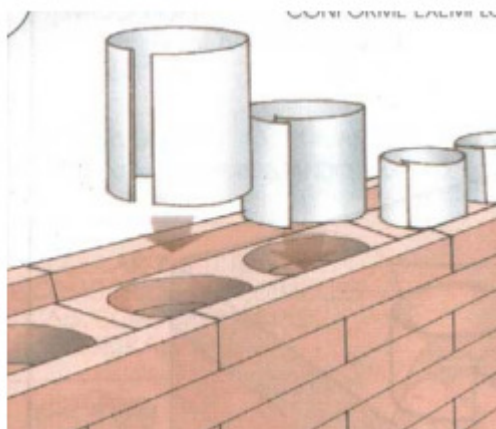


Figura 22 – Detalhes da desobstrução dos furos com canos de PVC cortados para preenchimento das canaletas. Fonte: SAHARA (2009).

As principais vantagens que os tijolos modulares, produzidos com controle tecnológico, apresentam em relação aos tijolos comuns são:

- Texturas e medidas regulares, o que evita o desperdício de material para correções de imperfeições, além de proporcionar um bom acabamento à vista;
- Seu sistema de encaixe auxilia a orientação no assentamento, evitando que a parede fique fora do prumo, e mantendo juntas regulares que evitam o surgimento de trincas e fissuras;
- O seu emprego reduz o peso da construção, pois necessita de uma menor quantidade de material para assentamento e revestimento;
- Reduz o tempo para execução da obra, o que gera economia, principalmente com mão de obra;
- Ajuda a manter o canteiro de obra mais limpo e organizado;
- Seus furos, além de promoverem conforto termo acústico, também formam condutores para as redes hidráulicas e elétricas, evitando a quebra de paredes, além de permitirem o embutimento fácil e rápido das colunas de sustentação;
- É também um tijolo ecológico, pois não provoca desmatamento e não lança resíduo de queima no ar, como ocorre nas tradicionais olarias.

Além das vantagens destacadas desse sistema construtivo modular, é necessário conhecer outros importantes detalhes construtivos:

- Para o assentamento dos tijolos modulares basta um filete de cola branca, argamassa própria ou massa de solo cimento (com as seguintes proporções: 1kg de cimento; 1/2kg de cola branca e 6kg de solo). A exceção acontece somente na primeira fiada, que deve ser assentada sobre argamassa convencional de cimento e areia, traço 1:3 sobre o baldrame, permitindo a regularização da superfície;

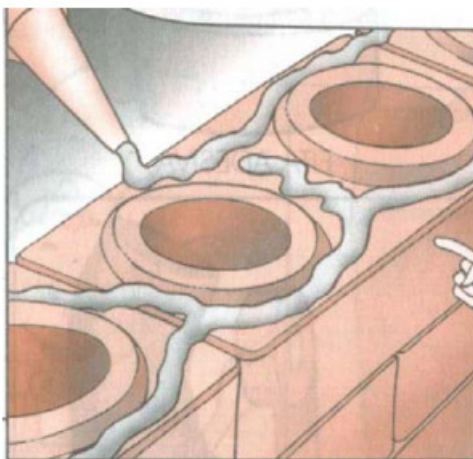


Figura 12 – Detalhe da aplicação do filete de argamassa. Fonte: SAHARA (2009).

- Para a instalação elétrica, pode-se optar pelo uso dos furos nos módulos em vez de conduítes e caixa para tomadas e interruptores;

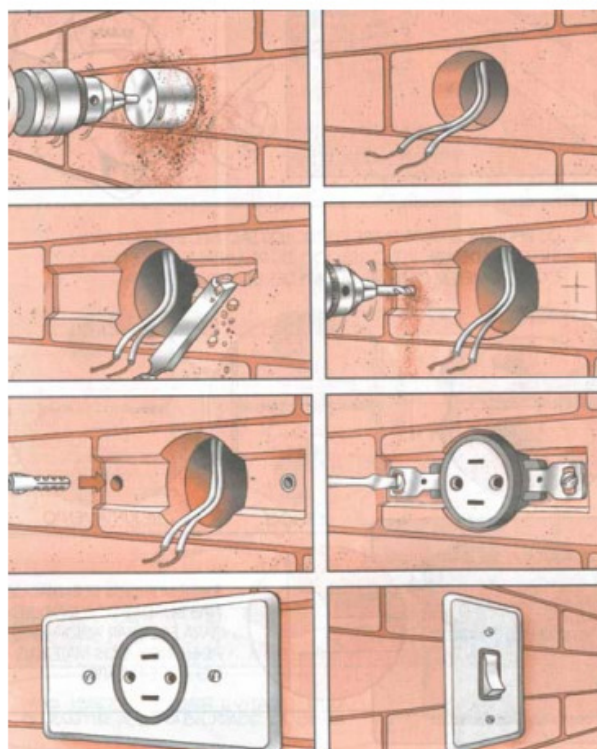


Figura 13 – Detalhe das instalações elétricas. Fonte: SAHARA (2009).

- Para as instalações hidráulicas, a facilidade é a mesma, não é necessária a quebra de paredes.

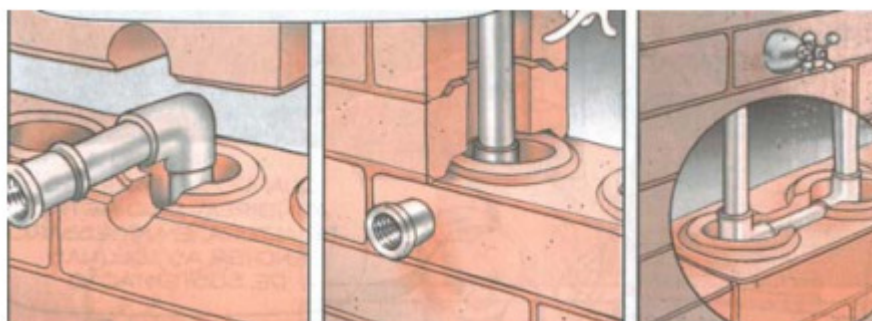


Figura 14 – Detalhe das instalações hidráulicas. Fonte: SAHARA (2009).

**ANEXOS A - NORMAIS CLIMATOLÓGICAS NO PERÍODO DE 1961 A 1990, FORNECIDAS PELO DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA**

**RELAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS**

Nos.	NOMES	LAT.(S)	LONG.(W.Grw.)	HP	HZ	PERÍODO
82578	Teresina CEARÁ	05.05	42.49	74.37	75.10	61/90
82784	Barbalha	07.19	39.18	409.03	408.07	68/90
82777	Campos Sales	07.00	40.23	583.50	584.92	61/90
82583	Crateús	05.10	40.40	296.82	299.57	61/90
82397	Fortaleza	03.46	38.36	26.45	26.95	61/90
82487	Guaramiranga	04.17	39.00	870.67	872.86	61/90
82686	Iguatu	06.22	39.18	217.67	216.00	61/90
82493	Jaguaruana	04.47	37.36	11.71	12.59	70/89
82588	Morada Nova	06.05	39.23	43.62	44.44	61/90
82586	Quixeramobim	05.12	39.18	211.72	211.09	61/90
82392	Sobral	03.42	40.21	83.25	84.18	61/90
82683	Tauá	06.00	40.25	398.77	399.59	64/89
	RIO G. DO NORTE					
82590	Apodi	05.39	37.48	65.37	67.06	61/90
82596	Ceará Mirim	05.39	35.25	61.35	62.58	61/90
82683	Cruzeta	06.26	36.35	226.46	227.04	61/90
82691	Floriania	06.07	36.49	324.45	325.27	61/90
82594	Macau	05.07	36.38	5.97	6.80	61/90
82591	Mossoró	05.11	37.20	18.14	18.80	61/90
	PARAÍBA					
82795	Campina Grande	07.13	35.53	547.56	543.66	61/90
82798	João Pessoa	07.06	34.52	7.43	6.73	61/90
82792	Monteiro	07.53	37.04	603.66	604.66	61/90
82689	São Gonçalo	06.45	38.13	233.05	233.86	61/90
	PERNAMBUCO					
82890	Arco Verde	08.25	37.05	680.70	682.00	73/90
82886	Cabrobó	08.31	39.20	341.64	342.49	61/90
82400	Fernando de Noronha	03.51	32.25	56.50	57.30	61/90
82887	Floresta	08.36	38.34	309.73	0.00	61/88
82893	Garanhuns	08.53	36.31	822.76	822.96	64/89
82983	Petrolina	09.23	40.29	370.46	371.70	61/90
82900	Recife	08.03	34.55	6.90	8.25	61/90
82797	Surubim	07.50	35.43	418.32	418.80	61/90
82789	Triunfo	07.51	38.08	1019.54	1021.94	61/90
	ALAGOAS					
82994	Maceió	09.40	35.42	64.50	65.10	61/90
82992	Palmeira dos Índios	09.27	36.42	274.90	275.50	75/90
	SERGIPE					
83096	Aracaju	10.55	37.03	4.55	4.83	61/90
	BAHIA					
83289	Aragoias	12.17	38.35	188.92	188.99	61/90
83179	Barra	11.05	43.10	401.58	402.74	61/90
83236	Barreiras	12.09	45.00	439.29	440.24	61/90
83288	Bom J. da Lapa	13.16	43.25	439.36	441.04	61/90
83339	Caetitê	14.03	42.37	882.47	881.40	61/90
83226	Camaçari	12.40	38.19	47.77	43.12	61/90
83398	Canavieiras	15.40	38.57	3.87	4.74	61/90





## TEMPERATURA MÉDIA (C)

Nos.	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
CEARÁ														
82784	Barbalha	25.5	24.8	24.5	24.5	24.1	23.8	23.8	24.9	26.2	26.7	26.8	26.3	25.2
82777	Campos Sales	23.7	24.1	24.0	23.6	23.4	22.9	22.0	24.0	24.2	26.4	26.2	25.1	24.1
82583	Cratúis	27.4	24.9	24.1	24.0	25.7	23.9	24.2	25.5	27.6	26.2	29.0	27.1	25.8
82397	Fortaleza	27.3	26.7	26.3	26.5	26.3	25.9	25.7	26.1	26.6	27.0	27.2	27.3	26.8
82487	Guaramiranga	21.2	20.9	20.9	20.9	20.6	20.0	19.7	19.2	20.4	20.8	20.8	21.0	20.5
82686	Iguatu	26.4	26.7	24.3	24.2	24.6	23.6	25.5	25.5	26.4	27.3	26.5	26.7	25.6
82493	Jaguatruana	27.9	24.0	26.9	26.9	25.2	26.1	26.0	26.4	27.3	27.5	28.1	26.0	26.5
82588	Morada Nova	26.9	27.3	26.7	26.6	26.7	26.0	26.0	26.6	27.6	27.9	28.4	28.3	27.1
82586	Quixeramobim	27.7	27.1	26.2	26.3	25.6	25.6	25.3	27.0	27.4	27.8	26.8	26.9	26.6
82392	Sobral	26.7	27.1	26.2	27.5	26.2	24.9	26.4	27.2	26.3	26.7	27.1	27.1	26.6
82683	Tauá	27.0	25.9	25.4	25.0	24.8	24.5	24.5	25.8	26.8	27.3	27.8	27.7	26.0
RIO G. DO NORTE														
82590	Apodí	28.2	27.9	27.3	27.0	26.8	25.3	25.1	23.5	27.5	27.9	28.3	28.3	26.9
82596	Ceará Mirim	26.4	26.5	26.3	26.1	25.4	25.2	24.0	24.2	23.4	24.7	25.9	26.3	25.4
82683	Cruzeta	28.2	27.5	27.1	26.5	26.1	25.8	25.6	24.7	26.9	27.6	28.1	29.8	27.0
82691	Florânia	27.1	26.5	26.0	24.5	25.4	24.9	24.7	24.0	26.1	24.5	27.1	26.1	25.6
82594	Macau	27.5	26.6	27.4	28.2	27.0	26.4	25.0	26.2	26.6	26.9	25.7	26.7	26.8
82591	Mossoró	26.8	25.0	27.3	27.3	27.0	26.7	26.5	27.1	27.7	28.1	28.3	28.7	27.2
PARÁIBA														
82795	Campina Grande	23.9	25.0	24.7	24.5	23.3	22.3	20.1	21.7	21.7	23.6	24.2	24.6	23.3
82798	João Pessoa	25.8	25.2	28.2	25.5	27.0	26.2	23.7	25.4	27.5	27.7	27.0	24.1	26.1
82792	Monteiro	24.2	23.5	24.6	23.6	22.7	21.6	21.3	22.0	23.0	24.5	25.2	25.4	23.4
82689	São Gonçalo	27.3	26.5	26.1	25.9	23.4	25.1	26.2	26.3	26.5	27.8	27.8	27.9	26.4
PERNAMBUCO														
82890	Arco Verde	24.6	24.1	22.6	23.1	22.3	21.4	20.5	21.3	21.0	24.0	24.6	24.8	22.9
82886	Cabrobó	25.7	26.4	26.5	25.9	25.1	24.5	21.4	23.7	26.0	28.0	28.5	27.8	25.8
82400	Fernando de Noronha	27.0	27.1	26.9	26.7	26.6	26.2	25.7	25.7	26.0	26.3	26.6	27.0	26.5
82887	Floresta	27.7	27.2	26.9	26.2	25.3	24.1	25.5	24.6	25.9	28.0	28.8	27.3	26.5
82893	Garanhuns	21.9	21.2	22.0	20.3	20.4	19.1	18.5	18.8	18.5	20.9	21.7	22.2	20.5
82983	Petrolina	26.9	27.0	26.6	25.8	25.4	24.5	24.7	24.8	26.2	27.8	28.2	27.1	26.3
82900	Recife	26.6	26.6	26.5	25.9	25.2	24.5	24.0	23.9	24.6	25.5	25.9	26.3	25.5
82797	Surubim	24.0	25.9	25.7	23.2	23.4	21.6	21.8	21.0	22.7	23.0	24.5	24.7	23.5
82789	Triunfo	22.7	21.9	21.4	21.1	20.1	19.0	18.4	19.2	20.0	21.5	23.1	23.3	21.0
ALAGOAS														
82994	Maceió	26.2	26.3	25.3	25.9	25.1	24.3	23.7	23.5	23.9	24.1	24.4	24.8	24.8
82992	Palmeira dos Índios	26.6	25.9	25.8	24.8	23.8	22.5	21.8	22.0	23.1	24.5	25.8	26.4	24.4
SERGIPE														
83096	Aracaju	27.0	27.1	27.2	26.8	26.0	25.1	24.6	24.5	25.1	25.9	26.1	26.4	26.0
BAHIA														
83249	Atingoinhas	24.9	24.6	24.7	24.9	23.6	22.7	21.0	21.7	22.6	24.2	24.8	24.4	23.8
83179	Barra	26.1	27.2	27.0	26.4	25.9	26.4	25.5	25.2	24.4	23.3	23.6	24.6	25.5
83236	Barreiras	24.7	24.7	24.6	24.3	23.4	22.4	22.2	23.6	25.9	25.9	25.3	24.7	24.3
83288	Bom J. da Lapa	23.0	23.9	23.9	23.3	24.9	23.8	23.7	24.9	26.7	26.8	26.0	24.2	23.3
83339	Caetití	22.0	22.1	22.6	21.6	20.7	19.7	19.3	20.1	21.1	22.3	22.2	22.2	21.3
83226	Camaçari	25.8	25.9	25.0	25.3	24.4	23.2	22.5	22.4	23.4	24.6	25.3	25.8	24.5
83398	Canavieiras	25.9	25.9	25.7	24.9	22.1	22.3	21.9	22.1	23.2	24.1	24.8	25.6	24.0
83498	Caravelas	26.2	26.5	26.4	25.5	24.2	22.9	22.2	22.3	23.1	24.2	25.1	25.6	24.5
83408	Carinhanha	25.2	25.8	25.7	25.1	24.4	22.4	22.6	24.5	26.0	26.4	26.1	25.8	25.0
83192	Cipó	26.9	26.8	26.6	25.7	24.5	23.1	22.5	22.5	23.0	25.2	26.2	26.5	25.0

## TEMPERATURA MÁXIMA (C)

Nos.	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
CEARÁ														
82784	Barbalha	32.1	30.9	30.3	30.1	30.0	28.4	29.9	31.7	33.3	34.1	33.9	33.1	31.5
82777	Campos Sales	31.1	30.4	29.1	29.1	29.4	29.4	29.5	30.9	30.8	33.1	32.9	32.4	30.7
82583	Cratêus	32.5	32.0	30.7	30.6	29.2	31.1	31.9	32.4	34.6	35.4	35.2	33.8	32.5
82397	Fortaleza	30.5	30.1	29.7	29.7	29.1	29.6	29.5	29.1	29.2	30.5	30.7	30.7	29.9
82487	Guaramiranga	25.9	25.4	24.7	24.4	23.3	22.9	23.4	25.1	26.5	26.8	26.0	26.5	25.1
82686	Iguatu	33.3	32.0	31.2	29.8	27.8	27.3	28.5	33.2	33.2	33.9	35.2	34.7	31.7
82493	Jaguaruana	33.8	32.9	29.4	31.8	32.0	31.5	32.0	33.2	34.0	34.1	34.0	33.7	32.7
82588	Morada Nova	35.1	33.8	32.3	31.9	31.9	31.8	32.6	34.2	35.3	36.1	34.5	35.7	33.8
82586	Quixeramobim	33.3	32.5	31.5	30.8	29.1	30.3	30.9	32.8	34.1	34.7	34.7	34.4	32.5
82392	Sobral	33.8	32.9	30.1	31.1	31.2	31.6	33.0	34.8	35.8	35.9	35.6	34.0	33.3
82683	Tauá	33.1	31.1	30.1	30.3	30.3	30.5	30.7	32.3	33.4	32.2	32.1	33.5	31.6
RIO G. DO NORTE														
82590	Apodi	34.3	34.4	33.1	32.3	32.2	32.1	31.5	33.8	35.3	36.1	36.1	34.5	33.8
82596	Ceará Mirim	31.4	31.3	31.0	30.6	29.7	28.8	28.3	29.1	29.5	30.4	31.0	31.3	30.2
82683	Cruzeta	34.6	33.8	34.1	33.4	31.6	31.4	31.3	32.3	33.6	34.7	35.0	34.9	33.4
82691	Florânia	33.1	32.1	31.7	29.7	30.6	30.5	30.2	32.3	32.8	33.8	34.0	33.8	32.1
82594	Macaú	31.2	31.3	31.3	31.4	29.0	31.2	30.9	31.8	30.9	31.1	31.1	31.5	31.1
82591	Mossoró	34.1	33.3	32.6	32.3	32.3	32.3	32.5	33.8	34.4	34.6	34.6	34.4	33.4
PARAÍBA														
82795	Campina Grande	29.9	29.8	28.4	28.2	26.7	25.5	24.8	24.1	27.1	28.8	28.3	28.5	27.5
82798	João Pessoa	31.8	30.5	30.0	29.8	29.6	28.3	26.8	27.8	28.3	29.3	29.7	30.0	29.3
82792	Monteiro	33.3	31.3	30.4	29.5	28.6	27.6	27.8	29.1	30.4	32.1	32.7	32.4	30.4
82689	São Gonçalo	33.4	32.7	31.8	31.4	31.3	31.3	30.6	33.2	34.3	34.8	34.8	35.7	32.9
PERNAMBUCO														
82890	Arco Verde	31.6	30.6	30.1	28.4	27.6	26.2	25.8	27.4	29.5	31.3	31.9	31.7	29.3
82886	Cabrobó	32.8	31.0	31.9	31.0	29.2	28.4	29.1	30.2	32.0	34.0	27.0	33.7	30.9
82400	Fernando de Noronha	29.8	30.0	29.7	29.6	29.2	28.7	28.1	28.1	28.7	29.1	29.5	29.8	29.2
82887	Floresta	34.4	33.8	33.1	32.2	30.7	30.0	29.4	31.0	33.0	34.9	35.7	34.5	32.7
82893	Garanhuns	27.5	26.7	27.6	23.9	24.6	23.0	21.2	23.1	23.7	27.1	28.9	28.7	25.5
82983	Petrolina	29.8	31.5	32.4	31.3	30.9	29.7	31.3	30.8	32.5	33.8	34.0	33.1	31.8
82900	Recife	30.2	30.2	30.0	29.7	28.9	28.8	27.3	27.5	28.1	29.0	30.1	30.2	29.2
82797	Surubim	31.4	31.3	30.6	29.8	28.6	26.8	26.1	27.0	27.9	30.0	31.0	30.1	29.2
82789	Triunfo	28.0	26.7	26.4	25.4	24.3	23.5	23.5	25.0	25.9	28.6	29.0	28.6	26.2
ALAGOAS														
82994	Maceió	30.2	30.4	30.2	29.6	28.5	27.6	27.0	27.1	27.8	29.0	29.9	30.0	28.9
82992	Palmeira dos Índios	33.3	32.1	31.8	30.1	28.5	26.9	26.4	27.1	28.5	31.1	33.0	33.2	30.2
SERGIPE														
83096	Aracaju	29.6	29.0	29.8	29.4	28.5	27.6	27.0	26.9	27.4	28.2	28.6	29.1	28.4
BÁHIA														
83249	Ataíde	32.6	31.9	31.8	30.5	29.1	27.8	26.8	27.0	28.2	30.5	31.2	31.0	29.9
83179	Barra	33.9	34.0	33.3	32.4	31.3	32.0	31.4	31.2	31.5	30.9	31.4	32.7	32.2
83235	Barral	31.1	31.3	31.1	31.2	31.6	31.4	31.7	33.3	34.6	33.8	31.9	30.1	31.9
83288	Bom J. da Lapa	31.6	32.0	32.1	31.8	31.5	31.0	30.8	32.6	33.9	33.4	32.0	31.9	32.0
83339	Caetitê	27.4	27.9	27.9	26.6	25.6	24.6	24.7	25.8	27.5	28.1	27.6	27.7	26.8
83226	Camaçari	31.1	31.1	31.0	29.5	28.7	27.4	26.8	27.1	28.0	29.4	30.0	30.6	29.2
83398	Canavieiras	29.5	29.4	29.4	28.8	28.0	26.7	26.1	26.3	26.8	27.4	28.1	29.0	28.0
83498	Caravelas	29.9	30.5	30.3	29.0	27.7	26.6	26.0	26.3	26.8	27.5	28.3	29.1	28.2
83408	Carinhanha	30.2	31.2	31.6	31.1	30.9	29.8	30.1	31.8	32.8	32.7	31.3	31.1	31.2
83192	Cipó	34.2	33.8	33.6	32.1	30.7	28.9	28.2	28.8	30.5	32.6	33.6	34.2	31.8

## TEMPERATURA MÍNIMA (C)

Nos.	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
	CEARÁ													
82784	Barbalha	21,2	21,1	20,9	21,2	20,6	19,3	19,1	18,1	20,1	21,1	21,8	21,7	20,5
82777	Campos Sales	21,4	20,3	21,7	20,4	19,0	18,3	18,2	18,7	19,4	20,9	21,7	21,3	20,1
82583	Cratêus	21,9	21,1	21,3	20,0	20,9	19,8	18,8	19,1	22,0	22,0	22,0	22,7	21,0
82397	Fortaleza	24,7	23,2	23,8	23,4	23,4	22,1	21,8	22,6	23,4	24,5	24,4	24,6	23,5
82487	Guaramiranga	17,8	18,2	19,1	18,3	18,1	18,8	16,3	16,1	16,9	17,5	17,8	18,9	17,8
82686	Iguatu	22,5	22,8	20,8	21,6	21,8	21,7	20,2	21,1	22,0	22,7	23,2	23,5	20,3
82493	Jaguaruana	23,7	23,5	23,5	23,4	22,9	21,8	21,2	21,1	21,8	22,6	23,8	23,5	22,7
82588	Morada Nova	22,3	23,5	23,0	21,8	22,6	21,4	20,8	20,6	21,4	22,1	20,8	22,9	21,9
82586	Quixeramobim	23,6	23,3	23,6	23,0	22,2	21,4	21,2	22,5	22,5	23,1	23,4	23,7	22,8
82392	Sobral	23,6	22,0	22,5	22,6	21,3	21,5	21,2	21,4	21,5	21,5	22,0	23,3	22,0
82683	Tauá	19,9	22,4	20,6	21,3	19,3	19,5	20,1	20,0	21,6	22,2	22,7	22,9	21,0
	RIO G. DO NORTE													
82590	Apodí	23,6	23,5	23,5	23,6	23,1	22,3	21,9	22,4	22,9	22,5	22,8	23,2	22,9
82596	Ceará Mirim	22,1	24,4	22,6	22,6	22,0	21,4	20,7	20,5	20,6	21,1	21,5	22,0	21,8
82683	Cruzeta	22,9	22,7	22,4	22,2	21,5	20,8	20,6	20,5	21,4	23,5	22,8	23,1	22,0
82691	Florania	21,2	21,8	22,0	21,5	21,4	20,1	20,2	19,1	21,7	20,5	19,8	21,8	20,9
82594	Macau	22,8	24,1	23,6	23,1	22,8	20,3	20,4	21,0	20,3	21,9	22,1	22,9	22,1
82591	Mossoró	23,7	23,5	23,3	23,2	22,8	21,9	21,6	21,3	21,9	22,8	23,2	23,6	22,7
	PARAÍBA													
82795	Campina Grande	20,0	20,0	20,4	20,2	18,5	18,1	17,9	17,8	18,3	18,9	19,5	20,2	19,2
82798	João Pessoa	22,8	22,6	21,2	22,9	22,2	21,8	20,3	21,7	18,9	23,3	23,2	23,0	21,9
82792	Monteiro	19,6	19,6	20,0	20,2	20,5	16,5	15,6	15,3	15,8	18,2	19,1	19,6	18,3
82689	São Gonçalo	22,1	20,3	21,1	21,5	20,7	19,5	19,3	19,3	20,9	20,8	21,8	22,5	20,8
	PERNAMBUCO													
82890	Arco Verde	19,4	19,5	19,2	19,0	18,3	17,6	16,8	16,6	16,4	18,2	18,2	19,3	18,2
82886	Cabrobó	21,8	21,7	19,2	20,5	21,7	20,2	20,5	19,5	21,0	22,7	22,1	22,7	21,1
82400	Fernando de Noronha	24,9	24,8	24,6	24,5	24,5	24,2	23,8	23,8	24,1	24,4	24,6	24,9	24,4
82887	Floresta	20,6	21,8	21,7	21,2	20,1	18,7	18,0	18,1	19,4	21,1	22,4	22,3	20,5
82893	Garanhuns	17,2	17,3	18,5	16,6	17,7	16,7	16,0	15,7	15,4	16,8	17,2	17,7	16,9
82893	Petrolina	22,3	22,3	22,2	22,0	21,1	20,2	19,5	19,7	20,7	22,1	22,9	22,5	21,5
82900	Recife	22,4	22,6	22,7	22,6	21,9	21,6	21,1	20,6	20,7	21,4	21,9	22,2	21,8
82797	Surubim	20,5	20,7	20,7	20,6	22,9	18,9	18,4	18,2	19,4	19,6	20,1	20,4	20,0
82789	Triunfo	17,7	17,7	17,8	17,7	16,8	15,9	15,1	14,8	14,9	16,5	17,2	17,9	16,7
	ALAGOAS													
82994	Maceió	22,4	22,6	22,7	22,5	22,0	21,3	20,5	20,2	20,7	21,2	21,6	22,0	21,6
82992	Palmeira dos Índios	21,3	21,4	21,3	20,9	20,2	19,1	18,4	18,2	18,9	19,7	20,6	21,3	20,1
	SERGIPE													
83096	Aracaju	24,3	24,2	24,2	23,6	23,1	22,3	21,6	21,6	22,5	23,3	23,5	23,8	23,2
	BARRA													
83249	Alagoínhas	19,7	19,8	20,1	20,1	19,2	17,9	16,8	16,3	17,3	18,4	19,2	19,8	20,1
83179	Barra	19,2	21,2	21,3	21,1	20,8	21,3	20,8	20,3	18,0	16,1	15,8	16,8	19,4
	BOM J. DA LAPA													
83288	Bom J. da Lapa	20,0	20,2	20,3	19,9	18,5	16,7	16,5	16,9	18,7	20,6	20,8	20,5	19,1
83339	Caetitê	17,6	17,8	18,0	17,4	16,1	14,8	13,9	14,3	16,0	16,9	17,6	17,7	16,5
83226	Camaçari	21,9	22,0	22,2	21,9	21,2	20,2	19,2	19,0	19,7	20,7	21,5	22,0	21,0
83398	Canavieiras	20,4	22,0	21,9	21,4	20,1	18,8	18,2	17,9	19,1	20,4	21,4	21,9	20,3
83498	Caravelas	22,6	22,8	22,6	21,3	20,6	19,5	18,7	18,6	19,7	21,0	20,6	22,5	20,9
83408	Carinhanha	20,6	21,1	20,5	19,7	18,2	15,6	15,3	17,7	19,3	20,4	20,4	20,4	19,1

## TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA (C)

Nos.	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
82780	Picos	39.2-14/83	39.7-28/81	39.7-01/81	37.8-22/83	38.2-22/83	37.2-25/72
82578	Teresina CEARÁ	38.4-19/89	36.6-27/81	36.8-02/81	34.6-04/87	35.0-22/83	35.9-22/83
82784	Barbalha	36.1-01/71	36.1- /81	36.4- /81	34.9- /82	35.5- /83	34.1- /83
82777	Campos Sales	37.2-09/64	36.4-06/64	36.5-05/81	34.8-19/83	35.0-18/83	34.0-02/83
82583	Cratús	38.5-29/87	37.5-04/87	37.1-03/83	36.3-23/83	35.9-22/87	35.3-02/83
82397	Fortaleza	33.0-12/74	33.3-16/69	32.8-10/70	32.6-20/69	32.8-16/80	32.0-18/90
82487	Guaramiranga	30.6-04/61	30.2-22/70	29.4-08/62	28.5-03/69	28.2-27/72	28.0-27/70
82686	Iguatu	37.4-04/88	37.3-14/73	36.9-13/89	35.2-10/82	35.9-22/67	35.7-10/83
82493	Jaguaruana	37.3-15/88	37.5-28/84	36.9-01/83	36.3-22/83	36.0-18/83	36.2-04/80
82588	Moranda Nova	38.5-13/69	43.7-03/72	37.9-01/87	37.1-09/66	36.2-16/70	36.5-16/70
82586	Quixeramobim	38.2-15/62	37.2-17/69	36.4-13/81	35.5-03/90	34.9-19/83	34.2-23/61
82392	Sobral	38.4-08/66	38.0-05/66	37.8-02/83	36.5-26/83	37.6-15/83	36.2-02/83
82683	Tauá	32.2-04/66	36.9-15/65	36.4-27/66	35.2-16/77	34.9-21/83	34.8-04/80
	RIO G. DO NORTE						
82590	Apodí	38.0-29/72	38.2-03/72	37.5-01/87	37.2-10/82	36.2-17/66	36.3-04/80
82596	Ceará Mirim	33.6-17/80	33.7-03/87	34.1-20/88	33.6-06/79	32.2-08/82	31.8-20/81
82683	Cruzeta	38.3-21/64	38.5-16/73	39.7-31/65	39.7-20/65	36.1-17/66	35.1-15/70
82691	Florania	37.4-13/69	37.7-23/70	36.6-09/70	36.7-13/90	34.1-04/90	33.8-29/69
82594	Macau	35.8-29/78	36.8-27/85	36.1-21/83	35.7-14/83	35.2-09/80	34.8-24/90
82591	Mossoró	37.3-25/82	38.3-07/82	37.6-21/83	37.1-30/83	36.8-17/83	37.4-04/80
	PARAÍBA						
82795	Campina Grande	33.7-23/89	41.6-13/69	34.2-29/87	32.6-10/90	30.6-27/87	31.2-22/63
82798	João Pessoa	32.8-14/62	33.0-07/64	33.6-01/63	32.6-02/73	31.0-09/69	31.0-03/69
82792	Monteiro	35.7-22/79	35.6-17/73	35.1-10/81	34.7-11/79	35.1-21/83	33.0-04/69
82689	São Gonçalo	37.2-06/66	37.3-27/84	36.6-05/81	36.2-25/61	36.4-05/64	35.5-18/70
	PERNAMBUCO						
82890	Arco Verde	35.9-09/83	35.1-22/89	35.6-10/81	34.7-07/82	34.4-25/88	34.7-27/88
82886	Cabrobó	39.3-29/87	37.1-02/88	37.3-03/88	37.4-28/69	36.4-19/90	34.2-03/69
82400	Fernando de Noronha	32.0-05/64	32.0-08/67	32.2-03/68	32.2-17/73	31.6-19/90	30.2-20/70
82887	Floresta	39.4-15/67	39.2-07/63	38.4-12/65	37.9-11/70	39.7-24/65	39.5-20/65
82893	Garanhuns	33.5-01/88	33.2-04/65	33.1-12/84	31.0-07/82	29.6-20/83	29.5-05/69
82983	Petrolina	41.4-06/65	41.2-02/65	40.1-04/65	37.2-01/64	38.1-03/64	37.8-05/64
82900	Recife	32.6-03/88	32.7-09/75	35.1-21/88	32.7-02/84	31.8-18/85	30.9-05/69
82797	Surubim	36.0-04/63	35.7-05/62	35.4-23/75	35.2-03/75	31.2-14/76	30.8-10/71
82789	Triunfo	32.6-02/61	31.4-06/62	31.8-05/81	30.8-07/82	29.8-21/83	29.9-11/62
	ALAGOAS						
82994	Maceió	38.0-13/82	34.4-04/89	35.0-14/82	33.4-01/84	32.6-04/87	33.2- /77
82992	Palmeira dos Índios	37.5-08/79	36.6-18/84	38.8-10/81	35.2-01/84	34.8-21/83	31.4-03/80
	SERGIPE						
83096	Aracaju	34.2-25/85	33.5-	35.2-20/88	32.1-04/75	32.3-08/73	32.0- /66
	BAHIA						
83179	Barra	38.3- /87	39.7- /87	39.1- /87	39.9-23/83	37.0- /87	37.8- /84
83236	Barreiras	39.0-12/84	37.8-28/88	36.6-04/62	35.7-06/70	35.9-20/61	35.0-15/70
83339	Caetitá	33.0-22/84	33.3-17/84	34.4-06/84	33.5-09/63	33.0-04/62	33.0-22/84
83226	Camaçari	35.6-25/84	34.9-17/86	38.0-16/81	33.6-06/82	32.0-02/78	31.5-08/85
83398	Canavieiras	32.1-31/84	31.8-01/84	32.4-10/84	31.6-02/77	30.3-14/86	29.3- /87

## TEMPERATURA MÁXIMA ABSOLUTA (C)

Nos.	Estações por Estado	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
82784	CEARÁ							
82777	Barbalha	34.8-14/72	35.8- /81	37.9- /83	37.8- /81	37.6-06/87	37.4-13/72	37.9- /09/83
82583	Campo Sales	33.8-03/63	35.2-20/82	36.0-18/87	36.5-18/87	36.5-28/87	36.0-11/87	37.2-09/01/84
82397	Cratús	35.8-15/80	36.5-27/81	37.6-23/80	38.0-29/89	38.5-28/87	38.3-13/72	38.5-28/11/87
82487	Fortaleza	33.0-27/81	34.4-18/70	33.4-24/81	33.4-03/85	33.0-21/85	33.2-18/76	34.4-18/08/70
82686	Guaramiranga	28.5-15/70	29.2-26/87	30.1-22/72	30.4-19/68	30.5-20/68	30.6-14/69	30.6-14/12/69
82493	Iguatu	35.9-14/72	35.9-31/63	37.2-22/68	38.0-30/	38.5-02/68	38.0-13/87	38.5-02/11/68
82588	Jaguaruana	37.1-08/70	36.6-16/79	37.2-29/87	36.9-29/70	36.9-03/81	36.3-20/82	37.5-28/02/84
82586	Moranda Nova	36.5-09/70	37.2-23/70	38.2-24/63	38.9-13/71	38.8-26/72	38.7-10/72	38.9-13/01/71
82392	Quixeramobim	35.5-28/62	36.6-23/61	37.0-26/62	37.7-31/61	37.9-09/61	37.5-29/61	38.2-15/01/62
82683	Sobral	38.8-27/73	37.8-24/62	38.4-23/62	39.8-24/62	39.4-30/82	39.6-15/68	39.8-24/10/62
	Tauá	35.1-31/80	35.5-26/66	36.0-12/73	37.1-10/66	36.9-22/77	36.8-30/65	37.1-10/10/66
	RIO G. DO NORTE							
82590	Apodi	36.6-09/72	37.6-13/72	38.0-29/87	39.3-07/87	38.5-05/87	40.0-07/66	40.0-07/12/66
82596	Ceará Mirim	31.4-06/87	31.0-11/83	32.4-26/81	32.7-26/81	32.8-30/79	33.2-24/79	34.1-20/03/88
82683	Cruzeta	34.9-18/63	36.5-01/73	36.9-03/83	37.7-01/63	37.5-18/65	38.1-28/64	39.7-20/04/65
82691	Florânia	33.8-29/69	35.6-29/69	36.9-23/80	37.3-26/72	37.8-27/69	38.1-14/69	38.1-14/12/69
82594	Macaú	35.4-27/83	35.0-28/73	35.4-12/85	36.2-05/89	35.6-20/90	34.7-07/66	36.8-27/02/75
82591	Mossoró	36.4-15/80	37.2-10/83	37.8-27/89	37.8-27/87	37.8-03/81	37.8-03/79	38.3-07/02/82
	PARAIBA							
82795	Campina Grande	30.3-18/79	30.2-29/63	31.3-30/77	32.7-28/87	33.4-10/63	33.2-14/72	41.6-13/02/58
82798	João Pessoa	30.0-16/85	30.7-02/68	32.0-25/70	31.2-29/67	35.0-27/79	32.8-09/68	35.0-27/11/79
82792	Monteiro	33.1-23/73	34.6-28/71	34.9-29/73	36.3-16/79	36.6-03/66	35.3-13/72	36.6-03/11/66
82689	São Gonçalo	36.5-26/63	36.1-28/61	38.4-03/65	37.5-14/62	37.5-08/62	37.5-29/70	38.4-03/09/66
	PERNAMBUCO							
82890	Arco Verde	33.5-05/88	32.9-09/88	35.3-23/80	36.6-09/84	36.4-06/76	35.5-30/88	36.6-09/10/84
82886	Cabrobó	35.5-31/87	35.9-01/87	37.1-30/85	38.8-22/83	39.3-29/87	38.8-13/72	39.3-29/11/87
82400	Fernando de Noronha	30.0-02/90	30.2-25/72	30.5-29/73	30.9-27/68	31.5-23/72	32.2-25/72	32.2-17/04/73
82887	Floresta	36.0-31/87	37.5-29/69	38.5-29/84	40.0-29/63	40.1-28/69	40.1-15/69	40.1-15/12/69
82893	Garanhuns	29.5-23/73	28.3-01/87	30.3-28/84	34.7-30/87	32.8-21/72	33.8-14/72	34.7-30/10/87
82983	Petrolina	38.8-27/64	37.1-21/64	38.3-28/64	40.4-08/64	41.7-09/64	41.9-31/64	41.9-31/12/64
82900	Recife	32.0-30/68	32.2-01/80	32.7-19/68	33.1-21/82	32.3-16/84	32.7-23/84	35.1-21/03/88
82797	Surubim	30.6-12/70	30.8-30/64	31.5-25/87	34.0-29/63	35.6-10/63	35.4-31/73	36.0-04/01/63
82789	Triunfo	29.0-28/62	29.8-15/81	32.0-23/80	32.5-20/87	32.4-27/72	33.0-06/62	33.0-06/12/62
	ALAGOAS							
82994	Maceió	31.8-31/87	30.7-10/87	32.0-02/83	34.1-30/74	34.1-	34.2-31/88	38.0-13/01/82
82992	Palmeira dos Índios	30.8-31/87	32.3-03/83	34.8-29/76	38.8-30/87	37.6-27/79	38.8-15/84	38.8-10/03/81
	SERGIPE							
83096	Aracaju	30.4- /64	29.3- /88	29.4-30/76	32.5-31/74	34.0-30/85	33.8-14/62	35.2-20/03/88
	BAHIA							
83249	Alagoinhas	31.8- /73	32.1-03/83	34.6-17/80	36.5-30/87	36.8-28/87	37.4-15/84	38.6-06/03/73
83179	Barra	37.3- /77	36.6- /77	35.8- /76	35.3- /76	35.5-17/85	36.3- /76	39.9-23/04/83
83236	Barreiras	35.1-20/83	38.0-31/70	40.6-24/83	40.5-19/87	39.5-09/68	38.8-08/82	40.6-24/09/83
83288	Bom J. da Lapa	34.8-11/82	37.6-15/81	38.0-07/87	40.0-27/87	36.4-28/62	36.8-08/62	38.2-27/87
83226	Camaçari	31.7- /66	33.4-31/62	34.3-09/67	35.5-29/87	35.7-29/61	39.9-	39.9- /12/
83398	Canavieiras	31.0-31/87	31.0-03/83	32.3-18/83	34.3-30/87	34.8-26/79	34.3-24/79	38.0-16/03/81
83498	Caravelas	29.4-06/75	29.7-27/84	29.9-23/87	30.3-28/87	30.7-29/87	31.5-24/62	32.4-10/03/84
83408	Carinhanha	32.3- /61	31.0-16/74	30.3-06/73	34.0-23/87	33.0-03/87	34.4-23/82	36.2-06/02/65
		33.1-23/84	35.2- /78	36.3-	36.9-28/79	35.6-20/80	35.4- /87	36.9-28/10/79

## TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA (C)

Nos.	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
	CEARÁ						
82784	Barbalha	16.8-28/76	17.6-06/69	17.8- /83	14.6- /83	13.7-29/84	12.7-06/76
82777	Campos Sales	15.6-29/83	61.1-05/77	17.0-19/75	13.9-30/76	14.0-15/74	12.1-19/67
82583	Crateús	15.6-30/85	18.1-18/89	18.8-09/71	17.2-24/76	16.0-26/70	15.3-21/86
82397	Fortaleza	20.1-25/63	21.2-16/63	20.6-07/63	20.0-29/63	21.0-10/62	20.3-21/79
82487	Guaramiranga	13.4-22/71	12.4-13/73	12.8-31/73	10.6-17/73	10.6-11/73	10.0-27/73
82686	Iguatu	19.0-13/74	18.8-17/72	16.2-02/72	19.2-20/72	16.7-25/70	7.0-30/61
82493	Jaguariuna	19.9-14/83	20.8-01/86	21.2-23/71	19.2-11/70	19.0-26/70	16.9-14/82
82588	Morada Nova	19.5-20/86	18.1-16/63	20.1-02/68	19.6-14/79	18.0-18/87	16.7-14/82
82586	Quixeramobim	18.5-23/68	20.0-26/75	20.4-24/89	20.9-06/75	19.2-28/84	17.6-12/74
82392	Sobral	18.0-17/63	17.4-15/65	18.4-14/67	18.6-04/67	18.7-16/76	17.4-27/84
82683	Tauá	18.6-06/89	18.1-11/71	17.3-30/65	15.8-30/76	14.0-30/73	14.6-29/85
	RIO G. DO NORTE						
82590	Apodí	19.6-02/78	19.3-15/65	20.4-02/86	20.4-01/85	19.7-23/65	19.5-27/86
82596	Ceará Mirim	18.5-03/68	18.5-19/74	19.0-09/80	20.0-01/79	19.2-25/70	18.8-16/76
82683	Cruzeta	19.2-06/90	19.5-09/87	18.4-15/70	17.4-10/70	17.8-25/85	13.2-20/75
82691	Florânia	16.2-05/65	15.4	17.4-01/64	16.9-26/73	15.7-20/67	14.9-01/64
82594	Macaú	20.3-25/64	20.2-12/65	19.8-31/68	20.2-13/62	18.2-26/81	18.4-13/68
82591	Mossoró	20.5-04/77	18.8-13/76	18.7-31/76	16.2-24/76	18.0-04/76	18.4-19/76
	PARAÍBA						
82795	Campina Grande	16.2-05/65	17.3-04/65	17.4-23/76	16.0-29/76	16.1-09/76	14.6-26/67
82798	João Pessoa	20.6-27/68	20.1-28/82	20.2-26/82	20.4-12/76	20.0-04/76	17.0-30/68
82792	Monteiro	13.7-05/76	14.7-13/77	11.3-23/79	10.3-29/76	11.0-25/70	9.5-26/76
82689	São Gonçalo	15.8-19/64	18.3-07/75	18.3-06/75	17.2-27/83	14.7-25/61	12.5-14/63
	PERNAMBUCO						
82890	Arco Verde	16.3-24/76	15.8-04/90	14.5-26/88	14.0-27/88	14.7-10/76	13.4-29/82
82886	Cabrobó	16.2-14/80	16.2-09/64	17.0-04/64	16.4-20/64	16.4-25/74	15.4-29/81
82400	Fernando de Noronha	22.0-29/77	17.7-27/80	21.8-27/80	20.7-18/84	20.6-20/84	20.8-24/84
82887	Floresta	18.2-23/70	18.5-19/81	18.7-24/79	16.8-29/76	15.8-03/68	14.1-20/78
82883	Garanhuns	15.4-22/68	15.0-07/89	14.7-24/79	15.0-07/86	15.0-24/83	13.0-30/88
82983	Petrolina	17.9-23/	17.2-11/	17.4-06/	16.4-24/	17.4-24	12.6-02/
82900	Recife	16.8-05/65	17.8-09/65	17.9-17/65	19.3-27/65	16.9-19/65	17.1-19/65
82797	Surubim	16.0-19/62	18.6-11/62	17.8-08/63	16.0-14/64	14.5-05/89	14.3-05/89
82789	Triunfo	13.9-01/90	15.5-26/67	13.4-27/71	14.2-07/81	14.0-16/65	12.8-29/66
	ALAGOAS						
82994	Maceió	18.8-13/84	19.1-25/76	17.4-24/79	17.8-29/82	18.0-28/81	11.3-16/80
82992	Palmeira dos Índios	14.7-05/76	16.6-16/76	17.2-01/76	17.1-05/80	14.5-30/83	15.4-30/81
	SERGIPE						
83096	Aracaju	21.9-04/77	21.8-25/74	21.7-22/76	21.3- /80	20.6-31/86	19.7-08/75
	PARANÁ						
83249	Alegoíneas	14.8-25/69	12.3-15/61	13.0-20/68	14.2-28/61	13.1-27/61	12.0-27/62
83179	Barra	13.6	12.9- /85	13.9- /85	13.5- /80	13.2- /78	14.9- /78
83288	Bom J. da Lapa	15.5-13/75	16.4-24/81	15.8-23/80	14.7-21/78	11.4-27/71	10.7-14/70
83339	Caetité	13.2-17/65	11.9-28/69	13.1-02/69	10.0-28/68	9.0-26/68	8.4- /70
83226	Camagari	17.5-09/80	17.3-12/78	19.4-04/81	18.4-16/79	16.4-12/81	17.1-25/82
83398	Canavieiras	17.4-16/84	18.3-18/85	18.7-06/75	17.7-22/76	16.0-21/77	12.6-15/85
83498	Caravelas	21.5-	20.8-06/64	20.8- /82	19.6-26/85	18.0- /73	16.3-03/75
83408	Carinhanha	18.3-	18.8-03/84	18.2- /85	16.9-22/83	14.9-	12.0- /86
83192	Cipó	14.0-17/61	15.6-04/61	14.0-26/61	14.0-03/61	12.4-24/61	11.6-10/68

## TEMPERATURA MÍNIMA ABSOLUTA (C)

Nos.	Estações por Estado	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
CEARA								
82784	Barbalha	12.7-28/89	13.5-21/89	14.5-14/89	16.2-28/70	16.6-26/71	15.6-10/76	12.7-06/06/76
82777	Campos Sales	11.9-20/64	14.1-12/67	16.3-04/75	15.3-29/67	17.1-30/78	17.9-26/78	11.9-20/07/64
82583	Cratús	15.2-15/67	14.2-09/64	18.5-05/89	19.2-16/69	19.0-22/71	16.2-04/62	14.2-09/08/64
82397	Fortaleza	19.3-21/71	19.5-24/71	20.1-12/73	20.9-01/73	20.6-16/72	21.0-15/85	19.3-21/07/71
82487	Guaramiranga	10.0-14/73	10.0-19/73	11.6-15/73	14.6-07/73	13.2-12/70	15.0-17/76	10.0-19/08/73
82686	Iguatu	15.1-21/78	14.9-05/66	17.6-06/67	19.2-08/73	18.2-26/71	18.9-16/77	7.0-30/06/61
82493	Jaguaruana	17.5-17/72	17.1-16/75	17.9-21/71	18.2-18/88	17.3-16/78	20.1-05/88	16.9-14/06/82
82588	Morada Nova	16.3-19/80	16.2-22/71	16.6-11/78	17.4-16/64	18.0-11/67	19.4-10/64	16.2-22/08/71
82586	Quixeramobim	16.2-16/61	17.0-16/75	19.0-04/65	20.4-25/64	21.0-17/74	19.4-04/74	16.2-16/07/61
82392	Sobral	15.2-16/64	16.5-07/74	18.2-06/64	17.6-29/64	17.4-07/64	18.2-11/62	15.2-16/07/64
82683	Tauá	12.0-14/67	13.2-03/67	16.6-21/66	17.2-14/75	18.6-22/88	18.8-19/67	12.0-14/07/67
RIO G. DO NORTE								
82590	Apodí	17.2-28/65	17.4-18/75	15.2-01/75	19.0-31/65	18.6-07/64	19.6-10/64	15.2-01/09/75
82596	Ceará Mirim	16.3-04/74	17.6-01/86	17.0-04/75	17.7-13/76	18.6-01/75	19.3-09/70	16.3-04/07/79
82683	Cruzeta	15.2-27/89	14.3-01/86	17.8-06/88	17.8-29/73	19.6-30/75	19.4-31/89	13.2-20/06/75
82691	Florânia	13.9-18/64	14.7-16/64	16.6-25/64	14.6-25/64	15.2-25/64	15.5-30/64	13.9-18/07/64
82594	Macau	17.3-13/64	17.6-01/86	20.0-20/84	17.4-23/86	18.2-29/64	18.4-04/63	17.3-13/07/68
82591	Mossoró	18.0-22/77	16.9-13/71	17.1-14/86	17.6-23/74	18.9-13/74	20.6-21/90	16.2-24/04/76
PARAÍBA								
82795	Campina Grande	13.3-20/67	13.2-29/63	13.7-05/67	13.1-13/63	14.8-11/67	16.0-14/63	13.1-13/10/63
82798	João Pessoa	20.0-13/82	17.2-15/75	18.2-09/75	18.6-11/63	19.4-06/64	20.0-12/78	17.0-12/04/76
82792	Monteiro	7.7-28/76	8.1-17/76	9.9-15/74	12.3-03/78	12.2-02/86	10.7-09/85	7.7-28/07/76
82689	São Gonçalo	13.3-01/68	13.2-02/66	15.1-22/64	17.2-27/64	18.3-11/63	15.3-23/63	12.5-14/06/63
PERNAMBUCO								
82890	Arco Verde	12.3-23/81	12.2-31/78	12.8-07/86	15.1-05/84	15.6-12/86	13.4-19/78	12.2-31/08/78
82886	Cabrobó	15.0-31/81	12.8-29/81	15.2-15/61	15.0-09/63	13.0-22/63	18.8-20/85	12.8-29/06/81
82400	Fernando de Noronha	19.4-19/84	20.0-30/80	21.5-03/86	22.0-03/86	22.0-14/86	20.8-01/85	17.7-27/02/80
82887	Floresta	13.0-31/81	12.3-05/74	14.7-	16.3-01/74	18.3-30/75	17.4-18/62	12.3-05/08/74
82893	Garanhuns	11.7-10/76	10.9-24/76	10.0-23/78	14.0-28/86	14.4-17/78	14.9-05/67	10.0-23/09/78
82983	Petrolina	13.4-06/	13.9-19/	15.3-19/	17.8-20/	17.7-12/	18.1-17/	12.6-02/06/
82900	Recife	16.0-21/65	15.3-13/65	15.0-02/65	15.8-05/90	14.0-16/90	14.6-17/90	14.0-16/11/90
82797	Surubim	14.4-25/63	14.2-05/62	14.2-01/81	15.3-09/88	16.2-07/82	16.8-01/63	14.2-05/08/62
82789	Triunfo	12.4-31/81	11.9-17/76	12.6-24/78	13.8-02/89	12.4-17/63	14.2-05/67	11.9-17/08/76
ALAGOAS								
82994	Maceió	16.0-15/76	15.9-17/76	16.0-04/81	17.4-03/74	18.2-22/78	17.9-01/74	11.3-16/06/80
82992	Palmeira dos Índios	14.7-10/81	14.0-04/76	16.1-02/81	16.6-13/82	17.4-11/85	17.0-26/87	14.0-04/08/76
SERGIPE								
83096	Aracaju	19.2-20/90	18.5- /61	25.6-	20.5-23/73	21.1 /85	21.2-02/82	18.5- /08/61
BAHIA								
83249	Alagoinhas	11.4-27/64	10.0-	11.0-27/64	13.2-12/64	13.2-20/61	14.2- /81	10.0- / /
83179	Barra	13.0-05/72	13.1- /81	11.3- /80	11.2- /81	10.4- /85	10.2- /85	10.2- /12/85
83236	Barreiras	10.6-04/88	10.3-20/81	12.3-14/88	16.7-03/81	17.3-15/85	17.6-12/88	10.3-20/08/81
83288	Bom J. da Lapa	10.3-01/87	11.7-03/74	11.1-03/78	11.8-03/79	15.0-30/86	16.7-04/75	10.3-01/07/87
83339	Caetitê	7.7-	6.1- /66	8.1- /66	8.6- /66	12.6-27/66	12.0-24/63	6.1- /08/66
83226	Camaçari	15.8-29/81	15.8-01/81	15.0-11/85	17.7-02/79	18.6-13/78	19.1-13/79	15.0-11/09/85
83398	Canavieiras	13.0-31/85	13.5-24/77	14.3-11/86	15.7-08/86	16.4-04/76	18.3-07/82	12.6-15/06/85
83498	Caravelas	15.5-27/85	15.7-24/69	16.8-19/65	18.0-06/70	18.9- /75	19.9- /75	15.5-27/07/85
83408	Carinhanha	11.6- /75	13.2-06/	14.2-02/80	16.5- /84	17.6- /78	18.1- /85	11.6- /07/75



## PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)

Nos.	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
CEARÁ														
82784	Barbalha	175.2	191.4	234.3	209.8	48.1	20.8	11.5	5.6	5.2	2.5	4.8	92.2	1001.4
82777	Campos Sales	94.8	114.2	150.1	100.4	40.2	11.5	8.3	3.0	6.1	20.7	29.5	40.4	619.2
82583	Cratêus	72.0	130.5	229.7	202.0	73.4	23.7	16.4	5.4	5.8	9.0	11.9	46.3	825.1
82397	Fortaleza	129.6	215.6	338.6	348.1	226.1	160.1	91.4	31.2	22.8	15.6	13.4	49.8	1642.3
82487	Guaramiranga	127.2	180.0	288.3	270.1	236.2	192.5	132.8	61.6	42.5	43.0	34.5	65.5	1674.2
82896	Iguatu	145.2	170.2	246.2	214.5	101.9	385.7	246.0	115.0	213.0	267.7	113.9	55.7	2279.0
82493	Jaguaruana	23.6	123.4	231.2	181.3	115.2	55.1	45.7	54.8	47.8	3.3	1.2	17.5	906.1
82588	Morada Nova	78.7	112.8	214.5	186.7	115.7	70.6	33.8	11.6	9.5	4.4	5.0	29.0	872.2
82596	Quixeramobim	77.8	99.9	176.4	195.7	138.0	75.0	45.9	10.9	4.9	2.1	7.3	24.6	858.5
82392	Sobral	101.6	129.1	231.2	218.5	149.5	59.0	24.8	5.1	1.7	6.2	8.8	24.9	960.4
82683	Tauá	57.8	104.8	133.9	138.3	54.7	25.3	105.1	76.4	72.8	60.2	53.4	43.0	925.7
RIO G. DO NORTE														
82590	Apodi	47.9	101.4	208.1	180.4	112.3	142.7	55.2	9.3	11.1	11.2	9.9	30.9	920.4
82596	Ceará Mirim	53.9	109.4	187.8	204.5	172.2	173.3	160.0	80.5	48.8	18.7	17.5	34.5	1261.1
82683	Cruzeta	42.4	114.5	161.9	176.6	68.6	26.7	27.6	8.1	14.0	18.0	12.1	35.9	706.4
82691	Florania	74.4	110.8	196.6	154.7	33.1	32.8	33.4	13.0	16.9	19.7	11.7	31.2	728.3
82594	Macau	31.7	66.9	136.7	169.4	100.7	36.5	29.2	7.9	5.1	1.0	3.4	11.2	599.7
82591	Mossoró	59.2	106.0	151.0	195.1	112.5	51.6	42.9	10.0	6.5	2.3	3.0	25.7	765.8
PARÁIBA														
82795	Campina Grande	40.9	54.6	99.8	129.2	94.5	106.7	123.9	58.1	38.0	16.9	18.7	21.4	802.7
82798	João Pessoa	81.1	137.5	238.4	312.9	307.9	381.5	290.2	202.1	40.7	57.5	44.9	37.4	2132.1
82792	Monteiro	58.7	107.9	157.0	151.2	67.1	45.9	39.7	37.0	11.0	114.5	11.3	37.3	838.6
82689	São Gonçalo	120.0	163.7	248.6	178.2	72.5	48.8	23.3	21.6	14.1	20.3	23.0	49.2	1000.3
PERNAMBUCO														
82890	Arco Verde	41.5	70.4	121.7	115.8	74.4	74.9	75.4	37.8	20.1	14.0	26.5	21.7	694.2
82886	Cabrobó	78.3	87.3	140.6	117.4	32.9	18.6	11.6	12.0	3.5	3.6	4.4	7.2	517.4
82400	Fernando de Noronha	63.1	110.6	263.6	290.3	280.3	190.2	122.0	37.0	18.5	12.0	13.0	17.8	1418.4
82887	Floresta	98.0	87.2	157.4	99.1	27.1	17.6	16.7	6.5	12.6	10.9	24.0	65.7	622.8
82893	Garanhuns	45.0	57.5	99.8	115.4	104.3	122.2	132.7	73.7	47.4	32.5	18.0	21.9	870.3
82983	Petrolina	72.2	90.3	147.9	81.7	28.5	10.1	13.1	4.3	6.2	21.3	50.3	83.9	609.8
82900	Recife	103.4	144.2	264.9	326.4	328.9	389.6	385.6	213.5	122.5	66.1	47.8	65.0	2457.9
82797	Surubim	32.6	37.7	89.9	112.0	92.0	97.2	113.3	44.0	29.9	16.5	12.5	27.5	705.1
82789	Triunfo	134.9	172.7	228.1	221.8	154.9	125.8	120.6	38.9	30.5	23.6	29.1	91.4	1372.5
ALAGOAS														
82994	Maceió	74.8	111.0	191.0	312.6	340.7	298.3	325.1	179.0	148.4	72.7	51.9	62.1	2167.7
82992	Palmeira dos Índios	32.0	65.2	77.9	108.1	151.5	141.7	134.6	62.4	49.0	19.7	8.0	19.5	869.5
SERGIPE														
83096	Araçaji	58.4	77.7	149.1	242.2	272.7	215.6	206.7	101.2	95.0	72.0	46.9	57.3	1594.8
BAHIA														
83179	Berra	12.1	40.4	81.7	140.8	105.7	98.3	105.9	64.0	7.2	3.4	1.0	0.8	661.1
83236	Barreiras	177.9	146.1	156.9	95.4	22.4	12.2	1.9	5.1	20.3	103.2	175.8	204.7	1121.8
83288	Boa Vista Lapa	127.8	94.6	97.1	83.0	11.6	2.3	1.2	2.9	12.2	74.7	141.6	191.6	830.5
83339	Gaeté	155.6	88.4	96.7	67.4	16.6	15.1	10.5	6.0	12.0	77.0	165.0	180.5	890.8
83226	Camacari	80.2	101.6	176.3	265.7	286.3	236.8	194.1	130.9	99.4	99.2	165.8	140.0	1976.2
83398	Canavieiras	173.0	150.2	144.6	192.7	147.1	148.9	177.4	104.6	127.2	166.9	153.4	120.5	1806.4
83498	Caravelas	125.9	64.8	112.3	144.0	119.7	97.3	110.5	65.0	86.7	147.7	176.0	138.6	1388.5
83408	Carinhanha	161.9	117.9	88.4	50.6	5.3	2.5	2.0	2.3	12.6	63.7	117.4	189.3	813.7
83192	Cipó	70.9	69.6	88.5	145.0	167.6	137.1	95.6	71.7	53.6	33.2	60.8	72.6	1066.2

## PRECIPITAÇÃO - ALTURA MÁXIMA EM 24 HORAS (mm)

Nos.	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
	CEARÁ						
82784	Barbalha	275.2-21/72	125.8-12/85	117.4-24/73	96.3-27/73	121.1-02/90	20.4-05/85
82777	Campos Sales	65.0-31/73	82.3-12/76	99.0-24/81	52.0-24/78	99.6-02/74	20.0-18/64
82583	Cratêus	113.1-02/71	101.8-03/67	140.2-27/67	97.0-24/67	81.3-18/68	37.0-12/69
82397	Fortaleza	81.2-18/80	211.4-13/78	128.0-21/81	196.1-26/70	130.8-01/74	142.4-02/77
82487	Guaramiranga	100.2-19/77	74.0-18/64	97.9-03/64	121.0-19/88	76.2-14/61	257.0-13/78
82686	Iguatu	148.0-19/70	106.8-28/78	111.6-26/87	153.6-10/64	145.6-10/66	59.2-08/81
82493	Jaguaruana	33.1-01/89	132.6-24/79	98.9-06/75	157.6-15/88	75.1-18/78	75.1-06/71
82588	Maradã Nova	109.0-11/73	102.3-22/77	150.8-04/80	108.4-24/82	65.4-27/68	74.8-21/71
82586	Quixeramobim	80.4-23/68	111.2-10/78	98.9-25/85	109.0-17/84	93.0-11/89	59.0-14/65
82392	Sobral	80.1-20/85	73.3-12/78	87.2-04/87	127.2-05/63	95.2-03/74	55.2-10/88
82683	Tauá	86.0-19/78	73.5-06/66	96.8-14/81	112.2-05/89	86.2-18/68	41.6-29/75
	RIO G. DO NORTE						
82590	Apodi	97.6-05/87	101.4-09/66	107.6-27/87	126.2-26/79	152.8-05/75	55.0-03/76
82596	Ceará Mirim	71.6-21/85	148.5-18/81	106.2-28/84	103.1-15/89	148.6-17/72	92.5-19/87
82634	Cruzeta	64.7-10/61	107.8-07/64	98.5-28/63	142.8-07/85	58.6-09/73	46.2-10/80
82691	Florânia	58.2-25/69	74.4-23/77	82.8-27/65	159.0-01/65	80.4-05/64	43.2-13/65
82594	Macau	51.2-23/70	86.6-11/85	112.7-16/82	148.3-05/85	63.1-23/85	57.2-17/85
82591	Mossoró	91.1-20/71	85.6-14/88	96.4-10/66	118.6-30/85	125.8-14/74	36.0-02/79
	PARAÍBA						
82795	Campina Grande	68.2-27/68	93.9-13/85	97.8-28/91	105.0-10/78	56.0-08/66	56.6-15/69
82798	João Pessoa	59.4-09/64	98.0-16/83	152.6-18/81	187.0-23/72	154.5-02/81	194.0-17/86
82792	Monteiro	107.0-18/65	145.8-18/82	104.4-16/67	86.2-27/82	98.0-12/84	76.2-13/65
82689	São Gonçalo	100.2-17/61	162.0-06/81	111.0-20/87	113.8-05/67	87.6-12/77	139.7-11/71
	PERNAMBUCO						
82890	Arco Verde	101.8-27/77	51.8-13/80	83.4-16/81	108.6-03/84	35.0-04/78	30.4-30/88
82886	Cabrobó	140.0-30/67	60.4-13/72	186.0-18/67	163.8-04/67	46.8-27/77	41.6-07/69
82400	Fernando de Noronha	117.0-16/84	99.6-23/86	195.9-12/73	164.3-10/80	168.0-23/64	158.8-24/61
82887	Floresta	129.7-20/74	93.2-08/79	214.0-16/68	126.0-04/77	30.8-03/87	66.6-18/64
82893	Garanhuns	65.2-24/69	92.5-13/76	91.3-02/72	81.7-19/84	76.7-10/89	49.6-05/82
82983	Petrolina	151.3-01/78	133.0-12/64	82.4-12/84	80.8-15/64	56.8-08/89	13.6-08/89
82900	Recife	105.6-31/66	123.1-16/88	125.5-01/64	165.3-22/73	235.0-24/86	182.2-18/86
82797	Surubim	48.8-22/61	54.0-02/67	114.0-20/72	135.2-18/74	154.6-23/76	146.6-14/66
82789	Triunfo	213.4-21/72	90.8-25/89	118.5-03/80	149.8-20/86	84.3-10/71	85.0-28/67
	ALAGOAS						
82994	Maceió	100.1-31/66	152.2-20/85	200.5-03/79	407.6-28/79	149.7-02/77	137.4-27/77
82992	Palmeira dos Índios	50.2-23/77	56.5-17/85	54.8-14/81	71.6-30/77	110.8-20/77	77.0-
	SERGIPE						
83096	Aracaju	155.3-25/65	146.6-28/78	135.4-30/61	156.8-20/81	171.6-18/64	153.6-16/66
	BAHIA						
83179	Barra	50.0- /77	66.5- /76	59.4- /78	54.2- /85	70.8- /85	85.7-01/82
83236	Barreiras	91.3-22/64	119.6-13/78	98.9-28/75	131.7- /66	70.0- /85	80.7- /86
83230	Bom Jesus da Lapa	83.8-22/76	91.7-10/80	53.6-18/85	77.3-10/82	46.4-04/78	7.5-01/71
83339	Caetité	88.0-29/70	79.2-09/83	71.1-04/68	67.0-17/67	66.2-04/64	27.2- /66
83226	Camaçari	172.4-12/88	109.4-06/80	145.6-21/88	110.4-19/82	115.8-04/79	84.0-13/90
83398	Canavieiras	247.1-05/80	158.5-11/78	70.7-16/81	73.5-05/76	88.2-24/81	62.9-22/77
83498	Caravelas	172.2-19/69	108.6-11/78	129.4-18/82	101.9-09/84	105.5-28/82	141.4-09/75
83408	Carinhanha	42.4-	36.6-	23.4-26/82	24.3-	4.0-	2.1-
83192	Cipó	99.6-20/64	76.0-09/64	83.8-15/69	188.8-15/64	231.2-24/64	119.2-22/64

## PRECIPITAÇÃO - ALTURA MÁXIMA EM 24 HORAS (mm)

Nos.	Estações por Estado	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
CEARÁ								
82784	Barbalha	45.2-26/73	10.1-20/72	25.0-26/76	48.9-17/88	61.0-14/76	111.0-24/85	275.2-21/01/72
82777	Campos Sales	24.7-24/73	5.0-29/90	25.8-26/87	50.6-19/73	51.6-09/85	70.8-11/72	99.6-02/05/74
82583	Cratús	52.2-06/71	17.9-21/81	53.0-30/73	46.3-11/84	29.5-26/68	134.5-28/67	140.2-27/03/67
82397	Fortaleza	149.0-21/71	130.5-16/72	38.1-06/79	36.0-07/84	19.1-30/74	74.4-21/88	211.4-13/02/78
82487	Guaramiranga	141.3-09/89	257.0-13/79	49.2-15/83	35.7-19/78	24.7-28/62	97.0-21/81	257.0-13/06/78
82686	Iguatu	101.2-03/90	30.5-04/73	56.4-06/79	75.6-23/71	51.4-16/90	63.8-29/67	153.6-13/04/64
82493	Jaguaruana	82.3-08/85	17.8-23/72	16.3-06/79	15.4-29/82	7.1-28/82	26.1-29/89	157.6-15/04/88
82588	Morada Nova	94.0-06/85	83.0-27/72	35.0-02/88	18.9-10/74	10.3-03/67	59.2-16/77	150.0-04/03/00
82586	Quixeramobim	50.0-13/75	35.6-06/68	30.6-02/86	13.0-10/74	74.0-19/79	89.2-17/62	111.2-10/02/78
82392	Sobral	78.0-27/73	48.7-02/73	9.0-08/78	61.7-04/65	29.2-13/88	62.2-01/81	127.2-05/04/63
82683	Tauá	19.7-29/78	31.6-25/85	42.8-25/76	25.4-02/80	47.6-19/79	124.7-22/72	124.7-22/12/72
RIO G. DO NORTE								
82590	Apodi	76.0-07/82	30.8-27/72	29.4-12/88	25.0-23/78	17.4-07/89	67.6-29/67	152.8-05/05/75
82596	Ceará Mirim	107.3-07/74	94.3-04/70	76.8-02/74	44.0-26/82	34.5-02/82	45.1-23/88	148.6-17/05/72
82683	Cruzeta	87.4-06/84	22.9-21/86	46.1-02/81	61.9-25/81	46.6-26/89	64.8-11/63	142.8-07/04/85
82691	Florânia	63.0-06/84	44.2-27/72	24.6-25/71	79.6-03/73	91.8-22/86	73.9-24/65	159.0-01/65
82594	Macau	40.6-16/84	29.0-05/69	22.7-18/74	7.8-21/71	25.6-30/78	53.7-30/67	148.3-05/04/85
82591	Mossoró	53.5-08/89	49.5-04/73	16.8-06/79	16.2-11/84	21.8-28/82	52.4-22/72	125.8-14/05/74
PARAÍBA								
82795	Campina Grande	13.2-03/75	63.8-10/88	70.9-18/77	30.3-15/71	31.8-25/66	62.6-18/63	105.0-10/04/78
82798	João Pessoa	150.1-05/63	191.0-11/70	55.0-01/73	103.0-15/71	49.2-09/71	56.0-28/63	194.0-17/06/86
82792	Monteiro	62.0-19/75	43.3-20/72	45.0-07/75	60.0-15/76	33.0-08/81	174.0-24/63	174.0-24/12/63
82689	São Gonçalo	46.2-26/73	38.2-27/72	63.1-17/64	93.0-08/86	47.0-08/81	87.8-19/89	162.0-06/02/81
PERNAMBUCO								
82890	Arco Verde	55.8-17/75	32.6-21/84	42.0-11/73	41.8-04/76	55.0-07/74	36.0-25/89	108.6-03/04/84
82886	Cabrobó	12.6-07/62	9.2-01/71	26.0-20/67	18.9-03/73	62.0-08/76	94.0-27/67	186.0-18/03/67
82400	Fernando de Noronha	120.7-31/69	49.7-11/89	19.8-11/68	18.7-27/63	26.8-04/66	38.5-13/73	195.9-12/03/73
82887	Floresta	15.5-	49.1-01/71	84.0-30/82	48.4-01/73	43.0-29/83	112.5-28/85	214.0-16/03/68
82893	Garanhuns	73.0-12/89	33.3-30/89	39.0-12/86	68.7-05/65	55.7-12/68	39.7-08/88	92.5-13/02/76
82963	Petrolina	29.6-18/75	9.6-05/89	17.8-02/76	78.3-01/73	97.6-30/76	103.0-21/89	151.3-01/01/78
82900	Recife	176.4-30/90	335.8-11/70	102.3-18/62	71.8-06/87	100.1-12/86	110.2-25/89	335.8-14/08/90
82797	Surubim	94.0-17/75	47.0-19/73	59.0-18/77	90.2-06/76	9.7-22/86	68.8-25/63	154.6-23/05/76
82789	Triunfo	105.8-01/62	65.1-03/64	71.0-11/73	57.2-09/67	60.3-16/80	194.1-16/89	213.4-21/01/72
ALAGOAS								
82994	Maceió	185.6-12/89	91.3-26/68	109.3-29/78	90.3-16/77	140.4-22/86	89.2-21/89	407.6-28/04/79
82992	Palmeira dos Índios	61.5- /86	42.8-25/87	37.9-01/86	30.0-06/76	19.5-08/81	47.5-14/77	110.8-20/05/77
SERGIPE								
83096	Araçaju	376.5-24/64	50.4-05/78	91.2-14/65	111.5-06/65	97.4-22/86	128.7-07/64	376.5-24/07/64
BAHIA								
83249	Alagoinhas	109.2-	60.1-	52.7-02/73	66.0-06/77	166.4-14/88	67.6-19/88	148.8-28/07/71
83179	Barra	92.8- /78	110.2- /78	52.5- /85	10.2- /85	12.2-	5.3- /78	110.2- /08/78
83236	Barreiras	14.0- /66	75.4-28/84	55.5-27/77	119.7-26/86	132.8-28/77	112.0-15/72	132.8-28/11/77
83288	Bom J. da Lapa	7.8-01/71	18.0-23/68	23.3-30/77	92.7-01/61	97.6-	80.7-16/77	81.6- / /77
83339	Caelité	13.1-06/77	10.2-11/75	63.2-30/84	51.8-31/71	74.7-12/79	62.2-	88.0-29/01/70
83226	Camaçari	75.4-02/87	81.4-29/80	100.0-22/82	90.4-26/86	127.9-15/85	186.9-01/88	186.9-01/12/88
83398	Canavieiras	70.9-06/85	60.0-19/79	75.6-28/83	96.1-25/77	111.9-29/85	104.4-03/80	247.1-05/01/80
83498	Caravelas	172.1-01/84	59.9-21/77	72.0-29/83	129.5-11/76	148.3-29/73	92.7-21/63	172.2-19/01/69
83408	Carinhanha	2.0-	2.1-	6.5-	28.6-	45.0-	45.8-	45.8-
83192	Cipó	74.2- /66	101.3-10/65	81.6- /66	42.1-08/76	115.4-25/64	172.0-22/63	231.2-24/05/64

Nos.	Estações por Estado	UMIDADE RELATIVA (%)												
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
82578	Teresina	75.0	83.0	83.0	84.0	81.0	72.0	65.0	59.0	56.0	58.0	60.0	64.0	70.0
	CEARÁ													
82784	Barbalha	68.0	74.0	80.0	79.0	73.0	67.0	61.0	53.0	49.0	51.0	53.0	55.0	63.6
82777	Campos Sales	68.0	74.0	82.0	79.0	72.0	66.0	62.0	53.0	52.0	50.0	53.0	59.0	64.2
82583	Crateús	60.0	73.0	77.0	78.0	73.0	65.0	57.0	50.0	45.0	45.0	47.0	52.0	60.2
82397	Fortaleza	78.0	79.0	84.0	85.0	82.0	80.0	80.0	75.0	74.0	73.0	74.0	76.0	78.3
82487	Guaramiranga	82.0	88.0	90.0	89.0	81.0	87.0	85.0	80.0	78.0	83.0	79.0	77.0	83.3
82686	Iguatu	66.0	70.0	75.0	78.0	77.0	69.0	60.0	53.0	48.0	50.0	48.0	49.0	61.8
82493	Jaguaruana	71.0	75.0	82.0	82.0	79.0	77.0	74.0	68.0	68.0	67.0	68.0	69.0	73.3
82588	Morada Nova	65.8	72.0	80.3	79.5	75.0	73.7	67.6	61.4	57.5	58.0	58.3	61.4	67.5
82586	Quixeramobim	59.0	68.0	76.0	80.0	79.0	75.0	65.0	58.0	56.0	58.0	55.0	57.0	65.5
82392	Sobral	69.0	74.0	81.0	85.0	80.0	74.0	66.0	55.0	55.0	58.0	57.0	61.0	67.9
82683	Tauá	68.0	69.0	75.0	78.0	71.0	66.0	59.0	54.0	44.0	51.0	50.0	54.0	61.6
	RIO G. DO NORTE													
82590	Apodi	64.0	69.0	75.0	77.0	75.0	72.0	67.0	63.0	60.0	58.0	59.0	62.0	66.8
82596	Ceará Mirim	77.0	78.0	81.0	83.0	84.0	84.0	80.0	77.0	75.0	74.0	75.0	79.3	
82683	Cruzeta	59.0	64.6	68.0	74.0	72.0	68.0	66.0	61.0	54.0	57.0	56.0	59.0	63.2
82691	Florânia	60.0	64.0	73.0	75.0	71.0	69.0	65.0	60.0	57.0	55.0	55.0	57.0	63.4
82594	Macau	70.0	72.0	75.0	76.0	76.0	70.0	69.0	69.0	68.0	69.0	66.0	70.0	70.8
82591	Mossoró	67.0	72.0	78.0	74.0	76.0	72.0	69.0	62.0	61.0	62.0	63.0	66.0	68.5
	PARAÍBA													
82795	Campina Grande	79.0	72.0	86.0	86.0	88.0	91.0	90.0	86.0	84.0	79.0	72.0	79.0	82.7
82798	João Pessoa	75.0	75.0	81.0	79.0	81.0	81.0	87.0	75.0	67.0	73.0	74.0	74.0	76.8
82792	Monteiro	66.0	68.0	73.0	78.0	77.0	77.0	75.0	68.0	66.0	61.0	60.0	60.0	69.1
82689	São Gonçalo	60.0	67.0	73.0	74.0	70.0	65.0	59.0	54.0	53.0	51.0	52.0	54.0	61.0
82890	Arco Verde	62.0	66.0	71.0	74.0	74.0	76.0	77.0	74.0	68.0	65.0	64.0	64.0	69.6
82886	Cabrobó	57.0	61.0	67.0	67.0	67.0	66.0	65.0	59.0	53.0	48.0	49.0	54.0	59.4
82400	Fernando de Noronha	78.0	76.0	81.0	84.0	83.0	81.0	81.0	77.0	73.0	75.0	75.0	76.0	78.3
82887	Floresta	60.0	61.0	68.0	69.0	70.0	69.0	69.0	60.0	54.0	50.0	52.0	56.0	61.5
82893	Garanhuns	76.8	74.4	81.0	79.2	88.0	90.1	91.6	88.8	81.3	77.8	71.9	74.7	81.3
82983	Petrolina	58.0	63.0	67.0	70.0	64.0	61.0	60.0	53.0	48.0	48.0	50.0	54.0	58.0
82900	Recife	73.0	77.0	80.0	84.0	85.0	85.0	85.0	85.0	78.0	76.0	74.0	75.0	79.8
82797	Surubim	71.0	71.0	74.0	77.0	80.0	85.0	82.0	88.0	73.0	73.0	70.0	71.0	76.3
82789	Triunfo	67.4	72.9	79.2	83.0	82.9	84.1	81.3	72.4	65.9	60.0	60.0	62.7	72.7
	ALAGOAS													
82994	Maceió	75.4	76.6	78.3	81.5	82.6	79.6	82.1	79.5	77.2	76.0	74.7	75.8	78.3
82992	Palmeira dos Índios	65.1	70.4	73.2	79.5	83.6	85.6	85.8	83.0	79.0	69.9	65.5	65.9	75.5
	SERGIPE													
83096	Aracaju	78.1	76.6	78.0	79.0	77.0	77.3	78.2	78.2	78.1	78.7	78.8	79.0	78.2
	BAYIA													
83249	Alagoinhas	76.6	78.0	78.3	82.6	82.1	85.8	82.2	84.4	81.6	78.3	77.2	77.7	80.4
83179	Barra	48.0	52.1	61.0	64.3	71.2	69.6	71.3	69.0	61.9	57.9	53.4	47.0	60.6
83236	Barreiras	77.5	78.5	79.9	76.2	71.9	65.2	58.7	50.3	47.1	60.7	70.8	77.0	67.8
83288	Bom J. da Lapa	70.5	69.6	69.6	70.2	61.8	57.2	50.2	47.2	48.2	50.8	50.8	49.0	61.6
83339	Catolândia	73.3	72.3	71.2	72.7	69.3	68.0	66.3	59.5	58.1	64.4	73.0	72.6	68.4
83226	Camaçari	78.2	79.7	81.5	84.6	86.2	86.1	85.0	82.5	80.9	79.8	79.8	79.2	82.0
83398	Canavieiras	81.8	81.8	82.2	85.9	84.7	85.0	86.2	81.8	80.5	81.5	82.2	80.7	82.8
83498	Caravelas	81.5	79.6	80.5	81.5	83.0	83.9	83.5	80.0	80.8	81.2	81.4	81.5	81.5

## NEBULOSIDADE (0-10)

Nos.	Estações por Estado	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
82578	Teresina	6.8	6.7	6.9	6.7	4.6	3.3	2.9	2.9	3.3	4.3	4.9	5.8	4.9
	CEARÁ													
82784	Barbalha	7.0	7.0	6.0	6.0	8.0	5.0	7.0	3.0	4.0	5.0	5.0	6.0	5.8
82777	Campos Sales	6.0	6.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0
82583	Crateús	6.0	6.0	7.0	6.0	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	4.0	5.0	4.5
82397	Fortaleza	6.0	6.0	7.0	7.0	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.3
82487	Guaramiranga	7.0	7.0	8.0	8.0	7.0	7.0	6.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.6
82686	Iguatu	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.9
82493	Jaguaruana	6.0	7.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.2
82588	Morada Nova	5.5	5.8	6.7	6.1	5.5	4.8	4.4	3.0	3.1	3.3	3.9	4.5	4.7
82586	Quixeramobim	6.0	7.0	7.0	9.0	7.0	6.0	2.0	4.0	3.0	4.0	5.0	6.0	5.5
82392	Sobral	6.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.0	4.0	3.0	3.0	4.0	5.0	5.0	5.3
82683	Tauá	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.7
	RIO G. DO NORTE													
82590	Apodí	6.2	6.2	6.7	6.9	5.9	5.2	7.5	3.6	3.4	3.7	4.5	5.3	5.4
82596	Ceará Mirim	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.4
82683	Cruzeta	5.0	6.0	6.0	6.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	7.0	5.0
82691	Floriania	6.0	6.0	7.0	6.0	5.0	5.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.1
82594	Macau	6.0	5.0	5.0	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.3
82591	Mossoró	5.0	5.0	6.0	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.4
	PARAÍBA													
82795	Campina Grande	8.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.8
82798	João Pessoa	5.6	5.8	6.1	6.0	6.2	6.1	6.0	5.2	5.7	5.1	5.4	5.3	5.7
82792	Monteiro	4.0	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	4.4
82689	São Gonçalo	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	4.0	5.0	4.6
	PERNAMBUCO													
82890	Arco Verde	5.0	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.3
82886	Cabrobó	6.0	7.0	7.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0	4.0	5.0	6.0	5.8
82400	Fernando de Noronha	5.0	6.0	6.0	6.0	6.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0
82887	Floresta	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	7.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.3
82893	Garanhuns	6.7	6.6	7.1	7.3	7.9	8.1	8.2	7.7	7.0	6.1	5.8	6.0	7.0
82983	Petrolina	6.0	6.0	5.9	5.6	5.3	5.1	4.7	4.1	3.9	5.5	5.0	6.3	5.3
82900	Recife	6.1	6.3	6.3	6.7	6.7	6.7	6.5	6.4	6.1	5.7	5.5	5.9	6.2
82797	Surubim	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0	6.0	6.0	7.0	6.8
82789	Triunfo	5.5	5.8	6.1	6.1	6.0	6.0	5.5	3.9	3.5	3.3	4.5	4.8	5.1
	ALAGOAS													
82994	Maceió	5.9	6.0	6.3	6.8	6.8	6.8	6.8	6.3	6.2	5.5	5.5	5.6	6.2
82992	Palmeira dos Índios	6.5	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1	7.0	6.5	6.4	5.8	5.4	6.2	6.5
	SERGIPE													
83096	Araçaju	5.1	5.4	5.8	6.2	6.3	6.3	6.3	5.8	5.8	5.1	4.9	5.3	5.7
	BAHIA													
83210	Alagoíbas	5.3	5.6	5.5	5.7	7.7	7.1	5.2	5.3	5.5	5.1	5.5	5.3	5.7
83179	Barra	3.3	4.3	4.9	4.9	5.0	5.2	4.8	4.4	3.4	2.8	2.2	2.3	4.0
83236	Barreiras	6.4	6.4	6.3	5.7	4.5	3.7	3.2	3.0	4.3	6.0	6.6	6.5	5.2
83226	Camagari	5.7	5.4	5.7	4.8	3.5	2.0	2.7	2.1	2.1	5.2	6.3	5.9	4.4
83339	Caetitê	5.7	5.5	5.4	5.5	4.8	4.4	4.5	3.8	4.3	5.0	6.1	5.9	5.1
83226	Camagari	6.0	5.9	6.1	6.5	5.9	6.4	6.4	5.9	6.2	5.5	6.1	5.6	6.0
83398	Canavieiras	6.7	6.8	6.5	6.7	6.0	6.5	6.5	6.3	7.0	7.1	7.1	6.7	6.7
83498	Caravelas	6.4	6.0	6.3	6.3	6.0	6.0	6.1	5.8	6.6	6.9	7.2	7.1	6.4

**ANEXO B - MATERIAL FOTOGRÁFICO COLETADO EM ESTUDOS DE CAMPO NO DISTRITO DE BREJO DO SACO, MUNICÍPIO DE BARRA**



Casa Nova sendo usada como depósito de material. Foto: Simões, C.C.(2008)



Agricultura familiar - Horta. Foto: Simões, C.C.(2008)



Sanitário externo - "casinha". Foto: Simões, C.C.(2008)



Ampliação da casa. Foto: Simões, C.C.(2008)



Habitacões Construídas pelo Estado. Foto: Simões, C.C.(2008)



Habitacão Construída pelos Moradores. Foto: Simões, C.C.(2008)



Técnicas Construtivas Locais.  
Foto: Simões, C.C.(2008)



Tipologias Construtivas Locais.  
Foto: Simões, C.C.(2008)

**ANEXO C – CD COM VÍDEOS DE APRESENTAÇÃO DO MODELO E ANIMAÇÕES  
REALIZADAS PARA ESTUDOS DE SOMBREAMENTO DAS FACHADAS.**



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)