

Universidade Federal do Rio de Janeiro

**O REFERENCIAL HQE® E O PROJETO DE ARQUITETURA:**  
Diretrizes para sustentabilidade ambiental no contexto do semi-árido alagoano.  
Reflexões sobre a cidade de Pão de Açúcar - AL

Tathiane Agra de Lemos Martins

2010



**Universidade Federal do Rio de Janeiro**  
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo  
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura



## **O REFERENCIAL HQE® E O PROJETO DE ARQUITETURA:**

Diretrizes para sustentabilidade ambiental no contexto do semi-árido alagoano.

Reflexões sobre a cidade de Pão de Açúcar - AL

Tathiane Agra de Lemos Martins

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Orientador: Cláudia Mariz de Lyra Barroso Krause

Co-orientador: Leonardo Salazar Bittencourt

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2010

**O REFERENCIAL HQE® NO PROJETO DE ARQUITETURA:**

Diretrizes para Sustentabilidade Ambiental no Contexto do Semi-Árido Alagoano.  
Reflexões sobre a cidade de Pão de Açúcar - AL

Tathiane Agra de Lemos Martins  
Cláudia Mariz de Lyra Barroso Krause, D.Sc.  
Leonardo Salazar Bittencourt, PhD.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura, área de concentração em Sustentabilidade, Conforto Ambiental e Eficiência Energética.

Aprovada por:

---

Presidente, Prof<sup>a</sup>. Cláudia Mariz de Lyra Barroso Krause, D.Sc.



---

Prof. Leonardo Salazar Bittencourt, PhD.

---

Prof. Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos, D.Sc.

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Júlia de Oliveira Santos, D.Sc.

---

Prof. Fábio Oliveira Bittencourt Filho, D.Sc.

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2010

## FICHA CATALOGRÁFICA

Martins, Tathiane Agra de Lemos.

O referencial HQE e o projeto de arquitetura: diretrizes para sustentabilidade ambiental no contexto do semi-árido alagoano. Reflexões sobre a cidade de Pão de Açúcar - AL/ Tathiane Agra de Lemos Martins. - Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU, 2010.

xi, 209f.: il.; 30 cm.

Orientador: Cláudia Mariz de Lyra Barroso Krause

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ PROARQ/ Programa de Pós-graduação em Arquitetura, 2010.

Referências Bibliográficas: f. 176-188.

1. Sustentabilidade. 2. Arquitetura. 3. Dèmarche HQE. 3. Conforto ambiental.

I. Krause, Cláudia Mariz de Lyra Barroso. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-graduação em Arquitetura. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família pela confiança e incondicional estímulo à qualificação profissional.

À Cláudia e Leo pela paciente orientação e conhecimentos transmitidos.

À CAPES pela concessão da bolsa que viabilizou a realização do mestrado e ao PROARQ/UFRJ pela formação recebida e apoio à produção acadêmica.

# RESUMO

## O REFERENCIAL HQE® E O PROJETO DE ARQUITETURA:

Diretrizes para Sustentabilidade Ambiental no Contexto do Semi-Árido Alagoano.  
Reflexões sobre a cidade de Pão de Açúcar - AL

Tathiane Agra de Lemos Martins

Cláudia Mariz de Lyra Barroso Krause, D.Sc.  
Leonardo Salazar Bittencourt, PhD.

Resumo da Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Arquitetura.

Diante do atual cenário de mudanças climáticas, degradação ambiental e crise energética, o conceito da sustentabilidade vem sendo discutido como importante vetor na busca por um novo modelo de desenvolvimento, particularmente no âmbito do espaço construído. Ciente da amplitude do conceito, das numerosas dimensões e atores abarcados no processo de definição desse novo modelo, a presente dissertação se desenvolve, refletindo sobre os instrumentos metodológicos de auxílio ao planejamento ambiental e concepção de projetos em arquitetura, em particular o referencial HQE®. O referencial francês sobre sustentabilidade, HQE® - *Haute Qualité Environnementale* - é composto por um conjunto de indicadores que se propõem a balizar, avaliar e também servir de base para processos de certificação de projetos e construções com ênfase no viés da eco-eficiência. A proposta do trabalho consiste em realizar uma avaliação preliminar da cidade de Pão de Açúcar, situada na região semi-árida do estado de Alagoas, utilizando os critérios ambientais do referencial HQE®. Para tal, primeiramente, foi realizado um estudo dos princípios, objetivos e sistematização da referida ferramenta de análise ambiental. Em seguida, foi realizado um estudo de caso da cidade em questão, visando conhecer suas principais demandas ambientais com o uso dos parâmetros de análise contidos no HQE® que compreendem os domínios de concepção, construção, gestão, conforto e saúde em edificações. Os estudos e análises resultam em um conjunto de diretrizes sobre ecoeficiência para auxiliar no processo de elaboração do código de edificações do lugar, visando guiar às fases de planejamento e projeto de arquitetura de futuras construções situadas na cidade.

Palavras-chave: sustentabilidade; arquitetura; *Démarche HQE®*; conforto ambiental.

Rio de Janeiro  
Fevereiro de 2010

# ABSTRACT

## **HQE® PROCEDURE AND THE ARCHITECTURAL DESIGN PROCESS: Guidelines for Ecoefficiency in the Brazilian Semi-Arid**

Tathiane Agra de Lemos Martins

Cláudia Mariz de Lyra Barroso Krause, D.Sc.  
Leonardo Salazar Bittencourt, PhD.

Abstract of the Master degree thesis submitted at the Architecture Postgraduate Program, of UFRJ, as a partial fulfillment of requirements for the degree of Master of Architecture Science.

As a consequence of recent global warnings concerning climate change, environmental deterioration and energy crisis, the sustainability approach has emerged as an important concept toward a new economic development paradigm, including the built environment perspective. Aware of the conceptual complexity and numerous human activities involved in this subject, this master degree thesis focus on systematic methodological tools conceived to assess the environmental performance of buildings and help the design process in architecture based on sustainability principles. This work concentrates, mainly, on the French methodology named *Démarche* HQE® - *Haute Qualité Environnementale*. The HQE® method consists on a set of specific sustainability indicators that guide, assess and certify buildings with emphasis on the eco-efficiency principles. Since, in Brazil there is a lack of similar methodology on this subject, it was examined the conditions of a Brazilian city, using the sustainability parameters set by the HQE® procedure. To achieve this goal, firstly, a comparative study of environmental building assessment tools with major representation in Brazil – the North-American LEED™ and HQE®, highlighting the last mentioned - was carried out. The French methodology guided the environmental research, analysis and the proposals heading for a particular context of a small city in northeast of Brazil called *Pão de Açúcar*. The city is located in the meso-region of the semi-arid state of *Alagoas* and consists on the case study of this thesis. Environmental data was collected according to the sustainability parameters contained in the HQE® method – comprising the areas of design, construction, management, health and comfort in buildings. The case study analysis resulted in a set of guidelines following the environmental sustainability principles to give support to the development process of the building legislation of the city studied and, therefore, toward sustainable design of future buildings.

Keywords: Sustainability; architecture; *Démarche* HQE®; environmental design.

Rio de Janeiro  
February 2010

# SUMÁRIO

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>v</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>LISTA DE GRÁFICOS</b> .....	<b>xv</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	<b>xvi</b>
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
Contextualização da temática .....	1
Problemática, objeto de estudo e justificativa .....	3
Objetivos .....	12
Metodologia.....	13
Estrutura da dissertação.....	14
<b>PARTE I – ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>16</b>
<b>Capítulo 1 – Desenvolvimento e sustentabilidade</b> .....	<b>16</b>
1.1. Conceitos e história .....	16
1.1.1. Revisando alguns conceitos .....	16
1.1.2. Os paradigmas do progresso e sua relação com desenvolvimento e o meio ambiente.....	17
1.2. A Sustentabilidade como paradigma de desenvolvimento .....	19
1.3. Divergências e convergências .....	22
<b>Capítulo 2 – Sustentabilidade no espaço construído</b> .....	<b>27</b>
2.1. Urbanização e Sustentabilidade .....	27
2.2. Sustentabilidade na arquitetura e seus principais aspectos.....	31
2.2.1. Aspectos ambientais/ espaciais.....	33
2.2.2. Aspectos econômicos.....	50
2.2.3. Aspectos socioculturais .....	52
2.3. Principais agendas e contextualização do estudo.....	53
2.3.1. Agenda 21 e agenda brasileira .....	53
2.3.2. Agenda habitat .....	55
2.3.3. Agenda 21 sobre construção sustentável .....	56
<b>Capítulo 3 – Sistemas de avaliação da sustentabilidade ambiental em edificações</b> .....	<b>59</b>
3.1. Origens e discussões preliminares .....	59
3.2. Primeiras e principais iniciativas .....	60

3.3. Síntese comparativa.....	64
<b>PARTE II – ESTUDOS E ANÁLISES.....</b>	<b>67</b>
<b>Capítulo 4 – O referencial HQE® - Haute Qualité Environnementale e o método ADDENDA® .....</b>	<b>67</b>
4.1. Introdução ao referencial .....	67
4.1.1. Histórico e escopo .....	67
4.1.2. Características principais e estrutura do referencial .....	69
4.1.3. Princípios da abordagem .....	70
4.2. Gestão do processo do projeto (SMO).....	70
4.3. A Qualidade Ambiental do Edifício (QEB).....	72
4.3.1. Os 14 alvos para qualidade ambiental.....	72
4.4. Do processo de certificação.....	78
4.4.1. Sobre o principio da equivalência .....	80
4.4.2. Concessão da marca.....	80
4.5. Metodologia ADDENDA® .....	81
4.5.1. Abordagem metodológica e foco de análise .....	82
4.5.2. Informações a coletar .....	83
4.5.3. Hierarquização dos alvos HQE e definição dos objetivos .....	86
4.5.4. Sobre as recomendações e diretrizes de projeto .....	87
<b>Capítulo 5 – Estudo de caso no semi-árido de Alagoas: Pão de Açúcar – AL.....</b>	<b>88</b>
5.1. O semi-árido .....	88
5.1.1. Localização .....	89
5.2. Pão de Açúcar – AL.....	90
5.2.1. Contexto histórico.....	90
5.3. Análise ambiental preliminar para Pão de Açúcar – AL: Implantação .....	92
5.3.1. Sistemas de distribuição (vias, acessos e transportes).....	93
5.3.2. Tratamento do terreno .....	93
5.3.3. Paisagem e vegetação .....	99
5.3.4. Contexto climático e sonoro.....	108
5.3.5. Gestão dos recursos.....	125
<b>PARTE III – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>131</b>
<b>Capítulo 6 – Diretrizes para sustentabilidade socioambiental .....</b>	<b>131</b>
6.1. FOCO: Implantação.....	134
6.1.1. Categoria A: Parâmetros urbanísticos (ecoeficiência).....	134
6.1.2. Categoria B: Gestão dos recursos (água, energia e resíduos).....	141
6.1.3. Categoria C: Adequação ao entorno climático .....	149

6.2. FOCO: Morfologia.....	156
6.2.1. Categoria D: volumetria e aberturas .....	156
6.3. FOCO: Materialidade.....	164
6.3.1. Categoria E: materiais e processos .....	164
6.4. FOCO: Espacialidade .....	169
6.4.1. Categoria F: espaços e ambiências.....	169
6.5. Matriz de análise.....	173
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>175</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>177</b>
<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>190</b>
<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>194</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Paisagens típicas do semi-árido nordestino (Fontes: LOPES, 2009; autora, 2007).	9
<b>Figura 2:</b> Delimitação do semi-árido brasileiro (Fonte: MI, 2005).	10
<b>Figura 3:</b> Mapa de climas para o estado de Alagoas (fonte: adaptado IBGE, 2005).	11
<b>Figura 4:</b> Cidades com metabolismo linear consomem e poluem em alto grau (Fonte: Rogers, 2001).	28
<b>Figura 5:</b> Modelo de metabolismo circular das cidades (Fonte: adaptado de ROGERS, 2001, p. 31).	29
<b>Figura 6:</b> Integração dos subsistemas envolvidos no conceito da sustentabilidade na construção (WILLIAMSON et al., 2003).	32
<b>Figura 7:</b> Esquema das três dimensões da sustentabilidade das edificações (adaptado de KUAA e LEE, 2002).	32
<b>Figura 8:</b> Nas fotos da esquerda e centro, protótipo de habitação sendo construído pela própria comunidade em Maceió – AL (Fonte: OLIVEIRA, 2006); e a direita, moradia feita com tijolos de solocimento (Fonte: CARDOSO, 2006).	38
<b>Figura 9:</b> Mapa global de hidrometeorologia (Fonte: UNEP, 2000).	40
<b>Figura 10:</b> Proporção entre área territorial, população e disponibilidade de água nas regiões do Brasil (FONTE: IBGE, 2008 e ANA, 2006).	40
<b>Figura 11:</b> Desenhos esquemáticos de exemplo da implantação do aproveitamento de águas pluviais (Fonte: ELETROSUL, 2009).	42
<b>Figura 12:</b> Diagrama psicrométrico para análise bioclimática (Adaptado de GIVONI, 1992).	45
<b>Figura 13:</b> Efeito da massa térmica nas construções (fonte: adaptado de BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).	47
<b>Figura 14:</b> Desenhos esquemáticos de uma habitação em clima quente seco – paredes espessas para modulação térmica e pequenas aberturas (fonte: adaptado de SHAWESH, 1993).	47
<b>Figura 15:</b> Tipologias típicas de regiões em clima quente e seco: a. construções com paredes e cobertas pesadas e espessas na arquitetura tradicional em Kano-Nigéria; b. captadores de vento na cobertura na arquitetura tradicional árabe (FATHY, 1986).	47
<b>Figura 16:</b> Espaço urbano em clima quente seco (Fez, Marrocos) (Fonte: MANIOGLU; YILMAZ, 2008).	48
<b>Figura 17:</b> Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas (NPM). Projeto bioclimático para clima quente e úmido. (Fonte: BITTENCOURT, 2005).	49
<b>Figura 18:</b> Esquema de projeto de elementos vazados para permeabilidade do vento (Fonte: BITTENCOURT, 2005).	49
<b>Figura 19:</b> Exemplares de arquitetura tradicional em clima quente e úmido (Fonte: Bittencourt, 1993; Behling, 1996).	50
<b>Figura 20:</b> Conceito de Análise do Ciclo de Vida em edifícios (Fonte: adaptado de SILVA, 2007).	60
<b>Figura 21:</b> Distribuição de alguns importantes “selos verdes” no mundo.	61
<b>Figura 22:</b> Esquema de organização dos 14 alvos ambientais nas 4 principais instâncias referentes ao exterior e interior da edificação (Fonte: Adaptado de WEKA apud BARROSO-KRAUSE, 2005).	73
<b>Figura 23:</b> Perfil mínimo de desempenho ambiental do empreendimento (Fonte: Associação HQE®, 2008).	80
<b>Figura 24:</b> Organização estrutural do procedimento ADDENDA no auxílio ao processo global de projeto até a operação (Fonte: adaptado ADDENDA, 2009).	82
<b>Figura 25:</b> Mapa de localização do semi-árido no Brasil e no estado de Alagoas (adaptado IBGE, 2008).	89
<b>Figura 26:</b> Situação do município de Pão de Açúcar – AL, no semi-árido do estado de Alagoas (adaptado MME, 2006).	90
<b>Figura 27:</b> Morro do cavalete e cristo redentor na cidade de Pão de Açúcar vista a partir do Rio São Francisco (Fonte: Ramos Neto, 2009).	91

<b>Figura 28:</b> a. Rua situada as margens do Rio S. Francisco (rua da praia) onde se iniciou as primeiras habitações, ao fundo o morro do cavalete; b. Rua onde hoje se situa o centro da cidade (Fonte: Amorim, 2004).	91
<b>Figura 29:</b> Planta da cidade com descrição das principais conexões e pavimentação da malha viária (Fonte: adaptado do Plano de Diretor da cidade, 2006).	93
<b>Figura 30:</b> Vista elevada da cidade – perfil urbano horizontal (fonte: autora, 2009).	94
<b>Figura 31:</b> Paisagem urbana de Pão de Açúcar: ruas estreitas, casas térreas geminadas.	94
<b>Figura 32:</b> Mapa resumo de caracterização ambiental da cidade de Pão de Açúcar – AL (Fonte imagens: autora, 2008/2009).	95
<b>Figura 33:</b> Mapa a predominância dos tipos de solos mencionados para o município de Pão de Açúcar – AL, com destaque para sede (tracejado vermelho) com característica uniforme de solos do tipo orgânico (EMBRAPA, 2007).	97
<b>Figura 34:</b> Ilustração esquemática do efeito da sombra de chuva causado por esta formação (adaptado de Romero, 1988)	98
<b>Figura 35:</b> Paisagem topográfica do município de Pão de Açúcar – AL (Fonte: autora, 2009).	99
<b>Figura 36:</b> Paisagem natural do município de Pão de Açúcar – AL, registrada no período de seca em Janeiro de 2009 (Fonte: autora, 2009).	104
<b>Figura 37:</b> Paisagem natural do município de Pão de Açúcar – AL – vegetação nativa as margens do rio São Francisco, registrada no período de seca em Janeiro de 2009 (Fonte: autora, 2009).	105
<b>Figura 38:</b> Distribuição dos materiais regionais na composição de uma edificação residencial construída em taipa na zona rural de Pão de Açúcar – AL (Fonte: Caldas, 2002).	108
<b>Figura 39:</b> Distribuição espacial da precipitação média anual no estado de Alagoas (Fonte: adaptado de FIGUEIREDO et al, 2002).	115
<b>Figura 40:</b> Vista da cidade de Pão de Açúcar – AL a partir do morro do cavalete no período de maior precipitação pluviométrica (imagem registrada em Julho de 2008) (Fonte: autora, 2008).	115
<b>Figura 41:</b> Vista da cidade de Pão de Açúcar – AL a partir do morro do cavalete no período de seca (imagem registrada em Janeiro de 2009) (Fonte: autora, 2009).	115
<b>Figura 42:</b> Localização dos pontos de medição.	119
<b>Figura 43:</b> Macro zoneamento urbano da cidade de Pão de Açúcar / AL. (Fonte: Anexos do Plano Diretor para Pão de Açúcar – AL, 2006)	120
<b>Figura 44:</b> Mapa eólico e solar para o estado de Alagoas com: a. médias anuais para velocidade do vento a 100 m de altura; b. e média mensal de radiação solar – em destaque o município de Pão de Açúcar (LACTEC, 2006).	126
<b>Figura 45:</b> Sensor utilizado na rede solarimétrica e ponto de medição na cidade à 46 metros de altura (Fonte: ELETROBRÁS, 2008).	126
<b>Figura 46:</b> Sistema de captação das águas do rio São Francisco que margeia a sede do município de Pão de Açúcar – AL (Fonte: IMA-AL, 2007).	128
<b>Figura 47:</b> a. piso intertravado; b. blocos vazados; c. asfalto poroso; d. solo compactado (fonte: ARAÚJO; TUCCI, 2000).	135
<b>Figura 48:</b> Esquemas da implantação de coberturas verdes nas edificações – incremento da área verde no tecido urbano.	138
<b>Figura 49:</b> Prisma de ventilação e Iluminação – PVI (adaptado de IBAM/PROCEL, 1997).	138
<b>Figura 50:</b> previsão de afastamentos entre edificações recomendáveis para cada orientação a partir da carta solar da cidade de Pão de Açúcar – AL.	139
<b>Figura 51:</b> Desenhos esquemáticos: a. ventilação na malha urbana com provisão de afastamentos generosos e distribuição recomendável para novos loteamentos; b e c. afastamentos recomendados pelo referencial HQE; d. uso de marquises para proteção da radiação solar direta nos passeios urbanos.	139
<b>Figura 52:</b> Cisterna de placa de concreto para armazenamento de águas pluviais (Fonte: Souza, 2008)	144
<b>Figura 53:</b> Composteira; e Adição de serragem ao sanitário seco (fonte: IPEC, 2009).	145

<b>Figura 54:</b> Desenho esquemático de um sanitário seco (adaptado de LENGEN, 2004).	146
<b>Figura 55:</b> Diagrama psicrométrico de Givoni com as principais estratégias bioclimáticas para conforto térmico em edificações para o clima de Pão de Açúcar - AL.	150
<b>Figura 56:</b> Carta solar para latitude de Pão de Açúcar – AL.	151
<b>Figura 57:</b> Desenho esquemático da planta baixa de habitação térrea geminada de meia-morada – típica em Pão de Açúcar.	155
<b>Figura 58:</b> Desenhos esquemáticos de pátios internos em edificações.	157
<b>Figura 59:</b> esquema do funcionamento da veneziana móvel.	159
<b>Figura 60:</b> Variações de dispositivos reguláveis para aberturas.	159
<b>Figura 61:</b> Esquemas de aberturas na altura da cobertura tanto para captação quanto para exaustão do ar.	160
<b>Figura 62:</b> Sugestão de uso de torres de vento para captação e exaustão do ar no interior de cômodos isolados sem ventilação e iluminação natural (Fonte: autora, 2009).	160
<b>Figura 63:</b> Efeito da massa térmica na modulação da amplitude de temperatura diária.	161
<b>Figura 64:</b> Exemplo de laje plana ajardinada (fonte: ecohouse.com.br, 2009) e cobertura-jardim inclinada (fonte: ncgreenbuilding.org, 2007).	161
<b>Figura 65:</b> Ângulos para proteção solar das fachadas em edificações para 8 orientações diferentes para carta solar de Pão de Açúcar – AL para o horário de 9 as15hrs.	163
<b>Figura 66:</b> composição da cobertura verde extensiva (adaptado de Moraes, 2004); efeito do atraso e amortecimento térmico do teto-jardim comparado a telha canal (Fonte: Bittencourt, 1993).	167
<b>Figura 67:</b> Desenhos esquemáticos do efeito da prateleira de luz no ambiente.	171
<b>Figura 68:</b> Comparação das principais características que definem as fontes de luz mais utilizadas em sistemas de iluminação artificial em edifícios (Fonte: OSRAM, 2008).	172

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Relação dos princípios do projeto sustentável (adaptado de KIM e RIGDON, 1998). .....	34
<b>Tabela 2:</b> Relação dos métodos referentes ao princípio 1 (uso racional de recursos) do desenho sustentável – (adaptado de KIM e RIGDON, 1998) .....	34
<b>Tabela 3:</b> Relação dos métodos referentes ao princípio 2 (ciclo de vida do edifício) do projeto sustentável (adaptado de KIM e RIGDON, 1998). .....	44
<b>Tabela 4:</b> Relação dos métodos referentes ao princípio 3 (projeto humanizado) do projeto sustentável (adaptado de KIM e RIGDON, 1998). .....	44
<b>Tabela 5:</b> Tabela resumo com os principais aspectos metodológicos que caracterizam os procedimentos LEED™ e HQE® .....	65
<b>Tabela 6:</b> Os oito princípios da abordagem HQE® (adaptado de HETZEL, 2003). .....	70
<b>Tabela 7:</b> Quadro resumo dos alvos ambientais do referencial HQE® (Fonte: adaptado de WEKA apud BARROSO-KRAUSE, 2005 e HETZEL, 2003). .....	74
<b>Tabela 8:</b> Informações a coletar relativas ao foco da implantação (adaptado de WEKA, 2003). .....	84
<b>Tabela 9:</b> Matriz de análise ambiental ADDENDA (2009). .....	85
<b>Tabela 10:</b> Matriz de análise para diagnóstico do sítio, adaptada da metodologia ADDENDA (2009) para pesquisa com parâmetros priorizados e hierarquização dos alvos contemplados no estudo de caso. ....	86
<b>Tabela 11:</b> Síntese demográfica do município de Pão de Açúcar – AL (IBGE, 2007). .....	92
<b>Tabela 12:</b> Alguns exemplares arquitetônicos encontrados em Pão de Açúcar – AL (Fonte imagens: autora, 2008/2009). .....	101
<b>Tabela 13:</b> Algumas espécies importantes presentes na paisagem natural da cidade de Pão de Açúcar – AL (EMPRABA, 2005). .....	106
<b>Tabela 14:</b> Radiação solar média mensal para Pão de Açúcar – AL (ELETROBRÁS, 2008). .....	109
<b>Tabela 15:</b> Relação percentual entre o número de horas de insolação medidas e o número de horas possíveis calculados para o município de Pão de Açúcar – AL (INMET, 2002). .....	110
<b>Tabela 16:</b> Nível Critério de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB (A) (Fonte: adaptado da NBR10151/2000). .....	120
<b>Tabela 17:</b> $L_{Aeq}$ para os pontos medidos e a relação com o NCA, nas medições realizadas segunda-feira (destaque em cinza para os valores que ultrapassaram o NCA definido na tabela. ....	122
<b>Tabela 18:</b> $L_{Aeq}$ para o ponto 3 em todos os horários de medição. ....	122
<b>Tabela 19:</b> Resumo das medições realizadas sexta feira, para todos os pontos. ....	123
<b>Tabela 20:</b> Média do número de horas de luz disponível para o município de Pão de Açúcar – AL (INMET, 2008). .....	126
<b>Tabela 21:</b> Dados para sistema de esgoto e coleta de lixo no município de Pão de Açúcar – AL (MME, 2005). .....	129
<b>Tabela 22:</b> Dados para destinação dos rejeitos no município de Pão de Açúcar – AL (IMA, 2007)...	130
<b>Tabela 23:</b> Principais níveis de impactos ocasionados por empreendimentos (FCAV, 2007). .....	134
<b>Tabela 24:</b> Matriz relacional adaptada dos parâmetros de arquitetura da metodologia ADDENDA e código de edificações x alvos ambientais Referencial técnico HQE® (adaptado de Zambrano, 2004 e GPAS/PROARQ, 2008). .....	174

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Consumo energético mundial (MULFARTH, 2002).....	35
<b>Gráfico 2:</b> Percentuais de uso final de energia em consumidores residenciais, no Brasil (PROCEL, 2005). .....	36
<b>Gráfico 3:</b> Consumo de água para operação de edificações no Brasil e a distribuição do consumo por função atendida em habitação unifamiliar (FONTE: ANA, 2008).....	41
<b>Gráfico 4:</b> Gráfico resumo referente aos dados de radiação e insolação para Pão de Açúcar (INMET, 2002). .....	109
<b>Gráfico 5:</b> Média das temperaturas do ar em série histórica de 10 anos para o município de Pão de Açúcar – AL (INMET, 2008). .....	111
<b>Gráfico 6:</b> Variação da temperatura média do ar ao longo do dia em Pão de Açúcar – AL (INMET, 2008). .....	111
<b>Gráfico 7:</b> Médias mensais da umidade relativa para o município de Pão de Açúcar – AL sobreposta ao índice de precipitação (INMET, 2008). .....	112
<b>Gráfico 8:</b> Superposição das médias horárias para temperatura e umidade relativa do ar em Pão de Açúcar – AL (INMET, 2008). .....	112
<b>Gráfico 9:</b> Representação gráfica dos dados meteorológicos referentes à frequência e direção dos ventos em todos os meses do ano para 0h, madrugada; (série histórica de 10 anos) (INMET, 2008). .....	113
<b>Gráfico 10:</b> Representação gráfica dos dados meteorológicos referentes à frequência e direção dos ventos em todos os meses do ano para 12h; (série histórica de 10 anos) (INMET, 2008).....	113
<b>Gráfico 11:</b> Representação gráfica dos dados meteorológicos referentes à frequência e direção dos ventos em todos os meses do ano para 18h; (série histórica de 10 anos) (INMET, 2008).....	114
<b>Gráfico 12:</b> Representação gráfica da média da velocidade do vento ao longo do ano (série histórica de 10 anos) (INMET, 2008). .....	114
<b>Gráfico 13:</b> Médias históricas (série de 10 anos) de precipitação e evaporação para o município de Pão de Açúcar – AL (SEMARHN/AL, 2007).....	116
<b>Gráfico 14:</b> Médias históricas anuais (série de 13 anos) de precipitação e evaporação para o município de Pão de Açúcar – AL (SEMARHN/AL, 2007). .....	117
<b>Gráfico 15:</b> a. Dados da radiação solar média PAR. b. valores referentes à iluminância e número de horas de luz disponível por dia em Pão de Açúcar – AL (ATLAS SOLARIMÉTRICO DE ALAGOAS, 2008). .....	126
<b>Gráfico 16:</b> Origem da água utilizada nas edificações do município de Pão de Açúcar – AL (MME, 2005). .....	127
<b>Gráfico 17:</b> Uso das águas subterrâneas no município de Pão de Açúcar – AL (MME, 2005).....	129
<b>Gráfico 18:</b> Resumo dos dados climáticos para Pão de Açúcar – AL (INMET, 2007). .....	149
<b>Gráfico 19:</b> Médias mensais de radiação solar e horas de insolação para Pão de Açúcar (INMET, 2008). .....	151
<b>Gráfico 20:</b> Temperatura neutra mensal para Pão de Açúcar – AL.....	152
<b>Gráfico 21:</b> Diagrama bioclimático com as médias horárias mensais para a cidade de Pão de Açúcar – AL (KOENIGSBERGER, 1977). Gráfico 22: Médias horárias da velocidade de vento para cidade de Pão de Açúcar – AL – dados da meteorologia. ....	153

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil.
<b>ADEME</b>	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (Agency for Environment and Energy Management), França.
<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas.
<b>AQUA</b>	Alta Qualidade Ambiental
<b>ARENE</b>	Agence Régionale de l'Environnement et lês Nouvelles Énergie, França.
<b>ASHRAE</b>	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Estados Unidos.
<b>ATEQUE</b>	Atelier Technique pour l'Evaluation de la Qualité Environnementale des Bâtiments, França.
<b>BEE</b>	Building Environment Efficiency, Japão (ref. CASBEE).
<b>BEPAC</b>	Building Environmental Performance Assessment Criteria, Canadá.
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desenvolvimento.
<b>BRE</b>	Building Research Establishment, Reino Unido.
<b>BREEAM</b>	Building Research Establishment Environmental Assessment Method.
<b>CASBEE</b>	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, Japão.
<b>CEPAL</b>	Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe.
<b>CIB</b>	International Council for Research and Innovation in Building and Construction, Holanda.
<b>CMMAD</b>	Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento.
<b>CSTB</b>	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, França.
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Agropecuária.
<b>EPE</b>	Empresa de Pesquisa Energética.
<b>GBC</b>	Green Building Challenge.
<b>HK-BEAM</b>	Hong Kong Building Environmental Assessment Method, China.
<b>HQE</b>	Haute Qualité Environnementale.
<b>IBAM</b>	Instituto Brasileira de Administração Municipal.
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasil.
<b>INMET</b>	Instituto Nacional de Meteorologia.
<b>IMA</b>	Instituto do Meio Ambiente.

<b>OS</b>	International Organization for Standardization.
<b>LCA</b>	Life-Cycle Analysis (Análise do ciclo de vida).
<b>Leq</b>	Nível de ruído equivalente.
<b>L10</b>	Nível de ruído que é ultrapassado em 10% do tempo total de medição.
<b>L90</b>	Nível de ruído que é ultrapassado em 90% do tempo total de medição.
<b>MME</b>	Ministério de Minas e Energia.
<b>LEED</b>	Leadership in Energy and Environmental Design, Estados Unidos.
<b>NABERS</b>	The National Australian Buildings Environmental Rating System.
<b>NCA</b>	Nível de Critério de Avaliação.
<b>OECD</b>	Organisation for Economic Co-operation and Development.
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas.
<b>PROCEL</b>	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Brasil.
<b>PNUD</b>	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.
<b>PNUMA</b>	Programa das Nações Unidas para Meio Ambiente.
<b>PUCA</b>	Plan Urbanisme Construction et Architecture, França.
<b>QEB</b>	Qualité Environnementale du Bâtiment.
<b>REO</b>	Registre Environnementale de l'Opération.
<b>SEMARHN – AL</b>	Secretaria Executiva de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Naturais do estado de Alagoas.
<b>SETAC</b>	Society for Toxicology and Chemistry, Bélgica/ Estados Unidos.
<b>SINDUSCON</b>	Sindicato da Indústria da Construção Civil, Brasil.
<b>SMO</b>	Système de Management d'Opération.
<b>TBE</b>	Tableau de Bord Environnementale.
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme.
<b>UNESCO</b>	Organização das Nações Unidas para a educação, ciência e cultura.
<b>USGBC</b>	United States Green Building Council, Estados Unidos.
<b>WRI</b>	World Resources Institute.
<b>WWF</b>	World Wide Fund for nature (World WildlifeFund).

## INTRODUÇÃO

O presente trabalho se insere nas discussões das temáticas sobre conforto ambiental, eficiência energética e sustentabilidade em edificações, com foco nos instrumentos metodológicos para avaliação da sustentabilidade em espaços construídos, e auxílio à concepção ao projeto de arquitetura. O documento está composto por uma introdução e três partes principais. Nesta introdução consta uma apresentação concisa dos principais fundamentos teóricos relevantes ao estudo dos indicadores de sustentabilidade, bem como descrição do objeto de pesquisa, principais justificativas do trabalho e seus objetivos, a fim de proporcionar uma compreensão geral do conteúdo da dissertação. Os assuntos expostos nessa seção serão tratados com mais profundidade em capítulos específicos. Descrevem-se ainda os procedimentos metodológicos a serem utilizados para alcançar o objetivo proposto e ao fim, uma estrutura sumarizada do documento.

### Contextualização da temática

A presença do homem na Terra sempre esteve guiada por sua intrínseca relação com o Meio Ambiente natural. Essa inserção, na constante busca por abrigo e sobrevivência, por muito tempo, se deu de forma harmônica e simbiótica. Porém, vários foram os eventos históricos que modificaram tal relação (FREIRE, 1992).

Acredita-se que foi a partir do amadurecimento da Cultura e do desenvolvimento da *Técnica*, instrumento mediador entre o Homem e a Natureza (como síntese de conhecimentos e saber, empíricos ou baseados na ciência), que foi possível ao homem atuar como importante interventor no seu ecossistema (SANTOS, 2007; FREIRE, 1992). O geógrafo Milton Santos (1997) observa que a evolução cultural e de domínio da técnica possibilita uma progressiva ruptura na relação existente entre o homem e o meio ambiente natural. Esse processo acelera-se, sobretudo quando se inicia a mecanização no Planeta, com o ser humano detendo diferentes tipos de instrumentos e técnicas para modificar e utilizar a natureza em seu benefício.

A partir da segunda metade do século XVIII, a Revolução Industrial solidificou essa mudança de comportamento do homem frente à natureza. Esse advento técnico-científico alterou não apenas a forma de trabalho, mas também conceitos e valores, encaminhando a sociedade a uma nova conformação. A fase inicial do evento testemunhou um desenvolvimento fenomenal da aplicação da maquinaria, bem como, de novas fontes de energia, lançando os alicerces da civilização mecânica moderna e atual. A população crescente, rapidamente tornou-se urbanizada e a idéia de

desenvolvimento<sup>1</sup> passa a ser entendida, especialmente por sua dimensão econômica, favorecida pelo progressivo crescimento tecnológico, fundamentado no acúmulo de capital e no uso indiscriminado dos recursos naturais disponíveis. Lefèbvre (2002) enfatiza que hoje não só a natureza tem sido devastada pela industrialização e pela urbanização, mas que bens naturais e indispensáveis, antes abundantes, têm-se tornado cada vez mais raros, a exemplo do ar puro e da água limpa.

O modelo de desenvolvimento fundamentado apenas no crescimento econômico, todavia, vai de encontro a uma crise situada nas suas origens propulsoras. A crescente escassez de muitos recursos naturais, tidos como infinitos durante décadas de desenvolvimento sem a preocupação ambiental inserida em sua configuração, é evidenciada com a crise energética da década de 1970. O alerta de tal crise possibilitou a elaboração de diversos estudos que corroboraram com um possível conflito entre o atual modelo de progresso econômico e meio ambiente, a exemplo do polêmico relatório produzido em 1972 contendo o estudo sobre os *Limites do Crescimento*<sup>2</sup>. Esse documento demonstra os limites físicos da Terra, em matéria de crescimento demográfico, poluição ambiental, esgotamento de recursos naturais e qualidade de vida das pessoas; em decorrência de alguns séculos de impactos gerados por diferentes atividades humanas. Caso essa condição de desenvolvimento permanecesse, haveria o risco de mudanças irreversíveis na estabilidade ecológica do planeta (MEADOWS, 1972). Um dos fatores de destaque desse estudo foi o espantoso crescimento demográfico, verificado nos anos que sucederam o fim da Revolução Industrial. Em 1850, o planeta tinha 1 bilhão de habitantes (WILHEIN, 1979). Em 2000, a população mundial foi estimada em 6 bilhões de pessoas (WORLD BANK, 2001). Esse crescimento aumentou, exacerbadamente, as demandas sobre os recursos naturais (água, energia, alimento e insumos), bem como favoreceu o despejo cada vez maior de resíduos sólidos no meio ambiente.

A busca por um novo paradigma encaminhou as nações a reverem os conceitos de desenvolvimento e a buscarem um novo modelo, movimento que adquiriu caráter de relevante importância no cenário mundial. A Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1991), propagava a necessidade de proteção ao meio

---

<sup>1</sup> Trata-se de um conceito amplo e complexo. Sua formulação teórica possui diferentes conotações conforme o campo do saber científico, filosófico e momento histórico. Algumas conjecturas serão apresentadas e discutidas na revisão documental – primeiro capítulo deste trabalho, antecedendo e possibilitando uma melhor compreensão da temática em estudo.

<sup>2</sup> Estudo realizado pelo Clube de Roma, criado em 1968, fundado e formado por grupo de cientistas italianos e americanos, com base na metodologia de Jay Forrester – autor de *Sistemas dinâmicos* que promoveu as primeiras modelagens computacionais das complexas interações entre economia, população e ecologia (CAVALCANTE, 1998).

ambiente como uma questão de sobrevivência para todos. Presidida por Bruntland<sup>3</sup>, a comissão concluiu que, “para satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer suas necessidades”, a proteção ao meio ambiente e o crescimento econômico deveriam ser abordados como uma única questão (CMMAD, 1991). Tratava-se, pois, da instauração de novas estruturas de governança global, alicerçadas em visão compartilhada de metas e responsabilidades, mudança de comportamento e valores da sociedade.

O conceito de sustentabilidade se solidifica, então, no âmbito da Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, *RIO-92*, proposto ao mundo pela Organização das Nações Unidas, a partir do desafio de tornar o desenvolvimento mais sustentável. Associada à idéia de desenvolvimento, as conotações mais usuais da sustentabilidade são as de construir um futuro sólido para alcançar progresso prolongado, durável e com responsabilidade ambiental (STEELE, 1997). Por ser um termo complexo, na sua própria evolução compreende-se uma série de aspectos conceituais, estreitamente relacionados. Nesse sentido, Sachs (1993) sugere uma sistematização baseada em cinco dimensões que, segundo o autor, necessitam ser equilibradamente consideradas em qualquer modelo de desenvolvimento que se propõe sustentável: racionalidade **econômica**, prudência **ecológica**, compromisso **político**, justiça **social** e respeito às especificidades e necessidades humanas conforme a **cultura** de cada lugar (SACHS, 1993).

No entanto, a aplicação desse novo conceito, seu enquadramento teórico e abrangência interdisciplinar têm sido causa de importantes conflitos; quer seja no seu emprego prático nas atividades humanas, na banalização do termo ou no conflito interno da sua formulação original. Algumas discussões pertinentes à temática e às suas dimensões abarcadas – mesmo não sendo objetivo final deste trabalho – serão melhor abordadas na seção 1.3 do trabalho, com intuito de suscitar alguns questionamentos, como parte do embasamento teórico para a pesquisa proposta.

### **Problemática, objeto de estudo e justificativa**

Analisando o modelo de desenvolvimento predominante nos últimos séculos, sob o ponto de vista do espaço construído no Brasil, pode-se observar um crescimento urbano que se deu muito rápido. Em 50 anos, um país que era quase integralmente rural, no final do século XX já se apresentava 80% urbanizado (IBGE, 2001). O

---

<sup>3</sup> Gro Harlem Bruntland é diplomata norueguesa, líder internacional nas discussões sobre o desenvolvimento sustentável e saúde pública.

crescimento acelerado e desprovido de planejamento adequado de muitas cidades proporcionou uma igualmente rápida deterioração do ambiente natural e urbano, e da qualidade de vida da população.

O ambiente urbano, compreendido por construções, serviços e transportes, consome hoje mais de 50% das fontes mundiais de energia, e contribui significativamente, na emissão de gases responsáveis pelas mudanças climáticas; consumindo grande parte da matéria prima natural existente no planeta (YEANG, 1999).

No âmbito da arquitetura, o processo de globalização intensificou um comportamento ditado por uma produção massiva e universalista que tem ignorado peculiaridades regionais, seja do ponto de vista ambiental ou sócio-cultural. A disseminação de um modo globalizado de construir e a padronização da arquitetura têm resultado em importantes impactos ao meio ambiente natural e ao próprio usuário. A razão disso é atribuída, sobretudo, à ausência de planejamento criterioso, de adequação do espaço projetado ao seu entorno e as características do clima do meio em que se insere, agredindo o meio ambiente, repercutindo em dispendioso consumo energético e trazendo prejuízos, especialmente, às condições de conforto e salubridade do homem no seu habitat. Reconhece-se que a construção civil é, portanto, uma das atividades humanas de maior impacto no meio ambiente. A operação de edifícios consome cerca de 50% do consumo total de energia do Brasil (WRI, 2001), e esta participação é crescente (LAMBERTS; WESTPHAL, 2000).

Conforme Zepeda (2008), o principal responsável por esse cenário, não tem sido somente a falta de recursos materiais ou financeiros, mas o inadequado manejo e aplicação dos conceitos de planejamento e projeto, assim como a falta de organização e consciência das comunidades para assumir atitudes compatíveis com as necessidades com as quais se defrontam.

Assim sendo, observa-se cada vez mais a necessidade do debate acerca de como o desenvolvimento, no âmbito dos espaços construídos, urbano e arquitetônico, deve ser encaminhado, tendo em vista a manutenção do ecossistema natural e o acesso de todos a uma adequada qualidade de vida (BARROS, 2008). Com base nessa constatação, alguns acordos, tratados e convenções internacionais vêm sendo elaborados, visando proporcionar uma mitigação dos impactos ambientais causados pelas diferentes atividades humanas, dentre elas a construção civil. Importantes frutos dessas discussões são documentos, tais como, a Agenda 21, a Agenda 21 para a Construção Sustentável e a Agenda Habitat. Destaca-se nesses exemplares, a

compreensão de que a concepção e a produção do espaço habitado amparadas pelos preceitos da sustentabilidade apresentam-se como importantes formas alternativas para reduzir os impactos e aumentar a qualidade ambiental dos edifícios.

No entanto, sabe-se que a produção do espaço construído envolve uma ampla gama de diferentes aspectos, estreitamente relacionados. Do ponto de vista da preocupação ambiental, a integração dos diversos critérios envolvidos no processo de concepção e projeto da arquitetura pode ser, portanto, bastante complexa. Uma parte dessa dificuldade diz respeito ao seu vasto campo interdisciplinar, bem como à diferença existente entre a abordagem globalizada em detrimento das agendas ambientais específicas de cada local (WEKA, 2003). Nesse sentido, iniciativas privadas e institucionais de diversos países desenvolvidos propuseram instrumentalizar algumas de suas instâncias.

Destaca-se a construção de indicadores, elaborados no intuito de mensurar os impactos causados pela construção civil no meio ambiente. Esses indicadores seriam utilizados para realizar diagnósticos, definir índices de referência, prioridades de atuação, elaborar programas e projetos, avaliar o desempenho de uma atividade e direcionar investimentos. Essas ações demandam um referencial de parâmetros para guiar a prática nesse sentido (SATTLER, 2007).

### ***Sobre o referencial de análise***

Estudos recentes de âmbito internacional têm sido realizados no sentido de construir instrumentos metodológicos baseados em abordagem multicritério para agrupamento e sistematização dos indicadores da sustentabilidade. Esses instrumentos visam à avaliação de desempenho e auxílio à concepção de objetos arquitetônicos para aumentar a qualidade ambiental nas construções. Várias instituições, organizações e centros de pesquisa vêm organizando listagens com critérios e indicadores de referência para avaliação ambiental de projetos e construções, bem como, *softwares* que auxiliam os profissionais em escolhas mais sustentáveis, classificação de projetos e certificações ambientais.

Grande parte dessas abordagens visa classificar, dentre outros, o desempenho das edificações em relação à incorporação de critérios de sustentabilidade ambiental, tais como desempenho higrotérmico, visual, acústico, energético, de consumo e gestão de água, energia, manejo de resíduos, entre outros; medidos através de um sistema de pontuação, cujos pesos e critérios são específicos de cada indicador (MONTES,

2005); atribuindo-se, ao final, um determinado grau de ecoeficiência e qualidade ambiental para o projeto e/ou construção.

Podem-se destacar sistemas de avaliação ambiental em edificações, com ampla disseminação mundial, tais como o norte-americano LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*), o britânico BREEAM® (*Building Research Establishment for Environmental Assessment Method*) e o referencial francês HQE® (*Haute Qualité Environnementale*). Todos emergem na década de 90, no contexto de compromisso ambiental estabelecido como metas pelas agendas documentadas no âmbito do grande encontro da Terra, no Rio de Janeiro, em 1992. A maioria desses sistemas, a exemplo dos supracitados, baseiam-se no conceito de Análise do Ciclo de Vida (LCA)<sup>4</sup>, que permite uma avaliação abrangente compreendendo as diversas etapas envolvidas no processo das construções, desde a concepção até operação das edificações.

Gowri (2005) classifica os diversos tipos de sistemas de avaliação em três diferentes categorias: ferramentas de concepção, ferramentas de análise de desempenho e ferramenta para avaliação de edifícios ditos “verdes”.

Ao primeiro grupo corresponde aos que disponibilizam manuais de projeto, informações de base, diagnóstico de necessidades e referências para projeto, tais como os disponíveis pelo BREEAM e HQE®. O segundo compreende os que adotam o procedimento da análise do ciclo de vida, análises de desempenho quantitativo, além de qualitativo, bem como, ferramentas de simulação para avaliar desempenhos específicos ou de todo o edifício, a exemplo do japonês CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*). O terceiro grupo compreende os que fornecem a avaliação do grau de desempenho relacionado diretamente à atribuição de selos e certificações ambientais ou de sustentabilidade ambiental, tal como faz o norte-americano LEED™ (GOWRI, 2005).

Zambrano (2008) destaca o HQE® entre os demais, ressaltando que o referencial técnico francês apresenta como objetivo principal o auxílio às diferentes etapas da concepção projetual (além de ter, eventualmente, o objetivo adicional da certificação, como uma opção voluntária). Os demais objetivam a avaliação e certificação, e o auxílio ao projeto é citado como objetivo suplementar (estas questões serão melhor

---

<sup>4</sup> LCA, *Life Cycle Analysis* consiste no “processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, através da identificação e quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais. Inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo a extração e o processamento de matérias-primas; manufatura, transporte e distribuição; uso, reuso, manutenção; reciclagem e disposição final” (SETAC, 1991)

abordadas no capítulo 4 deste documento). Na metodologia da abordagem francesa em questão, considera-se todo o processo de concepção e uso e, não apenas o saldo final dos impactos gerados. Sendo assim, possibilita uma avaliação mais criteriosa e subjetiva, pois considera, prioritariamente, o usuário como elemento central na edificação avaliada (HETZEL, 2003). O procedimento baseia-se num conjunto de quatorze alvos ambientais, agrupados em quatro grandes grupos: construção, gestão, conforto e saúde, que devem ser priorizados e hierarquizados no início do projeto, na etapa de programa, sendo também objeto de controle nas etapas posteriores até a construção e ocupação da edificação (ZAMBRANO, 2008).

A veiculação do referencial é atribuída a diferentes atores devidamente credenciados pelo governo francês e que são responsáveis pela alta qualidade ambiental com ênfase em algum tema mais específico. Alguns deles são a PUCA (urbano), ADEME (energético), e o próprio CSTB, órgão oficial responsável pelas auditorias e pela concessão da *Démarche HQE*®.

Como o HQE® resulta em um referencial bastante extenso e complexo, algumas ferramentas foram criadas para facilitar a aplicação e compreensão do referencial e auxiliar com parâmetros mais próximos da abordagem arquitetônica na concepção de projetos, “permitindo ao projetista adaptar a lógica ambiental e integrá-la ao seu próprio modo de concepção” (ADDENDA, 2004). De acordo com a metodologia ADDENDA®, a abordagem HQE® é analisada por meio de quatro diferentes problemáticas de concepção: Implantação, morfologia, materialidade e espacialidade (WEKA, 2003).

No contexto do presente trabalho, a metodologia ADDENDA® servirá como ferramenta para guiar/balizar a análise do contexto particular da cidade, do estudo de caso em questão, situado ao semi-árido brasileiro. Como se trata de uma primeira análise do lugar, realizou-se um recorte no procedimento compreendido pela problemática de concepção – implantação – cuja finalidade é uma avaliação preliminar visando subsidiar a fase de concepção/programação de projetos dirigidos a uma determinada localidade. Caracteriza-se pelo exame sistemático das características, potencialidades, fragilidades do lugar, coletando dados, a partir do ponto de vista das três dimensões que envolvem o procedimento: ambiental, econômica e sócio-cultural. A integração de todas essas dimensões é primordial para uma avaliação mais próxima da realidade de países em desenvolvimento, a exemplo do Brasil.

A construção de infra-estrutura e habitações, por exemplo, é uma demanda social fundamental na agenda de qualquer país em desenvolvimento. Segundo o Ministério

das Cidades, 77% das construções brasileiras são “auto-geridas”, construídas sem participação de construtores ou agentes públicos, a exemplo das favelas, e os espaços urbanos desprovidos de planejamento, assentados sem critérios, e para isso, devem existir soluções específicas para que este tipo de construção seja mais sustentável (SILVA, 2003). Conforme o BID<sup>5</sup>, na América Latina apenas de 5 a 10% do esgoto é tratado (FOSTER, 1996 apud SILVA, 2001), implicando em poluição das reservas aquáticas e 16 e 24% das rodovias estão para ser pavimentadas (CEPAL, 2000 e BANCO MUNDIAL, 2000). Em países desenvolvidos, problemas sociais como informalidade, irregularidade fundiária, carência de infra-estrutura básica, saneamento, já foram erradicados há alguns anos ou já não são tão relevantes. Os procedimentos de avaliação ambiental em edificações, nesses países, acabam concentrando-se muito mais no aspecto ecológico e em demandas particulares, que em problemáticas sócio-econômicas e culturais (JOHN, 2007).

Silva (2003) afirma ser fundamental, para isso, a coleta de dados e acúmulo de experiência a partir de agendas regionais e locais no intuito de diagnosticar os principais problemas e carências, direcionando de forma coerente esforços para mitigar os impactos ambientais dentro de cada realidade. Estudos nessa direção foram desenvolvidos por Sattler (2007), que aponta para utilização dos indicadores existentes como um instrumento valioso para aproximação de um contexto específico, capturando a dinâmica de sua realidade.

Evidencia-se, portanto, a importância de instrumentos metodológicos, como o referencial HQE®, que possibilitam a avaliação prática do grau de sustentabilidade, seja como indicador do desempenho ambiental em edificações, seja para guiar futuros projetos mais sustentáveis. O levantamento criterioso dos recursos naturais e dos objetos construídos, especialmente nas cidades em vias de desenvolvimento e planejamento, pode favorecer a adoção dos princípios da sustentabilidade, tendo em vista a viabilidade econômica, as limitações do meio ambiente e as necessidades da sociedade.

Diante desse contexto, o foco do estudo se coloca na construção e proposta de diretrizes arquitetônicas sustentáveis para intervenção no espaço construído a partir da avaliação das potencialidades e dificuldades existentes na cidade de Pão de Açúcar – AL, situada no contexto do semi-árido do estado de Alagoas.

---

<sup>5</sup> Banco Interamericano de Desenvolvimento.

### **O contexto geográfico**

A Região Nordeste ocupa cerca de 20% do território brasileiro, com uma área de 1.561.177,8 km<sup>2</sup> (IBGE, 2005) de uma ampla e diversa gama de peculiaridades que conjugam distintos aspectos de ordem ambiental, sócio-econômica e cultural.

No que tange ao aspecto ambiental, Nimer (1979) classifica o Nordeste brasileiro como uma das climatologias mais complexas do mundo, devido à irregularidade espacial e temporal na distribuição de chuvas. Como consequência desse fenômeno é possível encontrar na região Nordeste do Brasil desde o clima super-úmido, característico das zonas litorâneas, até o clima seco quase desértico do sertão<sup>6</sup>: o *semi-árido* (NIMER, 1979), objeto de estudo deste trabalho.

O clima tropical semi-árido brasileiro caracteriza-se, predominantemente, pela ocorrência de amplitudes significativas de temperatura diária e sazonal, e de grandes massas de ar quentes, condutoras de poeira. Este clima, também denominado “quente-seco”, apresenta duas estações bem distintas: um longo período de seca e um curto período de chuva, radiação direta intensa e baixo teor de umidade relativa do ar (ROMERO, 1988).

A região do semi-árido abrange nove estados brasileiros e corresponde a 86,48% dos estados do nordeste. Em Alagoas, 12.686,9 km<sup>2</sup> do seu território, equivalente a 38 municípios estão compreendidos na espacialidade do semi-árido, com uma população de 838.740 habitantes (IBGE, 2005). De acordo com a nova delimitação do semi-árido regulamentada no ano de 2005, o estado de Alagoas possui 38 dos seus 102 municípios inseridos na região sertaneja (Figura 2). A classificação foi baseada no reconhecimento de que não é apenas a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas sua má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, resultando no fenômeno da seca, a qual periodicamente assola a população da região (MME, 2005).



**Figura 1:** Paisagens típicas do semi-árido nordestino (Fontes: LOPES, 2009; autora, 2007).

<sup>6</sup> O nordeste está dividido por 4 sub-regiões geográficas: Zona da mata (litoral), Agreste, Sertão e Meio Norte. “Sertão” consiste em denominação para região de clima tropical semi-árido.

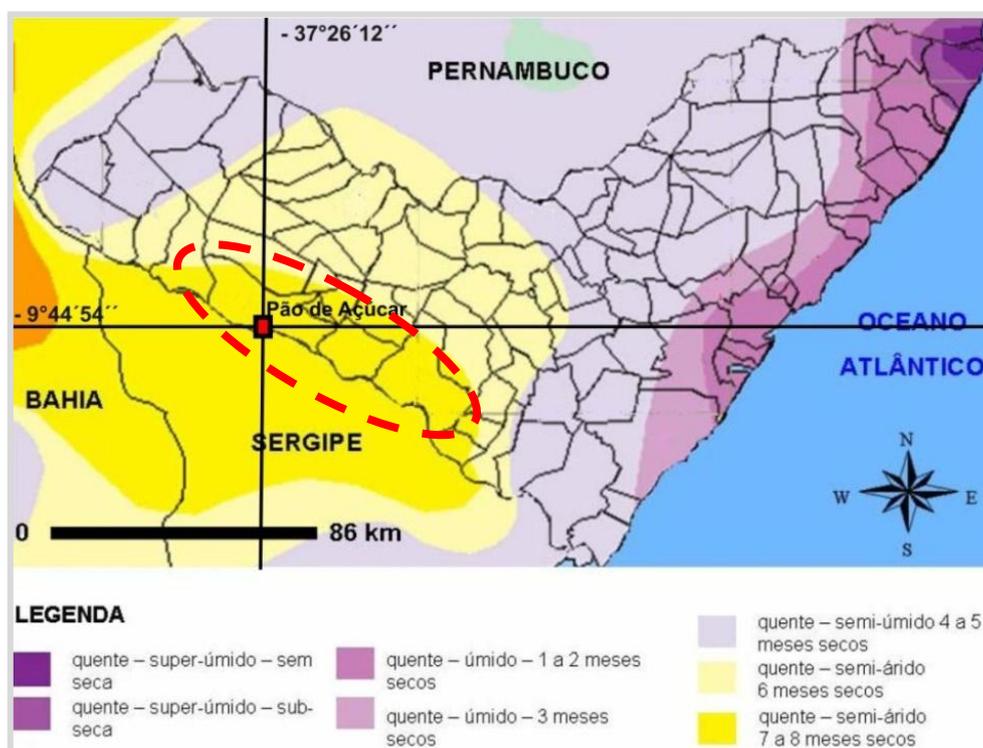
Caldas (2004) sugere que a diferença preponderante existente entre o semi-árido brasileiro e outras paisagens assemelhadas no mundo, onde os problemas de desenvolvimento são atribuídos aos condicionantes naturais (especificamente quanto aos definidos pelas estiagens), deve-se muito à forma com que a população e o poder público têm lidado com a questão. Mesmo submetida a um regime climático marcado por secas mais intensas em intervalos distanciados de anos, o fenômeno do flagelo social aparece tão ou mais intenso do que em qualquer região com semelhantes condicionantes climáticos (NEUFERT, 1998). O autor exemplifica, ressaltando que “em outras regiões do mundo, onde chove muito menos que no Nordeste brasileiro, como na Califórnia (EUA) ou em Israel, não se evidenciam tantos ‘flagelados de seca’.”



**Figura 2:** Delimitação do semi-árido brasileiro (Fonte: MI, 2005).

Para definir uma localização que fosse representativa dessa condição, no presente trabalho, foram adotados dois principais critérios de seleção: a representatividade geográfica do município no contexto do semi-árido – para isso considerou-se o índice de aridez em que se baseia o IBGE; e a existência de estações meteorológicas (automáticas ou convencionais), cujos dados pudessem ser disponibilizados, a fim de viabilizar o estudo. Dos 38 municípios sertanejos situados ao estado de Alagoas, agrava-se ainda a situação em que se encontram 9 deles que podem ser identificados,

conforme classificação do IBGE (2005), como um semi-árido com maior número de meses secos, de 7 à 8 meses (Figura 3). Em que pese a representatividade físico-climática dos 9 municípios alagoanos situados na região semi-árida, com situação mais desfavorável no que concerne ao rigor climático, a única localidade nesse recorte que possibilitou o atendimento a condição de pesquisa quanto a disponibilidade de dados, foi o município de Pão de Açúcar. Pão de Açúcar está situado a 9°44'54" de latitude sul e 37°26'12" de longitude oeste, localizado na porção centro-oeste do Estado de Alagoas e a 239 km da capital do estado, Maceió. Sua área municipal ocupa 659,12 Km<sup>2</sup> (2,37% de AL) e está inserida na meso região do Sertão Alagoano, a uma altitude aproximada de 19m (IBGE, 2008). A sede do município encontra-se às margens do Rio São Francisco.



**Figura 3:** Mapa de climas para o estado de Alagoas (fonte: adaptado IBGE, 2005).

Afora a definição climática, aferem-se ainda alguns aspectos preponderantes do ponto de vista sócio-econômico da região. Em relação ao índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDH-M) o município de Pão de Açúcar ocupa a 21ª posição em Alagoas e a 4.415ª posição no Brasil (PNUD, 2000). O índice de pobreza (percentual da população que possui renda domiciliar per capita inferior a meio salário mínimo) corresponde a cerca de 70%. Tal quadro demonstra a elevada desigualdade social característica dos municípios com maior índice de pobreza do Nordeste: cerca de 20% apresentaram uma intensidade de pobreza entre 62,5% e 75% no ano 2000 (PNUD, 2000). A desigualdade social e os baixos padrões de renda da maioria da população

sertaneja acabam afetando também as suas condições de moradia, já que limita o seu poder aquisitivo, tanto no processo inicial de produção do espaço quanto da sua operação. Dificulta, também, o acesso a alguns bens duráveis, a exemplo dos aparelhos de ar condicionado, existentes em apenas 7,5% dos domicílios brasileiros (IBGE, 2003). Deve-se então buscar alternativas mais econômicas para a melhoria da qualidade ambiental das edificações residenciais, o que pode se tornar possível por meio da adequação da arquitetura ao clima local, do uso de estratégias passivas de condicionamento (BATISTA, 2006), do uso de materiais regionais, aproveitamento de fontes renováveis de energia e adequada gestão dos recursos disponíveis.

Haja vista a problemática socioambiental exposta, observa-se a necessidade de direcionar atenção e esforços no debate de como o desenvolvimento dessas localidades pode ser conduzido, baseando-se no seu planejamento ambiental mais sustentável. Busca-se, assim, de posse do instrumental metodológico, nesse caso baseando-se nos alvos da abordagem francesa, ter uma visão integradora e sistêmica, definindo o melhor aproveitamento do espaço físico e dos recursos naturais, economia de energia, alocação e priorização de recursos para as suas necessidades mais prementes.

À luz disso, o presente trabalho busca ampliar o exame das potencialidades e fragilidades ambientais da cidade de Pão de Açúcar, a partir do levantamento das suas variáveis climáticas, dos recursos naturais disponíveis, das legislações locais e zoneamentos, para guiar a prescrição de diretrizes e estratégias voltadas para o espaço construído da cidade. Ciente da ampla gama de variáveis envolvidas no referencial e da importância da integração de todas elas, o trabalho contextualizará todos os domínios abordados, contudo priorizará a abordagem de alguns temas reconhecidos por apresentar maior relevância para localidade. Dos 14 grandes domínios (também chamados de alvos ambientais) do referencial, serão enfatizados: a morfologia do sítio, a gestão da água e da energia, o conforto higro-térmico e acústico.

## **Objetivos**

A pesquisa possui como objetivo geral, realizar uma avaliação preliminar das demandas ambientais da cidade de Pão de Açúcar, situada na região semi-árida do estado de Alagoas, utilizando os parâmetros ambientais do referencial teórico francês sobre sustentabilidade em edificações – *démarche* HQE® - visando auxiliar no processo de elaboração de diretrizes mais sustentáveis para o código de edificações do lugar.

- *Objetivos específicos:*

- Realizar um estudo preliminar das demandas ambientais da cidade de Pão de Açúcar – AL, no semi-árido alagoano, guiado pelos parâmetros de avaliação ambiental contidos na metodologia francesa ADDENDA / HQE®.

- Propor diretrizes que auxiliem na elaboração do código de edificações mais sustentável para cidade de Pão de Açúcar – AL, a partir da análise guiada pelo referencial metodológico francês.

## **Metodologia**

A metodologia adotada consiste de uma pesquisa, aplicada<sup>7</sup> e descritiva partindo do método qualitativo com uma abordagem descrita por Lakatos *et al* (2003) como indutiva no campo das ciências sociais aplicadas, almejando alcançar considerações de ordem propositivas e práticas dirigidas à solução de problemas específicos, a partir do exame de um caso particular no recorte geográfico delimitado para investigação (SILVA; MENEZES, 2001).

Apoiada no estudo de Gil (2002), a presente pesquisa pode ainda ser classificada conforme os seguintes aspectos metodológicos:

- Em relação aos objetivos, concerne a uma pesquisa exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema, envolvendo para isso levantamento bibliográfico e a análise de exemplos que estimulem a sua compreensão. É próprio de uma pesquisa exploratória ser realizada em área cujo conhecimento seja ainda embrionário, onde existe pouco conhecimento acumulado e sistematizado (VERGARA apud BARROS, 2008). Este tipo de pesquisa pode ainda ser entendido como a primeira etapa de uma investigação mais ampla, com a finalidade de levantar informações para estudos futuros por meio de dados qualitativos.
- E, de acordo com os procedimentos técnicos, classifica-se como pesquisa bibliográfica, já que adota o método de pesquisa da documentação indireta, a qual busca inventariar dados sobre os assuntos relacionados ao tema deste trabalho. Dessa forma, obtêm-se informações através de fontes secundárias como livros, periódicos, artigos, teses e páginas eletrônicas produzidas por diversos autores que atuam na área de pesquisa em que se enquadra o presente estudo. A

---

<sup>7</sup> Segundo as autoras, trata-se de um tipo de pesquisa que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais.

literatura revisada procura sintetizar os aspectos mais pertinentes aos objetivos deste trabalho, sem, contudo, pretender-se a exaurir o tema, devido a sua abrangência e suas possíveis abordagens e inter-relações.

Assim sendo, para atender ao objetivo proposto no item anterior, o trabalho busca atender três etapas metodológicas principais:

- a) Formação de um referencial teórico sobre Desenvolvimento Sustentável e suas implicações no contexto do espaço construído, visando o embasamento teórico para o estudo proposto.
- b) Análise comparativa entre os dois principais conjuntos de indicadores de sustentabilidade utilizados no país: LEED™ e HQE®, identificando semelhanças e divergências, com foco no estudo do referencial HQE® e no método de abordagem ADDENDA®.
- c) Realização do estudo de caso:
  - c1. Definição, mapeamento e avaliação preliminar da cidade guiada pelos parâmetros de análise contidos na metodologia francesa ADDENDA e alvos ambientais do referencial HQE®.
  - C2. Proposição de diretrizes de projeto abalizadas pelos princípios da sustentabilidade socioambiental e pelos resultados obtidos na análise.

### **Estrutura da dissertação**

Como pôde ser visto no item anterior, o presente trabalho está organizado em três partes principais. A primeira apresentará uma ampla e contextualizada revisão da temática na qual o estudo está inserido: *Conforto Ambiental, Eficiência Energética e Sustentabilidade*, subdividida, por sua vez, em três capítulos. O primeiro capítulo abordará um pouco da gênese, história, principais conceitos e discussões pertinentes à idéia de Desenvolvimento e Sustentabilidade. Apresenta-se, especialmente nessa etapa, uma exposição conceitual do que já foi postulado e questionado sobre o assunto, a fim de suscitar reflexões e alicerçar os posteriores estudos e análises da pesquisa. Para isso, propõe-se uma discussão sobre pertinentes e conflitantes olhares acerca da idéia da sustentabilidade como novo modelo de desenvolvimento. Com intuito de contextualizar essa idéia ao campo maior de investigação da pesquisa que é o espaço construído e, sobretudo, a arquitetura, o segundo capítulo desenvolve-se a partir das principais sistematizações propostas, revisando, assim, as suas fundamentais dimensões relacionadas: ambiental, econômica e sociocultural. O

terceiro capítulo trata dos mais representativos referenciais metodológicos internacionais sobre sustentabilidade aplicados atualmente, tanto no contexto da prática quanto acadêmico, no âmbito da construção civil no Brasil, o referencial HQE® (*Haute Qualité Environmentale*) e LEED® (*Leadership in Energy and Environmental Design*) bem como, uma discussão breve dos seus principais objetivos, métodos e do processo de certificação ambiental por eles propostos.

No capítulo 4, propõe-se uma apresentação do referencial escolhido para análise e do instrumento metodológico associado a este referencial. O capítulo 5 apresenta, enfim, a pesquisa e análise do estudo de caso a partir dos parâmetros contidos na metodologia francesa, com ênfase na dimensão da eco-eficiência.

A terceira e última parte do trabalho apresenta as diretrizes ambientais para auxiliar na elaboração do código de edificações da cidade em estudo com base no diagnóstico realizado no capítulo 5, bem como uma matriz resumo hierarquizando e relacionando as categorias das referidas diretrizes aos alvos ambientais; Na etapa da conclusão, apresentam-se os principais resultados e limitações do estudo, bem como, sugestões para futuros trabalhos afins.

## PARTE I – ESTADO DA ARTE

### Capítulo 1 – Desenvolvimento e sustentabilidade

#### 1.1. Conceitos e história

##### 1.1.1. Revisando alguns conceitos

A noção e a busca pelo desenvolvimento remontam aos mais distintos e distantes momentos da história do homem na Terra. Noção que traduz, em sua deriva científica, processo dinâmico que implica mudança, progresso, avanço (KOOGAN/HOUAISS, 2000). A compreensão do desenvolvimento (como conceito ou paradigma<sup>8</sup>) pode assumir diferentes modelos conforme determinado domínio do conhecimento científico, momento histórico e cultura de cada sociedade.

[...] No começo a idéia era de desenvolvimento como crescimento econômico e que este iria trazer todas as outras coisas. Depois se falou do crescimento econômico e do desenvolvimento social. Em seguida, agregou-se a dimensão cultural. Depois [...] agregou-se a dimensão ambiental e toda a conceituação do desenvolvimento sofreu uma grande transformação (SACHS, 2000, p.28).

Nestes termos, é possível identificar certa dificuldade de uma formulação conceitual única já que diferentes dimensões podem ser atribuídas ao conceito de desenvolvimento – econômica, social, ambiental, cultural, política e institucional – aparecendo, portanto, como um conceito pluridimensional (PALMEIRA, 2007).

Candeas (1999), especulando sobre a temática, distingue três acepções para o desenvolvimento: filosófica, econômica e sociocultural. De modo sucinto, a primeira representaria a realização de toda potência cultural, intelectual, artística e ética de uma sociedade; a segunda, mais largamente difundida e comumente associada ao conceito, pode ser traduzida como “fluxo de renda, incremento na quantidade de bens e serviços por unidade de tempo à disposição de determinada coletividade” (FURTADO apud CANDEAS, 1961), definição esta que pode implicar desenvolvimento como mero crescimento econômico e onde as considerações sociais e ambientais acabam muitas vezes sendo reduzidas a uma dimensão puramente instrumental dessa esfera (CANDEAS, 1999). A terceira seria de forma ampla compreendida pela satisfação das necessidades do homem, a melhoria de sua qualidade de vida e o cumprimento dos direitos humanos (UNESCO apud CANDEAS, 1997).

---

<sup>8</sup> Paradigma exprime a opinião hegemônica, dominante e vigente sobre determinado campo do conhecimento científico, sendo reconhecido pela maioria da sociedade. A mudança de paradigma significa romper com a ordem dominante implantando-se uma nova conjuntura, ou seja, um novo paradigma (KHUN, 1988 apud CAVALCANTE, 1998).

Zulauf (1995), por sua vez, traduz o conceito de desenvolvimento como subordinado a um conjunto de parâmetros, como planejamento urbano, zoneamento industrial, defesa e manutenção de ecossistemas, uso parcimonioso dos recursos naturais e avaliação prévia de impactos. O meio ambiente, para o autor, é parte integrante do conceito de desenvolvimento, não existindo duas conceituações distintas e desvinculadas para os termos, na medida em que este pressupõe crescimento harmônico da indústria, da cidade, da tecnologia, da renda, mantendo a alta qualidade do meio ambiente em todas as duas formas, tanto as artificiais (cidades), quanto às naturais (ecossistemas).

Reconhece-se nesse trabalho a importante e ampla discussão que envolve o conceito de Desenvolvimento. No entanto, a sua crise epistemológica e filosófica não é o objetivo principal do trabalho, portanto, para fins de definição e revisão no presente estudo, o desenvolvimento será considerado como parte de um processo de transformação ambiental voltado ao atendimento das necessidades do homem (a busca constante pela sua qualidade de vida, bem-estar e conforto), podendo também trazer implicações em todas as outras dimensões mencionadas (CANDEAS, 1999). Nesse sentido, salienta-se que o meio ambiente não deve ser compreendido apenas como representação de sistemas naturais, mas que também engloba as dinâmicas e os processos sociais (SPOSITO, 2003).

### ***1.1.2. Os paradigmas do progresso e sua relação com desenvolvimento e o meio ambiente***

Retomando um pouco da história do conceito, no que tange a relação do homem com a natureza, o desenvolvimento se constituiu em diversas formas. Muito antes e até um pouco depois da revolução agrícola, a relação do homem com a natureza era a de pertencimento e subordinação dada por meio de um uso natural, espontâneo, harmonioso e por vezes sagrado, pois o homem esteve, por bastante tempo, submisso as suas leis e a seu tempo.

O desenvolvimento baseado em uma relação simbiótica e equilibrada passa por transformações à medida que o homem desenvolve instrumentos e técnicas para controlá-la e assim exercer sua supremacia física e cultural entre os demais organismos dessa natureza. A noção de evolução cultural, social, tecnológica e política, portanto, se devem essencialmente pela constatação da capacidade humana de intervir nos recursos naturais a sua volta. Intervenções que foram aprimorando-se

ao longo da história, com o surgimento de diferentes técnicas de domínio e que permitiram ao homem, cada vez mais rapidamente, controlar os recursos à sua volta.

Um grande marco histórico do avanço dessa supremacia e do poderio tecnológico do homem sobre a natureza se deu com o ressurgimento do pensamento racional no período do Iluminismo que teve alguns dos seus principais ideais concretizados com a Revolução Industrial, no século XVIII. Segundo Conti (1986), desde o início do renascimento científico que a sociedade mercantil europeia justificava a exploração da natureza, legitimando, seja por teses teológicas ou ideologias liberais, a transferência de ativos ambientais com o argumento de que a finalidade da natureza era servir o homem e seus interesses. Fundam-se, assim, as bases do capitalismo industrial, fortemente alicerçado na exploração do meio ambiente enquanto componente indispensável para o desenvolvimento e progresso humano (CONTI, 1986).

A Revolução Industrial proclama a independência humana dos ciclos naturais e propõe um novo modo de produção. A Natureza passa a ser tratada apenas como insumo de um grandioso e eficiente maquinário, cujos recursos naturais, agora potencialmente controlados, são obtidos de uma fonte tida como inesgotável. O crescimento econômico era visto como o meio e o fim do desenvolvimento.

O encantamento pela revolução tecnológica, porém, impõe suas limitações e passa a repercutir não apenas no avanço da economia, mas também atribuem sérias transformações na sociedade e na política, além de oferecer um alto custo ambiental. A consequência desta última, no entanto, só virá a ser sentida e muito debatida alguns séculos mais tarde.

Os efeitos da Revolução Industrial foram potencialmente fortalecidos séculos depois com o evento da globalização após a Segunda Guerra Mundial. Depois dos conflitos bélicos, o Estado passa a ter papel importante, seja na negociação dos conflitos sociais com a elaboração de sua própria política trabalhista, seja como promotor do desenvolvimento. O motim da guerra, encarado por todos os países, visava, em certa medida, livrar o mundo e principalmente seus próprios territórios, dos problemas que os perseguiram e ainda perseguem até então como reflexo do “progresso” industrial: guerra, desemprego, miséria, discriminação racial, desigualdades políticas, econômicas e sociais. Essa preocupação revelou os anseios de desenvolvimento associado à melhoria das condições de vida das nações e regiões, que podem ser vislumbrados tanto na primeira **Declaração Inter-aliada** de 1941, como na **Carta do Atlântico** cuja aspiração principal era a de promover condições para que todos os homens pudessem desfrutar de seguridade econômica e social (OLIVEIRA, 2002). No

entanto, a noção de desenvolvimento como progresso passa a ser questionada no que tange seus aspectos de natureza apenas política e social em detrimento da dimensão ambiental.

No contexto da maioria dos países em desenvolvimento, como no Brasil, tem-se até os anos 70 seu desenvolvimento e expansão econômica compreendido por um padrão de consumo essencialmente elitista, obedecendo quase sempre a valores importados, globalizados. Segundo Mota (2001), o desenvolvimento econômico no Brasil, que até a referida década era essencialmente baseado no setor primário, agrícola, e cuja população era majoritariamente dependente e residente da zona rural, é atraído pela crescente dinâmica dos principais centros urbanos. O deslocamento massivo da população agrícola para o promissor centro industrial urbano implica em sérios problemas e conflitos por terra, moradia e emprego que não atende a grande maioria. A desvalorização do trabalho do campo e a carência de investimentos destinados a esse setor é enfraquecido em detrimento da dinâmica industrial urbana, especialmente orientada para as classes de renda mais alta. Segundo Santos (1979) o país se encontrava e acredita-se que ainda se encontre numa condição de subdesenvolvimento industrializado.

## 1.2. A Sustentabilidade como paradigma de desenvolvimento

Após, aproximadamente 30 anos a contar do término da segunda guerra mundial, começam a surgir diversas críticas ao modelo de desenvolvimento e expansão econômica vigente desde a Revolução Industrial. Uma revisão do modelo é proposta. O objetivo do novo paradigma, segundo o economista Ignacy Sachs (1993), é externalizar livremente seu custo social e ambiental, ampliando as desigualdades, econômica e social entre as nações e dentro delas (SACHS, 1993). O primeiro importante alerta de cunho sócio-ambiental foi dado por Meadows et al. (1972), membros do **Clube de Roma** – criado por cientistas de vários países na Academia dei Lincei, em Roma, na tentativa de propor soluções para os complexos problemas oriundos dos crescimentos demográfico e econômico, os quais pressionam o equilíbrio dos ecossistemas do Planeta. Produziu-se, com isso, o relatório “*The Limits to Growth*” (Os Limites do Crescimento), em 1972, o qual divulgava um complexo modelo matemático mundial que mostrava que se os crescimentos populacionais e econômicos se mantivessem no mesmo ritmo, efeitos catastróficos aconteceriam (FRANCO, 2001 apud BARROS, 2008). Os autores acreditavam, naquela época, que o mundo estava condenado ao desastre, seja pela exaustão dos recursos naturais, seja pela excessiva sobrecarga de poluentes aos sistemas de sustentação da vida.

Segundo Santos (2004), o polêmico relatório abalou as convicções da época sobre o valor do desenvolvimento econômico, e a sociedade passou a pressionar os governos quanto à questão ambiental.

A idéia agora era que toda a humanidade deveria, com caráter de urgência, redefinir significativamente os seus padrões de consumo e de produção a fim de melhorar a qualidade de vida das atuais e futuras gerações. No entanto, diferente do que se poderia supor naquela época, a proposta do novo paradigma desenvolvimentista não se caracterizava por parar ou anular o crescimento. A prescrição estava fundamentada nos padrões sociais e ambientais tidos como insustentáveis, pois ameaçam a integridade do planeta e, por conseguinte, a integridade da vida em todas as suas dimensões (MEADOWS et al., 1972, 2007).

Um ano após a publicação do *Limites do Crescimento*, em 1972, a expressão *Desenvolvimento Sustentável* é criada a partir do conceito de *ecodesenvolvimento*, formulado originalmente por Maurice Strong<sup>9</sup>. Para Brüseke (1999), o *ecodesenvolvimento*, como idéia, incorporaria uma forma de “caracterizar uma concepção alternativa de política de desenvolvimento” que envolve também a preocupação ambiental. Para Alva (1998), o termo ganha maior complexidade e o descreve como “elaboração ideológica, com projeções políticas globais, que vai ao encontro da exploração da natureza para propor a implantação de comportamentos individuais e coletivos que respeitem e melhorem o patrimônio natural e cultural da humanidade.”

Embora reconhecendo a complexidade dos desafios sociais e ambientais a serem enfrentados, várias conferências e reuniões contribuíram com importantes reflexões sobre essas questões. Uma série de documentos, tais como o **Relatório de Founex**, **Declaração de Estocolmo**, da PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) e da CNUMAD (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento) contém diretrizes esperançosas acerca do planejamento e da implementação de estratégias ambientais viáveis para promoção de um desenvolvimento sócio-econômico equitativo que depois vêm a se constituir uma das premissas fundamentais do desenvolvimento sustentável (SACHS, 1993).

No ano de 1987, a ONU (Organização das Nações Unidas) retoma e abre o debate sobre as principais questões ambientais. Indicada pela entidade, a primeira-ministra da Noruega, *Gro Harlem Brundtland*, chefiou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente

---

<sup>9</sup> Ambientalista canadense, um dos principais líderes das Nações Unidas nas questões ambientais mundiais.

e Desenvolvimento, para estudar o assunto. O documento final desses estudos chamou-se **Relatório Brundtland** ou como é mais conhecido, **Nosso Futuro Comum** cuja principal contribuição foi a reflexão de que Meio Ambiente e Desenvolvimento fazem parte da mesma moeda (SACHS, 1993). Tal documento, marco histórico para o pensamento do novo paradigma desenvolvimentista, propõe o desenvolvimento baseado nos princípios da sustentabilidade como aquele “que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”.

Em decorrência dessas discussões, o Brasil insere em sua constituição no ano seguinte, 1988, um capítulo abrangente com códigos ambientais e conduz posteriormente a **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento** – CNUMAD<sup>10</sup>, realizada na cidade do Rio de Janeiro, no ano de 1992 – encontro intergovernamental que reuniu chefes de estado, ecologistas e representantes dos diversos campos do conhecimento. Importantes questões e conflitos relativos ao desenvolvimento e o meio ambiente dos diferentes países e culturas do planeta foram fortemente debatidas. O evento permitiu a elaboração de alguns importantes e decisivos documentos, tais como, A Carta da Terra, a Declaração do Rio sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, Declaração de Princípios sobre a Conservação de Florestas e a Agenda 21 (CAVALCANTE, 1998).

Dentre os citados documentos, a Agenda 21 destacou-se como o de maior relevância e repercussão mundial sobre o assunto, na medida em que convoca as diversas nações a estabelecerem suas agendas com o compromisso da implementação dos conceitos do desenvolvimento sustentável. A Agenda 21, portanto, foi proposta a partir de reflexões de âmbito global que articulada com ações locais possibilitassem a realização do seu principal objetivo, estabelecendo que o “progresso ao longo dos caminhos da transição dependerá, em grande parte, da capacidade e da resolução dos diferentes países de projetarem e implementarem as estratégias nacionais e locais, **adaptadas** a sua configuração de fatores naturais, culturais e sócio-políticos” (ONU, 1992). Com esse enfoque, a Agenda considera, entre outras questões, a preservação e conservação da Natureza, a mudança nos padrões de consumo e produção, a geração de renda e emprego, a construção de cidades sustentáveis e a aplicação de novos instrumentos de gestão. Mais detalhes da Agenda 21 sobre as questões voltadas para construção civil, bem como, de outros importantes documentos relacionados, serão apresentados mais adiante, na seção 1.2 deste trabalho.

---

<sup>10</sup> Evento também conhecido como ECO-92, RIO-92 ou Cúpula da Terra.

Nos anos que sucederam a CNUMAD no Rio de Janeiro, outras conferências organizadas pelas Nações Unidas incorporaram a problemática socioambiental em algumas temáticas específicas, tais como: a Conferência Internacional sobre Direitos Humanos, em Viena (1993); a Conferência Internacional sobre População e Desenvolvimento, no Cairo (1994); a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Social, em Copenhague (1995); a IV Conferência Mundial sobre a Mulher, em Pequim (1995); a Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos – Habitat II<sup>11</sup>, em Istambul (1996); a Sessão Extraordinária da Assembleia Geral das Nações Unidas para Análise e Avaliação Gerais da Execução do Programa do Habitat – Istambul+5 em Nova Iorque (2001), dentro outros eventos de menor repercussão.

### 1.3. Divergências e convergências

Ao longo de quase quatro décadas após o grande alerta dado pelo Clube de Roma, várias tentativas de definições, conjecturas e interrogativas foram conferidas ao novo paradigma em questão. O conceito de Sustentabilidade detém uma enorme amplitude, e pode ser aplicado a quase todas as atividades humanas (ACSELRAD, 2001).

Além de já se apresentar tarefa muito difícil encontrar termos definitivos para qualquer tentativa de conceituação teórica que não estejam sobrecarregados de juízo de valor e subjetividade, combinar outros conceitos, sobretudo, emprestados de diferentes campos do saber, como economia, ecologia e sociologia pode torna-se ainda mais perigoso (STEELE, 1997).

Segundo Benett (2004) apud Barros (2008), a sustentabilidade pode ser suscetível de várias interpretações, na medida em que é usada para definir qualquer conhecimento que possua uma parcela de auto-reprodução, uma preocupação ambiental, ou ainda algum retorno econômico à sociedade.

Revisando a noção de sustentabilidade, observa-se que prevalecem ainda muitas incertezas e expressões evasivas, cujo sentido é muitas vezes associado ao “um princípio em evolução” ou “um conceito infinito” ou “que poucos sabem o que é” (ACSELRAD, 2001). Para Acselrad (2001), as distintas interpretações desse conceito “são discursos em disputa pela expressão que se pretende legítima. Pois a sustentabilidade é uma noção a que se pode recorrer para tornar objetivas diferentes representações e idéias”.

---

<sup>11</sup> Conferência também denominada Cúpula das Cidades que repercutiu na elaboração do documento denominado Agenda Habitat, o qual providencia abordagens e estratégias para o desenvolvimento sustentável nas áreas urbanas mundiais.

A sustentabilidade, em seu sentido gramatical, significa sustentar, que tem origem no Latim *sustentare*, consistindo no que dá suporte, serve de apoio a alguma coisa e aquilo que se mantém (KOOGAN/HOUAISS, 2000). Apregoa-se, a certo modo, que o fundamental do conceito seria exatamente isso, a sustentação, manutenção das condições atuais, dos sistemas vivos, mantendo uma exploração racional dos recursos naturais disponíveis, para garantia também da satisfação das necessidades das gerações por vir. No entanto, quando este ideal está associado, dentre as suas múltiplas dimensões, à questão cultural, esta pode repercutir em importantes conflitos.

Na busca por respostas menos romantizadas, Marques (1999) incursiona-se por dúvidas e discute a fugacidade das necessidades humanas, o que implicaria, segundo o autor, em certa confusão no conceito originalmente proposto pela **Comissão Brundtland** (Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente, 1988) que trata de um compromisso no atendimento explícito das necessidades e implícito das aspirações das gerações futuras. As necessidades e os desejos humanos, no que concerne, a sua dimensão cultural, são absolutamente mutáveis e transitórias, “circunstancialmente ditadas, verdadeiras marcas culturais de um tempo fugitivo” (MARQUES, 1999). Conforme Vietler (1999), em momento algum as diversas culturas humanas aparecem como referenciais estáticos, pré-concebidos, prontas para se repetirem nas próximas gerações, já que sua origem histórica emerge de uma grande variedade de condições geográficas e históricas muito específicas.

“Como fazer para planejar o futuro incerto de uma espécie que, de tão plástica, pode ser considerada a mais polimórfica de todas; uma espécie que vive em busca de constantes adaptações expressas por mudanças culturais que muitas vezes nada mais refletem que respostas a mudanças ambientais?”. (MARQUES, 1999. P. 45)

Não apenas de uma cultura circunstancialmente ditada, os desejos e interesses humanos são além de fugazes, essencialmente de natureza individualista<sup>12</sup>, indo de encontro à outra importante idéia-força da sustentabilidade, agora, em seu sentido ampliado, que é a solidariedade entre os indivíduos, nações, e para com a natureza, as fragilidades e os problemas de ordem ambiental e social (LEITÃO, 2003).

Em alguns ensaios sobre o individualismo contemporâneo, Lipovetsky (2005) interrompe um dos seus artigos questionando: “quem, com exceção dos ecologistas, tem a consciência permanente de viver em uma era apocalíptica?”, tal como o anúncio dado pelo polêmico relatório que continha os estudos sobre os limites do crescimento,

---

<sup>12</sup> "Entende-se por individualista, por oposição ao holismo, uma ideologia que valoriza o indivíduo ser moral, autônomo e, assim, essencialmente não social e que negligencia ou subordina a totalidade social" (DUMONT, 1985 apud LEITÃO, 2006).

após a crise do petróleo na década de 70. Meadows et. al. (1972) profetizaram que se os elevados índices de consumo, poluição e degradação ambiental permanecessem nos níveis que se encontrava naquela época, o limite do desenvolvimento do planeta seria atingido em 100 anos, com drásticas conseqüências para humanidade. No entanto, segundo Lipovetsky (2005), existe um comportamento humano contemporâneo comum, notadamente indiferente para com os problemas e crises mundiais seja de ordem ambiental seja socioeconômica, em detrimento de interesses pessoais, numa escala mais reduzida, subjetiva e com vencimentos mais curtos. Uma vez que, salvo exceções, algumas dessas preocupações parecem pouco repercutir de forma significativa no cotidiano da maioria das pessoas.

Traduzindo, de forma ilustrativa, essa problemática para o âmbito da arquitetura, pode-se destacar em alguns trabalhos de Frampton (2006), uma constante referência ao conceito marxista da manipulação do consumidor (“*admass seduction*”) e ao problema da arquitetura concebida e percebida como uma moda efêmera, “formas individualistas de narcisismo<sup>13</sup>” ou como cenografia (ibid.). Tal forma de concepção do espaço, o que o autor chama de mercantilização do abrigo, viria a negar a expressão e identidade locais<sup>14</sup>.

Trata-se, portanto, de duas conflitantes dimensões – a natureza individualista do homem e a convocação do mesmo para reflexões e ações consensuais e cooperativas em prol do coletivo e do futuro. Tais questões apresentam-se como importante obstáculo na discussão sobre a sustentabilidade e no caminho para uma consciente “tomada de responsabilidade”. Como já foi mencionado, uma das principais idéias-força do desenvolvimento sustentável, envolve uma mobilização social em relação a ameaças e danos ambientais na espera por uma “transformação progressiva da economia e da sociedade” de modo a garantir o bem comum (Nosso Futuro Comum, op. Cit p. 46).

Tal argumento endossa também o discurso de Freire (1992) que compreende a idéia da sustentabilidade como uma engendrada farsa ecológica. Conforme o autor, o alerta para degradação ambiental e o surgimento das discussões sobre sustentabilidade nada mais é que uma genial estratégia de domínio, fundamentada em interesses políticos dos países ricos com o intuito de frear o crescimento econômico-tecnológico

---

<sup>13</sup> “O termo narcisismo é empregado na psicanálise para designar um comportamento pelo qual o indivíduo ama a si mesmo” (KAUFMANN, 1996, p. 347), em outras palavras para o contexto em questão, predomina-se e enaltece-se o seu próprio interesse e desejos em detrimento dos outros.

<sup>14</sup> As questões dessa temática mais voltada ao contexto do espaço construído serão melhor abordadas no próximo capítulo.

dos países em desenvolvimento. A exemplo disso pode-se evidenciar, em tempos recentes, as dificuldades encontradas pela comunidade internacional para que os Estados Unidos (um dos maiores responsáveis por danos ambientais em escala global) ratifiquem o protocolo de Kyoto. Nesse sentido, a tomada de decisões a partir de um consenso entre pessoas, instituições, comunidades ou nações com interesses distintos, tendo como objetivo o bem comum, estaria muito mais próximo de uma utopia do que da realidade (LEITÃO, 2003).

Todavia, independente da incongruência entre os discursos e dos conflitos existentes, é inegável que as pessoas estão cada vez mais cientes dos prejuízos ambientais que causam. Ser responsável, nos tempos de hoje, é poder agir conforme uma ética, mesmo que pessoal, subjetiva e baseada nas paixões (LIPOVETSKY, 2005). Dessa forma, torna-se uma escolha ser responsável ou irresponsável (apesar de ambos existirem no cerne do sujeito contemporâneo, impossível negar). E, embora a existência humana hoje tenha ênfase na subjetividade, estando muito mais centrada no bem-estar pessoal em detrimento do bem-estar coletivo, “ser responsável é estar consciente das suas ações e dos impactos que podem causar no meio em que vivem, podendo ser, além de uma escolha, também um diferencial entre os sujeitos” (LIPOVETSKY, 2005).

Talvez esta seja a grande aposta do discurso favorável ao paradigma do desenvolvimento sustentável, no momento em que este passa a ser encarado como um modelo (mesmo que favorecido pelo poder midiático globalizado), como um referencial de comportamento ou modo de produção mais lucrativo, competitivo, diferenciação mercadológica, mesmo não sendo como primeiras e primordiais intenções de comprometimento ecológico.

A busca pela sustentabilidade como um modelo de vida e de desenvolvimento talvez seja alcançado também pela compreensão de que isso possa proporcionar mais conforto e bem-estar individual. Compreendendo que mais que solidariedade sócio-ambiental, “é o próprio ser humano o centro da preocupação do desenvolvimento sustentável” (Princípio 1 – ECO-92).

“o controle da natureza e o controle do comportamento estão mutuamente ligados, assim como, a alteração provocada pelo homem sobre a natureza altera a própria natureza do homem”  
(VIGOTSKY, 1988. P.73 ).

Todavia, muito já foi feito desde o grande alerta e marco histórico do pensamento desenvolvimentista sustentável atribuído a crise ambiental deflagrada na década de

1970, é inegável, a exemplo das inúmeras discussões e de pequenas porções de idéias colocadas juntas como nesse documento; legislações no mundo agregaram critérios ambientais, muitos modos de produção internacionais foram reformulados, acordos multinacionais foram articulados, as taxas de crescimento populacional em muitas localidades é menor e certamente a consciência sobre questões de ordem ambiental hoje é muito maior que há 30 anos atrás (ZULAUF, 1995). No entanto, há ainda muito a se fazer, mudar e amadurecer.

O essencial é que as ações humanas empreendidas, em qualquer tipo de atividade, não interfiram na capacidade da natureza de continuar a gerar vida. Para tanto, é essencial equilibrar as necessidades dos seres humanos com a capacidade de suporte do Planeta, ao mesmo tempo em que esta capacidade se estenda às gerações futuras e que possam continuar a existir com qualidade de vida, em harmonia com a natureza e com os valores culturais e espirituais (BARROS, 2008).

Assim sendo, nota-se que talvez o principal desafio seja o de adequar o conceito à prática. De acordo com Senna (2004) apud Barros (2008), para que isso ocorra, são necessárias mudanças no comportamento e nos processos produtivos e de consumo, através das ações institucionais, visões compartilhadas, da iniciativa privada e da tomada de consciência que favoreçam processos de discussão, envolvimento e comprometimento da sociedade como um todo.

“Utopia? Por que não, se é dela que procedem as grandes e vitoriosas aventuras?” (AMORIM, 1999).

## Capítulo 2 – Sustentabilidade no espaço construído (breve contexto da cidade e da arquitetura)

Com o intuito de incorporar os conceitos vistos no capítulo anterior para objeto de estudo da dissertação, ou seja, a aplicação desses conceitos ao espaço construído – com ênfase na escala arquitetônica – retoma-se suas principais idéias e características e, apresentam-se ao fim do capítulo as principais agendas e documentos relacionados ao tema.

### 2.1. Urbanização e Sustentabilidade

O espaço construído pelo homem sempre foi um importante representante das mudanças de valores determinados pela sociedade. O espaço humano guarda e acumula marcas da sua história, dos seus hábitos, da cultura e dos seus paradigmas. Não obstante, o modelo de desenvolvimento disseminado após a Revolução Industrial e fortalecido com o processo da globalização, como foi visto no capítulo anterior, gerou importantes transformações no *modus vivendi* das populações e também nas suas relações com o espaço, modificando sua estrutura e carregando-o de novo significado (SANTOS, 1994).

O forte poder atrativo promovido pela mídia e pelos ideais globalizados do chamado progresso econômico seduzem grande número da população das áreas rurais para os grandes centros urbanos. O já crescente aumento demográfico nessas centralidades somado à chegada massiva de populações rurais, impedem uma ordenação apropriada do espaço e rapidamente promovem uma nefasta deterioração do ambiente urbano e natural com o surgimento, por exemplo, de assentamentos humanos subnormais. Com isso, têm-se um agravamento crescente dos problemas ambientais urbanos, notadamente aqueles relativos à poluição e degradação do território (JATOBÁ, 2002). As cidades e os elementos urbanos, se por um lado, passa a simbolizar progresso tecnológico, riqueza, democracia, em contrapartida, tem também representado um importante desequilíbrio sócio-ambiental, com um percentual cada vez maior de pessoas que vivem em condições precárias nesses espaços.

No caso do Brasil, o processo de urbanização se deu muito rápido e predominantemente sem qualquer tipo de planejamento. Em 1940, a população urbana era de apenas 26,3% do total e em 2000 era de 81,2%. Assim sendo, em sessenta anos, os assentamentos urbanos foram ampliados de forma a abrigar mais de 125 milhões de pessoas.

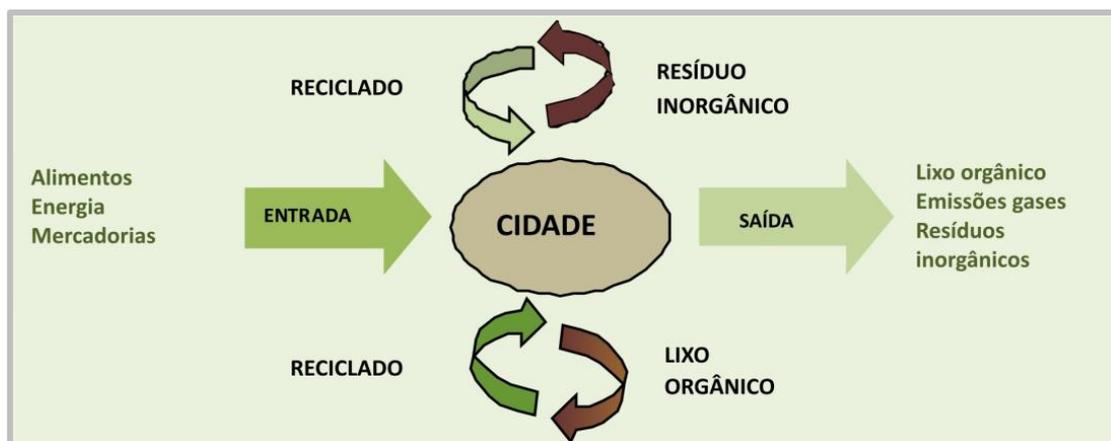
Sobre os novos padrões de urbanização no Brasil, Monte-Mór (2003), descreve ainda alguns atuais fenômenos: a expansão e proliferação das aglomerações urbanas, metropolitanas ou não; a multiplicação da urbanização concentrada em núcleos urbanos isolados; a proliferação de centros urbanos médios e pequenos articulados; e, por fim, o processo de “urbanização extensiva”, onde o tecido urbano avança sobre o antigo espaço rural integrando-o às aglomerações metropolitanas e aos centros urbanos principais. Paralelamente, tais fenômenos estão acompanhados por um evidente aumento populacional e também de demanda cada vez maior por insumos naturais para manutenção da vida nesses espaços.

Sobre isso, Tickell (2001) descreve as cidades “como organismos que absorvem recursos e emitem resíduos” traduzindo o conceito de “metabolismo urbano” que, por sua vez, ressalta os processos que deram à urbanização o *status* de maior símbolo da ação do homem sobre o meio ambiente. Conforme Alva (1998), o “metabolismo urbano” é gerado a partir dos processos de consumo (níveis e formas) desenvolvidos pelas estruturas urbanas em detrimento da manutenção e preservação da qualidade dos recursos naturais (espaço, solos, água, ar, etc.). A manutenção do espaço urbano de qualquer lugar, desenvolvido ou em desenvolvimento, depende de sua disponibilidade energética e dos seus recursos naturais, bases de qualquer processo de crescimento, seja este sustentável ou não (Figura 4).



**Figura 4:** Cidades com metabolismo linear consomem e poluem em alto grau (Fonte: Rogers, 2001).

Propõe-se que para a manutenção e planejamento de um espaço urbano em equilíbrio com o espaço natural que lhe dá suporte e existência, haja um metabolismo circular, onde aquela entrada de insumos feita linearmente no modelo anterior possa ser reduzida por meio da racionalização do consumo de energia e substituição de fontes não-renováveis e poluidoras, maximização de reciclagem e re-usos, conseqüentemente reduzindo a produção de resíduos (ROGERS, 2001) (Figura 5).



**Figura 5:** Modelo de metabolismo circular das cidades (Fonte: adaptado de ROGERS, 2001, p. 31).

Traduzindo esse conceito em termos de espaço construído pode-se pensar tanto no que tange ao planejamento das cidades em desenvolvimento, quanto à reforma de espaços já densamente urbanizados, partindo da integração de critérios ambientais que favoreçam o seu desenvolvimento/funcionamento mais responsável, utilizando de forma inteligente as potencialidades naturais do lugar, racionalizando usos e consumo e lançando mão de soluções espaciais e formais, de traçado urbano sempre em consonância com o clima (ROGERS, 2001).

É evidente que toda e qualquer ocupação vai gerar algum tipo de impacto e efeito no meio ambiente natural. Deve-se, no entanto, ter a compreensão desse processo e consciência de fazer escolhas mais responsáveis, tentando minimizar os possíveis impactos negativos. Segundo Leff (2001), deve-se pensar e planejar o espaço urbano dentro dos princípios da sustentabilidade visando a habitabilidade local e global:

“(…) A sustentabilidade urbana não pode ser analisada apenas pelos seus fluxos de entrada de recursos naturais e saídas de contaminantes e rejeitos produzidos. A sustentabilidade depende de como se extraem, como se transforma os recursos do entorno, o que se produz e como se produz, o que consome e como se consome, os custos ambientais e a sustentabilidade das formas de satisfazer as necessidades básicas medidas pelos indicadores de qualidade de vida, de bem-estar social e de desenvolvimento humano das cidades considerando seu impacto local, no entorno a nível global. As estratégias de desenvolvimento urbano sustentável devem gerar fontes alternativas de fornecimento de água e de energia que sejam renováveis e não contaminantes. A sustentabilidade deve considerar a cidade e de seus padrões de consumo no sistema econômico e ecológico global. (...) (LEFF, 2001, p. 295).

No contexto do Brasil, apesar de dispormos de ampla legislação urbana, a questão ambiental aparece ainda bastante incipiente, apenas enquanto complemento ou como diferencial e não como essência e diretriz do processo de desenvolvimento e do planejamento das cidades (FRANCO, 2001).

Ainda, o planejamento urbano mais sustentável deve buscar entender a cidade como um ecossistema que abrange quatro escalas: a regional, a urbana, a arquitetônica e a humana. Daí a necessidade do planejamento ambiental enquanto instrumento interdisciplinar de gestão e permanente harmonização entre estas escalas e a conservação do meio ambiente (FRANCO, 2001). Neste sentido, o Brasil necessita com urgência implementar instrumentos interdisciplinares de planejamento ambiental visando (FERREIRA, 2004):

- Recuperar, conservar, monitorar e gerir as áreas regionais e municipais de preservação ambiental urbana;
- Implementar políticas inter-municipais de tratamento e reciclagem de resíduos sólidos e líquidos, visando reduzir a quantidade de dejetos e lixo per capita produzido. Além de ampliar o acesso a água potável<sup>15</sup> para população.
- Promoção de cinturões verdes nas periferias das cidades, para a agricultura familiar urbano-rural de cunho orgânico;
- Implementar de forma eficaz a educação ambiental nas cidades e áreas metropolitanas, baseada no resgate cultural de identidades, respeito à vida humana e a natureza;
- Incentivar e fomentar a “ecoeficiência”, ou seja: pesquisas e ações que visem o desenvolvimento de tecnologias renováveis e limpas para as funções urbanas, como a de transporte e energia, por exemplo;

Sobre essas e outras questões, as Nações Unidas reuniram metas e compromissos ambientais fundamentados na promoção do Desenvolvimento Sustentável dos Assentamentos Humanos, tais como a Agenda 21 e a Agenda Habitat referindo que: “o objetivo geral dos assentamentos humanos é melhorar a qualidade social, econômica e ambiental da habitação e das condições de vida e trabalho de todas as pessoas, em especial dos pobres nas áreas urbanas e rurais, fornecendo diretrizes para a promoção de assentamentos humanos mais sustentáveis” (ONU, 1992). Os principais documentos e agendas sobre sustentabilidade, com foco no espaço construído, serão apresentados no último item deste mesmo capítulo.

---

<sup>15</sup> No Brasil, ainda cerca de 10% da população urbana não tem acesso a água potável (OMS/ UNICEF, 2006).

## 2.2. Sustentabilidade na arquitetura e seus principais aspectos

Como se pôde observar nas discussões apresentadas no capítulo 1, Sustentabilidade é conceito amplo, complexo, “requer quebra de paradigmas, de soluções já estabelecidas, uma nova reflexão gerando olhar ao mesmo tempo mais abrangente e aprofundado, o que em geral requer conhecimentos alheios e gestão adequada dos conflitos e dilemas” (BARROSO-KRAUSE, 2009).

Trazendo o conceito da sustentabilidade para o espaço construído, McDonough (2006) aponta que a profissão do arquiteto possui papel fundamental na mudança da postura profissional e sugere, para isso, a formulação de novos padrões éticos para a profissão. Afirma que os arquitetos devem usar “o projeto como primeiro sinal de intenção humana” e a liderança no desenvolvimento de novas definições e medidas de prosperidade, produtividade e qualidade de vida. O autor ainda defende uma concepção de habitação no sentido *heideggeriano*, quando declara que é necessário “fazer as pazes com nosso lugar no mundo da natureza”.

“Se compreendermos que o projeto manifesta a intenção humana, e se o que fazemos com as nossas mãos deve ser sagrado e honrar a terra que nos dá a vida, então as coisas que fazemos não devem apenas erguer-se do chão, mas retornar a ele, o solo voltar ao solo, a água voltar a água, de modo que todas as coisas recebidas da terra possam ser livremente restituídas sem causar dano a qualquer sistema vivo.” (MCDONOUGH, 2006. P. 428)

Os princípios de *Hannover* postulados pelos arquitetos do escritório McDonough, no contexto da Conferência Mundial do Meio Ambiente ocorrida na cidade do Rio de Janeiro em 1992, prestaram importantes reflexões relativas ao *ecodesenvolvimento* e ética ambiental dirigida aos planejadores dos espaços humanos. Alguns dos seus princípios pregavam condutas mais sustentáveis do ponto de vista do planejamento e do projeto arquitetônico, tais como seguem:

“aceitar a responsabilidade pelas conseqüências das decisões de projeto para o bem-estar das pessoas, a viabilidade dos sistemas naturais e seu direito à coexistência.”

“Ater-se aos fluxos naturais de energia. Os projetos humanos devem tirar suas forças criativas, como o mundo vivo, do influxo perpétuo da energia solar. Absorver essa energia de maneira segura, eficiente e utilizá-la de modo responsável.”

“Compreender as limitações do projeto. Nenhuma criação humana dura para sempre e o projeto não resolve todos os problemas. Os que criam e planejam devem agir com humildade perante a natureza, devem tratá-la como modelo e guia, e não como um obstáculo a ser controlado ou do qual é preciso esquivar-se.”

Williamson et al. apud Zambrano (2008) propõem que a sustentabilidade no contexto do projeto e das construções deva estar alicerçada no chamado “tripé da

sustentabilidade”. Os autores o decompõem em três principais subsistemas conceituais do Desenvolvimento Sustentável: o subsistema **ambiental**, o subsistema **econômico** e o subsistema **sociocultural**. E, estas dimensões estariam relacionadas com as edificações da seguinte forma: a dimensão da sociedade está inserida na do Meio Ambiente que recebem Economia, ocupantes e edifício em interseção positiva (Figura 6).



**Figura 6:** Integração dos subsistemas envolvidos no conceito da sustentabilidade na construção (WILLIAMSON et al., 2003).

Ancorado nessa interação conceitual, Kohler apud Kuaa e Lee (2002), sistematiza de forma sintética as três vertentes da sustentabilidade das edificações para melhor compreensão dos elementos envolvidos (Figura 7).

<b>SUSTENTABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES</b>	<b>Sustentabilidade ambiental</b>	Proteção dos recursos Proteção dos ecossistemas
	<b>Sustentabilidade econômica</b>	Utilização de recursos a longo prazo Utilização a baixos custos
	<b>Sustentabilidade sócio-cultural</b>	Proteção da saúde e conforto Preservação dos valores sociais e culturais

**Figura 7:** Esquema das três dimensões da sustentabilidade das edificações (adaptado de KUA A e LEE, 2002).

A sistematização das dimensões não sugere uma simplificação do processo. Os aspectos em questão devem ser pensados de forma integrada e equilibrada, pois são de caráter inseparável e interdependente.

### 2.2.1. Aspectos ambientais/ espaciais

A dimensão espacial é observada segundo os tipos de adaptação das atividades humanas e sua relação com os elementos e problemas encontrados nos espaços geográficos. Para Sachs (1993), a transição dos modelos atuais – de caráter insustentável depende da adaptação das estratégias aos recursos e fatores locais.

Na produção do espaço construído essas adaptações são representadas por respostas arquitetônicas com relação a três situações: (1) aos fenômenos e fatores ambientais (clima, topografia, vegetação, recursos minerais, disponibilidade de água, etc.); (2) aos fatores econômicos, tecnológicos e sócio-culturais; (3) e às necessidades humanas de caráter orgânico. A definição das estratégias de configuração de um espaço construído deve ser observada sob os níveis de influência desses fatores. Para Lengen (1998), esses níveis estão relacionados:

- aos tipos de concentração e forma dos edifícios circunvizinhos;
- à topografia;
- aos ventos dominantes;
- à proximidade de massas de água (rios, açudes);
- ao período de sombreamento causado por edifícios, árvores, etc.;
- às áreas com cobertura vegetal, áreas pavimentadas, áreas descobertas gramadas e com o solo descoberto, etc.

Observadas essas preocupações, o estudo preliminar das demandas ambientais do lugar associado às primeiras decisões de projeto é instrumento elementar no processo de idealização da chamada arquitetura sustentável. Essa questão pode ser compreendida quando se torna possível prever e agregar elementos fundamentais ao planejamento e elaboração de componentes construtivos a soluções mais adequadas aos fatores próprios do lugar.

Considerando a proposta nesta dissertação de verificação de soluções mais sustentáveis do ponto de vista ambiental na constituição de uma arquitetura para o contexto do semi-árido alagoano são observados, nesta dimensão, dois modos de definição de estratégias de projeto. Esses métodos são baseados nos princípios do chamado *projeto sustentável*, e nas técnicas relativas ao *projeto bioclimático*.

## O projeto sustentável

Segundo Kim e Rigdon (1998), o objetivo do chamado *projeto sustentável* é o de encontrar soluções arquitetônicas que garantam o bem-estar e a coexistência de três grupos que constituem o ecossistema global. Esses grupos são formados pelos aspectos da produção e manutenção da qualidade dos espaços e características dos elementos inorgânicos, pelos organismos vivos e pelos seres humanos. Seus princípios (Tabela 1) se baseiam na economia de recursos (Tabela 2), nos aspectos ligados ao chamado ciclo de vida do edifício (Tabela 3) e ao chamado desenho humanizado (Tabela 4), este último, ambientais e culturais.

**Tabela 1:** Relação dos princípios do *projeto sustentável* (adaptado de KIM e RIGDON, 1998).

PRINCÍPIOS DO PROJETO SUSTENTÁVEL		
Princípio	Descrição	Estratégias
1	<b>Uso racional dos recursos</b>	Conservação de recursos energéticos; Conservação de recursos hídricos; Conservação de matérias-primas.
2	<b>Ciclo de vida do edifício</b>	Pré-construção; Construção; Pós-construção.
3	<b>Projeto humanizado</b>	Preservação das condições naturais; Projeto urbano e planejamento local; Projeto para o conforto humano.

**Tabela 2:** Relação dos métodos referentes ao princípio 1 (uso racional de recursos) do *desenho sustentável* – (adaptado de KIM e RIGDON, 1998)

PRINCÍPIO 1: Uso racional dos recursos		
Estratégia	Métodos	
<b>Conservação da energia</b>	Eficiência energética aplicada ao planejamento urbano	
	Consciência energética aplicada ao planejamento da paisagem	
	Uso de fontes renováveis de energia	
	Uso de sistemas passivos de resfriamento e aquecimento	
	Eficiência energética no desenvolvimento de projetos	
	Uso de materiais que incorporem baixa entropia <sup>16</sup>	
	Uso de temporizadores <sup>17</sup>	
<b>Conservação de materiais</b>	Proteção contra o ganho de calor ou perda calor	
	Dimensionamento racional dos sistemas (espaços, equipamentos.)	
	Utilização materiais e componentes recuperados ou reciclados	
<b>Conservação da água</b>	Utilização materiais regionais	
	Aproveitamento e Re-uso	Águas pluviais
		Águas servidas
<b>Manejo dos resíduos</b>	Redução	Uso de redutores de fluxo
	Reciclagem	
	Compostagem	

<sup>16</sup> Segundo CAVALCANTE (1998) o conceito de entropia é entendido como “a quantidade de energia que não é mais capaz de realizar trabalho”.

<sup>17</sup> Tecnologia que permite acionar e desativar equipamento por tempo programado em função do seu uso.

- **Conservação da energia**

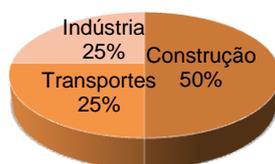
Como já foi discorrido, o consumo de recursos naturais acentuado especialmente na pós-revolução tecnológica constitui-se em grande problema ambiental. Hoje, consomem-se materiais e energia em níveis sem precedentes, ameaçando o clima global, a biodiversidade e a fertilidade dos solos, entre os outros aspectos ambientais (TEIXEIRA, 2005). Estudos recentes revelaram que a população mundial consome 20% mais recursos do que produz. Incluído neste consumo está um aumento de 700% no consumo energético nos últimos quarenta anos (WWF, 2007).

No entanto, conforme Adam (2001), a crise de energia deve ser entendida não como um fato isolado, mas como a crise de um modelo social, de um estilo de vida.

“(...) Somente um modo de viver e consumir diferente (não só energia) pode assegurar um futuro aceitável... não é um fato técnico e econômico é, sobretudo, um fato cultural e requer tempo de amadurecimento longo, métodos diferentes daqueles empreendidos... energética e edifício interferem-se estreitamente, são dimensões diversas sobre as quais projetam-se os mesmo problemas.” (COLOMBO, H. 1980 apud ADAM, 2001. P. 19).

“É mais barato economizar energia, do que fornecê-la” (GELLER, 1994 apud LAMBERTS et al., 1997. P.19); “os edifícios ‘energívoros’ estão condenados pelos seus altos custos operacionais e de manutenção, assim como pela ineficiência do desempenho próprio e das suas instalações” (MASCARÓ, 1978). Tais questões foram fortemente debatidas quando da crise energética deflagrada e alertavam para os prejuízos causados especialmente pela falta de conhecimentos específicos na utilização dos recursos (ADAM, 2001).

Cerca de 50% da energia produzida no planeta é consumida pelo setor da construção civil (construção e operação), enquanto a indústria consome 25% e o transporte outros 25% (Gráfico 1) (MULFARTH, 2002).

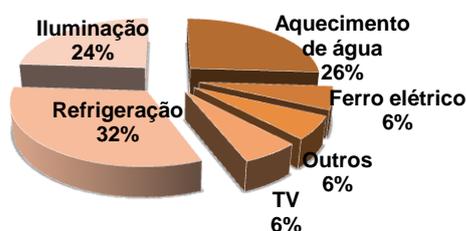


**Gráfico 1:** Consumo energético mundial (MULFARTH, 2002).

No contexto do Brasil, a energia elétrica é de origem predominantemente hidráulica (89%), enquanto uma pequena fração (3%) é energia nuclear e outros 8% de fonte térmica (PROCEL, 2004). A dependência da energia hidráulica não só tem implicado

em impactos ambientais em rios e em comunidades que vivem nas proximidades, como também faz do país vulnerável e suscetível a racionamentos devido a períodos de secas cada vez maiores em decorrência as mudanças climáticas (WWF, 2007).

Quanto ao cenário de consumo no país, este pode ser dividido nas seguintes classes de consumidores: residencial (24%), industrial (46%), comercial (15%), outros (15%), com variações em percentuais de participação conforme região, federação ou mesmo cidade do país (EPE, 2004). No âmbito das edificações, estima-se que 48% de toda a energia elétrica consumida no Brasil tenham origem nas necessidades de atendimento ao conforto interno das edificações, seja para iluminação artificial, ventilação ou condicionamento de ar, comuns à indústria, comércio ou residências, no caso desse último somam-se ainda aparelhos eletrodomésticos e aquecimento de água (BARROSO-KRAUSE et al., 2005) (Gráfico 2).



**Gráfico 2:** Percentuais de uso final de energia em consumidores residenciais, no Brasil (PROCEL, 2005).

Segundo o PROCEL (2005), o potencial de conservação de energia elétrica em edificações já construídas pode chegar a 30%, quando devidamente diagnosticados os principais problemas e identificados quais recursos técnicos e medidas para redução do consumo podem ser adotadas. No caso de edificações novas, com adoção de técnicas para um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis no local (adequação climática, materiais regionais, fontes alternativas de energia, etc.) desde a fase de concepção do projeto, o potencial de economia de energia no setor pode ser ainda maior, atingindo cerca de 50%, comparativamente a edificações semelhantes, que não adotem as mesmas premissas (BARROSO-KRAUSE et al., 2005).

Não obstante, grande parte da responsabilidade pela ineficiência do consumo energético dos edifícios deve-se a universalização do padrão tipológico da arquitetura, das técnicas e dos materiais de construção. Alguns autores afirmam que o principal problema reside no “generalizado desconhecimento das condições climáticas por parte dos projetistas e o baixo prestígio das soluções de acondicionamento natural, evidenciados pelos grandes e freqüentes erros de projeto encontrados. Ignora-se, por exemplo, que se há preocupação dos usuários, um edifício térmica e luminosamente

bem projetado poderá mesmo climatizado artificialmente, consumir muito menos energia que outro mal resolvido tecnicamente” (MASCARÓ, 1991).

Uma das áreas de programa da Agenda 21 é a promoção do desenvolvimento sustentável por meio da eficiência energética e melhoramentos de sua produção e consumo, “uma maior eficiência no uso da energia, com objetivo de reduzir seus efeitos poluidores e promover o uso de fontes renováveis de energia deve ser uma prioridade em toda ação empreendida para proteger o meio ambiente natural e construído”.

Assim, para concepção de edificações mais sustentáveis do ponto de vista da eficiência energética, Kim e Rigdom (1998) propõe que sejam adotadas medidas tais como:

- Aproveitamento dos recursos locais: insolação, vegetação, corpos d’água, etc.;
- Resfriamento por vias passivas: uso de dispositivos para sombreamento, estudo da incidência dos ventos nas fachadas, etc.;
- Fontes alternativas de energia: sistemas solar, eólico, geotérmico, mesmo combinado com a convencional;
- Aproveitamento da luz natural;
- Escolha de materiais construtivos com baixa energia embutida<sup>18</sup>.

#### • **Conservação dos Materiais**

A produção e uso de materiais construtivos podem implicar diversas formas de impactos ambientais locais e globais. A extração, processamento, fabricação, transporte, manutenção e descarte desses materiais sempre causam danos ambientais de alguma forma, pois esses processos demandam, inevitavelmente, o uso de energia e resulta em geração de resíduos (ROAF et al., 2004).

Sob esse aspecto, Roaf et al. (2004) apresenta alguns fatores que implicam na qualidade dos materiais construtivos, são eles:

- Energia necessária para fabricação;
- Emissão de CO<sub>2</sub> resultante;
- Impacto no meio ambiente local resultante da extração da matéria-prima;
- Toxicidade;
- Transporte durante sua fabricação e entrega no sítio;
- Grau de poluição resultante no final de sua vida útil;
- Energia incorporada.

---

<sup>18</sup> Quantidade de energia despendida para que um material de construção alcance a sua aplicação final no edifício. São considerados todos os processos do ciclo de vida do material – extração, transporte, transformação, comercialização, armazenamento e construção.

Tendo esses fatores em vista, Barros (2008) sugere algumas diretrizes gerais baseadas nos princípios da permacultura<sup>19</sup> para escolha mais sustentável dos materiais e processos construtivos, visando à mitigação dos impactos ambientais e redução do custo orçamentário da obra:

- Escolher os materiais de construção baseando-se no critério da análise do ciclo de vida (LCA), optando-se pelos materiais que obtiverem baixas cargas ambientais. Afora, deve-se refletir também sobre os critérios sociais (impactos sociais causados pela produção, uso e pós-uso de um dado material, tais como a efetividade na geração de emprego e renda, e as condições adequadas dos trabalhadores na saúde, segurança e direitos humanos), além de observar os aspectos econômicos (preferindo aqueles com baixos custos na construção, operação, manutenção e demolição) – tais requisitos podem ser atendidos preferindo-se materiais regionais ou locais (Figura 8);
- Adotar material com reduzido consumo energético na produção e baixa emissão de CO<sub>2e</sub> e outros poluentes, bem como, que gerem poucos resíduos tanto na sua produção quanto na utilização;
- Escolher sistemas construtivos que apliquem eficientemente os recursos disponíveis; reduzam o desperdício, o volume de resíduos sólidos, o tempo de construção e o custo final da obra; e, principalmente, satisfaçam as reais necessidades dos usuários. Para tanto, os mesmos devem incorporar conceitos ligados à racionalização da construção, a qual engloba princípios de coordenação modular e flexibilidade habitacional (BARROS, 2006).



**Figura 8** – Nas fotos da esquerda e centro, protótipo de habitação sendo construído pela própria comunidade em Maceió – AL (Fonte: OLIVEIRA, 2006); e a direita, moradia feita com tijolos de solocimento (Fonte: CARDOSO, 2006).

<sup>19</sup> A Permacultura é um sistema de design para a criação de ambientes humanos sustentáveis seguindo os padrões da natureza. Busca produzir um modo sustentável de vida através da integração da ecologia, de paisagens, de jardins orgânicos, da arquitetura e do sistema agroflorestal. Igualmente, utiliza tecnologias apropriadas de forma a obter alta rentabilidade dos recursos com baixas entrada (input) e saída (output) de energia (BARROS, 2008).

A figura 8 acima exhibe exemplos de habitações encontradas na região nordeste que empregam paredes e estruturas com uso de material regional – bambu – e mão-de-obra local; e moradia construída com tijolo de solo cimento (material obtido através da mistura homogênea de solo, cimento e água, em proporções adequadas, produzido em prensas, dispensando a queima em fornos, reduzindo emissões e gastos energéticos mais dispendiosos). Essa questão voltará a ser tratada no estudo de caso desse trabalho mais adiante e com diretrizes mais específicas para o contexto.

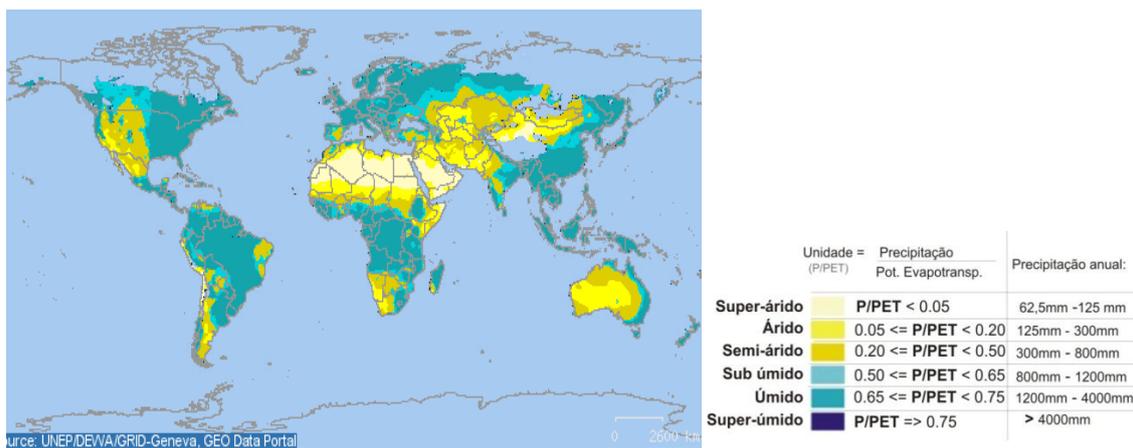
Salienta-se ainda a importância de integrar essas estratégias às necessidades e exigências do projeto, sobretudo, acerca do seu desempenho em relação ao clima do lugar (propriedades termo-físico dos materiais, por exemplo), já que pode efetivamente influenciar no conforto ambiental dos ocupantes, tanto quanto na eficiência econômica obtida do condicionamento ambiental passivo, na fase de operação do edifício.

### **Conservação da água**

As últimas décadas foram marcadas pela crescente preocupação com a qualidade ambiental nos diversos setores da atividade humana. A premente busca pela racionalização no uso dos recursos naturais disponíveis é temática cada vez mais recorrente nos discursos acerca da produção sustentável do espaço habitado, a exemplo da gestão e da qualidade da água cuja problemática será parte do foco deste estudo.

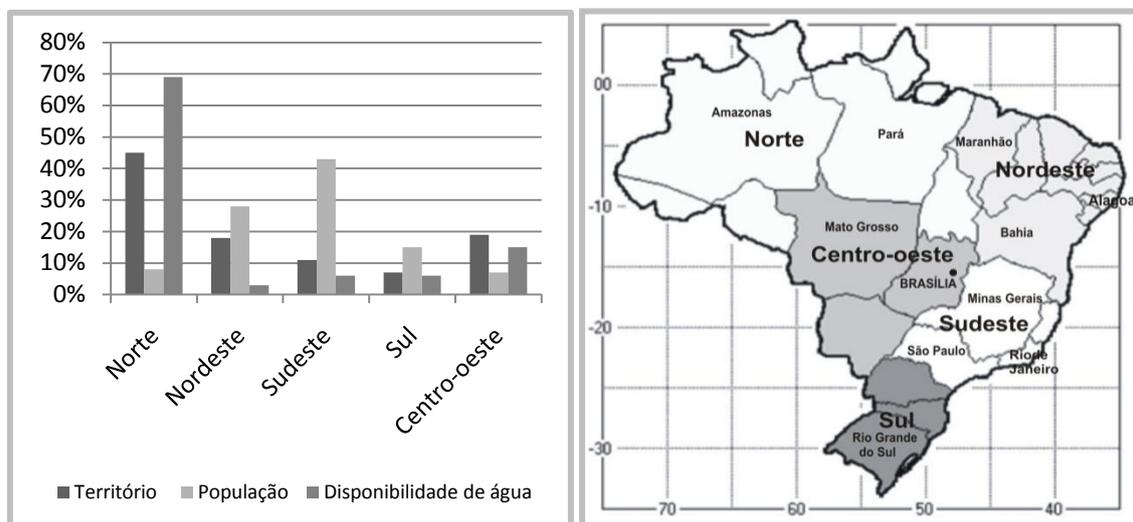
O crescimento exponencial da população e o decorrente aumento da demanda dos recursos hídricos para uso doméstico, agricultura, processos industriais de um lado e, a redução da disponibilidade de água devido à má gestão dos recursos hídricos, poluição e os longos e rigorosos períodos de seca em muitas regiões do planeta do outro, estão encaminhando à escassez da água e a sérios conflitos políticos mundiais. A água é recurso básico a qualquer desenvolvimento e o estudo das características hidrológicas, dos processos e dos usos que a envolvem são pré-requisitos fundamentais para um desenvolvimento e manejo sustentável dos recursos hídricos.

Muitas regiões possuem problemas seculares de escassez da água intrínsecos à sua natureza geográfica e climática, a exemplo das regiões áridas e semi-áridas da África, sul da Ásia, Oeste dos Estados Unidos e nordeste do Brasil. A baixa disponibilidade da água nesses lugares está em geral fortemente associada ao elevado crescimento populacional, condições climáticas adversas (elevadas temperaturas e baixa umidade relativa do ar) e regime pluviométrico irregular e mal distribuído. Aproximadamente um terço da população mundial vive em localidades cuja demanda de água chega a exceder em até 10% a sua oferta (UNEP, 2008).



**Figura 9:** Mapa global de hidrometeorologia (Fonte: UNEP, 2000).

Considerando essa premissa, conforme estudos de Ghisi (2006), o Sudeste e Nordeste do Brasil são as regiões que possivelmente serão mais afetadas no tempo e no espaço por problemas de escassez de água num futuro próximo (Figura 10).

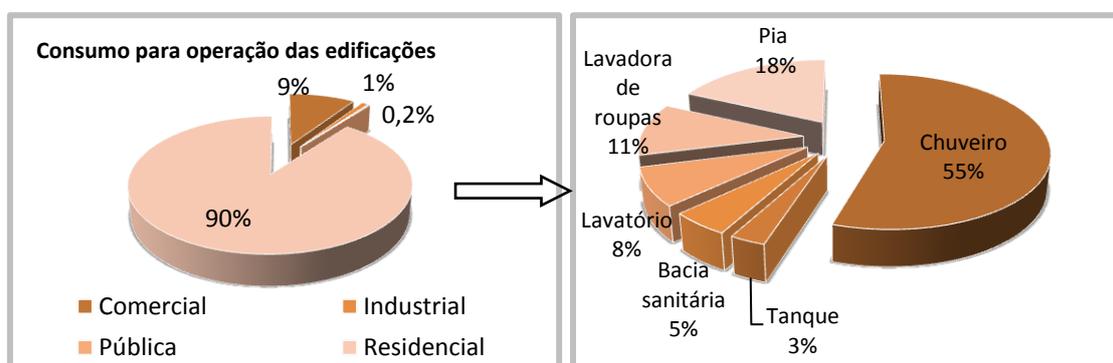


**Figura 10:** Proporção entre área territorial, população e disponibilidade de água nas regiões do Brasil (FONTE: IBGE, 2008 e ANA, 2006).

Mesmo diante desse cenário há ainda uma cultura negligente quanto à gestão da água, especialmente nas regiões onde este recurso é encarado equivocadamente como abundante. Tal quadro pode ser compreendido pelo baixo custo cobrado pela água no Brasil, bem como, por sérios problemas de administração e proteção dos mananciais, o que leva a sua exploração indevida e perdulária.

Apesar de possuir uma parcela menor em consumo e perda em comparação com outras atividades altamente consumidoras como a agricultura, o setor da habitação, que pode ser ampliado para o âmbito da construção civil, apresenta um uso da água que se estabelece desde o canteiro de obras até a operação da edificação. Dentre as diversas funções atendidas pelas edificações, o setor residencial é o maior responsável pelo consumo da água (ANA, 2006), (Gráfico 3). Ainda segundo a ANA

(2006), para operação das edificações domiciliares o consumo está essencialmente voltado para higiene pessoal (73%), com o uso do chuveiro como apresentando o maior dispêndio de água (Gráfico 3).



**Gráfico 3:** Consumo de água para operação de edificações no Brasil e a distribuição do consumo por função atendida em habitação unifamiliar (FONTE: ANA, 2006).

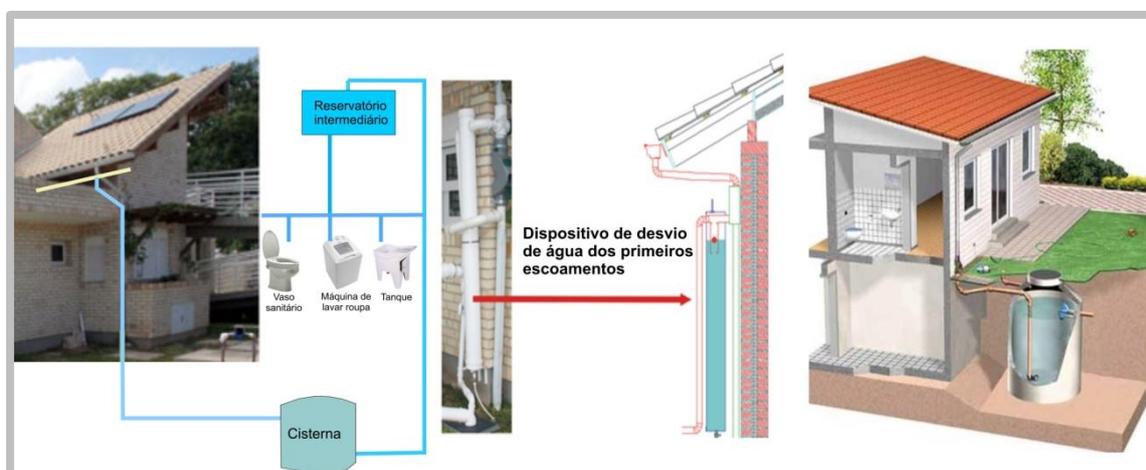
Diante de toda a problemática acima exposta, uma mudança de atitude torna-se necessária. É fundamental um domínio mais responsável do manejo e da qualidade dos recursos hídricos nas diversas regiões do Brasil, especialmente onde esta questão é mais vulnerável, como nas localidades inseridas na grande região semi-árida do Brasil.

Destaca-se nesse trabalho, portanto, a fundamental importância na adoção dos princípios da sustentabilidade para gestão dos recursos hídricos no Brasil (CNUMAD, 1996). O conceito de desenvolvimento sustentável surge como o resultado de um processo de reavaliação da relação entre a sociedade e o meio ambiente, onde a preocupação com as reservas naturais e sua excessiva exploração pelo homem é colocada em discussão face o rápido crescimento e desenvolvimentos dos espaços construídos pelo homem.

A *Agenda 21* aponta o ambiente construído como o maior consumidor dos recursos naturais e no tocante aos recursos hídricos destaca que tal questão deve ser tratada a partir de medidas que “asseguem a oferta de água com boa qualidade para todos, mantendo as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas”, (ONU, 1992).

Com vistas nessa preocupação e nas implicações geradas no âmbito da Arquitetura, uma série de alternativas mais sustentáveis podem ser adotadas visando o abastecimento e uso racional da água potável, aproveitamento de águas pluviais, e reutilização das águas cinzas e negras. Nesse sentido, Barros (2008) sugere algumas diretrizes, tais como:

- Adoção da medição individualizada do consumo de água nos edifícios multifamiliares;
- Redução no consumo de água, mantidas em qualidade e quantidade necessárias às atividades consumidoras, o que deve incluir a redução de perdas, a otimização dos sistemas hidráulicos, e o uso de sistemas e equipamentos economizadores;
- Drenagem e aproveitamento das águas pluviais, permitindo a drenagem pluvial através de mecanismos naturais de controle na fonte e purificação, os quais visam estimular a infiltração para a recarga dos aquíferos, a evaporação e o aproveitamento para fins menos nobres (Figura 11);
- Tratamento natural e reutilização de águas cinzas efetuadas localmente separando as águas cinzas das cloacais, tendo em vista que as primeiras apresentam níveis de contaminação bem menores que os das águas negras.



**Figura 11:** Desenhos esquemáticos de exemplo da implantação do aproveitamento de águas pluviais (Fonte: ELETROSUL, 2009).

Objetivando sistematizar e facilitar a aplicação prática e integrada desse aspecto aos demais requisitos da ecoeficiência, algumas metodologias apresentam conjuntos de indicadores contendo medidas qualitativas e quantitativas mais específicas para aplicação em construções e projetos de arquitetura, como proposto pelo referencial técnico sobre sustentabilidade *Démarche HQE®* que será apresentado mais adiante, na segunda parte da dissertação e, em diretrizes mais específicas no estudo de caso.

- **Manejo dos resíduos**

“Os ecologistas começaram a visualizar ecossistemas por meio de fluxogramas, mapeando os caminhos da energia e da matéria em várias teias alimentares. Esses estudos estabeleceram a reciclagem como princípio chave da ecologia. Sendo sistemas abertos, todos os organismos de um ecossistema produzem resíduos, mas o que é um resíduo pra uma espécie é alimento para outra, de modo que os resíduos são continuamente reciclados e o ecossistema com um todo geralmente permanece sem resíduos.” (CAPRA, F., 1998. P.158).

Os resíduos em geral são considerados um mal inevitável e sua eliminação, uma carga adicionada ao processo produtivo. E a construção civil é o setor responsável pela parcela predominante da massa total dos resíduos sólidos em áreas urbanas (SINDUSCON, 2005). Na etapa da construção, estudos afirmam que as perdas em obras variam entre 30 a 80% do material comprado, havendo perdas inclusive no material de reposição. Entre as principais causas: projetos mal dimensionados, detalhados ou especificados, estocagem inadequada de materiais, falta de orientação e esclarecimento a mão-de-obra, uso de equipamentos e ferramentas incorretos (ADAM, 2001); enfim, falta de um adequado e criterioso planejamento.

Contudo, um dos maiores impactos das edificações nesse quesito é a destinação e gestão dos resíduos em fase de operação.

No Brasil, segundo dados da PNUD (2005) apenas 27,3% das águas residuárias são devidamente tratadas e somente 50,4% das pessoas têm acesso ao serviço de coleta. Tal serviço é classificado como precário e preocupante conforme relatório de 2002 do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). O diagnóstico do SNIS, vinculado ao Ministério das Cidades, abrange mais de quatro mil municípios, que abrigam 94,3% da população urbana nacional. Como a amostra pesquisada é representativa da realidade nacional, os resultados podem ser extrapolados para todo o país (PNUD, 2005).

No entanto, segundo Adam (2001) algumas soluções, nesse sentido, do ponto de vista ecológico podem ser viabilizadas se entendidos parte desses resíduos como energia e recurso em potencial. A compreensão e mapeamento dos fluxos dos resíduos e do lixo em edifícios e nas cidades permitem detectar os pontos que ocorrem falhas e desperdícios; detectados estes pontos, pode-se realizar a reciclagem, gestão e sua coleta apropriada (ADAM, 2001).

Nesse sentido, e, sobretudo em localidades remotas que não possuem acesso à rede convencional de abastecimento de água, coleta e tratamento de resíduos, como é o caso de muitos municípios brasileiros situados na região do semi-árido, algumas soluções podem ser facilmente viabilizadas com reduzido custo econômico e ambiental, tais como (BARROS, 2008):

- *Sanitários secos* – o sistema dispensa o uso da descarga e de tubulações de água. A redução no custo é de 40 por cento em relação a um sistema convencional. Após a utilização do sanitário, deve-se adicionar matéria orgânica seca (serragem) que ajuda a eliminar os patógenos e a produzir

húmus de alta qualidade para uso agrícola. Esse tipo de solução é mais verificado na zona rural.

- *Compostagem* – refere-se ao processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos, de origem animal e vegetal, pela ação de microorganismos. O desenvolvimento do composto orgânico é feito a partir da presença de bactérias e substâncias ricas em nitrogênio, que em contato com a matéria aceleram sua decomposição.

Essas questões serão novamente abordadas quando da proposição de diretrizes para o estudo de caso desse trabalho.

**Tabela 3:** Relação dos métodos referentes ao princípio 2 (ciclo de vida do edifício) do *projeto sustentável* (adaptado de KIM e RIGDON, 1998).

PRINCÍPIO 2: ciclo de vida do edifício	
Estratégia	Métodos
Concepção	Minimizar o uso de energia nos processos
	Feitos com recursos renováveis
	Recicláveis
	Reciclados
	Colhidos ou extraídos com reduzidos danos ecológicos
Construção	Programar a construção para minimizar os impactos no sítio
	Especificar manutenções regulares com materiais atóxicos
	Implantar dispositivos de separação dos rejeitos
Operação	Adaptar as estruturas existentes aos novos usuários e/ou programas.
	Reutilizar os componentes e materiais do edifício
	Reutilizar o terreno e a infra-estrutura existente

Quanto ao princípio do ciclo de vida aplicado ao projeto de arquitetura, como será apresentado mais adiante, compreendem-se três estratégias principais: concepção, construção e operação. Tais estratégias podem ser subdivididas em técnicas/métodos de projeto no sentido de aumentar a sustentabilidade da arquitetura (Tabela 3). Os métodos apresentados pelos autores dão ênfase a decisões que devem inevitavelmente estar contidas na fase de concepção (KIM e RIGDON, 1998).

**Tabela 4:** Relação dos métodos referentes ao princípio 3 (projeto humanizado) do *projeto sustentável* (adaptado de KIM e RIGDON, 1998).

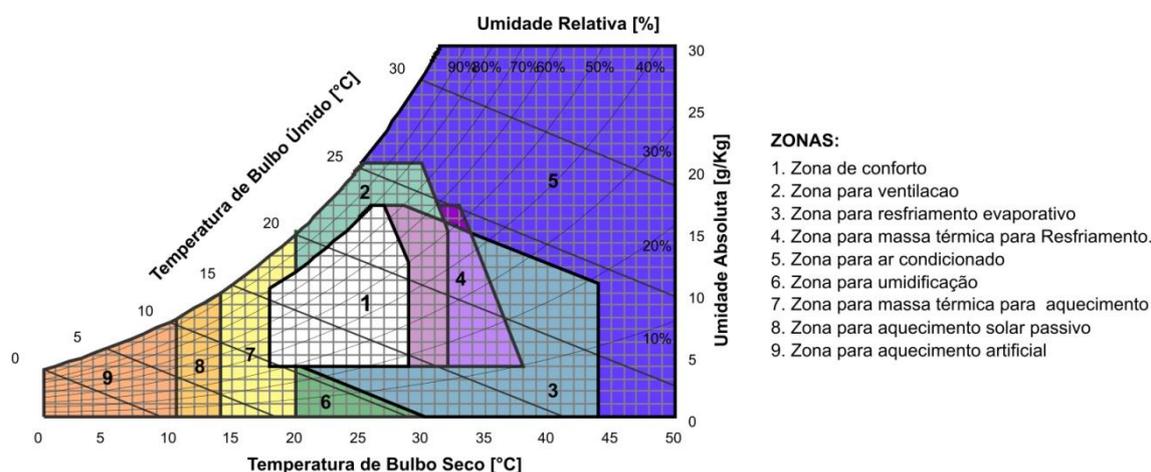
PRINCÍPIO 3: projeto humanizado	
Estratégia	Métodos
Preservação das condições naturais	Preservar a paisagem natural e a vegetação local
	Preservar o ciclo hidrológico
	Respeitar as configurações geomorfológicas
	Compreender os impactos das especificações de projeto
Projeto urbano e planejamento local	Minimizar a poluição
	Priorizar as vias para pedestres e espaços livres
	Priorizar os sistemas coletivos de transporte
Projeto de arquitetura e o conforto ambiental	Promover o conforto visual, térmico e acústico no edifício
	Promover conexão visual com o exterior

**Projeto de arquitetura e o conforto ambiental (arquitetura bioclimática)**

O *bioclimatismo* corresponde a um conjunto de procedimentos que buscam dar subsídios ao planejamento de edificações, possibilitando incorporar-lhe aspectos e soluções de desenho de sistemas passivos voltados para o condicionamento ambiental. A idéia da arquitetura bioclimática seria utilizar, por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico e luminoso do homem.

Para Izard e Guyot (1983) “o desenho bioclimático que hoje se considera uma novidade ou um estudo à parte, nada mais é que um prolongamento de certo “*savoir faire*” que antigamente se transmitiam às pessoas que nem eram arquitetos e que, por sua vez, se embasavam em conhecimento intuitivo do meio e do clima”.

A partir da década de 70, no entanto, com a crise energética e a questão térmica alçada em valor, a complexa integração das variáveis que envolvem a definição do clima foi organizada por base em certos parâmetros de conforto térmico e consolidada em diagramas para orientação de projetos. A carta bioclimática desenvolvida por Olgay em 1963 e adaptada posteriormente por Givoni (1992) traduz, por meio de um diagrama psicrométrico que indica uma zona de conforto e, estratégias bioclimáticas mais adequadas para cada combinação de fatores climáticos, de modo a auxiliar no desenho do edifício. A partir dos dados climatológicos inseridos no diagrama como mostra a figura 12, obtém-se 9 zonas de atuação para o projeto bioclimático.



**Figura 12:** Diagrama psicrométrico para análise bioclimática (Adaptado de GIVONI, 1992).

Mascaró (1991) considera o objetivo do planejamento arquitetônico bioclimático como o de “aumentar a complexidade organizativa do sistema, mantendo elevada a sua confiabilidade e com um mínimo consumo de energia.” Essa complexidade organizativa, segundo o autor, refere-se à forma de implementação dos componentes

que definem a envolvente do edifício (considerada uma das mais importantes preocupações do desenho bioclimático).

### **Arquitetura bioclimática nos trópicos**

Segundo Koenigsberger *et al* (1977), embora não existam limites muito rígidos, as regiões com climas tropicais, também conhecidas como regiões de climas quentes, localizam-se entre os trópicos de Câncer e Capricórnio. E “dentro da faixa equatorial, o clima varia, predominantemente, de quente e seco a quente e úmido” (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).

Em função do objetivo desse trabalho, que é a realização de um estudo de caso em região semi-árida cujo clima, caracterizado por Mascaró (1996), é marcado por uma transição entre o quente úmido e o árido<sup>20</sup>, será abordada a seguir uma breve revisão das estratégias bioclimáticas adequadas e exemplares para os climas tropicais mencionados.

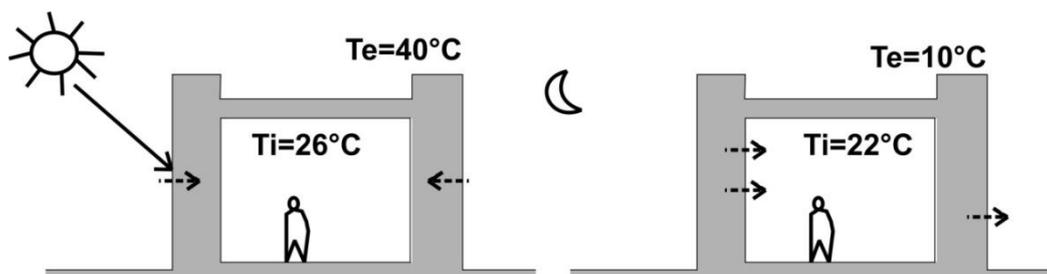
#### **a. Trópico quente e seco**

Em regiões tropicais de clima quente e seco (localizadas entre 15° e 30° ao Norte e ao Sul do Equador) apresenta-se precipitação total média anual abaixo de 600 mm (AYOADE, 1998), além de altos índices de amplitude térmica, anual, sazonal e diária. Segundo Koenigsberger *et al* (1977), a variação térmica diurna pode chegar a 22°C, os índices de umidade relativa do ar variam entre 10 e 55%, a precipitação é baixa e bastante variável, o céu é geralmente claro, a radiação solar direta e intensa durante o dia e os ventos são quentes e carregam poeira e areia.

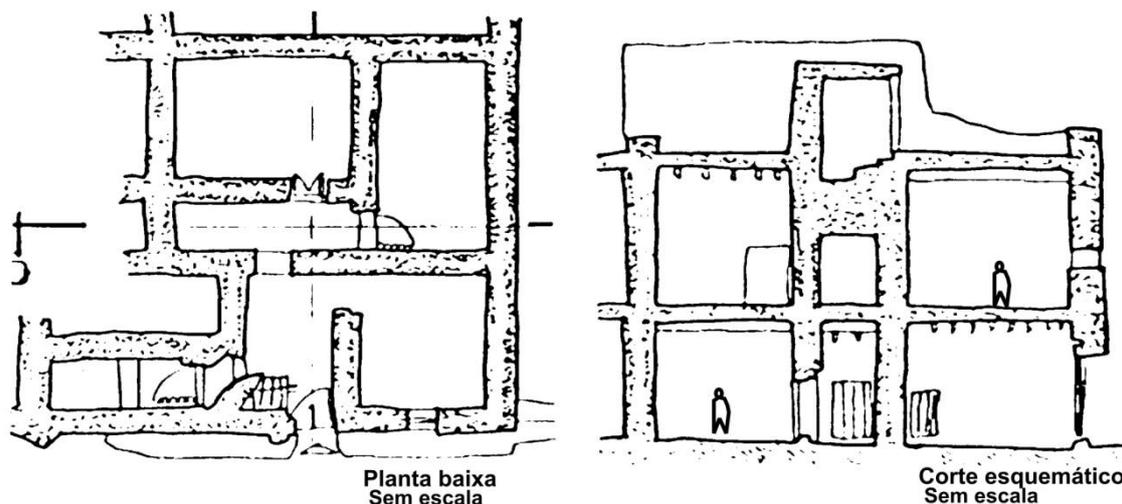
Em tais regiões, os espaços construídos devem buscar modular a grande oscilação de temperatura a fim de aquecer os espaços internos durante à noite e resfriá-lo durante o dia. Para obtenção desse desempenho, as edificações necessitam de elevada capacidade térmica para que a transmissão do calor diurno possa ser retardada, alcançando o espaço interno apenas durante a noite, quando a temperatura do ar externa é baixa e o calor é necessário (GIVONI, 1976) (Figura 13). Bittencourt e Cândido (2005) acrescentam que para melhor eficiência dessa estratégia, é interessante que as taxas de ventilação sejam mantidas baixas durante o dia no intuito de obter o melhor desempenho deste processo de modulação da onda térmica. Assim, as construções ao procurar refletir o rigor do clima, devem apresentar-se fechadas ou com pequenas aberturas (Figura 14).

---

<sup>20</sup> As características particulares desse clima serão vistas com mais detalhes no diagnóstico do estudo de caso no capítulo 5.

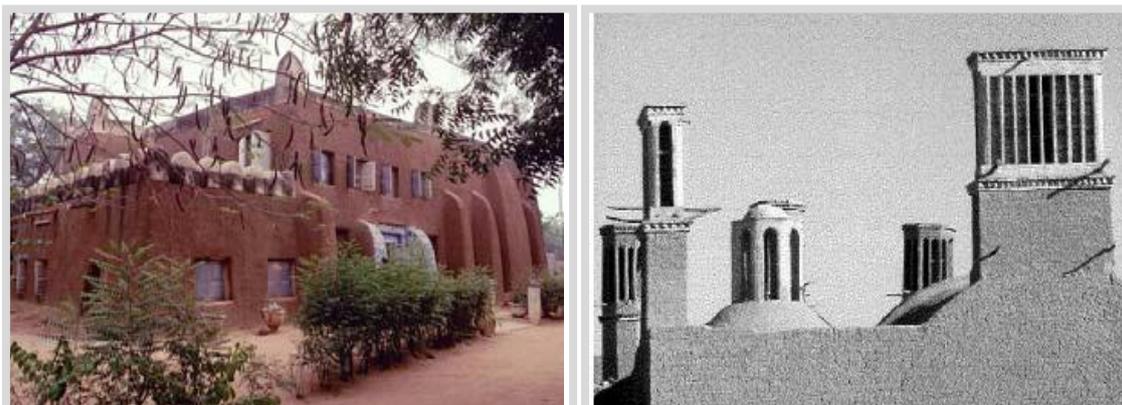


**Figura 13** – Efeito da massa térmica nas construções (fonte: adaptado de BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).



**Figura 14:** Desenhos esquemáticos de uma habitação em clima quente seco – paredes espessas para modulação térmica e pequenas aberturas (fonte: adaptado de SHAWESH, 1993).

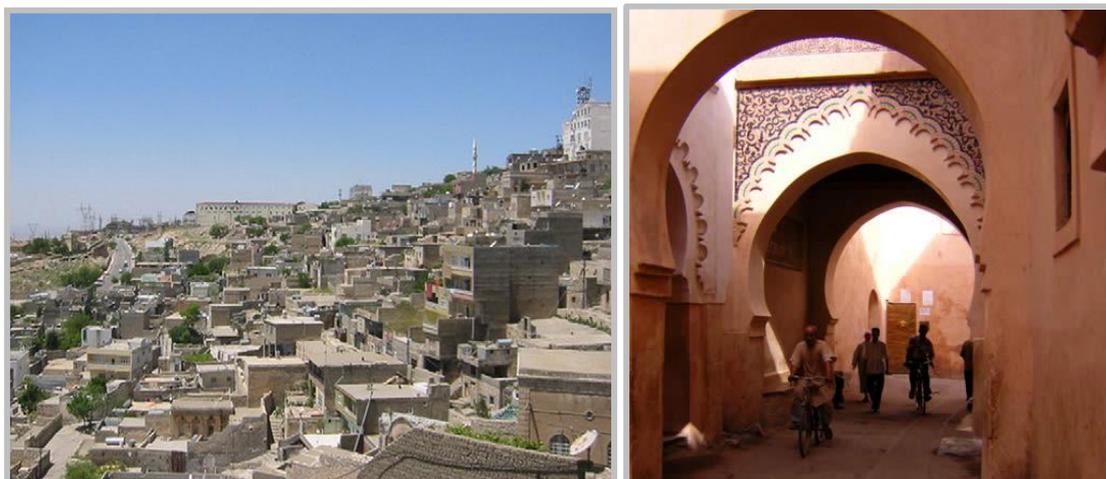
Algumas tipologias, a exemplo das edificações árabes tradicionais, apresentam aberturas também acima das coberturas para permitir a captação de parte da corrente de vento e exaustão do ar quente interior, na forma de captadores de vento (Figura 15).



**Figura 15:** Tipologias típicas de regiões em clima quente e seco: a. construções com paredes e coberturas pesadas e espessas na arquitetura tradicional em Kano-Nigéria; b. captadores de vento na cobertura na arquitetura tradicional árabe (FATHY, 1986).

Em muitos casos, os abrigos humanos dessas localidades incluem um pátio central, espaço aberto utilizado, muitas vezes, para realização de atividades familiares. Esses

pátios desempenham funções sociais, psicológica e climática. Nesses espaços, muitas vezes, são encontradas fontes de água e espécies vegetais que possibilitam ainda o resfriamento do ambiente devido ao processo endotérmico da evaporação ou por meio da evapotranspiração da vegetação (VILLA BOAS, 1985). O espaço urbano freqüentemente possui arranjos adensados, caracterizado por edificações geminadas, ruas estreitas e sombreadas (BITTENCOURT, 1993) (Figura 16).



**Figura 16:** Espaço urbano em clima quente seco (Fez, Marrocos) (Fonte: MANIOGLU; YILMAZ, 2008).

### **b. Trópico quente e úmido**

O clima quente e úmido caracteriza-se por altas temperaturas e elevados índices de umidade relativa do ar, apresentando médias anuais sem grandes flutuações, ou seja, com baixa amplitude térmica tanto diária quanto sazonal. As regiões com este tipo de clima localizam-se geralmente próximos a linha do Equador estendendo-se a aproximadamente 15° ao Norte e ao Sul (KOENIGSBERGER *et. al.*, 1977).

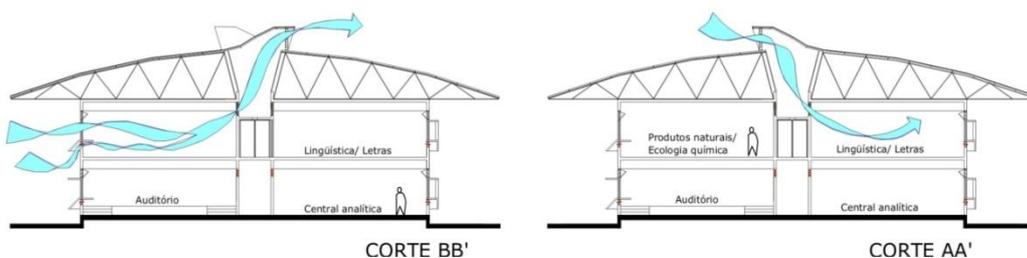
Nas localidades que apresentam esse tipo de clima, as edificações devem evitar ganhos de calor externo e adotar soluções que atendam as estratégias de resfriamento. A estratégia para resfriamento das construções pode ser realizada de forma ativa ou passiva. Nesse sentido, Bittencourt (1993) aponta que para o projeto de edifícios em climas quentes e úmidos pode-se adotar três vias. A primeira refere-se ao emprego de tecnologias ativas, sendo a principal delas a utilização de aparelhos de ar condicionado. Neste caso, é necessário prever um bom isolamento térmico do edifício de modo a reduzir as trocas térmicas com o exterior. A segunda alternativa consiste na utilização do ar condicionado em parte do edifício, onde se requer o controle mecânico da temperatura, tratando-se o restante da construção através de estratégias passivas. Um mesmo ambiente pode ser refrigerado, em determinados períodos do dia ou do ano, com o uso do ar condicionado, passando a adotar sistemas

passivos à medida que a temperatura externa é reduzida a índices que possibilitem alcançar conforto por vias passivas. A terceira, e a mais eficiente, sobretudo do ponto de vista ambiental, faz uso exclusivo de técnicas de resfriamento passivo. Tal solução é especialmente relevante para edificações populares e de interesse social, pois dado o seu caráter gratuito de uso, pode além de contribuir para uma melhoria na qualidade ambiental das habitações, reduzir sua demanda energética (BARROSO-KRAUSE, 2005). Dentre as estratégias passivas de resfriamento em edificações situadas em clima quente e úmido, citam-se: as técnicas de resfriamento por radiação, evaporação, condução para o solo, inércia térmica e ventilação natural, além das estratégias híbridas, que consistem na combinação entre duas ou mais estratégias.

O controle dos ganhos de calor por radiação se faz através da adoção de elementos que permitam proteger as superfícies do edifício do contato direto com os raios solares. A utilização de beirais amplos, brises, e colchões de ar entre a cobertura e o forro permitem importante redução no acúmulo de calor pela construção (Figura 17). No entanto, a estratégia mais eficiente para a resfriamento dos ambientes em climas quentes e úmidos é a ventilação natural, que possibilita a remoção do calor produzido internamente ao mesmo tempo em que refrigera o corpo humano através do processo de convecção, reduzindo os efeitos da umidade. Para melhor eficiência dessa estratégia torna-se necessário uma boa permeabilidade da construção, a partir do uso de elementos vazados, tais como os cobogós, captadores de vento na cobertura e peitoris-ventilados (BITTENCOURT, 2005) (Figura 18).



**Figura 17:** Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas (NPM). Projeto bioclimático para clima quente e úmido. (Fonte: BITTENCOURT, 2005).



**Figura 18:** Esquema de projeto de elementos vazados para permeabilidade do vento (Fonte: BITTENCOURT, 2005).

Grandes aberturas e elementos vazados permitem a ventilação no interior das construções, além da utilização de materiais leves para rápida dissipação do calor no interior e como uso de protetores solares. Bons e importantes exemplares de arquitetura bioclimática tradicional vernacular para esse tipo de clima são as aldeias indígenas do litoral do Nordeste brasileiro e também a arquitetura colonial portuguesa com suas casas de engenho avarandadas e esquadrias elaboradas, com venezianas e bandeiras (Figura 19).



**Figura 19:** Exemplos de arquitetura tradicional em clima quente e úmido (Fonte: Bittencourt, 1993; Behling, 1996).

### 2.2.2. Aspectos econômicos

O aspecto econômico da sustentabilidade das edificações pode apresentar vantagens no que diz respeito à redução de custos, de forma mais representativa, na sua fase de operação e manutenção (TEIXEIRA, 2005). Estas poderiam ser verificadas, portanto, em um prazo maior, considerando o custo da energia, utilização de água, mão-de-obra para manutenção, troca dos componentes, equipamentos, etc., possibilitando, assim, importante redução nos orçamentos familiares (MULFARTH, 2002).

Entretanto, para construção de um empreendimento, estimativas parciais publicadas ao final do ano de 2007 mostraram que a construção de edifícios que empregam tecnologias ambientalmente mais sustentáveis poderia ficar de 2% até 10% mais onerosas, quando comparadas com sistemas convencionais. A variação desse acréscimo seria dada conforme o número de estratégias/tecnologias adotadas (CARVALHO, 2007).

Por outro lado, segundo Nooman e Vogel (2000), os custos na operação do edifício podem ser reduzidos em até 35% por meio da utilização dessas tecnologias, a exemplo de redutores de fluxo de água nas torneiras, sensores de presença para iluminação, coletores solar para aquecimento de água, entre outros.

Não obstante, estudo recente realizado por Leão (2008) apresentou que pode existir ainda significativa redução no custo operacional de unidades habitacionais quando adequadamente orientadas em relação à insolação e aos ventos dominantes. O estudo realizado em exemplares de edifícios multifamiliares na cidade de Maceió demonstrou que apesar do custo inicial mais reduzido referente a uma unidade orientada para insolação poente, esta opção pode custar o valor total da mesma unidade em um prazo de 30 anos devido ao consumo de energia para “corrigir” os problemas térmicos decorrentes da orientação inadequada, por meio de aparelhos de ar condicionado (LEÃO, 2008).

Acredita-se que uma das formas mais inteligentes e viáveis economicamente, tanto para atender a um diferencial mercadológico, quanto e, sobretudo, para população de baixa renda no contexto do Brasil, é a racionalização do projeto na sua fase de concepção e a compreensão antecipada da sua capacidade de gestão. Sabe-se que são nas primeiras decisões de projeto e desenho que o profissional pode definir o desempenho e o custo econômico e ambiental do seu objeto arquitetônico.

Segundo dados da PNAD (IBGE, 2004), a renda mensal de cerca de 50% dos domicílios na região Nordeste do Brasil não ultrapassa dois salários mínimos. Em localidades situadas no interior dos estados, a maioria da população concentra-se em atividades agrícolas ou em serviços de baixa qualificação, com baixos índices de escolaridade e de renda familiar (IPEA, 2002). Segundo Batista (2006), esses padrões de renda podem afetar também as condições de moradia, dificultando o acesso a alguns bens duráveis como é o caso dos aparelhos de ar condicionado, existentes em apenas 7,5% dos domicílios brasileiros (IBGE, 2003). Deve-se, então, buscar alternativas mais econômicas para a melhoria, sobretudo, da qualidade ambiental das edificações residenciais, o que é possível através da adequação da arquitetura ao clima local e do uso de estratégias passivas de condicionamento (BATISTA, 2006).

Nooman e Vogel (2000) apresentam, ainda, algumas técnicas no sentido de reduzir os custos de um empreendimento na etapa de concepção e construção:

- Escolha de locais com acessibilidade viária;
- Reabilitação de edificações ou reutilização de componentes de edifícios pré-existent;
- Implantação e orientação do edifício, do ponto de vista bioclimático;
- Agrupamento de edifícios de forma a minimizar custos com infra-estruturas e agressões aos ecossistemas.

### **2.2.3. Aspectos socioculturais**

Admite-se hoje que a cultura seja uma das três dimensões mais importantes para o desenvolvimento sustentável (MARQUES, 1999).

Do ponto de vista sócio-cultural, algumas variações são também encontradas de forma diversificada na construção do espaço habitável. Estas são determinadas, não só pelas diferenças climáticas, mas também, pela estrutura da organização social dos diversos povos, tendo como condicionantes, sua religião, organização familiar, divisão do trabalho, valores simbólicos e necessidades, dentre outros (VILLA BOAS, 1985).

A preocupação com esta dimensão da Sustentabilidade no âmbito da Arquitetura pode ser traduzida por uma sensível identificação do espaço onde se intervém, suas principais características, peculiaridades, seja do ponto de vista dos objetos construídos seja, sobretudo, das vontades e necessidades dos sujeitos. A manutenção e preservação rigorosa de um determinado padrão cultural impresso em exemplares arquitetônicos (comum olhar atribuído a esta dimensão) podem ser ideologicamente coerentes para interventores acadêmicos e profissionais, mas pode ser discordante a um determinado momento e aos anseios de uma determinada comunidade. Pensar a sustentabilidade cultural deve implicar mais que respeito ao quadro histórico do espaço, mas sim, respeito ao tempo em que se vive, suas conjunturas sociais, econômicas, ambientais e culturais presentes. A mutabilidade das necessidades e aspirações humanas, como foi exposta anteriormente no pensamento de Marques (1999), repercute também no contexto da idealização e planejamento dos espaços humanos construídos. Torna-se necessário, portanto, refletir antes sobre o momento em que se pretende intervir, bem como dos valores embutidos na forma como as pessoas percebem o espaço em que vivem. A distribuição do homem no seu espaço físico, segundo Vietler (1999), significa igualmente um “encontrar-se no mundo”, uma paisagem de valores, sentimentos, vivências estéticas e imaginárias em um dado momento.

Conceber novas espacialidades, planejar os espaços humanos significa estabelecer contato mais próximo com a interface perceptiva do planejador e do receptor, muitas vezes indissociáveis. Criar o espaço que habita o homem é enunciar um desejo que vai além da demanda funcional e ambiental (BITTENCOURT, 2007).

Porém, no mundo do capital, da velocidade do “progresso”, essas influências culturais e sensoriais estão gradativamente sendo desvinculadas das relações homem-homem e homem-ambiente em suas distintas atividades, levando o espaço construído humano

a estar cada vez mais distantes de suas verdadeiras aspirações ou das suas necessidades de conforto em todas as suas importantes dimensões (RHEINGANTZ, 2001).

Finalizando a discussão acerca da sustentabilidade, vale salientar que a separação da mesma em dimensões é metodológica, objetivando um melhor entendimento do problema, porquanto uma dimensão não se efetiva sem a implementação das demais. Com isso, apesar do presente trabalho procurar atuar mais enfaticamente nos aspectos social e ambiental, não se descarta a importância das demais.

## **2.3. Principais agendas e contextualização do estudo**

### ***2.3.1. Agenda 21 e agenda brasileira***

A Agenda 21 é um programa de ação, constituído em documento de 40 capítulos que estabelece o compromisso voluntário de 179 países, signatários de acordos propostos pela CNUMAD, que visa à elaboração, em cada país, de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável, conciliando métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (ONU, 1992). O uso do termo “agenda” teve como finalidade a fixação documentada de compromissos que expressam o anseio de mudanças das nações em relação ao atual modelo de desenvolvimento, para outro em que predominem o equilíbrio e a justiça ambiental (BRASIL, 2000<sup>a</sup>). Dentre as diversas questões abordadas no documento, podem-se destacar: a necessidade de cooperação internacional; o combate à pobreza e o enfoque na redistribuição de riquezas; a inevitável mudança no padrão de consumo; o controle no aumento da população; a promoção do desenvolvimento sustentável nos assentamentos humanos; a conservação e gestão de recursos como ar, água, solo e biodiversidade; a necessidade de participação social e o fortalecimento do papel da sociedade civil; e a discussão dos papéis da indústria, do comércio, da comunidade científica e da produção primária no desenvolvimento (SEDREZ, 2004).

Diante do escopo do presente trabalho, a Agenda 21 dedica um dos seus 40 capítulos para tratar de importantes prescrições para as questões relativas ao espaço construído. Intitulado Promoção do Desenvolvimento Sustentável dos Assentamentos Humanos, o capítulo 7 da Agenda 21, aborda a necessidade do planejamento ambiental e afirma que a redução da pobreza só é possível mediante o planejamento e a administração do uso sustentável do solo. Pondera-se, nesse sentido, para o fato de que os assentamentos humanos devem possuir um sistema de infra-estrutura ambientalmente saudável, o qual está atrelado à disponibilidade dos suprimentos de

água, qualidade do ar, drenagem, serviços sanitários, e ao manejo adequado dos resíduos. Deste modo, o planejamento ambiental precisa promover tecnologias de obtenção de energia mais eficientes, fontes alternativas e renováveis de energia, e sistemas sustentáveis de transporte (FRANCO, 2001).

Em relação às áreas de programas incluídas no capítulo 7 da Agenda 21, que abordam os principais focos para ação, atividades e possíveis meios de implementação para o alcance dos objetivos definidos, descrevem-se (ONU, 1992):

1. Oferecimento a todos de habitação adequada
2. Aperfeiçoamento do manejo dos assentamentos humanos
3. Planejamento e manejo sustentáveis do uso da terra
4. Promoção da existência integrada da infra-estrutura ambiental
5. Promoção de sistemas sustentáveis de energia e transporte nos assentamentos humanos
6. Planejamento e manejo dos assentamentos humanos localizados em áreas sujeitas a desastres
7. Promoção de atividades sustentáveis na indústria da construção
8. Desenvolvimento dos recursos humanos e da capacitação institucional e técnica

- A agenda 21 brasileira

Com trabalhos iniciados em 1997 e lançada em 2002, a Agenda 21 Brasileira teve como objetivo propor um plano organizado segundo estratégias, programas e projetos articulados entre governo e diferentes atores da sociedade. Foram adotados critérios e premissas específicas que privilegiam uma abordagem multisetorial da realidade brasileira e um planejamento de longo prazo de desenvolvimento (BRASIL, 2000b). Para elaboração da agenda, adotou-se por metodologia a seleção de áreas temáticas que refletem a complexidade da problemática socioambiental do Brasil. Para tanto, foram definidos instrumentos de coordenação e acompanhamento das políticas públicas para o desenvolvimento sustentável baseado na discussão de seis eixos temáticos: gestão dos recursos naturais, agricultura sustentável, cidades sustentáveis, infra-estrutura e integração regional, redução das desigualdades sociais, e ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável (ibid.).

Um direcionamento mais específico desta agenda para construção sustentável no contexto brasileiro, foco temático do presente trabalho, será apresentado no item 2.3.3.

### **2.3.2. Agenda habitat**

A Agenda Habitat representa o principal resultado rumo aos objetivos dos temas estabelecidos pela Conferência das Nações Unidas sobre Assentamentos Humanos – Habitat II (1996), sendo composta por mais de cem compromissos e seiscentas recomendações sobre questões relacionadas aos assentamentos humanos, que visou respaldar as duas primeiras décadas deste século XXI.

Assim como a Agenda 21, a Agenda Habitat reconhece que o acesso à moradia constitui um direito humano. Igualmente admite que as cidades sejam o cerne da civilização, responsáveis pela geração de desenvolvimento econômico, social e cultural, e pelo avanço da ciência. Antes, na Conferência Habitat I, na cidade de Vancouver (1976), a idéia da cidade era a de um caos a ser evitado e todas as políticas ali recomendadas redundavam na teoria de que se devia fixar a população no campo para evitar o êxodo rural e, por conseguinte, o inchaço das cidades. Com a Habitat II, houve uma mudança expressiva na abordagem da problemática urbana e de sua relação com o mundo rural, devido ao fracasso das políticas de fixação da população rural em todo o mundo, bem como pela constatação de que a cidade parece ser a forma escolhida pelo ser humano de viver em sociedade e prover suas necessidades (BRASIL, 2000<sup>a</sup>).

A Conferência Habitat II concentrou seus esforços em dois grandes objetivos: a promoção de habitação adequada para todos e o desenvolvimento dos assentamentos humanos sustentáveis. Para a Agenda Habitat, consideram-se um assentamento humano sustentável aquele que proporciona o desenvolvimento econômico, oportunidades de emprego e progresso social, em harmonia com o meio ambiente (ONU, 1996). As diretrizes prescritas na Agenda Habitat para assegurar habitações adequadas referem-se: à adequação espacial, à privacidade, à acessibilidade física, à durabilidade e estabilidade, à segurança, ao conforto ambiental, à infra-estrutura básica, à relação harmônica com o meio ambiente, à localização adequada em relação aos postos de trabalhos e equipamentos urbanos, e ao custo acessível (ibid.).

No que tange à promoção do desenvolvimento sustentável em assentamentos humanos em escala urbana, têm-se como estratégias: o uso otimizado do solo, o desenvolvimento social, o enfrentamento do crescimento populacional, a manutenção do meio ambiente e da saúde das populações, o uso de energia renovável, os sistemas adequados de transporte e comunicação, a conservação e reabilitação de áreas de interesse cultural e histórico, o fortalecimento econômico, a relação entre

desenvolvimento rural e urbano, e o desenvolvimento de capacidades para prevenir ou mitigar áreas sujeitas a desastres (ibid.).

### **2.3.3. Agenda 21 sobre construção sustentável**

A *Agenda 21 sobre Construção Sustentável* constitui-se em documento apresentado na cidade de Gävle na Suécia em 1998, consolidando o resultado de um processo iniciado no International Council for Research and Innovation in Building and Construction – CIB (Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação na Construção) em 1995, cujo principal objetivo consiste em uma análise prospectiva sobre os futuros direcionamentos da construção civil e sua relação com o meio ambiente, buscando apontar diretrizes que devem ser perseguidas pelo setor para reduzir os impactos ambientais e sociais relacionados às suas atividades (SATTLER, 2003). Esta agenda constitui uma referência conceitual, estabelecendo uma proposta de terminologia e uma estrutura para o desenvolvimento de agendas regionais e setoriais. Buscou-se uma articulação entre as Agendas 21 e Habitat e as agendas nacionais ou regionais para o ambiente construído e o setor da construção, já existentes ou ainda em desenvolvimento (CIB, 1999).

O documento caracteriza-se por apresentar diretrizes para construção sustentável, abordando questões tais como: desempenho dos edifícios e dos produtos de forma a levar em conta fatores básicos, como clima, cultura, tradições construtivas e fase do desenvolvimento industrial; redução do volume de material e energia na produção de componentes e sistemas; redução dos resíduos e melhoria dos processos de reciclagem; minimização da necessidade de consumo de energia elétrica nas edificações, bem como, da necessidade de transporte de insumos, resíduos e mão-de-obra, e uso de recursos minerais; e manutenção da função de apoio à vida do ambiente, requerendo o uso de materiais renováveis ou recicláveis; gestão dos resíduos sólidos e dos recursos hídricos; e escolha do local e uso do solo levando-se em conta aspectos técnicos (CIB, 1999).

Silva *et al.* (2001), todavia, apontam inadequações no documento quando da prescrição de medidas internacionais. Grande parte das contribuições desta publicação, segundo a autora, é de países desenvolvidos. Isso implica que em alguns dos seus aspectos, desafios e soluções delineadas seriam apropriadas apenas para países desenvolvidos. Essas diferenças vão além do aspecto econômico em termos de produção, indústria e padrão de consumo. Não obstante, os impactos ambientais gerados por países em desenvolvimento, como o Brasil, são comparativamente muito inferiores seja do ponto de vista de emissões de gases tóxicos seja da demanda e

consumo energético (SILVA, 2003). Afora as repercussões em aspectos de ordem ambiental, o desenvolvimento sustentável implica também em preocupações na dimensão social que apresenta problemática tão ou mais relevante no Brasil, tendo em vista a grande concentração de renda verificada no país, por exemplo. A transposição desse aspecto para o plano da construção civil no Brasil pode ser traduzida em qualidade de vida da população no que tange a acesso a infra-estrutura básica, moradia, saneamento. O tratamento dessas questões, no entanto, em muitos países torna-se menos relevante, tendo em vista que já se encontram em outro patamar de desenvolvimento. Baseando-se e ainda mantendo a estrutura do documento original da Agenda 21, Silva *et al.* (2001) apresenta alguns resultados de pesquisa agregando o significado de alguns aspectos a realidade brasileira, são eles:

**1. Qualidade ambiental dos edifícios, processos e produtos de construção –**

inclui questões importantes tais como, qualidade do ar interno e avaliação do ciclo de vida<sup>21</sup> das construções, já normalizadas em muitos países, porém ainda incipiente no Brasil; seleção de materiais ambientalmente saudáveis; poluição no canteiro de obras e indústrias que ainda não possuem programas adequados. Inicialmente, os esforços estariam essencialmente concentrados na identificação de itens da agenda ambiental regional/local que deverão sobrepor-se ao corpo genérico de parâmetros de avaliação; e definição de um desempenho de referência para o estabelecimento de metas compatíveis com a realidade brasileira (SILVA; JOHN; AGOPYAN; 2003), parte do escopo da presente pesquisa.

**2. Redução do consumo de recursos naturais –**

Apesar de alguns esforços já incorporados no sentido da racionalização no processo de gestão sustentável de produção dos materiais para construção não divulgados, como apresenta pesquisa de John *et al.* (2000), o Brasil necessita da implementação de uma estratégia global de reciclagem planejada para incluir intervenções no processo de produção de edifícios. Inclui-se ainda nessa etapa, o uso racional de energia e aumento da eficiência energética no setor, apontada na época como ainda bastante incipiente, pois não possuía em 2003 ainda nenhum passo dado na elaboração de uma política energética para o setor (SILVA, 2003). No entanto, o uso racional da água, onde no país já estão em andamento programas de combate ao desperdício, seja através do emprego de tecnologias e equipamentos de baixo consumo, mesmo ainda fora de alcance da

---

<sup>21</sup> A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é “uma ferramenta fundamental para medir o impacto ambiental de medidas que visem reduzir a quantidade de recursos naturais incorporada à produção de bens e materiais; introdução de esquemas de certificação e rotulagem; identificação de oportunidades para reciclagem e redução de cargas ambientais nos processos” (SILVA, 2001). Essa metodologia baseou o desenvolvimento dos instrumentos metodológicos de avaliação de desempenho ambiental em edificações, escopo do trabalho e que serão melhor abordados no próximo capítulo.

maioria. Nesse quesito, a autora não menciona, mas o trato das questões relativas aos recursos hídricos no tocante ao déficit causado pela deficiência no manejo e distribuição do recurso é extremamente problemático em grande parte do país, especialmente na região do semi-árido brasileiro, como será visto na seção 5.2.2. do presente trabalho.

São, portanto, evidentes as preocupações em relação ao habitat humano e à sustentabilidade do espaço construído, como mostram os principais documentos das Nações Unidas dedicados ao desenvolvimento sustentável. No entanto, não existe ainda uma terminologia de indicadores consistente, universalmente aceita, para definir os níveis de sustentabilidade em determinada situação. Mitchell apud Tweed e Jones (2000) afirma que já existem várias tentativas de se determinar um conjunto definitivo de indicadores de sustentabilidade, mas que não atingem convergência ou uniformidade necessária para o consenso. Afirmam ainda que os indicadores devam reconhecer e responder a contextos locais que levem em conta o objetivo para que devam servir e por quem deverão ser utilizados. Torna-se necessário desenvolver linguagens, pesquisas e estudos adequados a descrever o cenário passado, presente e futuro das nossas cidades e entender a melhor forma de acomodar a grande amplitude de conhecimento dos diversos agentes participantes no processo (TWEED; JONES, 2000). Desses agentes poderíamos incluir os que atuam de uma forma geral e dos edifícios em particular, os profissionais intervenientes no urbanismo, arquitetura, engenharia civil entre outros (MULFARTH, 2002).

## Capítulo 3 – Sistemas de avaliação da sustentabilidade ambiental em edificações

A partir das metas ambientais propagadas pelas agendas internacionais e locais, a exemplo dos documentos discutidos no capítulo anterior, vários sistemas de avaliação ambiental em edificações têm sido empregados para examinar o desempenho, ou a expectativa de desempenho, de um edifício, disponibilizando selos, certificados e servindo como instrumento de auxílio à concepção para projetos mais sustentáveis. Alguns importantes exemplos de ampla difusão internacional e que estão sendo recentemente oferecidos ao mercado da construção civil no Brasil, são o norte-americano LEED™ (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e o francês HQE® (*Haute Qualité Environnementale*) (JOHN, 2007). Reconhece-se que diferentes sistemas possuem vantagens (e limitações) em diferentes aspectos. Esta seção do trabalho pretende fornecer informações que permitam comparar os dois principais sistemas de avaliação de desempenho de edificações em suas versões referentes ao ano de 2008, levantando as principais questões envolvidas, não pretendendo exaurir o tema.

### 3.1. Origens e discussões preliminares

Originalmente desenvolvido no âmbito da avaliação de impactos de produtos e processos industriais, o conceito de análise do ciclo de vida<sup>22</sup> serviu de base para o desenvolvimento das metodologias para avaliação ambiental de edifícios, surgidas principalmente a partir da década de 90 na Europa, nos EUA e no Canadá, como parte das estratégias para o cumprimento de metas ambientais estabelecidas a partir da RIO-92 (SILVA, 2003). Grande parte do objetivo inicial da maioria desses métodos era o de encorajar a demanda do mercado por níveis superiores de desempenho ambiental, fornecendo avaliações mais detalhadas para intervenção no objeto construído ou mais simplificadas para orientar no processo de projeto e garantir a atribuição de certificados ambientais para edifícios (SILVA, 2003).

A análise do ciclo de vida foi inicialmente aplicada no contexto da indústria química e posteriormente em diversos outros tipos de indústrias de manufatura a partir da

---

<sup>22</sup> Acrônimo da expressão *Life Cycle Analysis*, significa “processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, através da identificação e quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais. Inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo a extração e o processamento de matérias-primas; manufatura, transporte e distribuição; uso, reuso, manutenção; reciclagem e disposição final” (SETAC, 1991). Tal metodologia pode se tornar bastante complexa tendo em vista a sua abrangência e profundidade (SILVA, 2003). O método será apenas empregado nessa seção para situar a origem do estudo dos indicadores.

década de 80 (PUSHKAR et al., 2005) e consolidada na série de normas OS 14.000<sup>23</sup>, em 1996. O objetivo dessa metodologia aplicada à construção civil é minimizar o impacto ambiental total associado a todos os estágios de produção de edifícios (Figura 20). No entanto, Pushkar et al. (2005) afirmam que a construção civil não se constitui em processo linear, como pode-se verificar na produção industrial, além de apresentar diferenças fundamentais de edifício para edifício. Além disso, edifícios são muito mais complexos que produtos, pois são compostos de múltiplos materiais e componentes, além da necessidade de integração de diferentes exigências essenciais, tais como conforto, saúde, segurança, funcionalidade e estética.



**Figura 20:** Conceito de Análise do Ciclo de Vida em edifícios (Fonte: adaptado de SILVA, 2007).

### 3.2. Primeiras e principais iniciativas

“Se o objetivo for certificar é até possível que seja sustentável. Se o objetivo for ser sustentável será certificado por qualquer método” (SILVA, 2007 – informação verbal).

Partindo dessa perspectiva, tornou-se necessário estabelecer normas de desempenho que quantificassem grande parte dessas exigências de projeto. Baseados em normas locais e indicadores de referência, tais como, os padrões ISO, as Regulamentações Técnicas (RT), os desempenhos de referência (*benchmarks*), ou boas práticas locais, emergem uma série de índices que classificam o desempenho ambiental de edificações, visando desde o atendimento aos requisitos mínimos para certificação passando pelo acréscimo no seu padrão ambiental, seja voluntário por comprometimento ambiental, seja por questão de competitividade e diferenciação mercadológica (SILVA, 2003).

<sup>23</sup> ISO 14.040 (1997)/14.043 (2000) - *Environmental Management – Life Cycle Assessment*.

Atualmente vários são os sistemas de avaliação e classificação de desempenho ambiental de edificações no mundo. Com a forte dispersão do conceito da sustentabilidade no mercado da construção civil mundial, praticamente cada um dos países desenvolvidos já possui um sistema próprio. Destacam-se, na Figura 21, alguns importantes indicadores em escala global.



**Figura 21:** Distribuição de alguns importantes “selos verdes” no mundo.

O *Building Research Establishment Environmental Assessment (BREEAM™)* aparece como o mais antigo dos índices. O sistema, desenvolvido no contexto do Reino Unido em 1990, prevê um esquema de certificação voluntário e essencialmente orientado pelo mercado. O método atende à avaliação de desempenho de diversos tipos de edificação, novas ou existentes, tais como, escritórios, residências, indústrias e escolas. Outros tipos de construção podem ser ainda ser avaliadas pela variação *Bespoke*<sup>24</sup> BREEAM™. As avaliações são pontuadas em termos de créditos recebidos e acumulados por bom desempenho em cada uma das categorias e indicadores estabelecidos. Conforme pontuação recebida, ao final tem-se uma classificação ou grau de desempenho: “*Pass*”, “*Good*”, “*Very Good*” ou “*Excellent*”. Suas principais categorias de avaliação são: Gestão; Saúde e bem-estar; Energia; Transporte; Água; Materiais; Sítio; Ecologia; e Poluição.

Com o mesmo escopo e objetivo, o método japonês CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*), desenvolvido no início de 2001 foi baseado na ferramenta de análise do ciclo de vida da edificação. O sistema avalia e certifica, assim como o BREEAM™, o LEED™ e muitos outros, a concepção do projeto, edificações novas, existentes e reabilitações. O sistema japonês apresenta outro conceito que distingue a avaliação quantitativa, baseada na metodologia da

<sup>24</sup> “*Bespoke*” é denominação para solicitações mais específicas, sob encomenda.

análise do ciclo de vida, da análise qualitativa do desempenho da edificação. Relacionando esses dois métodos, o CASBEE apresenta como resultado um grau de eco-eficiência que denominam de BEE (*Building Environmental Efficiency*), cuja representação associa na mesma matriz, uma coluna com os resultados quantitativos e outra com o desempenho qualitativo. Cada critério apresenta uma escala de 1 a 5 com nível 1 definido por atender aos requisitos mínimos, nível 3 por atender as exigências típicas técnicas e sociais e nível 5 representando o elevado desempenho. O método disponibiliza um manual técnico com descrição detalhada de todos os critérios, material de referência e ferramentas de auxílio para cálculos quando necessário. As principais categorias do sistema para desempenho qualitativo são: qualidade do ambiente interno; qualidade dos serviços; qualidade do ambiente externo (entorno/sítio). E para análise quantitativa: Energia; materiais e recursos; conservação da água; reciclagem de materiais; uso de madeira sustentável; uso de materiais com reduzido risco à saúde.

Os três sistemas supracitados, segundo Silva (2003), foram originalmente orientados para o mercado. Isto é, desenvolvidos em estrutura simples com critérios de pontuação e pesos distribuídos para cada mérito atendido, com o intuito de serem facilmente absorvidos por projetistas ou para receber e divulgar o reconhecimento do mercado pelos esforços dispensados para melhorar a qualidade ambiental de projetos, execução e gerenciamento operacional. Apresentam como resultado, uma escala avaliativa com o grau de sustentabilidade alcançado pelo projeto ou pela edificação existente.

Deve-se enfatizar que, assim como não existe um padrão arquitetônico que se adeque a qualquer condição climática, indicadores de sustentabilidade não são instrumentos universais, aplicáveis a qualquer realidade (SILVA, 2003). Alguns aspectos estão fortemente relacionados a um dado contexto, e em determinado recorte no tempo e no espaço, que pode não ter a mesma correspondência em outra situação (tal como as características do clima, e as exigências da agenda ambiental de cada lugar). Um exemplo para essa questão pode ser ilustrado até dentro do mesmo país. No Brasil, no que diz respeito à disponibilidade e gestão da água, por exemplo, podem-se verificar situações diametralmente opostas. Parâmetros de um indicador ambiental para o Amazonas, não devem ser tratados com o mesmo critério de um indicador para o sertão nordestino. Como efeito, a agenda ambiental, as prioridades, objetivos e estratégias podem adquirir significados distintos para cada região.

Atualmente, está em curso o desenvolvimento e adequação dessas abordagens no contexto das edificações no Brasil, tal como as iniciativas do comitê brasileiro do GBC

(*Green Building Council*) e a recente versão brasileira do referencial HQE®, denominada AQUA – Alta Qualidade Ambiental (traduzida do francês HQE)<sup>25</sup>. O referencial técnico direcionado para escritórios e edificações escolares, adaptado no âmbito de um convênio de cooperação entre o Departamento de Engenharia de Construção Civil da EPUSP e a Fundação Vanzolini (OLIVEIRA; GONÇALVES, 2008). Este aparece, no entanto, ainda incipiente na prática mercadológica do contexto brasileiro.

O LEED™ – *Leadership in Energy and Environment Design* – é o indicador que mais tem licenciado tanto assessores quanto versões do sistema em outros países, a exemplo do LEED™ - Canadá, LEED™ - México, LEED™ – Índia. O LEED™ também inspirou a elaboração de um sistema de avaliação da sustentabilidade de residências chinês (ZHU, 2004). Lançado em janeiro de 1999 pela USGBC, o sistema norte-americano caracteriza-se por uma avaliação global, utilizando do conceito de ciclo de vida das edificações. O critério mínimo de nivelamento exigido para avaliação de um edifício pelo LEED™ é o cumprimento de uma série de pré-requisitos. Atendidos todos estes pré-requisitos, passa-se à etapa de classificação do desempenho, em que a atribuição de créditos indica o grau de conformidade do atendimento aos itens avaliados (SILVA, 2003). Assim como o BREEAM™, o sistema é constituído por um *checklist* que atribui créditos para o atendimento de critérios pré-estabelecidos, basicamente ações de projeto, construção ou gerenciamento que contribuam para reduzir os impactos ambientais de edifícios. Dotado de uma estrutura simples, o sistema é definido por Silva (2003) como um meio termo entre critérios puramente prescritivos e especificação de desempenho. Adota como referência os princípios ambientais e de uso de energia consolidados em normas e recomendações de organismos americanos com credibilidade reconhecida, como a ASHRAE<sup>26</sup>; a ASTM<sup>27</sup>; a U.S. EPA<sup>28</sup>; e o U.S. DOE<sup>29</sup>.

O referencial técnico francês, “*Démarche HQE®*”, integra-se ao desenvolvimento sustentável nos aspectos ambiental (meio ambiente exterior, emissões ao ar e água, canteiro de obra com poucas interferências), social (conforto e saúde, meio ambiente interior) e econômico (gestão de recursos). Seu objetivo principal não é a certificação de edificações, mas sim a promoção de ações voluntárias e o envolvimento de todos os agentes do setor (HETZEL, 2003).

---

<sup>25</sup> Ver <http://www.vanzolini.org.br>

<sup>26</sup> *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.*

<sup>27</sup> *American Society for Testing and Material.*

<sup>28</sup> *Environmental Protection Agency.*

<sup>29</sup> *Department of Energy.*

Em resumo, a metodologia francesa envolve a implementação de um sistema de gestão da operação e estabelece, no mínimo, três ocasiões distintas para a realização de avaliações de desempenho ambiental, as quais são realizadas junto ao empreendedor. A finalidade desse sistema é auxiliar o empreendedor na elaboração de um perfil ambiental desejado para aquele empreendimento, adequado às suas especificidades e exigências. Como ferramenta de gestão, o método francês atua no acompanhamento e na garantia do atendimento ao perfil estabelecido (CARDOSO; DEGANI, 2004). Os requisitos para o sistema de gestão da operação estão descritos no referencial denominado “*Référentiel de Système de Management d’Opération (SMO)*” (CSTB, 2002<sup>a</sup>). O outro sistema que compõe a abordagem é o “*Référentiel de Qualité Environnementale Du Bâtiment (QEB)*” (CSTB, 2002<sup>b</sup>), que compreende os 14 alvos ambientais do procedimento e define a avaliação da qualidade ambiental do empreendimento ao longo do processo. Outra característica da abordagem francesa é possibilitar ir além da verificação do atendimento aos índices de desempenho relativos às características do produto final, mas avaliar as disposições e escolhas realizadas ao longo das fases de planejamento, concepção e realização. A inserção das categorias de conforto e de saúde dos usuários também amplia o foco do método francês para além dos limites puramente ambientais da sustentabilidade e, de modo semelhante, o método ainda requer a realização de análise de custos globais da operação. A estrutura de avaliação francesa fundamenta-se em 14 categorias de preocupações ambientais que agrupam-se em 2 domínios e 4 famílias: (1) controle dos impactos sobre o ambiente exterior (Eco-construção e Ecogestão) e (2) criação de um ambiente interior satisfatório (Conforto e Saúde). O referencial será melhor tratado no próximo capítulo da dissertação juntamente ao método que orientará a pesquisa.

### 3.3. Síntese comparativa

Para consolidar a compreensão das metodologias acima abordadas, segue um quadro síntese com as principais informações de modo esquemático, possibilitando comparar os dois principais sistemas de avaliação ambiental em edificações no contexto do Brasil, LEED™ e HQE®, nas versões 3.0 (2008) e 2008, respectivamente. Justifica-se o estudo mais específico desses dois métodos pela representatividade no Brasil, já mencionada, somado ao fato do LEED™ possuir maior repercussão prática em termos de projetos atendidos e em andamento no mundo e o HQE® por se tratar apenas de um referencial metodológico para guiar a prática, não sendo objetivo deste trabalho uma avaliação minuciosa do ponto de vista quantitativo para uma edificação específica.

**Tabela 5:** Tabela resumo com os principais aspectos metodológicos que caracterizam os procedimentos LEED™ e HQE®.

	ASPECTOS	LEED™	HQE®	QUADRO COMPARATIVO/ COMENTÁRIOS	
ORIGEM E IDENTIFICAÇÃO	Última versão	2008 – V.3.0	2008	A última versão do LEED™ incorpora novos requisitos como alguns parâmetros de avaliação acústica. O procedimento HQE® não possui versões atualizadas, sua estrutura permanece e seu banco de dados/ indicadores são ajustados de acordo com as atualizações das normas técnicas europeias e padrões internacionais, bem como, com as boas práticas locais.	
	País, ano	Estados Unidos. 1996 – estudos (USGBC); 1999 – formato certificação.	França. Pesquisa iniciada em 1992 e publicada em 1996.	Ambos são aplicados largamente em vários países do mundo e também possuem traduções/ adaptações em alguns países. A associação HQE destinou pesquisa no ano do encontro ECO-92, enquanto o USGBC só publica a versão-piloto do LEED™ em janeiro de 1999.	
	Contexto climático	Clima temperado/ sub-tropical.	Oceânico, continental e mediterrâneo. Costa ocidental: os invernos são frios e os verões são amenos com temperaturas abaixo de 20 °C. Na área continental, o clima é mais rigoroso, com invernos mais frios e verões mais quentes. No clima mediterrâneo, o inverno é moderado e chuvoso e o verão é quente e seco, com temperaturas excedendo 25 °C <sup>30</sup> .	Apesar de amplamente utilizados em diversos países, as normas em que se baseiam atendem aos contextos climáticos/ ambientais e sócio-econômicos dos seus países de origem.	
	Escopo da avaliação	Ambiental	Ambiental	O LEED considera o desempenho ambiental da edificação propriamente dita enquanto objeto construído, enquanto o HQE® considera a gestão do empreendimento.	
ESTRUTURA E CONTEÚDO	Tipos de edificações contempladas	Edificações novas e existentes; Comercial, “core and Shell”, edifícios escolares, condomínios e loteamentos	Edificações novas e existentes. Comercial, escritórios e escolas, estabelecimentos de saúde, rede hoteleira.	-	
	Fases do ciclo de vida da construção	Projeto, construção.	Programa, projeto, construção, operação, demolição.	Diferentemente do sistema LEED, o HQE acompanha e avalia o edifício após 2 anos de operação.	
	Áreas de atuação e estrutura da avaliação	Composto de 6 grandes domínios: <b>Sítio sustentável;</b> <b>Eficiência no consumo da água;</b> <b>Energia e atmosfera;</b> <b>Materiais e recursos;</b> <b>Qualidade do ambiente interior;</b> <b>Inovação em projeto.</b>	Compreende 4 grandes grupos e 14 alvos: <b>Eco-construção:</b> Relação com entorno Materiais e processos Gestão da obra <b>Eco-gestão:</b> Gestão da água Gestão da energia Gestão dos resíduos	Manutenção conservação <b>Conforto:</b> Conforto higrotérmico Conforto visual Conforto Acústico Conforto olfativo <b>Saúde:</b> Condições sanitárias Qualidade do ar Qualidade da água	Comparando as duas metodologias, é possível identificar que no LEED™ considera-se aspectos de inovação da edificação, o que não é considerado no HQE®. Em compensação, o HQE® contempla o conforto acústico, que não é considerado como um critério no LEED™.
	Perfil metodológico	Verificação de resultados.	Antecipação e avaliação de perfil ambiental do empreendimento.	O LEED™ caracteriza-se pela verificação dos resultados alcançados pelo edifício, com ponderação diferenciada de temas a serem atendidos, a partir de um check-list. Já o HQE® propõe a elaboração e gestão de um perfil ambiental contendo os principais aspectos a serem contemplados pelo empreendimento, caracterizando-se também como uma orientação ao projeto.	

<sup>30</sup> Dados da Câmara de Comércio e Indústria Franco-Portuguesa. Disponível em [http://www.ccifp.fr/pt/centro\\_documentacao/franca/geografia](http://www.ccifp.fr/pt/centro_documentacao/franca/geografia). Acesso em 10 de setembro de 2008.

	Modelo da abordagem	Checklist Classificação edifício	Perfil ambiental do empreendimento	
	Base para referência dos indicadores	Legislação local (Estados Unidos) / ASHRAE.	Regulamentos técnicos franceses e padrões internacionais.	O LEED™ ao apresentar sua estrutura em formato de lista de verificação, torna a avaliação mais pragmática e menos dispendiosa. Por outro lado, o perfil ambiental exigido pelo HQE® permite racionalizar melhor o processo de projeto, hierarquizando aspectos prioritários conforme necessidade e objetivo do empreendimento.
	Certificação	Sim.	Sim.	Ambas as abordagens têm indicadores baseados na legislação local.
	Certificação	Sim.	Sim.	Embora não tenha sido concebido com a finalidade de certificar edificações, o HQE® criou um processo de certificação tendo em conta os pedidos dos atores da construção na França e para uma melhor aceitação no mercado. LEED™ foi concebido para ser orientado para o mercado.
CERTIFICAÇÃO	Escalas de desempenho	Dos 100 pontos base possíveis: <b>Platinum</b> – 80 ou mais pontos. <b>Gold</b> – 60 – 79 pontos <b>Silver</b> – 50 – 59 pontos <b>Certificado</b> – 40 – 49 pontos Não versão 3 (2009) foram acrescentados mais 6 pontos para inovação em projeto e 4 para prioridade regional.	<b>Base</b> (RT/boas práticas) – 7 alvos <b>Performant</b> – 7 + 4 ou mais <b>Três performant</b> – 7 + 4 + 3	Na escala de desempenho do procedimento HQE®, os níveis são atribuídos conforme hierarquização justificada dos alvos ambientais a serem atendidos ao longo do processo de projeto e gestão do empreendimento. Na escala do LEED™, os pontos são somados igualmente de acordo com o atendimento a cada indicador da tabela ao final da construção.
	Ponderação	Implícita. Categorias têm pesos idênticos, mas o número de itens pontuados em cada categoria sempre varia.	Definida pelo <u>perfil ambiental</u> estabelecido na fase de concepção do empreendimento (primeira auditoria).	-
	Quem certifica?	O LEED™ certifica as edificações por meio do USGBC (United States Green Building Council).	A Associação HQE® por si só não certifica. Ela está associada à AFNOR, que através de organismos certificadores tem a função de garantir a qualidade dos produtos e serviços. A Associação HQE® verifica a compatibilidade com os princípios e alvos da abordagem.	-
	Taxa de registro	\$ 450	Dado indisponível.	-
	Custo	Varia conforme dimensão do edifício/projeto	É preciso prever um custo da ordem de € 30.000,00 para o gestor ambiental (40 dias) e outros € 50.000,00 para um assistente de gestão da abordagem para 3 anos de trabalho, no mínimo.**	-
	Taxas para certificação	\$ 1,250 à \$ 17,500, variando conforme dimensão do empreendimento.	Certificação do Sistema de Gestão Ambiental: €7600, certificação HQE® (considerando no mínimo 3 auditorias mais uma realizada por auditor externo): € 11.000,00 <sup>31</sup>	-
	Prazo até certificação	Aproximadamente 2 meses.	Aproximadamente 18 meses.	-
	Número de empreendimentos certificados até 2009 no mundo	5977, sendo 3316 edifícios comerciais e 2661 residenciais <sup>32</sup> .	> 1500	-

<sup>31</sup> Custos obtidos em HETZEL, J., 2003. p. 193 - 194.

<sup>32</sup> Dados da USGBC, 2009.

## PARTE II – ESTUDOS E ANÁLISES

### Capítulo 4 – O referencial HQE® - *Haute Qualité Environnementale* e o método ADDENDA®

O presente capítulo é dedicado ao estudo do referencial técnico francês sobre sustentabilidade ambiental aplicado às edificações, *Démarche HQE® - Haute Qualité Environnementale* (Alta Qualidade Ambiental). Propõe-se uma ampliação dos aspectos mencionados na seção anterior do trabalho com breve descrição da gênese, objetivo, escopo, princípios, componentes envolvidos, estrutura e por fim, uma descrição analítica dos alvos ambientais e dos principais métodos de abordagem do referencial, com ênfase na metodologia ADDENDA<sup>33</sup>, que será aplicado no estudo preliminar proposto no próximo capítulo.

#### 4.1. Introdução ao referencial

O HQE® é o referencial técnico francês sobre sustentabilidade aplicado a edificações com ênfase no viés da eco-eficiência. Sua aplicação compreende uma abordagem que visa melhorar a qualidade do ciclo de vida da edificação, através da minimização dos impactos ambientais e sanitários que resultam da concepção, da construção, do uso, da exploração ou da demolição da edificação, em todas as fases de seu ciclo de vida (HETZEL, 2003).

##### 4.1.1. Histórico e escopo

O HQE®, teve seus primeiros estudos iniciados em 1992, quando o governo francês direcionou recursos e investiu em diversas pesquisas e acompanhamentos de realizações experimentais junto a empreendimentos, com o intuito de aumentar a qualidade ambiental das edificações no país. A iniciativa partiu do programa “*Écologie et Habitat*” lançado pelo *Plan Urbanisme, Construction et Architecture* (PUCA), em 1992, acompanhado por Gilles Olive, responsável pelos trabalhos por parte do organismo denominado ATEQUE (*Atelier Technique pour l’Evaluation de Qualité Environnementale du Bâtiments*). O pesquisador foi o criador e principal articulador inicial do referencial (HETZEL, 2003).

Em 1996, com a publicação dos resultados das pesquisas, foi criada a Associação HQE®. A associação passou a ser a entidade responsável pela difusão e aplicação no mercado, do Procedimento HQE, lançando nesse momento a marca do procedimento

---

<sup>33</sup> Criado e empregado pela *Société ADDENDA* que presta assistência na otimização energética e ambiental de empreendimentos.

HQE (*Démarche HQE*®) (ZAMBRANO, 2008). Conforme Cardoso (2004), a Associação HQE® congrega um conjunto de agentes setoriais envolvidos na realização de empreendimentos, como a administração pública direta, as entidades de fornecedores de produtos e serviços (produtos, planejamento, projeto, obra), ministérios interessados pela questão, instituições de pesquisa, etc.. Até o primeiro semestre do presente ano, apresentava um total de 81 organismos membros, constituindo importante fórum setorial de discussão sobre questões ambientais no âmbito da construção civil (ASSOHQE, 2009).

Todavia, como o mercado da construção civil em vários países europeus já estava adotando procedimentos que premiavam as construções e projetos com selos verdes e certificações ambientais, e vários empreendimentos na França começavam a vender seus projetos ditos HQE®, inicia-se o projeto de certificação, inicialmente denominado certificação “*Opération HQE*® *tertiaire 2002*”. O projeto baseou-se nos referenciais elaborados em 2002 pelo *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB<sup>34</sup>) e vem sendo largamente aplicado em empreendimentos orientados por organismos, tais como, a *Agence de l’Environnement et de la Maîtrise de l’Energie* (ADEME), *QUALITEL*<sup>35</sup>, entre outros, com a finalidade de validar a metodologia de certificação de operações HQE® na França (CARDOSO, 2004).

Previu-se na época de implementação do processo de certificação da *Démarche HQE*®, a partir de um estudo financiado pela *Agence Régionale de l’Environnement et les Nouvelles Énergies d’Ile-de-France* (ARENE IDF), uma visão prospectiva para 2012 e para 100% das edificações na região de Ile-de-France: 30% de redução no consumo de energia nos setores residencial e terciário; 40% de redução na emissão de gases contribuintes para o efeito estufa (o que permitiria à França alcançar as metas definidas no protocolo de Kyoto); 16% de economia de água potável; um ganho de mais de € 228,00/ano por habitante sobre os custos de utilização e manutenção dos edifícios; e 40.000 empregos diretos e indiretos (HETZEL, 2003 apud CARDOSO, 2004).

Observa-se que o procedimento vem evoluindo ao longo do tempo. Inicialmente, observava-se uma ênfase muito grande na economia de energia, e um caráter mais

---

<sup>34</sup>CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment*) - fundado em 1947, trata-se de um estabelecimento público industrial e comercial, sob a supervisão do Ministério da Ecologia, Energia e Desenvolvimento Sustentável, encarregado de promover tecnologias ambientalmente sustentáveis e Negociações Climáticas, no Departamento de Habitação, Urbanismo e Paisagem (CSTB, 2008).

<sup>35</sup> Associação independente, sem fins lucrativos. Presta assistência a qualidade ambiental e energética na área de habitações individuais e multifamiliares.

regulamentar. Ao longo dos anos foi assumindo um caráter ambiental mais amplo e voluntário (ZAMBRANO, 2008).

Outro importante mérito atribuído ao referencial HQE® é a preocupação, cada vez mais expressiva, no que se refere aos créditos que envolvem as dimensões, social e econômica, além da ambiental. Uma evidência disso é que o HQE® compreende uma ampla diversidade interdisciplinar de atores vinculados a sua associação que promovem e apóiam essa abordagem, tais como os organismos, PUCA<sup>36</sup>, ADEME<sup>37</sup>, CSTB, entre outros (WEKA, 2003), atribuindo uma aproximação mais específica a cada abordagem. Entretanto, ainda é grande a limitação no que tange à integração dos vários aspectos envolvidos na noção do desenvolvimento sustentável aplicado à arquitetura, no HQE® e em vários outros procedimentos.

#### 4.1.2. Características principais e estrutura do referencial

Uma das características principais do referencial HQE® diz respeito a uma abordagem que enfatiza a integração da qualidade ambiental à qualidade arquitetônica, deixando claro, a importância da criatividade no processo de concepção, o valor estético e cultural da expressão arquitetônica de cada lugar. O procedimento HQE®, conforme objetivo e princípios expostos, estrutura-se em dois componentes principais (WEKA, 2003):

- Sistema de Qualidade Ambiental (QEB – *Qualité Environnementale 69A Bâtiment*) – fundamentado nos 14 alvos HQE®, para obter, melhorar, ou manter a qualidade ambiental das edificações abordadas por operações de construção, adaptação ou gestão.
- Sistema de Gestão do Empreendimento (SMO – *Système de Management d'Opération*) – para organização e gestão dos empreendimentos e ao longo das operações de construção, adaptação ou gestão.

---

<sup>36</sup> PUCA (*Plan Urbanisme, Construction et Architecture*) – criado em 1998 pelo ministério das relações públicas francês, apresenta um escopo mais largo e multidisciplinar atuando em escala nacional, urbana e arquitetônica, com viés sócio-econômico e político mais expressivo, tais como, técnicas de desenvolvimento territorial, habitação de interesse social, planejamento urbano e arquitetônico e construção.

<sup>37</sup> ADEME (*Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie*) – agência pública industrial e comercial sob supervisão do ministério francês de ecologia, desenvolvimento sustentável e planejamento ambiental voltada para pesquisa e educação para desenvolvimento de recursos e ao controle de energia nas edificações.

### 4.1.3. Princípios da abordagem

O referencial HQE® está fundamentado em oito princípios, a saber, (Tabela 6):

**Tabela 6: Os oito princípios da abordagem HQE® (adaptado de HETZEL, 2003).**

PRINCÍPIO	DESCRIÇÃO
1 ESCALA DA ABORDAGEM AMBIENTAL	Instaurar uma abordagem ambiental e de saúde das avaliações, respeitando as diferentes escalas de impactos (global, regional e local), e considerando a interdependência entre eles.
2 ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA	Aplicar o conceito do “ciclo de vida”. Segundo Hetzel (2003), o procedimento HQE® adota apenas o <i>Life Cycle Thinking</i> , ou seja, agrega o caráter conceitual do método do LCA ( <i>Life Cycle Assessment</i> ), considerando, assim, que todas as etapas no ciclo de vida da edificação são importantes e que há impactos de umas fases sobre as outras.
3 APLICAÇÃO DE UMA UNIDADE FUNCIONAL	Estabelecer parâmetros para avaliação do desempenho da edificação e do atendimento às exigências de conforto e saúde dos usuários. A construção é conjunto complexo onde a unidade elementar é a unidade funcional.
4 INTEGRAÇÃO DAS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE	Integrar os princípios do desenvolvimento sustentável, cuja definição compreende a integração de três importantes dimensões: ambiental, social e econômica. O referencial apresenta parâmetros representativos que fazem a síntese de tais elementos. Com base neste princípio deve-se ir além de uma simples priorização de alvos (o que muitas vezes não acontece), identificando indicadores concretos aos quais se objetiva alcançar. A descrição dos alvos compreendidos pelo referencial será apresentada na próxima seção.
5 TIPOLOGIAS CONTEMPLADAS	Considerar edificações novas e existentes em fase de concepção, de realização, de utilização e de desmonte. São objetos do procedimento HQE®, os edifícios públicos, os edifícios privados, as edificações sociais, as habitações, os loteamentos, e todo tipo de edificação que resulte de uma industrialização parcial ou total para sua construção ou reforma. Entende-se que os edifícios novos e existentes sujeitos a reformas não podem ser tratados da mesma maneira.
6 CUSTO GLOBAL	Observar que a abordagem econômica deve considerar o custo global, a fim de identificar os pesos relativos das escolhas dos diferentes atores.
7 QUALIDADE AMBIENTAL E QUALIDADE ARQUITETÔNICA	Valorizar a eco-concepção em edifícios novos ou na reabilitação de edifícios existentes. A qualidade arquitetônica é indissociável da qualidade ambiental HQE®. A eco-concepção pode ser considerada em uma fase ou em uma operação de acordo com um perfil ambiental que represente as contribuições globais desta fase à determinada categoria de impacto ambiental.
8 CONSTANTE RENOVAÇÃO	Manter a reflexão e o conhecimento atualizado a fim de não validar soluções obsoletas assim determinadas pela evolução técnica. A experiência mostra que não é possível afirmar que uma solução técnica resolva definitivamente a questão complexa dos impactos ambientais e sobre a saúde.

### 4.2. Gestão do processo do projeto (SMO)

Retomando a proposta do referencial em questão, de acordo com Weka (2003), a abordagem HQE® requer um compromisso de todos os atores envolvidos no processo do Projeto. Tais atores devem estar igualmente motivados e participantes, com intuito de aumentar de forma sustentável a qualidade ambiental dos edifícios e da sua inserção no meio ambiente, desde a fase de planejamento do empreendimento até a gestão da edificação. Reconhece-se, que o estabelecimento de um Projeto tendo em vista a sua qualidade ambiental demanda uma organização muito específica quando comparada ao método convencional. Com efeito, acredita-se que além do interesse de melhorar a qualidade ambiental do projeto, torna-se necessário que o empreendedor

possua o desejo inicial de implantá-lo em todos os níveis de decisão. Por isso, antes de qualquer coisa, trata-se de uma abordagem voluntária (WEKA, 2003).

O procedimento envolvido na adoção do referencial como instrumento metodológico no processo de Projeto, consiste na submissão por parte do empreendedor em duas instâncias principais:

- **O sistema de gestão do empreendimento (SMO)**

O referencial HQE® prevê a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental do Empreendimento, com intuito de auxiliar a organização e a condução de uma política ambiental por parte do empreendedor. Este sistema se baseia na Norma Internacional OS 14000, que define o conceito do Sistema de Gestão do Empreendimento (SMO<sup>38</sup>) – também denominado SGA (Sistema de Gestão Ambiental da Operação) (WEKA, 2003).

O SMO pode ser definido como a reunião dos elementos que permitem a fixação dos objetivos prioritários da QEB (*categorias de preocupações ambientais*) e a organização das ações necessárias para atendê-los, ao longo do desenrolar do empreendimento. Envolve, portanto, a definição de um quadro de políticas globais com os quais o empreendedor se compromete e articula ao longo das diferentes etapas do processo, para os diferentes atores envolvidos, metodologias empregadas para atender aos objetivos e meios previstos para preparar, formar, conceber, realizar, validar e melhorar as ações planejadas e alvos hierarquizados<sup>39</sup>.

A implementação formal do SMO é um processo sistemático, tendo em vista os diferentes documentos criados. Entre esses documentos, estão o quadro ambiental (TBE<sup>40</sup>), que observa o alcance e cumprimento das exigências por alvo e por etapa do projeto, e o Registro Ambiental da Operação (REO<sup>41</sup>), que realiza o registro do desenrolar do processo e da implementação das exigências ambientais, identificando problemas e prevendo correções.

Segundo o procedimento HQE®, o protocolo a ser cumprido compreende as seguintes ações:

- Realizar a avaliação do sítio;
- Fixar os objetivos (hierarquização dos alvos);

---

<sup>38</sup> Terminologia adotada pelo CSTB.

<sup>39</sup> Os alvos ambientais e a etapa de hierarquização serão descritos nos itens seguintes.

<sup>40</sup> TBE – *Tableau de Bord Environnementale*.

<sup>41</sup> REO – *Registre Environnementale de l'Opération*.

- Coletar informações e realizar medições necessárias para se poderem identificar os impactos e fazer as escolhas mais apropriadas;
- Certificar-se de que, a cada etapa de concepção, de realização, de gestão de uso da edificação (até a sua demolição), os elementos sejam: conhecidos, mensuráveis, comunicáveis, e geridos.

As ações a serem postas em prática dizem respeito à Eco-concepção HQE®, compreendidas pelos alvos ambientais, conceito do ciclo de vida da edificação, abordagem de custo global, etc. Estas ações devem ser coordenadas em termos do planejamento e monitoramento do SMO. Devem ser estabelecidos níveis de desempenhos ambientais em função do que se deseja atingir para os alvos prioritários e secundários, exigências regulamentares para alvos de tratamento regulamentar. Devem ainda ser definidas as formas de verificação e controle dos desempenhos atingidos, e se planejar as melhorias necessárias a serem postas em prática e submetidas a novas etapas de avaliação (ZAMBRANO, 2008).

- **Comitê consultivo (*comitê de pilotage*)**

Uma vez definidas as ações prioritárias e o perfil do empreendimento, submete-se ao comitê consultivo, composto por todos os intervenientes no processo, para acompanhar toda a evolução do processo.

#### **4.3. A Qualidade Ambiental do Edifício (QEB)**

O sistema de Qualidade Ambiental do Edifício (QEB) consiste no conjunto de categorias de preocupações ambientais definidas pelos catorze alvos para qualidade ambiental proposto pelo referencial HQE®.

O referencial QEB é a base para a definição e avaliação da qualidade ambiental das edificações que compõem o empreendimento. É, portanto, definido por um conjunto de indicadores que se desdobram das preocupações ou alvos ambientais prioritários, bem como, das características e dos critérios mínimos, afeitos à qualidade ambiental, a serem alcançados. O referencial estabelece a qualidade ambiental a ser obtida, a partir do perfil ambiental definido pelas 14 categorias de preocupações ambientais que serão apresentadas na próxima seção (CARDOSO, 2004).

##### **4.3.1. Os 14 alvos para qualidade ambiental**

O referencial HQE® possui a organização dos seus parâmetros de análise estruturada em dois grandes domínios intercomunicantes, o ambiente exterior e o ambiente interior ao edifício. Estes se desdobram em quatro instâncias principais que sistematizam as

dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade, porém com foco no viés da eco-eficiência, seriam eles: a eco-construção, eco-gestão, conforto e saúde. Os dois primeiros referem-se ao ambiente exterior e os dois últimos ao ambiente interior ao edifício (Figura 22).

A partir dessas instâncias, são estabelecidos catorze alvos, desdobrados em 52 alvos secundários ou parâmetros mais sensíveis de análise (Tabela 7).



**Figura 22** – Esquema de organização dos 14 alvos ambientais nas 4 principais instâncias referentes ao exterior e interior da edificação (Fonte: Adaptado de WEKA apud BARROSO-KRAUSE, 2005).

**Tabela 7:** Quadro resumo dos alvos ambientais do referencial HQE® (Fonte: adaptado de WEKA apud BARROSO-KRAUSE, 2005 e HETZEL, 2003).

OS ALVOS PARA ALTA QUALIDADE AMBIENTAL					
		ALVOS	ALVOS SECUNDÁRIOS	EXIGÊNCIAS MÍNIMAS	ORIENTAÇÕES PARA O PROJETISTA
AMBIENTE EXTERIOR	ECO-CONSTRUÇÃO	1. Relação das edificações com o entorno	- utilização das disponibilidades locais (sítio);	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estudo da implantação a partir de um estudo prévio do projeto, da organização do lote e do tratamento dos espaços exteriores e intermediários; subsolo; população; entorno.</li> <li>▪ Localizar as fontes de ruído exterior e dispor de um isolamento acústico satisfatório.</li> <li>▪ Empregar procedimento e produtos de baixo consumo energético e material;</li> <li>▪ Estudar a possibilidade de reciclagem dos resíduos provenientes da adaptação e demolição dos edifícios existentes;</li> <li>▪ Considerar a legislação de uso e qualificação dos materiais de construção, especialmente escolhendo aqueles com baixo risco ao meio ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Escolher a implantação e a orientação dos edifícios em função das características do lote e as condições climáticas;</li> <li>▪ Privilegiar o manejo sustentável das zonas livres e dos equipamentos especiais;</li> <li>▪ Escolher materiais adaptados ao entorno urbano ou rural para a envoltória do edifício, respeitando os princípios ambientais;</li> <li>▪ Proceder, se necessário ao tratamento acústico do lote ou do edifício;</li> </ul> Ver também os alvos nº 5 e nº 9.
			- gestão das vantagens e restrições observadas no lote;		
			- organização do lote visando uma ambiência agradável;		
			- redução da probabilidade de distúrbios entre a edificação, o entorno e a localidade/comunidade.		
		2. Materiais e processos construtivos	- adaptabilidade e durabilidade das construções; (ciclo de vida)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adaptar as escolhas construtivas à vida útil desejada da construção;</li> <li>▪ Empregar procedimento e produtos de baixo consumo energético e material;</li> <li>▪ Estudar a possibilidade de reciclagem dos resíduos provenientes da adaptação e demolição dos edifícios;</li> <li>▪ Considerar a legislação de uso e qualificação dos materiais de construção, especialmente escolhendo aqueles com baixo risco ao meio ambiente.</li> <li>▪ Escolher produtos de construção de fácil manutenção/ conservação;</li> <li>▪ Escolher produtos de construção de modo a limitar os impactos da construção à qualidade do ar interior e à saúde humana.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conservar os recursos escassos e promover o uso de materiais compostos de matérias-primas renováveis ou recicláveis;</li> <li>▪ Otimizar o sistema construtivo e evitar super dimensionamento dos elementos construtivos;</li> <li>▪ Definir os critérios ambientais nos documentos de apresentação da empresa;</li> <li>▪ Solicitar aos fabricantes as características ambientais dos produtos;</li> <li>▪ Recorrer a materiais não compostos e a técnicas que permitam a desmontagem para facilitar a recuperação ao final do ciclo;</li> <li>▪ Realizar obra com baixo consumo de energia e água;</li> <li>▪ Adotar medidas que favoreçam a execução de uma obra limpa.</li> </ul>
			- escolha de processos construtivos;		
			- escolha de materiais construtivos		
		3. Canteiro de Obras com Baixo Impacto Ambiental	- gestão diferenciada de resíduos/sobras no canteiro de obras;	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Adotar, desde o início, medidas a favor do controle dos resíduos da obra e a redução dos incômodos (ruído, poeira, etc.);</li> <li>▪ Reduzir o consumo de energia e a poluição do ar;</li> <li>▪ Reduzir o consumo de água e a poluição da água e do solo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concretizar os procedimentos escolhidos em conjunto com os promotores;</li> <li>▪ Incorporar os requerimentos científicos sobre o meio ambiente e o processo de consulta de empresas;</li> <li>▪ Comprometer o contratado geral e o dirigente na união de empresas;</li> <li>▪ Buscar o comprometimento do coordenador de segurança e saúde;</li> <li>▪ Informar e formar o pessoal da obra.</li> </ul>
			- redução do nível de ruído do canteiro;		
- redução da poluição ao lote e à vizinhança;					
- gestão adequada das demais fontes de					

ECO-GESTÃO

	impacto do canteiro		
<b>4. Gestão da Energia</b>	- otimização das necessidades (demanda);	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhoria da eficiência energética dos projetos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analisar a orientação dos edifícios em função da insolação;</li> <li>▪ Projetar envoltória com adequado condicionamento térmico;</li> <li>▪ Escolher sistemas de calefação e climatização adequados ao edifício e sua função;</li> <li>▪ Buscar o equilíbrio entre iluminação natural, conforto no inverno e conforto no verão;</li> <li>▪ Escolher instalações de baixo consumo energético e de água;</li> <li>▪ Recorrer a sistemas de gestão energética adaptados ao edifício, ao seu uso e a suas instalações técnicas;</li> <li>▪ Incluir no edifício ou no lote instalações de geração de energia que utilizem energia renováveis;</li> </ul>
	- priorização ao uso de energias ambientalmente corretas		
	- eficiência dos equipamentos energo-intensivos (eletricidade e gás)		
	- uso de tecnologias "limpas" quando do uso de geradores à combustão		
<b>5. Gestão da Água</b>	- gestão da água potável;	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buscar sistemas que limitem o consumo de água potável: equipamentos eficientes, controle das instalações para impedir as fugas;</li> <li>▪ Prever eventualmente a reutilização de águas pluviais para o abastecimento dos banheiros, limpeza, rega, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recorrer a instalações técnicas e equipamentos de baixo consumo de água;</li> <li>▪ Escolher materiais de qualidade e equipamentos eficientes;</li> <li>▪ Implantar técnicas inovadoras de depuração autônoma se esta é desejada;</li> <li>▪ Garantir a gestão das águas pluviais no lote por retenção ou infiltração, se a natureza do solo permitir;</li> </ul>
	- utilização de águas não-potáveis;		
	- reuso (das águas servidas);		
	- gestão das águas pluviais		
<b>6. Manejo dos Resíduos</b>	- projeto de depósitos de rejeitos adaptados ao sistema de coleta existente e futuro;	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Considerar a coleta seletiva local;</li> <li>▪ Distribuir os ambientes contemplando a coleta seletiva;</li> <li>▪ Considerar o percurso entre o local de armazenamento e de coleta;</li> <li>▪ Separar o fluxo de resíduos do fluxo das pessoas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informar-se sobre os futuros resíduos produzidos pelo edifício, sua coleta e seleção;</li> <li>▪ Prever locais de armazenamento adaptados à natureza dos resíduos, a coleta e seleção;</li> </ul>
	- gestão diferenciada dos diversos rejeitos (adaptados ao modo local de coleta)		
<b>7. Operação e manutenção</b>	- otimização das necessidades de limpeza/manutenção;		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Valorizar a manutenção e a conservação nas decisões arquitetônicas;</li> <li>▪ Escolher materiais, revestimentos e instalações fáceis de limpar e manter, tendo em conta a durabilidade;</li> <li>▪ Facilitar o acesso aos locais técnicos e aos elementos que requerem manutenção.</li> </ul>
	- utilização de procedimentos eficientes para gestão técnica;		
	- gestão otimizada dos procedimentos de limpeza, reparo e manutenção face aos efeitos ambientais		

<b>8. Conforto higratérmico</b>	- permanência de condição de conforto higratérmico;	Garantir o conforto higratérmico no verão e no inverno.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conceber edifícios que combinem conforto de verão e conforto de inverno, controlando ao mesmo tempo o consumo energético;</li> <li>▪ Garantir a manutenção do conforto aos longo das estações e a homogeneidade dos ambientes higratérmicos;</li> <li>▪ Respeitar as normativas de economia energética (se houver);</li> <li>▪ Definir uma envoltória com adequado condicionamento térmico;</li> <li>▪ Privilegiar a calefação radiante (se aplicável);</li> <li>▪ Dispor de meios necessários para garantir o controle climático por parte dos usuários;</li> </ul>
	- manutenção das condições higratérmicas dos ambientes;		
	- zoneamento (agrupamento de ambientes de mesmo requisito)		
	<b>9. Conforto acústico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- correção acústica;</li> <li>- redução dos ruídos de impacto e de equipamentos;</li> <li>- zoneamento (agrupamento de ambientes de mesmo requisito)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduzir os níveis de ruído protegendo as habitações do ruído proveniente do interior e do exterior.</li> </ul>
<b>10. Conforto visual</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- relação visual satisfatória com o exterior;</li> <li>- otimização da iluminação natural (conforto x custo energia)</li> <li>- iluminação artificial satisfatória complementar à natural;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar um estudo de distribuição e dimensionamento dos vãos envidraçados compatíveis com as exigências energéticas;</li> <li>- Respeitar as exigências relativas à instalação elétrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Evitar ambientes demasiadamente profundos;</li> <li>▪ Proporcionar aberturas em função das superfícies das salas e de seu uso;</li> <li>▪ Definir a altura das janelas, o tipo de abertura e a espessura das esquadrias para manter uma superfície luminosa importante;</li> <li>▪ Recorrer a iluminação indireta;</li> <li>▪ Escolher cores claras para pinturas e revestimentos internos a fim de incrementar os índices de iluminância internos;</li> <li>▪ Prever os meios de controle e regulação necessários da luz natural e dos ganhos solares;</li> </ul>
<b>11. Conforto olfativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- controle das fontes de odores desagradáveis;</li> <li>- ventilação possibilitando a evacuação destes odores;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assegurar vazões de ar adequadas às atividades dos ambientes;</li> <li>- Assegurar o controle das vazões de ar;</li> <li>- Assegurar distribuição adequada de ar renovado;</li> <li>- Identificar e limitar as fontes de odores;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Medidas tomadas para garantir: o início da ventilação antes do início do período de ocupação dos ambientes, no caso de edifícios com sistema de resfriamento artificial; a qualidade do ar conduzido nos dutos de circulação; a exaustão ótima do ar viciado.</li> <li>▪ Identificação das fontes de odores, ao longo de todo o ciclo de vida do edifício;</li> <li>▪ Soluções arquitetônicas para redução dos efeitos das fontes de odores, tais como, restrição à entrada de odores provenientes do meio externo; organização dos espaços internos para limitar os incômodos olfativos internos ao edifício; Exaustão dos odores;</li> </ul>

SAÚDE

12. Condições sanitárias	- criação de condições de higiene;	Escolher cuidadosamente a localização e a forma dos ambientes técnicos e equipá-los corretamente;	Escolher materiais e equipamentos que favoreçam condições sanitárias satisfatórias e em especial sistemas de ventilação eficazes;
	- facilitação projetual para limpeza e evacuação de rejeitos;	Favorecer a conservação e a limpeza.	Realizar o acompanhamento das instalações dos equipamentos;
	- facilitação de cuidados de saúde;		
	- acessibilidade.		
13. Qualidade do ar	- gestão dos riscos de poluição dos produtos da construção: equipamentos, reparos, melhorias.	- Escolher geradores de combustão com sistemas de segurança normalizados;	Buscar os produtos e materiais construtivos menos poluentes;
	- gestão dos riscos de ar novo poluído;	- Evitar os produtos poluidores utilizados na construção: formaldeído, solventes, etc.;	Escolher os aparatos normatizados;
		- Analisar os riscos de emissão de radônio nas zonas suscetíveis e adaptar a organização do edifício conseqüentemente;	Comprovar a conformidade das instalações e dos elementos com as boas práticas de execução;
	- ventilação para qualidade do ar (higiênica)	- Dimensionar corretamente a renovação de ar e empregar sistemas de ventilação eficazes;	Favorecer a manutenção e conservação pouco poluente;
		- Verificar a ausência de amianto e de CFC de certos isolantes plásticos alveolares, assim como nas instalações para resfriamento, os aerossóis e os solventes.	Adotar medidas preventivas em caso de presença de radônio no subsolo e no solo, ou de ar exterior contaminado;
			Impor um sistema de ventilação eficaz adaptado ao contexto;
14. Qualidade da água	- proteção da rede de distribuição coletiva de água potável;	- Procedimentos de instalação de tubulações em função do material que as compõem;	- Proteger a rede de distribuição coletiva;
	- manutenção da qualidade da água potável no interior das edificações;	- Escolher materiais compatíveis com a natureza da água distribuída;	- Desenhar a rede interna de maneira a evitar os riscos de fechamento para facilitar a sua manutenção;
	- melhoria eventual da qualidade de água potável e controle da temperatura na rede interna.	- isolar termicamente a rede interna.	- Especificar materiais adaptados às tubulações de água potável;
	- gestão dos riscos ligados às redes de água não potável	- assegurar temperatura no aquecedor de acumulação ou no de passagem.	- Prever tratamentos preventivos se as características da água distribuída os fazem necessários;
			- Programar a substituição das tubulações de chumbo nas reabilitações;
			- Comprovar a temperatura da água quente sanitária armazenada; disposições para assegurar uma temperatura superior a 50°C na saída do aquecedor de acumulação ou no de passagem;
			- Prever um dispositivo de manutenção que limite os riscos de doenças;

#### 4.4. Do processo de certificação

Segundo a Associação HQE® (2009), a finalidade do HQE® não é a certificação, mas o estabelecimento de um meio para alcançar a alta qualidade ambiental. Por essa razão, como já foi mencionado, trata-se de uma abordagem voluntária.

O procedimento para certificação, iniciado em 2002 pelo órgão oficial responsável pelo processo, o CSTB, propõe a participação consensual de diversos atores na área da construção civil. O processo de certificação apóia-se nos trabalhos e documentos desenvolvidos pela Associação HQE®, ADEME, comissões de normalização e pelo próprio CSTB (certificações profissionais de sistemas de gestão da qualidade) (CARDOSO, 2004).

A certificação está apoiada nas duas estruturas principais do referencial descritos no item anterior: o sistema de gestão do empreendimento (SMO) e o referencial de qualidade ambiental da edificação (QEB), compreendida pelos 14 alvos e objetivos ambientais.

Diferentemente dos outros mecanismos de certificação, tais como LEED, o BREEAM, o CASBEE, entre outros, o HQE não se baseia num sistema de pontuação, mas numa classificação após o cumprimento de um perfil de desempenho ambiental, elaborado como ponto de partida, que deve ser atingido em diferentes etapas do processo, definido no início do processo pelo empreendedor (SMO). A definição do perfil é feita levando-se em conta as características, vantagens e desvantagens com relação ao ambiente do local onde o empreendimento será realizado, as exigências legais e regulamentares pertinentes, as necessidades e expectativas de todas as partes interessadas (empreendedor, usuário, coletividade, meio ambiente) e os objetivos ambientais do empreendedor (CARDOSO, 2004).

Esse perfil determina as categorias de preocupações ambientais, sanitárias e de conforto que serão privilegiadas, dentre as 14 definidas. As categorias privilegiadas deverão ter um desempenho igual ou superior ao constatado em empreendimentos realizados na França, considerados como exemplos de excelência ambiental, ou ao menos, superior ao das práticas usuais regulamentadas. As categorias não priorizadas terão um desempenho, ao menos, igual ao normalizado ou regulamentar, ou equivalente às práticas usuais (Associação HQE®, 2008).

Avalia-se não somente o edifício, mas o empreendimento e as competências envolvidas, possibilitando acompanhar o processo, desde etapa de

programa/concepção até a execução; diferente da maioria das certificações dessa natureza, em que a avaliação ocorre apenas na fase de projeto.

O CSTB, organismo responsável por certificar, promove uma primeira auditoria no empreendimento em fase de programa (concepção), para verificar se as metas estabelecidas em termos de qualidade ambiental têm condições de ser alcançadas. Examina os elementos fornecidos e a pertinência em termos de objetivos específicos, a competência de todos os agentes atuantes e se o processo se mostra capaz de alcançar as metas definidas.

O CSTB coordena uma equipe de auditores formados em qualidade ambiental e com formação em auditoria de sistema de qualidade (ISO 9000) e qualidade ambiental (ISO 14000). A equipe de auditores responsáveis intervirá ao longo do empreendimento, mais especificamente ao final das fases Programa, Projeto e Execução. O certificado será atribuído à fase correspondente e estará subordinado à obtenção de um desempenho mínimo nas 14 categorias de preocupações ambientais, sanitárias e de conforto, definidas pela Associação HQE® e adotadas pela certificação (CARDOSO, 2004).

Para cada uma dessas categorias são perseguidos três níveis possíveis de desempenho: *Base*, *Performant* e *Très Performant*. Para obter a certificação, o empreendedor deverá escolher, dentre as 14 categorias de preocupações, ao menos 7 que responderão pelo menos às exigências do nível *Performant*, dentre as quais ao menos 3 respondendo àquelas do nível *Très Performant*. As categorias remanescentes – no máximo 7 – deverão atender às exigências do nível *Base*.

Em resumo, a partir dessa regra geral, o CSTB definiu os seguintes “níveis de corte” ( Figura 23):

- *Base* – desempenhos normalizados ou regulamentares, ou correspondentes às práticas usuais;
- *Performant* ou Além da Base – os desempenhos superiores às práticas usuais;
- *Très Performant* ou Superior – os desempenhos definidos a partir dos desempenhos máximos recentemente constatados em empreendimentos já realizados na França, considerados pelos agentes do setor como exemplos de boas práticas de qualidade ambiental, e que sejam reproduzíveis em outros empreendimentos.



**Figura 23:** Perfil mínimo de desempenho ambiental do empreendimento (Fonte: Associação HQE®, 2008).

Essa é uma segunda peculiaridade marcante da certificação francesa em relação às suas congêneres: ela impõe que todas as categorias apresentem um desempenho ao menos igual ao normalizado ou regulamentar ou correspondente às práticas usuais (CARDOSO, 2004).

#### **4.4.1. Sobre o princípio da equivalência**

A associação HQE® define ainda o que denomina de princípio de equivalência. Trata-se de mecanismo que pode ser atribuído aos empreendimentos que possuem mais de 3 alvos no estágio *Trés Performant*, que possibilita o emprego de um método alternativo de avaliação, baseado em critérios e indicadores diferentes dos estabelecidos pelo Referencial. Todavia, tal alternativa deve fielmente responder à preocupação ambiental de origem traçada no perfil ambiental no início do processo – expressa pela categoria ou pela subcategoria de preocupação ambiental.

#### **4.4.2. Concessão da marca**

Para a certificação do empreendimento HQE® é requerida uma documentação que contemple: todos os procedimentos definidos, estabelecendo a maneira de conduzir determinadas atividades, tais como, gestão da comunicação, gestão da documentação, avaliação da QEB, correções e ações corretivas e gestão de modificações; todos os documentos necessários; e registros que comprovem as atividades realizadas em todas as etapas do empreendimento e os resultados obtidos (CARDOSO, 2004).

O empreendimento certificado passa a ter o direito de utilizar a marca do organismo que acompanhou o processo e conferiu o certificado, como por exemplo, “*NF Edificações Tertiaries – Abordagem HQE®*”, que presta serviços em avaliação de edifícios de escritórios e escolas. Essa certificação, porém, é o resultado de combinação de duas marcas:

- O organismo de propriedade de AFNOR, o que garante a qualidade e segurança dos produtos e serviços, mas também a satisfação de critérios de qualidade definidos em termos de necessidades dos consumidores;
- A marca “*Démarche HQE®*”, propriedade da Associação HQE®, que garante os princípios do HQE®.

CSTB concede o direito à certificação AFNOR para desenvolver e certificar a NF, associada com a marca *Démarche HQE®* na área dos edifícios, com a autorização da Associação HQE® (Manual – NF edificações Tertiaries – HQE®, 2006).

#### 4.5. Metodologia ADDENDA®

A incorporação às edificações de aspectos como a eficiência energética, conforto ambiental e exigências de regulamentação ambiental, bem como, de preocupações sobre sustentabilidade, como as contidas em referenciais técnicos como HQE®, pode ser bastante complexa, além de se apresentar, à primeira vista, como barreira limitante na composição arquitetônica. Partindo dessa preocupação, a proposta da metodologia ADDENDA® (2009) consiste em auxiliar, o projetista e o empreendedor, em agregar a qualidade ambiental como um valor a mais, no processo global de projeto, sem comprometer a sua qualidade arquitetônica. O objetivo da metodologia é, portanto, facilitar e estabelecer a integração entre os critérios ambientais, por meio de uma abordagem arquitetônica sobre os alvos do referencial HQE® e os processos de decisão arquitetônica e na hierarquização dos alvos (ADDENDA, 2009).

Segundo Fernandez apud Zambrano (2008), o Procedimento<sup>42</sup> HQE® não corresponde a um método<sup>43</sup>, mas um referencial<sup>44</sup> que orienta para prioridades ambientais no projeto. A metodologia ADDENDA® se oferece como uma linguagem mais sistematizada do Referencial compreendida por parâmetros mais sensíveis à concepção arquitetônica.

<sup>42</sup> Procedimento: ato ou efeito de proceder. 1. Maneira de agir, modo de proceder, de portar (-se); conduta, comportamento. 2. Técnica, processo, método (KOOGAN/HOUAISS, 2000).

<sup>43</sup> Método: 1. Procedimento, técnica ou meio de se fazer alguma coisa, esp. de acordo com um plano [...] 2. processo organizado, lógico e sistemático de pesquisa, instrução, investigação, apresentação etc. [...] 3 ordem, lógica ou sistema que regula uma determinada atividade (KOOGAN/HOUAISS, 2000).

<sup>44</sup> Referencial: 1. Que ou o que constitui ou contém referência (KOOGAN/HOUAISS, 2000).

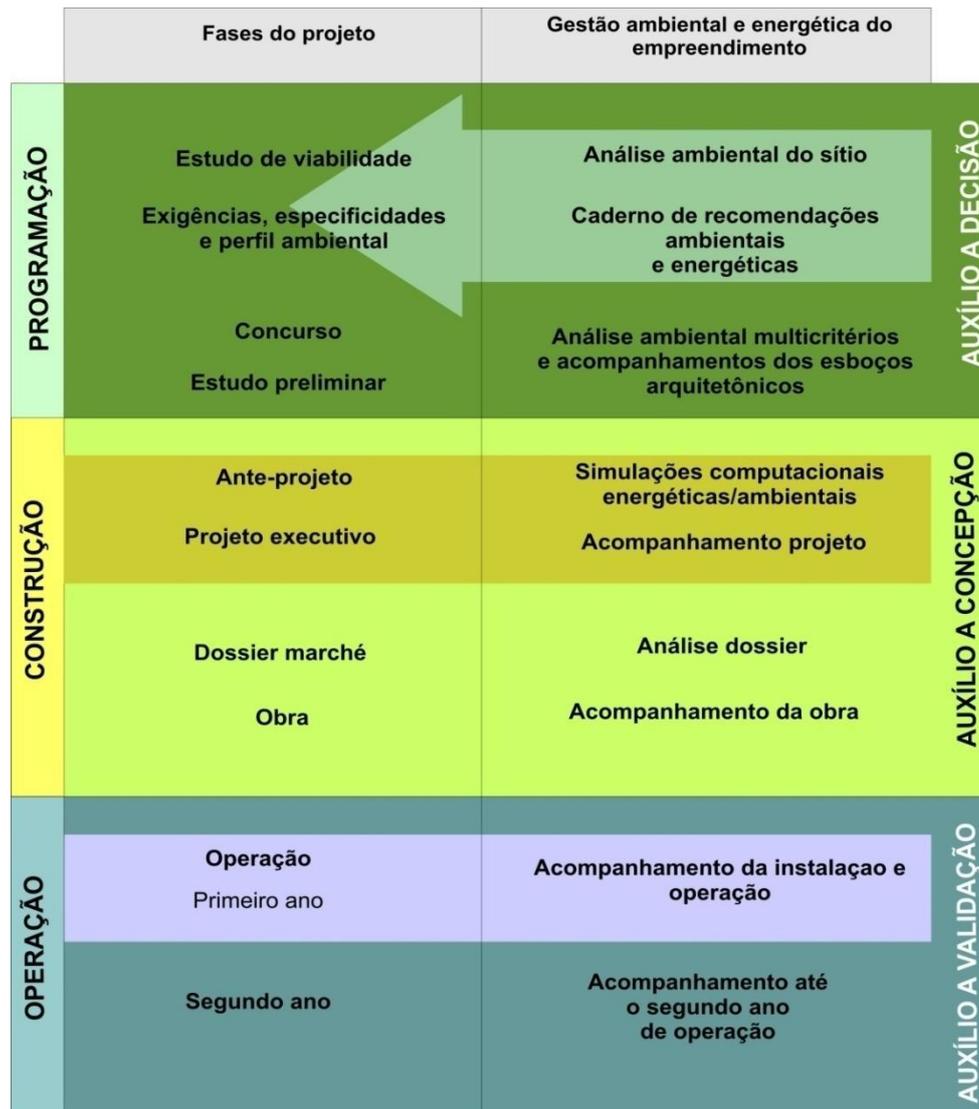


Figura 24: Organização estrutural do procedimento ADDENDA no auxílio ao processo global de projeto até a operação (Fonte: adaptado ADDENDA, 2009).

#### 4.5.1. Abordagem metodológica e foco de análise

A metodologia ADDENDA é organizada, por sua vez, em quatro amplas problemáticas de concepção:

- Implantação,
- Morfologia,
- Materialidade,
- Espacialidade.

A partir destas, desdobram-se cerca de vinte “conceitos arquitetônicos” pelos quais são agrupados mais de cinquenta “parâmetros sensíveis” de análise. Os conceitos e

parâmetros sintetizam o conjunto de temas arquitetônicos e técnicos essenciais de um projeto.

Para cada parâmetro sensível, devem ser analisados os relacionamentos em relação aos alvos ambientais e, em função destes, desenvolvidas recomendações específicas (Tabela 7).

No contexto do presente trabalho, a metodologia ADDENDA servirá como ferramenta para guiar/balizar a análise do contexto particular da cidade em questão, situada no semi-árido brasileiro. Como se trata de uma primeira análise do lugar, realizou-se um recorte no procedimento compreendido pela problemática de concepção – implantação – cuja finalidade é a avaliação preliminar para subsidiar a fase de concepção de projetos dirigidos a localidade. Essa análise caracteriza-se por uma primeira abordagem para compreensão das características, potencialidades, fragilidades e limitações do lugar, e que permitirá construir uma reflexão sobre a relação harmoniosa com o meio ambiente à luz das prioridades próprias do lugar.

#### **4.5.2. Informações a coletar**

De acordo com o que foi colocado, diferentes informações concernentes ao processo de projeto devem ser coletadas na etapa de pré-concepção. A metodologia ADDENDA (2009) indica uma série de conceitos e parâmetros de análise que devem guiar essa fase, através de uma matriz de análise do sítio, apresentada na tabela 10 (WEKA, 2003).

O local e a abordagem ambiental de um edifício vão influenciar o tipo de construção e o impacto ambiental gerado pela mesma. Por isso, devem-se explorar as potencialidades do local, para contornar as suas limitações desfavoráveis, e conceber ambientes em conformidade com as características físico-climáticas do lugar. Propõe-se coletar informações através de uma matriz de análise e uma estimativa da interação entre o projeto e os seguintes parâmetros de análise (ADDENDA, 2009) (Tabela 8):

**Tabela 8:** Informações a coletar relativas ao foco da implantação (adaptado de WEKA, 2003).

	Tipo de informação		Indicadores
IMPLANTAÇÃO	Sistema de distribuição	Transporte	Tipos Frequência de passagem Capacidade
		Vias e Acessos	Principais fluxos Número e tipos de vias Pavimentação
	Tratamento do terreno	Espaço urbano	Perfil (gabarito) Padrão de ocupação (qualitativo) Superfície (m <sup>2</sup> ) Existência de regulamentações (sim/não)
		Tipo de solo e subsolo	Natureza (qualitativo)
		Permeabilidade	% impermeabilização
		Topografia	Estudo topográfico e geológico
	Paisagem e vegetação	Construções	Tipologias (qualitativo)
		Vegetação	Tipos disponíveis (qualitativo) Porte Crescimento
	Contexto climático e sonoro	Insolação e radiação solar	Radiação (fluxo mensal/anual em kWh/m <sup>2</sup> ) Número de horas de sol Horas de luz
		Temperaturas	Temperatura mínima (°C) Temperatura máxima (°C) Temperatura média anual (°C)
		Umidade	Umidade relativa mínima (%) Umidade relativa máxima (%) Umidade relativa média mensal/ anual (%)
		Regime dos ventos	Velocidade média horária (m/s) Orientação Frequência (%)
		Regime pluviométrico	Nível de pluviometria mensal (mm/ mês) Nível de pluviometria anual (mm/ anual) Nível de evaporação (mm)
		Ruído urbano	Qualificação do ruído do entorno (dB (A)) Zoneamento (sim/ não)
	Gestão dos recursos	Energias renováveis	Solar (disponibilidade e homogeneidade) (kWh/m <sup>2</sup> .ano) Eólica (disponibilidade) (m/s/h) Biomassa (disponibilidade) Geotérmica (disponibilidade)
		Redes de infra-estrutura	Disponibilidades acesso a água Tratamento esgoto
		Destinação dos rejeitos	Quantidade (m <sup>3</sup> ) Destino e frequência

A matriz de análise do sítio (foco da implantação) pode ilustrar a hierarquia dos alvos prevista pelo empreendedor, conforme o perfil ambiental por ele definido junto ao comitê consultivo, como foi visto anteriormente; o que facilita na avaliação, na atribuição dos pesos e alcance de desempenhos ao final do procedimento.

No caso desta pesquisa, todos os parâmetros relacionados serão contemplados. No entanto, por razões práticas, será hierarquizada, dentro do foco da implantação, a análise de alguns parâmetros particulares relacionados ao grupo dos alvos ambientais relativos ao conforto ambiental. E em seguida, no capítulo 6, de posse dos dados coletados, tais informações responderão aos demais focos da matriz de análise (Tabela 9).

Ainda, na matriz de análise da implantação (Tabela 10), a hierarquização pode ser evidenciada no cruzamento sensível das exigências ambientais (alvos HQE®) com as problemáticas e conceitos arquitetônicos, permitindo, também, uma maior interação entre os aspectos relacionados e o conhecimento organizado dos critérios a cada etapa da avaliação.

**Tabela 9:** Matriz de análise ambiental ADDENDA (2009).

Arquitetura		Meio ambiente (14 alvos HQE®)														
FO CO	Conceitos arquitetônicos	Parâmetros sensíveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
IMPLANTAÇÃO	Sistema de Distribuição	Transportes														
		Vias														
		Acessos														
		Estacionamento														
	Tratamento dos limites	Materialização dos limites														
		Orientação														
		Topografia														
	Controle climático	Insolação														
		Ventos														
		Chuvas														
		Umidade														
	Inserção na paisagem	Construções														
		Pavimentação														
		Vegetação														
	Gestão de recursos	Energias renováveis														
		Redes														
		Disponibilidades locais														
	Gestão de incômodos	Poluição														
Riscos																
Distribuição dos espaços	Vistas															
	Vias internas															
	Conexões															
MORFOLOGIA	Opções de compacidade	Forma														
	Definição de ocupação	Superfície														
		Localização														
	Composição de escalas	Elevação														
		Repartição														
Embasamento	Ancoragem															
MATERIALIDADE	Decisões estruturais	Tipo de estrutura														
	Seleção dos materiais	Isolamento														
		Porosidade														
		Acabamento														
	Organização de transparências	Tipologia														
		Repartição														
		Proporção														
	Determinação de proteções	Tipo														
Posição																
Mobilidade																
ESPACIALIDADE	Distribuição dos espaços	Situação														
		Iluminação														
	Divisão das zonas	Funcionalidade														
		Homogeneidade														
		Manutenção														
	Qualificação dos limites	Espessura														
		Tratamento														
	Regulação de ambiências	Térmica														
		Ventilação														
		Hidráulica														
		Luminosa														
		Sonora														
	Integração de usos	Olfativa														
Ocupação																
Equipamentos																

### 4.5.3. Hierarquização dos alvos HQE e definição dos objetivos

O cruzamento dos parâmetros de concepção com os 14 alvos do HQE® permite identificar os objetivos ambientais prioritários, em função das características do lugar e das recomendações arquitetônicas relacionadas. Esse método permite considerar as particularidades de um determinado projeto e contexto, evitando o endosso de escolhas ambientais de modo arbitrário (WEKA, 2003). Além disso, vem facilitar, posteriormente, a avaliação dos custos potenciais gerados pelas decisões e soluções escolhidas.

A síntese da hierarquização de alvos permite tratá-la conforme nomenclatura conveniente (WEKA, 2003). Para o estudo realizado nesta etapa da dissertação foi discriminado três formas de abordagem para guiar a priorização na coleta de informações acerca das disponibilidades e demandas ambientais locais, conforme mostra a Tabela 10.

A perspectiva de estudo multitemático para o planejamento ambiental em Arquitetura resulta da necessidade de se trabalhar com um conjunto de dados, agrupamentos de informações e parâmetros de diferentes naturezas. Porém, o importante nesse agrupamento é examinar o tipo de inter-relações, sobreposições e cruzamentos dos elementos que compõem as diferentes temáticas (SANTOS, 2004).

**Tabela 10:** Matriz de análise para diagnóstico do sítio, adaptada da metodologia ADDENDA (2009) para pesquisa com parâmetros priorizados e hierarquização dos alvos contemplados no estudo de caso.

Indicadores			14 Alvos ambientais HQE®															
FOCO	Conceitos	Parâmetros	1			2				3				4				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
			Relação com o entorno	Materiais e processos	Canteiro de obras	Gestão de energia	Gestão da água	Manejo dos resíduos	Operação e Manutenção	Conforto Higrotérmico	Conforto acústico	Conforto visual	Conforto olfativo	Condições sanitárias	Qualidade do ar	Qualidade da água		
IMPLANTAÇÃO	Sistema de Distribuição	Transportes																
		Vias																
		Acessos																
	Tratamento do terreno	Tipo de solo e subsolo																
		Topografia																
	Contexto climático e sonoro	Insolação/Temperaturas																
		Regime de ventos																
		Regime pluviométrico																
		Umidade																
	Paisagem e vegetação	Ruído urbano																
		Construções																
		Permeabilidade																
	Gestão de recursos	Vegetação																
		Energias renováveis																
		Redes de infra-estrutura																
			Destinação dos rejeitos															

	Mais aprofundado
	Aprofundado
	Comentado

#### **4.5.4. Sobre as recomendações e diretrizes de projeto**

Após coletadas as informações necessárias e realizada a análise do sítio, inicia-se a elaboração das recomendações ambientais e energéticas para o projeto (WEKA, 2003). O objetivo é especificar as limitações do espaço e integrar os alvos ambientais prioritários na pesquisa. Tais informações são deste modo, organizadas visando favorecer a integração dos critérios ambientais ao processo global de concepção de projeto de arquitetura na cidade em questão. Para o presente estudo de caso, estas recomendações estão em formato de diretrizes para auxiliar na elaboração do código de obras e edificações da cidade, apresentadas no capítulo 6.

## Capítulo 5 – Estudo de caso no semi-árido de Alagoas: Pão de Açúcar – AL

O presente capítulo apresentará, inicialmente, um breve contexto histórico e uma caracterização geográfica da cidade de Pão de Açúcar, situada no semi-árido do estado de Alagoas, e que se constituirá no estudo de caso do trabalho. Obedecendo a sistematização adaptada da metodologia ADDENDA®, conforme exposto no capítulo 4, a presente etapa da dissertação trará uma exposição analítica dos dados coletados sobre o município em foco, organizada por parâmetro específico dentro da problemática de concepção referente à Implantação (ver item 4.5.3), assim definida pelo procedimento. A análise que segue é de caráter preliminar, com ênfase na abordagem ambiental e com intuito de subsidiar a fase de concepção/programação arquitetônica, conteúdo do capítulo posterior.

### 5.1. O semi-árido

Desde o início da ocupação do solo semi-árido no Brasil, a partir do século XVI, os ecossistemas da região vêm passando por um intenso processo de degradação, caracterizado pela má utilização do solo e dos recursos naturais, super-exploração dos recursos biológicos, desmatamento indiscriminado, além de uma ocupação humana desordenada. Tal desenvolvimento de caráter exploratório não é muito diferente do que se encontra atualmente em muitas localidades na região (LIMA, 2003).

A instauração das comunidades no contexto do semi-árido se deu de “forma rápida e vasta, especialmente a partir das localidades situadas as ribeiras<sup>45</sup> – locais com maior disponibilidade de água” (BERNARDES, 1999). Este ritmo de expansão sem qualquer planejamento significou, no entanto, menor tempo para adaptação e organização, além da ausência de políticas desenvolvimentistas e investimentos, gerando amplas dificuldades com infra-estrutura, no que diz respeito a fornecimento de água tratada, saneamento básico, além de programas adequados de educação, saúde e planejamento de moradias.

Os problemas ambientais causados pela ação humana, já incrementada pelo próprio rigor climático e escassez de importantes recursos naturais, têm sido ampliados com o crescente aumento da demanda. A gravidade verificada na região se situa na incapacidade do bioma – caatinga – suportar, em função dos modelos não apropriados de desenvolvimento, o tipo de pressão demográfica considerada acentuada para a qualidade e volume de recursos disponíveis (CALDAS, 2002). Sobre esse aspecto, dentre as regiões áridas e semi-áridas no mundo, o semi-árido brasileiro é a mais

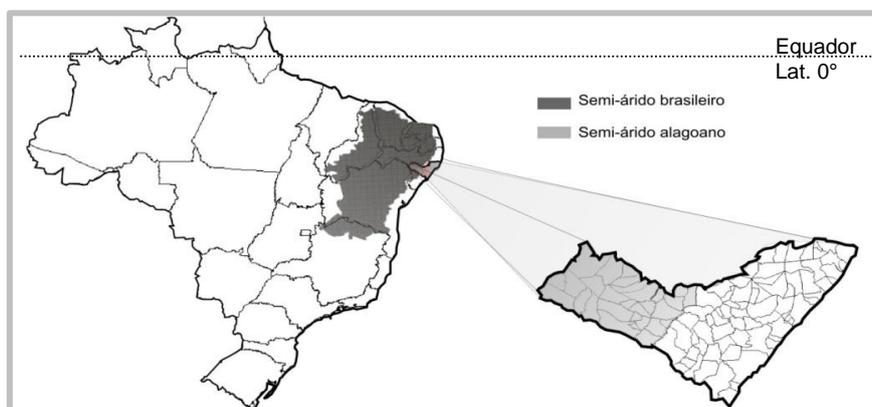
---

<sup>45</sup> Ribeira: terra baixa junto de um rio.

densamente povoada; segundo o IBGE (2000), 26 milhões de pessoas moram no sertão e no agreste nordestino, das quais 10 milhões na zona rural. Apesar do forte deslocamento de populações para grandes centros urbanos, intensificado a partir da década 70 (êxodo rural), o crescimento da população é considerável e o processo de urbanização apesar de brando e isolado, tende a ser alargado. Alguns dados sócio-econômicos referentes ao município em estudo ilustrarão essa questão mais adiante. As conseqüências ambientais desse cenário, verificadas na região, culminam em um dos mais importantes efeitos dos processos de destruição dos recursos naturais: a desertificação. Esse fenômeno evidencia os erros dos modelos e estratégias de ocupação do solo e de desenvolvimento aplicados na região. Esse processo de ocupação tem, segundo Webb (1979), atuado no sentido de causar na região os tipos mais significativos, duradouros e rápidos de degradação e exaustão dos recursos naturais disponíveis. Apresenta-se notório, portanto, o descompasso entre o ritmo em que as áreas são adensadas pelo homem, vegetações desmatadas na retirada de lenha para geração de energia ou para implantação de culturas agrícolas e a capacidade de suporte e recuperação do ecossistema local (LIMA, 2003). A água é escassa, o acesso a energia elétrica, a coleta dos resíduos domésticos, são serviços incipientes e normalmente abrange apenas uma pequena parcela da população. Mudar essa relação e conduzir um desenvolvimento mais sustentável pode ser um processo bastante complexo e que deve ser pensado em longo prazo, por meio da compreensão das particularidades do lugar, das potencialidades e fragilidades existentes para guiar um adequado planejamento ambiental.

### 5.1.1. Localização

A região do semi-árido apresenta-se em nove estados brasileiros, abrangendo 86,48% dos estados do Nordeste. Em Alagoas, 12.686,9 km<sup>2</sup> do seu território, equivalente a 38 municípios, estão compreendidos na espacialidade do semi-árido, com uma população de 838.740 habitantes (IBGE, 2005) (Figura 25).



**Figura 25:** Mapa de localização do semi-árido no Brasil e no estado de Alagoas (adaptado IBGE, 2008).

## 5.2. Pão de Açúcar – AL

O município de Pão de Açúcar está situado na porção centro-oeste do estado de Alagoas a 9°44'54" de latitude Sul e 37°26'12" de longitude Oeste e a 239 km da capital do estado, Maceió (Figura 26). Sua área municipal ocupa 659,12 km<sup>2</sup> (2,37% de AL) e está inserida na meso região do Sertão Alagoano, a uma altitude aproximada de 19m (IBGE, 2008).



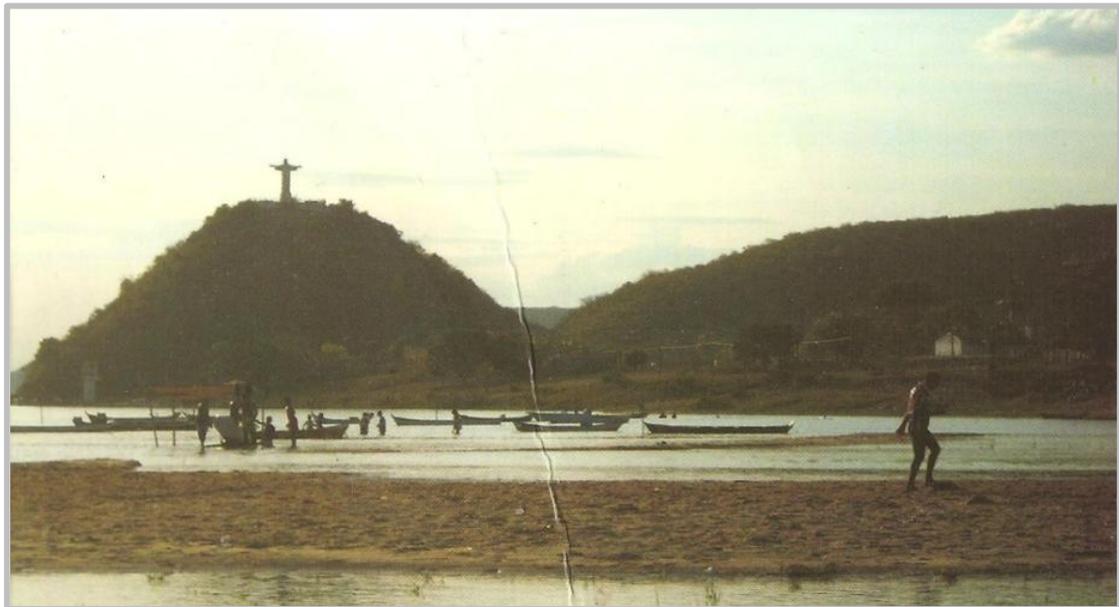
**Figura 26:** Situação do município de Pão de Açúcar – AL, no semi-árido do estado de Alagoas (adaptado MME, 2006).

### 5.2.1. Contexto histórico

O município de Pão de Açúcar - AL foi criado em 1854, a partir do desmembramento do seu atual adjacente, Mata Grande. A cidade de Pão de Açúcar, cujo nome primitivo era Jaciobá<sup>46</sup>, surgiu conforme Medeiros Neto (1941) como um prolongamento de uma aldeia indígena junto às margens do rio São Francisco. Assim se deu, via de regra, com todos os aglomerados ribeirinhos. Inicialmente como sede de uma fazenda chamada Pão de Açúcar, esta logo se transformou em entreposto comercial por onde saía à produção agrícola e chegavam os manufaturados “que alcançavam os confins dos sertões transportados em lombos de burro ou puxados por carros de boi” (AMORIM, 2004).

<sup>46</sup> Designação em guarani que significa “espelho da lua”, atribuída a cidade pelos primeiros colonizadores, no século XVII, devido ao reflexo provocado pela luz da lua nas águas do rio São Francisco.

Amorim (2004) acredita que a denominação da cidade tenha origem nos primeiros colonizadores que haviam feito comparação do formato do morro do Cavelete (formação topográfica elevada onde se situa o monumento ao Cristo Redentor, semelhante ao encontrado na cidade do Rio de Janeiro) com as formas, de feito cônico, onde se colocava o mel da cana-de-açúcar para cristalizar e formar o pão de açúcar (Figura 27).



**Figura 27:** Morro do cavelete e cristo redentor na cidade de Pão de Açúcar vista a partir do Rio São Francisco (Fonte: Ramos Neto, 2009).



**Figura 28:** a. Rua situada as margens do Rio S. Francisco (rua da praia) onde se iniciou as primeiras habitações, ao fundo o morro do cavelete; b. Rua onde hoje se situa o centro da cidade (Fonte: Amorim, 2004).

#### 5.2.1.1. Contexto sócio-econômico

Segundo o censo 2000 do IBGE, a população total residente é de 24.351 habitantes. São 10.806 os habitantes da zona urbana (44,40%) e 13.545 os da zona rural (55,60%). A densidade demográfica é de 36,94 hab/km<sup>2</sup>.

**Tabela 11:** Síntese demográfica do município de Pão de Açúcar – AL (IBGE, 2007).

Indicador/Ano	1970	1980	1991	2000	2007
População Total	16.721	18.936	21.506	24.351	23.855
Urbana	6.254	7.947	9.025	10.806	10.455
Rural	10.467	10.989	12.481	13.545	13.400
<b>Taxa de Urbanização</b>	37,4%	42,0%	42,0%	44,4%	<b>45,8%</b>

Em relação ao índice de Desenvolvimento Humano do Município (IDH-M) o município de Pão de Açúcar ocupa a 21ª posição em Alagoas e a 4.415ª posição no Brasil (PNUD, 2000). O índice de pobreza (percentual da população que possui renda domiciliar per capita inferior a meio salário mínimo) corresponde a cerca de 70%. A renda média mensal é de R\$ 346,80 (68% do salário mínimo nacional). Tal quadro demonstra a elevada desigualdade social característica dos municípios com maior índice de pobreza do Nordeste: cerca de 20% apresentaram uma intensidade de pobreza entre 62,5% e 75% no ano 2000 (PNUD, 2000).

De um modo geral, o predomínio das atividades econômicas desenvolvidas no município de Pão de Açúcar caracteriza-se, essencialmente, pelo setor primário (agricultura e pecuária). No entanto, o desenvolvimento dessas atividades fica normalmente submetido à instabilidade climática da região, seja por falta de recursos financeiros ou do uso de estratégias apropriadas para seu manejo sustentável. A pecuária de gado leiteiro, e a agricultura de subsistência são exemplos de atividades econômicas que sofrem significativas perdas<sup>47</sup> durante os períodos de seca.

### 5.3. Análise ambiental preliminar para Pão de Açúcar – AL: Implantação

A problemática de concepção sobre Implantação propõe realizar um levantamento dos aspectos físicos do lugar, como clima, geologia, geomorfologia, pedologia, recursos hídricos, vegetação, bem como, do espaço já construído no lugar, objetivando adquirir informações que visem fomentar o conhecimento necessário para propor ações que promovam a harmonia entre o projeto/planejamento e as reais características do lugar. Segundo a metodologia, apresenta-se as informações em sistemas de distribuição, tratamento do terreno, contexto climático e sonoro, paisagem e vegetação e gestão dos recursos.

<sup>47</sup> A cultura de feijão sofre na região, segundo dados do Ministério da Agricultura, historicamente uma perda média da ordem de 60%.

### 5.3.1. *Sistemas de distribuição* (vias, acessos e transportes)

Esse conceito contempla parâmetros que implicam na compreensão dos arranjos, conexões e fluxos viários dos espaços e entorno para onde se pretende projetar.

Em Pão de Açúcar, duas avenidas principais definem o seu eixo viário e articula o centro da cidade a seu principal acesso (Rodovia AL-130), como pode ser verificado na Figura 29 e 31. A Rodovia AL-130 é também a única em asfalto e de tráfego mais intenso, pois além de abrigar a rotina permanente de alguns moradores da localidade, possibilita o fluxo pendular de comerciantes e feirantes. Por essa razão e, também em função dos estabelecimentos e atividades comerciais que a margeiam, caracteriza-se por vizinhança com maiores níveis de ruído urbano, como poderá ser visto com mais detalhe no item 5.3.4.6, sobre Ruído Urbano, em contexto climático e sonoro. A outra via arterial corta a cidade em seu eixo longitudinal e define sua mais importante centralidade (ver Figura 31), abrigando comércio, serviço, residências e também o hospital da cidade. As demais vias locais com menor fluxo de veículos atuam regularmente como passeios de pedestre e ciclistas, já que a maior parte dos moradores da cidade não possui veículos motorizados.



**Figura 29:** Planta da cidade com descrição das principais conexões e pavimentação da malha viária (Fonte: adaptado do Plano de Diretor da cidade, 2006).

### 5.3.2. *Tratamento do terreno*

A análise dos parâmetros contidos nesse aspecto destaca as principais características da morfologia e evolução urbana do lugar, bem como, das construções existentes e padrões tipológicos recorrentes.

Do ponto de vista do Espaço urbano A posição da cidade de Pão de Açúcar as margens do rio São Francisco possibilitou o desenvolvimento do lugar, tanto no que tange ao seu aspecto econômico, quanto do seu crescimento urbano que teve seu ponto de partida e potencial de expansão nessa direção.

A forma da cidade de Pão de Açúcar caracteriza-se predominantemente por um perfil urbano horizontal, composto por edificações térreas geminadas<sup>48</sup> e edificações de até 2 pavimentos (sobrados), estas últimas que abrigam freqüentemente a função de moradia e trabalho (comércio ou serviço) (Figura 30).



**Figura 30:** Vista elevada da cidade – perfil urbano horizontal (fonte: autora, 2009).

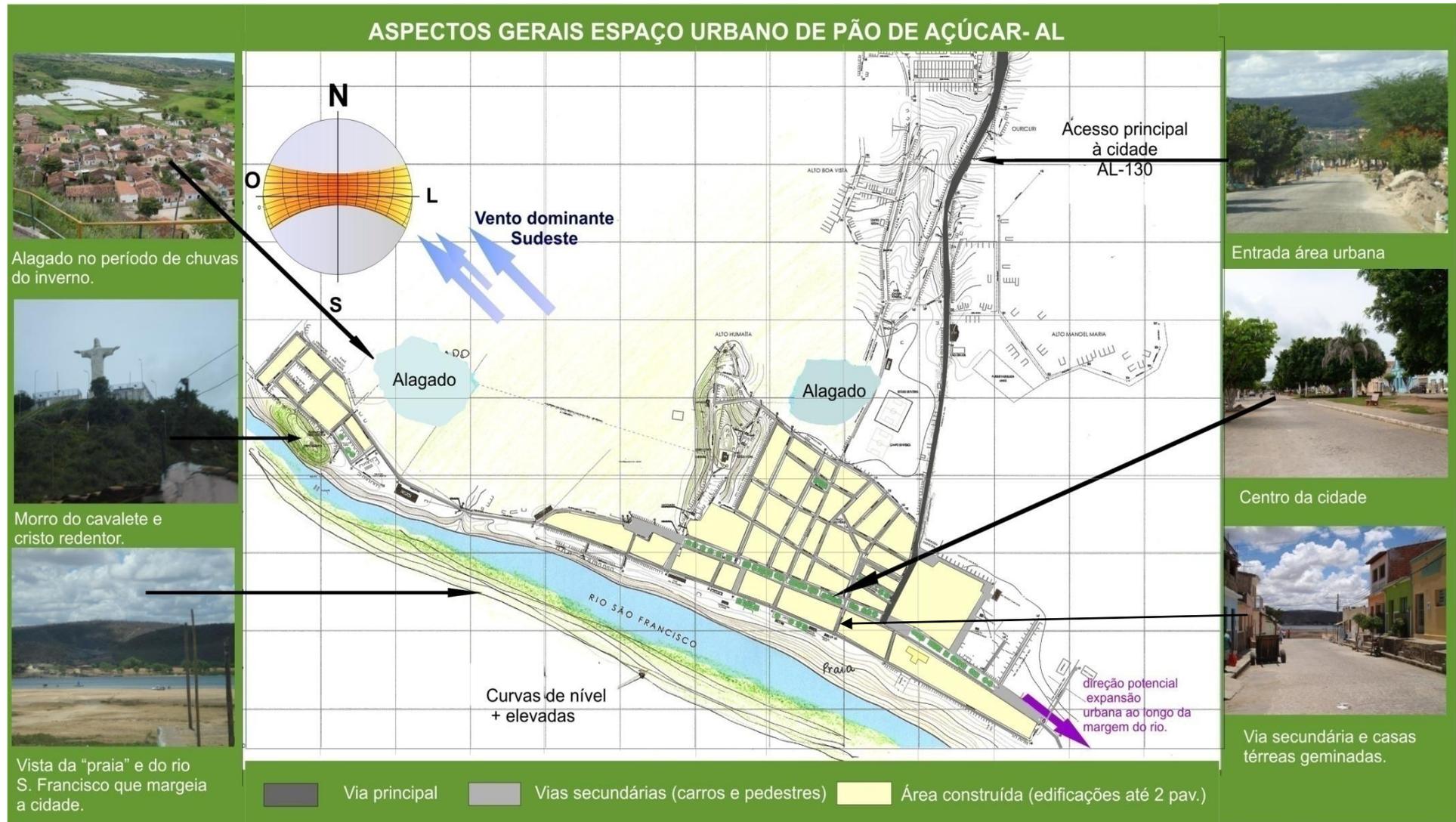
As diretrizes do parcelamento do solo da época colonial, caracterizado por lotes profundos e pequenas testadas, definiram a forma urbana da cidade, de modo que os longos agrupamentos de casas térreas geminadas (ou casa “em fita”) (REIS FILHO, 1973) podem ser identificados como uma tipologia arquitetônica predominante. Em algumas pequenas cidades vizinhas, por vezes, um único desses corredores de casas geminadas determina uma cidade.



**Figura 31:** Paisagem urbana de Pão de Açúcar: ruas estreitas, casas térreas geminadas.

Os limites das edificações coincidem com os limites do lote e a porta de acesso volta-se diretamente para a rua (Figura 31). O hábito familiar de “sentar-se à porta” nos finais de tarde, quando o ambiente externo se torna mais ameno, é recorrente, de modo que a rua torna-se local de convívio entre a vizinhança (BATISTA, 2006).

<sup>48</sup> Tipologia arquitetônica sem recuos laterais. Construção implantada no limite do lote. As tipologias arquitetônicas encontradas no município serão melhor examinadas no próximo item.



**Figura 32:** Mapa resumo de caracterização ambiental da cidade de Pão de Açúcar – AL (Fonte imagens: autora, 2008/2009).

### 5.3.2.1. Tipo de solo e subsolo

Uma vez que o solo é o suporte dos ecossistemas e das diferentes atividades humanas, seu estudo é imprescindível para o planejamento. Conforme Santos (2004), quando se analisa o solo, pode-se deduzir sua potencialidade e fragilidade como elemento natural, como recurso produtivo, como substrato de atividades construtivas e ainda como concentrador de impactos.

Ainda segundo a autora, o levantamento das características do solo e subsolo de uma região pode auxiliar no planejamento dos espaços urbanos, já que é fator preponderante quando se pensa no aproveitamento de águas subterrâneas ou ainda na implantação e operação de obras civis, por exemplo, nas quais as características do material de superfície podem definir a aptidão para diferentes usos, como estradas, sistemas de tratamento, drenagem, construção de canais, etc. e, ainda no tipo e forma de uso e ocupação (SANTOS, 2004).

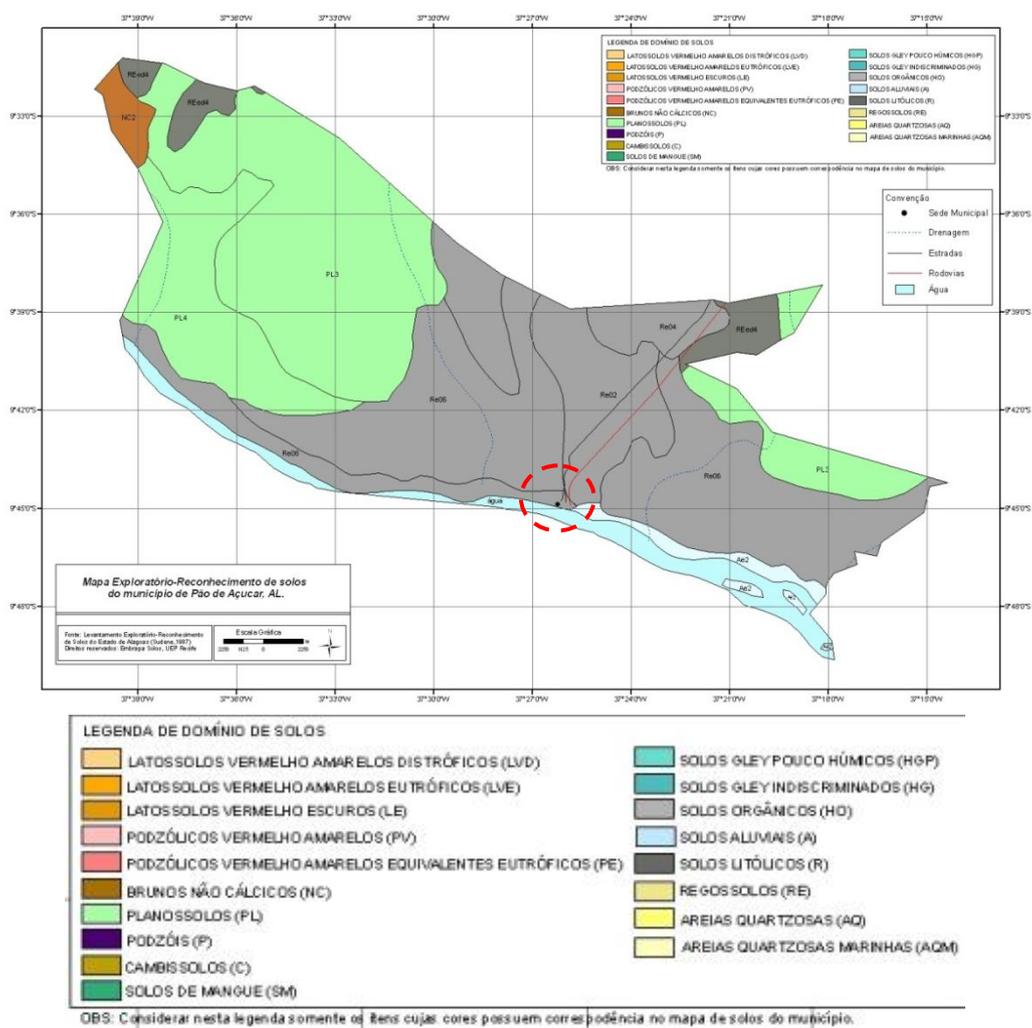
Dependendo das propriedades físicas do solo, destaca-se ainda o seu possível aproveitamento como estratégia bioclimática no projeto de arquitetura. Conforme estudo de viabilidade, uma possível aplicação dessa estratégia poderia ser traduzida na utilização de edificações enterradas ou semi-enterradas, quando desejável. Pois a partir de 1,50m abaixo da superfície do solo, a temperatura pode ser mantida constante durante todo ano, devido à capacidade térmica isolante da terra, amenizando o rigor térmico em localidades de alta oscilação de temperatura ao longo do dia e do ano (BITTENCOURT, 1993).

Com relação às características e condições do solo e subsolo na região semi-árida de Alagoas, ocorre uma mistura de tipos variados e com diferentes propriedades. De acordo com a SUDENE (1972), existe na região uma penetração de Litossolos e os Bruno Não-Cálcicos, com a ocorrência mais argilosa nas proximidades do rio. Ou seja, de modo geral, trata-se de solos: com pequena profundidade e baixa capacidade de retenção de umidade. No entanto, podem apresentar boas características para agricultura e pecuária (EMBRAPA, 1998). Segundo Santos (1987), nos últimos anos tem sido registrada a salinização dos solos em muitas áreas do semi-árido, que, na maioria das vezes, não se deve à presença de solos salinos, mas sim a uma má drenagem, provocada por inadequada irrigação, aliada à riqueza de sais solúveis que atingem a superfície graças à elevada evaporação (dados de precipitação e evaporação serão apresentados no item 5.2.3.4.). As águas subterrâneas, por isso, devem ter uso controlado. Um fato observado, é que determinadas populações em regiões mais remotas acabam consumindo água com níveis de salinidade acima dos

padrões recomendados. No entanto, estudos recentes publicados por Carvalho (2005), prevêem a viabilização de estratégias para aproveitamento desse recurso, como a implementação de técnicas de dessalinização via energia solar. Algumas alternativas nesse sentido serão tratadas no próximo capítulo.

Dados da EMBRAPA (2007) para Pão de Açúcar – AL mostram ainda uma predominância, sobretudo na área que compreende toda a sua área urbana e periferia, de solos orgânicos devido à presença do rio (Figura 33). Tal tipo de solo pode ser pouco resistente a solicitações de cargas estruturais.

<b>Profundidade do solo (m)</b>	Moderado a profundo (0,50 – 1m)
<b>Textura (% argila)</b>	Médio – Teor de argila entre 15 e 35%
<b>Permeabilidade</b>	Média
<b>Salinidade</b>	Alta



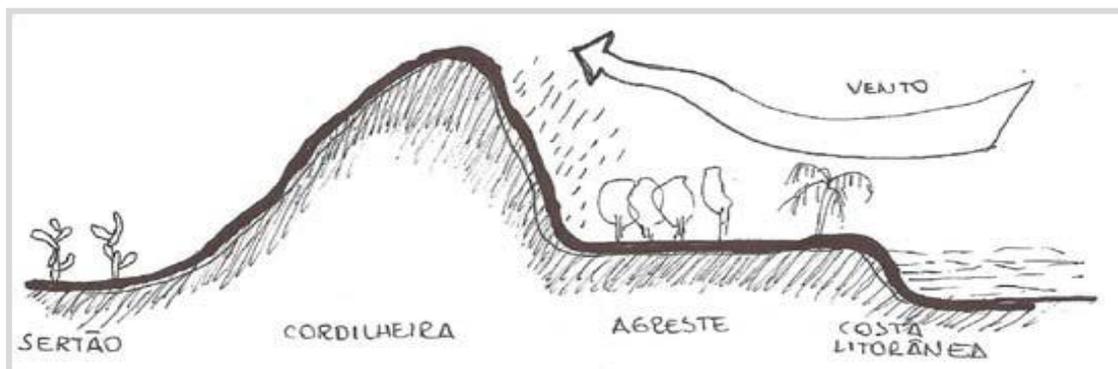
**Figura 33:** Mapa a predominância dos tipos de solos mencionados para o município de Pão de Açúcar – AL, com destaque para sede (tracejado vermelho) com característica uniforme de solos do tipo orgânico (EMBRAPA, 2007).

### 5.3.2.2. Topografia

As características e variações no relevo no contexto do semi-árido alagoano são determinantes na definição e entendimento sobre o clima e a cobertura vegetal que tipificam o ecossistema caatinga.

O fenômeno das estiagens prolongadas, que tipificam o clima semi-árido nordestino, deriva do efeito denominado por Romero (1988) de “sombra de chuva”. O mecanismo desse fenômeno se desenvolve a partir do bloqueio das massas úmidas (Figura 34), principalmente das massas de ar oceânicas, pela formação elevada do relevo encontrado em parte do litoral da região. O predomínio da direção Sudeste (alísios) no semi-árido alagoano ocorre como uma das características do efeito do relevo da região sobre a ventilação em todo o ano.

Segundo Webb (1979) as características e efeitos provocados pelo fenômeno da “sombra de chuva” (*rain shadow*)– definem-se sob a ação do mecanismo orográfico de precipitação e seca.



**Figura 34:** Ilustração esquemática do efeito da sombra de chuva causado por esta formação (adaptado de Romero, 1988)

O município de Pão de Açúcar – AL está inserido predominantemente na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja (cerca de 70% do seu território), que representa a paisagem típica do semi-árido nordestino, caracterizada por uma superfície de pediplanação<sup>49</sup> bastante monótona, com relevo predominantemente suave-ondulado e cortado por vales estreitos, com vertentes dissecadas (MME, 2005) (Figura 35).

<sup>49</sup> Trata-se de uma superfície inclinada formada pela junção de pedimentos. Os pedimentos, em sua maioria, são rochas, com cobertura delgada, de 10 a 20 centímetros, de cascalhos arenosos, mal arredondados e mal selecionados. Esse material é trazido pelos rios que fazem um lençol, à semelhança de um grande leque, logo à saída da montanha (ANA, 2009).



**Figura 35:** Paisagem topográfica do município de Pão de Açúcar – AL (Fonte: autora, 2009).

### 5.3.3. Paisagem e vegetação

Apresentam-se nesta categoria os principais elementos que compõem a paisagem de Pão de Açúcar – AL, natural e construída.

#### 5.3.3.1. Construções (tipologias construtivas)

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 sua forma resultante e, muitas vezes, traduz certas características da sociedade que a concebeu e nela habita (CERASI, 1998).

Hall (1986) assinala essa mesma questão, quando aborda a dimensão histórico-cultural inerente ao espaço e, conseqüentemente, o fato de que cada sociedade reflete, espacialmente, a sua própria estrutura social. De fato, a arquitetura acompanha uma dinâmica histórico-social e a sua análise tipológica pode, não apenas ratificar sua natureza, como transformar positivamente o espaço onde as pessoas vivem sem a perda de sua identidade cultural.

Com o objetivo de avaliar o espaço construído em Pão de Açúcar e prescrever diretrizes e recomendações para concepção arquitetônica, partindo da necessidade de adaptação dos espaços aos fenômenos climáticos presentes na região, esta dissertação considera a necessidade de identificação de alguns dos seus aspectos materiais e formais. Essa metodologia se baseia no conceito de Graeff (1959) sobre a relação clima e arquitetura. Segundo o autor o conhecimento do clima “merece especial atenção por parte dos arquitetos, porque, atuando de igual modo sobre todos os edifícios de uma região, constituem fator de unificação do acervo arquitetônico regional. A ação do clima sobre os edifícios de um lugar faz com que nas diferentes obras apareçam elementos arquitetônicos e soluções semelhantes.”

## Tipologias arquitetônicas Pão de Açucarenses

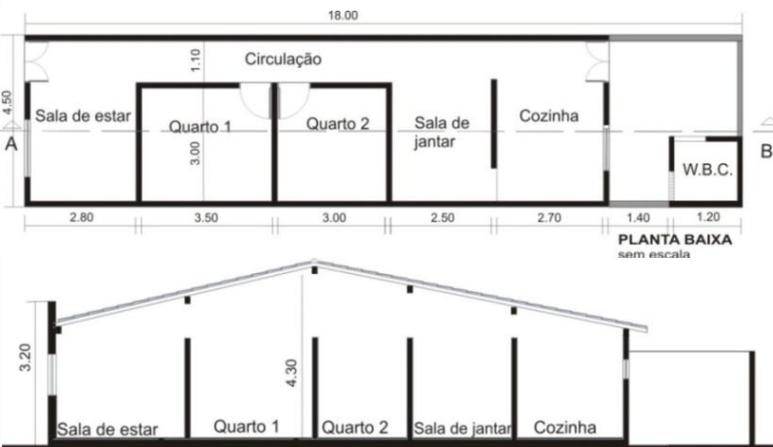
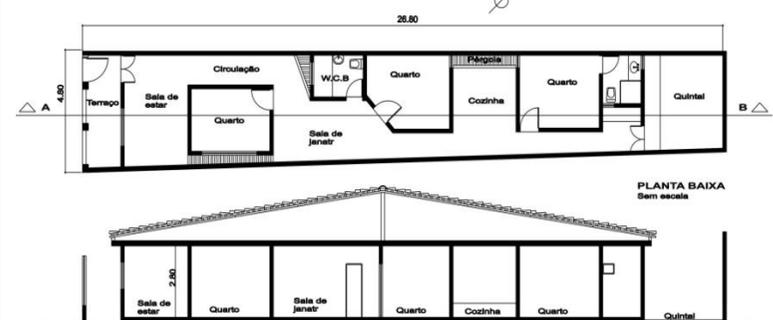
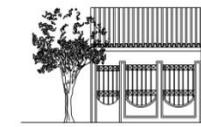
Muito semelhante à implantação da arquitetura urbana colonial brasileira desde o século XIX, o município de Pão de Açúcar apresenta predominantemente construções dispostas no limite dos lotes urbanos, que por sua vez caracterizam-se por ser profundos e com pequenas testadas. Obedecendo à mesma configuração encontrada nas antigas tradições urbanísticas e construtivas da cidade colonial que apresentavam “ruas de aspecto uniforme, com residências construídas sobre o alinhamento das vias públicas e paredes laterais sobre os limites dos terrenos” (REIS FILHO, 1973. P. 30). Assim se conforma a cidade alagoana em estudo, com casas na sua maioria térrea, geminadas, edificadas em lotes com cerca de 6 metros de frente e de grande profundidade. A distribuição dos espaços internos é também muito semelhante à descrita por Reis Filho (1973) sobre a casa colonial brasileira:

“a uniformidade dos terrenos correspondia à uniformidade dos partidos arquitetônicos (...). As repetições não ficavam apenas nas fachadas, as plantas, deixadas ao gosto dos proprietários, apresentavam sempre uma surpreendente monotonia. A sala da frente aproveitava a abertura sobre a rua, ficando as aberturas dos fundos para a iluminação dos cômodos de maior permanência. Entre estas partes sem iluminação natural, situavam-se as alcovas, destinadas à permanência noturna e onde dificilmente penetrava a luz do dia. A circulação realizava-se, sobretudo em um corredor longitudinal que em geral, conduzia da porta da rua aos fundos. Esses corredores apoiavam-se a uma das paredes laterais, ou fixava-se no centro da planta, nos exemplos maiores.” (REIS FILHO, 1973. P. 30) (Tabela 12).

Apesar da maioria das edificações serem do tipo térrea, alguns pontos comerciais apresentam um segundo pavimento. Nos casos em que ocorrem os sobrados, esses foram desenvolvidos pelos habitantes que possuem um padrão de renda mais elevado e reproduzem, sem variações de forma exterior, o traçado da planta térrea. O custo relativamente baixo dos lotes urbanos na região do semi-árido alagoano contribuiu significativamente para que sejam raras na paisagem dos municípios as edificações com muitos pisos (CALDAS, 2002).

Dentro da proposta de examinar os exemplares construtivos mais significativos identificados na região, entre urbanos e rurais, foram considerados quatro padrões arquitetônicos desenvolvidos na região (Tabela 12). Tais exemplares estão ilustrados e descritos, demonstrando as suas principais características quanto à forma e componentes envolvidos. Cada modelo apresentado configura um desenho particular levantado, podendo haver variações quanto às dimensões ou ainda traçados adaptados às necessidades dos ocupantes. A análise descritiva abaixo foi realizada segundo os seguintes parâmetros: à organização dos espaços internos da edificação (planta); aos tipos e posição das aberturas e fechamentos (elementos verticais); aos tipos de coberturas e aos materiais empregados.

**Tabela 12:** Alguns exemplares arquitetônicos encontrados em Pão de Açúcar – AL (Fonte imagens: autora, 2008/2009).

TIPOLOGIA	DESCRIÇÃO/MATERIAIS	DESENHOS ESQUEMÁTICOS
	<p>Tal tipologia apresenta em sua maioria 4 a 10 m de testada, 15 a 30m da fachada principal até o fundo do lote e de 4 a 5m de pé-direito na altura da cumeeira, sendo distribuída em sala de estar, dois a três quartos isolados (alcovas), circulação que interliga diretamente a entrada da casa a cozinha e uma sala de jantar que antecede cozinha e serviço. O banheiro, como é comumente encontrado nesta tipologia, encontra-se fora do corpo da casa, no fundo do lote. Esta configuração repete um hábito antigo de que o banheiro, devido a suas condições pouco higiênicas era excluído do restante da casa e das demais atividades. A habitação típica normalmente não possui fôrr, tendo as paredes que dividem os ambientes internos a 2,50m do piso.</p>	
	<p>Obedece ao mesmo padrão caracterizado acima, porém com algumas adaptações como a inclusão de pequeno terraço na frente da edificação e a ausência da platibanda. A edificação possui aberturas apenas na fachada frontal e posterior, voltada para um quintal nos fundos do lote. O sistema construtivo empregado é a alvenaria de tijolos maciços, paredes internas com 15 cm de espessura e paredes externas com espessura que pode variar entre 20 e 25 cm. A cobertura é quase sempre em telha de barro (telha colonial).</p>	 <p style="text-align: center;">FACHADA SUDOESTE Sem escada</p> 

URBANAS

RURAL



Edificações configuradas normalmente por plantas quadradas. Quase sempre térrea. Mesmo sem a limitação do lote urbano estreito, as casas rurais apresentam uma configuração tradicional ainda desprovida de aberturas nos quartos (razão atribuída à necessidade de segurança); a orientação é arbitrada, porém o modelo apresenta amplas varandas que protegem a edificação da radiação solar direta e configuram-se como local de maior permanência dos moradores, onde estendem redes e abrigam o costumeiro hábito de conversar à porta de casa.

A configuração dos espaços internos dessa tipologia caracteriza-se, assim como na casa urbana, por apresentarem quartos isolados e uma longa circulação que leva da sala de estar até a cozinha. O banheiro, em muitas edificações tradicionais, ainda permanece fora da casa. Também conhecida como casa dos vaqueiros, esta tipologia apresenta no seu programa a inclusão de depósitos para armazenamento de materiais e produtos agropecuários.

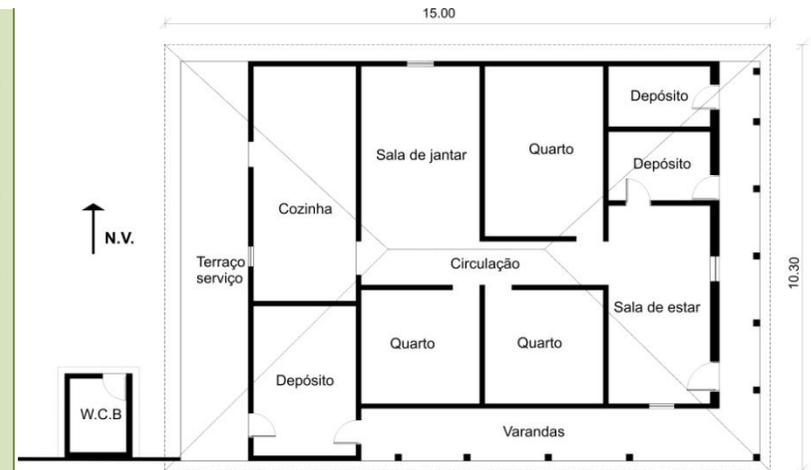
As paredes são de adobe ou tijolo maciço. Cobertas em telha barro em quatro águas, sem fôrro.



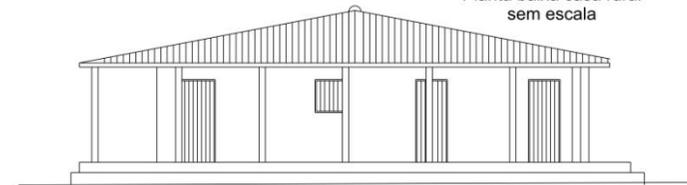
OUTROS EXEMPLARES



Nos lotes de maior dimensão, podem ser encontradas tipologias diferenciadas. Estas se configuram por apresentarem recuos frontais e laterais e, ainda em residências de padrão mais elevado estão dispostos uma maior quantidade de cômodos, o uso de varandas, cobogós e materiais mais sofisticados são mais recorrentes. Nesses modelos, componentes como varandas podem trazer benefícios ao microclima interno das casas promovendo áreas sombreadas, assim como os cobogós que permitem a passagem da ventilação ao interior dos ambientes (PASSOS, 2009).



Planta baixa casa rural sem escala



Fachada Leste sem escala



### 5.3.3.2. Permeabilidade

A permeabilidade do solo é de grande interesse no planejamento ambiental sustentável de uma região, pois o revestimento do solo pode interferir significativamente no micro-clima do lugar, na medida em que quanto maior a umidade do solo, maior sua condutibilidade térmica (ADAM, 2001). Este é um fator importante a ser considerado no meio urbano, pois o revestimento do solo nos calçamentos das ruas, passeios de pedestres e nos lotes construídos, podem alterar as condições de porosidade e, conseqüentemente, de drenagem do solo, acarretando alterações no abastecimento do lençol freático.

### 5.3.3.3. Vegetação

A vegetação é conseqüência das relações entre o elemento vegetal, a radiação solar, água e o solo e constitui enorme arcabouço de vida e energia (ADAM, 2001). No seu funcionamento são metabolizadas reações (fotossíntese, evapotranspiração e fototropismos) que podem interferir sempre de alguma forma em luz, sombras, temperatura, direcionamento de ventos e ainda favorecer aspectos econômicos e psicológicos (forma, ornamentações, cores). Quanto ao processo de evapotranspiração das plantas, este pode funcionar como um importante moderador térmico, sobretudo em climas quentes e secos onde a umidade relativa do ar pode ser bastante baixa, pois ao evaporar-se a água eliminada pela folha a sua temperatura superficial é reduzida esfriando o entorno. Árvores de porte maior e grande volume de ramagem e folhas podem favorecer no sombreamento e filtragem da luz solar, além da redução da temperatura do ar pelo efeito da evapotranspiração, e da luminância excessiva de céus com intensa luminosidade (ADAM, 2001).

Além da influência em micro climas, o manejo adequado de determinadas espécies vegetais em abundância em uma região, pode se constituir também em importante fonte de recursos materiais para construção civil, reduzindo gastos orçamentários e energéticos com transporte, por exemplo.

No contexto do semi-árido, conforme Ab'Sáber (2002) os elementos vegetais predominantes do bioma caatinga, que compõe a paisagem natural de Pão de Açúcar, caracterizam-se de forma mais abrangente por vegetação de pequeno porte, folhas miúdas e caducifólias com hastes espinhentas, adaptadas para conter os efeitos de uma evapotranspiração muito intensa e normalmente apresentando potencial pouco conhecido cientificamente.

“Vegetação quase totalmente caducifólia – cinza-calcinada nos meses secos, exuberantemente verde nos chuvosos – com algumas intrusões de pleno xerofitismo, representado por diversas espécies ou

comunidades de cactáceas: mandacarus, coroas-de-frade, facheiros, xique-xiques e outros cardos alastrantes. Uma flora constituída por espécies dotadas de longa história de adaptação ao calor e à secura incapaz de restaurar-se, sob o mesmo padrão de agrupamento, após escarificações mecânicas de seu suporte edáfico<sup>50</sup>.” (AB’SÁBER, 1999. P. 10)



**Figura 36:** Paisagem natural do município de Pão de Açúcar – AL, registrada no período de seca em Janeiro de 2009 (Fonte: autora, 2009).

A crescente e histórica degradação do ecossistema sertanejo, provocada especialmente por ações antrópicas, tem se configurado como principal fator de agravamento das condições ambientais encontradas no sertão nordestino. Essa condição demonstra a necessidade de preservação da caatinga como condição fundamental para a manutenção das atividades (muitas vezes de subsistência) da população na região e dos seus aspectos relacionados à qualidade do espaço e a preservação dos processos naturais que envolvem os ciclos hidrológicos na região. Para Lima (1992) somente a preservação do bioma pode manter condições como:

- i. Represamento, por sistemas radiculares, das águas no subsolo;
- ii. Regulação dos níveis de evapotranspiração participando na manutenção dos índices relativos à umidade do ar;
- iii. Redução da temperatura do solo, aspecto que reduz tanto a evaporação das águas que se infiltram nos solos da região – que são normalmente rasos;
- iv. Manutenção da salinidade, profundidade e volume dos reservatórios e cursos dos rios.

As espécies vegetais do semi-árido representam um importante recurso para as populações humanas locais. Além de retirar uma parte substancial do seu sustento, diversas espécies emprestam papel fundamental na economia, já que grande parte da pecuária na caatinga é feita de forma extensiva e o gado (especialmente caprino e bovino) consome várias espécies nativas de leguminosas, gramíneas, etc., e também

<sup>50</sup> Edáfico: Características ativas dos solos no que tange ao aproveitamento agrícola. Referidas às características biológicas associadas aos tipos de solos ou associação de solos.

como matéria-prima na produção de componentes construtivos. Além disso, a matriz energética é baseada principalmente na lenha das várias espécies lenhosas.

No município de Pão de Açúcar, as associações botânicas fazem parte integrante dos que constituem predominantemente a flora do semi-árido brasileiro, como das características supracitadas por Ab´Saber (2002). São encontrados, porém, certos arbustos e árvores que se sobressaem pela preferência aos altiplanos ou as cumiadas das serras, se elevando pelas encostas íngremes ou descendo pelos taludes dos morros (Figura 36). Nas baixadas onde a topografia é mais suave, é comum a existência de capoeiras e restos de caatingas adultas (MENDONÇA, 1974), a exemplo das proximidades do rio São Francisco, como ilustra a figura 37.



**Figura 37:** Paisagem natural do município de Pão de Açúcar – AL – vegetação nativa as margens do rio São Francisco, registrada no período de seca em Janeiro de 2009 (Fonte: autora, 2009).

Das espécies que constituem a vegetação do município, destaca-se caracteristicamente, um grande número de famílias, gêneros e espécies, correlatos à zona tropical, onde dominam representantes nativos do bioma caatinga do nordeste, tais como alguns dos exemplares mais recorrentes na cidade que estão identificados na Tabela 13. Apresentam-se junto às características principais desses componentes vegetais, seus principais usos locais/ regionais e potenciais para aproveitamento no âmbito da construção civil.

Salienta-se ainda que o emprego de alguns desses recursos na construção civil local, apesar de ser bastante significativo, está fortemente condicionado a alguns importantes fatores limitantes, como a má gestão e manutenção dos níveis de produção local submetidos às rigorosas condições climáticas, além do uso predatório.

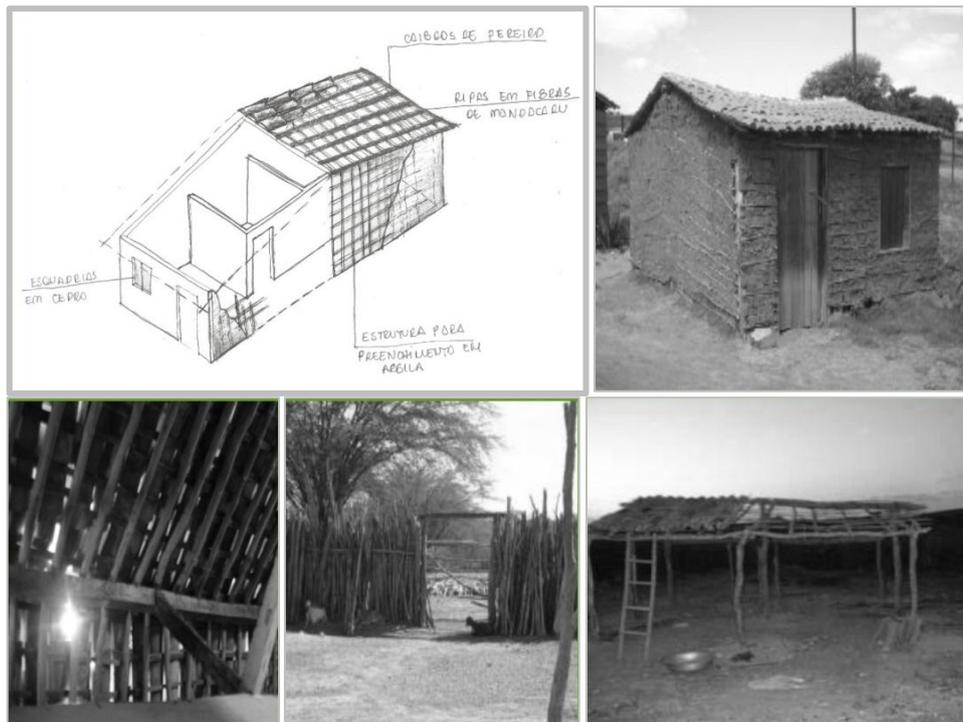
**Tabela 13:** Algumas espécies importantes presentes na paisagem natural da cidade de Pão de Açúcar – AL (EMPRABA, 2005).

Imagem	Espécie	Família	Porte	G.S. <sup>51</sup>	Descrições gerais	Aplicações recorrentes e potencial para construção civil local
	<b>Mandacarus</b> ( <i>Cereus</i> )	Bromeleáceas	Pequeno	<b>SI</b>	Espécie bastante típica da paisagem natural de Pão de Açúcar – AL. Caracteriza-se por se desenvolver com muito pouca quantidade de água e em solos rasos. Corpo bastante espesso, espinhoso e folhas miúdas.	Em construções locais é comum o uso de espécies de mandacaru como componentes de cobertura das casas em taipa, tais como ripas.
	<b>Palmatórias</b> ( <i>Opúntia</i> )	Bromeleáceas	Pequeno	<b>P</b>	Bastante encontrada na zona rural do município, onde é bastante utilizada na pecuária. “Pode medir até dois metros de altura, dependendo do solo e do tipo de superfície em que esteja apoiada. Suas folhas são ligeiramente arredondadas com espinhos distribuídos por toda sua extensão.	Não identificada aplicação na construção civil local. Lengen (2004) sugere o uso dessa cactácea particular, como precioso impermeabilizante para paredes, tetos e fachadas. Seria a mistura saturada da palma picada com água, cal e sal.
	<b>Aroeira</b> ( <i>Schinus aroeiro</i> Well.)	Anacardiáceas	Pequeno	<b>P</b>	Arbusto ou árvore pequena, 7m de altura, caule tortuoso e casca pardo-vermelho-escura, muito fendida. “Folhas alternas, compostas, oblongo-espaulados. Flores verde-amareladas, pequenas, dispostas em panículas. Não permite a ação de cupins, brocas e mesmo fungos. Espécie nativa.	Aparece bastante cultivada no local. É possível ser empregada na construção civil de forma ampla e como componente para produção de pigmentos. A densidade favorece a resistência mecânica e também a durabilidade da madeira.
	<b>Quixabeiras</b> ( <i>Anacardium</i> )	Anacardiáceas	Pequeno	<b>SI</b>	Muito freqüente nas localidades próximas do S. Francisco. Sua ocorrência, segundo Lorenzi (1998), se dá preferencialmente em solos argilosos e ricos em cálcio e apresenta distribuição predominantemente descontínua ao longo da área que ocupa.	Por se tratar de árvore perenifólia e possuir copa mais densa, é bastante encontrada na arborização de fazendas em toda região. A madeira também é usada em carpintaria e no artesanato (na produção de carrancas).
	<b>Algarobeira</b> ( <i>Prosopis juliflora</i> )	Mimosaceae	Médio	<b>P</b>	Espécie exótica e muito comum em vários municípios do semi-árido e bastante encontrada em Pão de Açúcar. Xerófitos, espinhosos com copa larga, porém rala, folhas pequenas.	Possui potencial para aproveitamento da madeira, se realizado adequado manejo – Na fabricação de móveis, parquetes, esquadrias, caibros, dormentes e estacas para cerca (EMBRAPA, 2005).
	<b>Pereiro</b> ( <i>Aspidosperma pyriforme</i> )	Apocynaceae	Médio	<b>P</b>	Presentes em todo semi-árido, em todo tipo de terreno, a espécie faz também parte da paisagem natural de Pão de Açúcar – AL. Resiste muito bem ao longo período de seca, assim como o imbuzeiro, quixabeiras e a algaroba – apresentam copa rala, folhas pequenas, caducifólias.	Nas construções locais em taipa, é bastante empregado na estrutura dos enchimentos e na confecção de caibros para estrutura da cobertura.

<sup>51</sup> Grupo Sucessional: ordem de crescimento no ecossistema. **P** – pioneira (crescimento muito rápido – 5 à 7 anos); **SI** – secundária inicial (crescimento rápido – 10 à 15 anos); **ST** – secundária tardia (crescimento médio – 15 à 20 anos); **C** – climática (crescimento lento ou muito lento – mais de 20 anos) (EGLER, 1954).

	<b>Craibeira</b> ( <i>Tabebuia</i> )	Bignoniaceae	Médio	SI	Resiste bem ao stress hídrico, como as demais. Tronco elevado, folhas pequenas.	-
	<b>Oiti</b> ( <i>Moquilia tomentosa Benth</i> )	Rosáceas	Médio	SI	É muito usada na arborização urbana por sua copa frondosa que proporciona boa sombra. Os frutos são muito apreciados pela fauna em geral.	-
	<b>Pau Darco</b> (Ipê-roxo) ( <i>Tapebuia A</i> )	Bignoniáceas	Médio	ST	Bastante encontrada na via de acesso principal a Pão de Açúcar – AL (AL-130). Bastante empregada em paisagismo urbano. Desenvolve rápido. “Madeira muito pesada, impermeável, resistente ao ataque de organismos xilófagos e muito dura ao corte. Pode ser utilizado em construções.	Possui madeira com boa resistência mecânica.
	<b>Juazeiro</b> ( <i>Zizyplus Joazeiro Mart.</i> )	Ramnáceas	Médio	P	Muito característica da paisagem pão de açucarense, tanto na cidade quanto na zona rural. Possui ramos tortuosos protegidos por espinhos e copa um tanto rala. Folhas pequenas.	-
	<b>Pau-ferro</b> ( <i>Caosalpinia rea Mart.</i> )	Leguminosas	Médio	SI	Bastante identificada no canteiro da via principal no centro de Pão de Açúcar. Caracteriza-se por tronco liso e manchas brancas.	Propicia boa sombra. Muitos moradores da cidade realizam atividades de lazer sob sua sombra.
	<b>Cedro</b> ( <i>Cedrella</i> )	Curoubitaceas	Grande	P, SI	Chega a atingir 30 m de altura. As suas folhas são compostas. As flores são amarelo-pálidas. Os frutos são capsulares. A madeira caracteriza-se pelo seu cerne vermelho e é muito utilizada na área da construção civil.	Bastante aplicado na confecção de esquadrias (folhas de portas e janelas.
	<b>Amendoeira</b> ( <i>Terminalia catappa</i> )	Combretaceae	Grande	P	Registrada em algumas ruas da cidade. Apesar de ser árvore de grande porte, não se desenvolve tão bem nesse tipo de clima. Possui larga copa com grande área foliar. Oferece boa sombra.	-

\*Citam-se ainda algumas espécies vegetais rasteiras que pertencem à paisagem semi-árida dos campos da região, tais com os Velames (*Croton sonderianus*), as Malvas (*Malva sylvestris*), o Milhã (*Brachiaria plantaginea*) - esta última melhor adaptada aos períodos chuvosos, (ARAÚJO FILHO; CARVALHO, 1997); e o Capim pé-de-galinha (*Chloris polydactyla* SW).



**Figura 38:** Distribuição dos materiais regionais na composição de uma edificação residencial construída em taipa na zona rural de Pão de Açúcar – AL (Fonte: Caldas, 2002).

Como consta nas premissas para construção sustentável na agenda 21, deve-se buscar fazer uso e gerir de forma racional os recursos naturais, aproveitar as habilidades artesanais e materiais locais. Apesar de pouco conhecido e estudado, as espécies nativas e presentes na caatinga, são numerosas, resistentes ao rigor climático e podem apresentar potencial importante para uso nas construções locais. Ampliar esta investigação e potencializar de forma criteriosa a aplicação de materiais construtivos regionais pode favorecer uma construção mais sustentável no lugar.

#### 5.3.4. Contexto climático e sonoro

Tendo em vista as considerações já feitas a respeito da importância em se pensar as características climáticas na concepção do projeto arquitetônico (ver item 2.1), propõe-se apresentar nesta seção uma descrição e análise dos indicadores climáticos mais relevantes ao projeto, referentes à insolação, radiação solar, umidade relativa, temperatura do ar, regime dos ventos e pluviometria, pesquisados via estação meteorológica e monitoramentos sazonais realizados no ano de 2008. Uma vez estabelecida a caracterização físico-climática da região, os dados auxiliarão na análise das estratégias bioclimáticas mais adequadas e na proposição de diretrizes arquitetônicas para o lugar, estudo a ser desenvolvido no capítulo 6 dessa dissertação, juntamente com as demais recomendações ambientais.

Segundo Reis (1976), a região de clima semi-árido do Brasil abrange a maior área em extensão da América do Sul e assinala alguns dos valores extremos no contexto do país: a mais forte insolação e a mais baixa nebulosidade; as mais altas médias térmicas e os mais baixos percentuais de umidade relativa; as mais elevadas taxas de evaporação e, sobretudo, as mais escassas e irregulares precipitações pluviais, limitadas a curtos períodos.

#### 5.3.4.1. Insolação e radiação solar

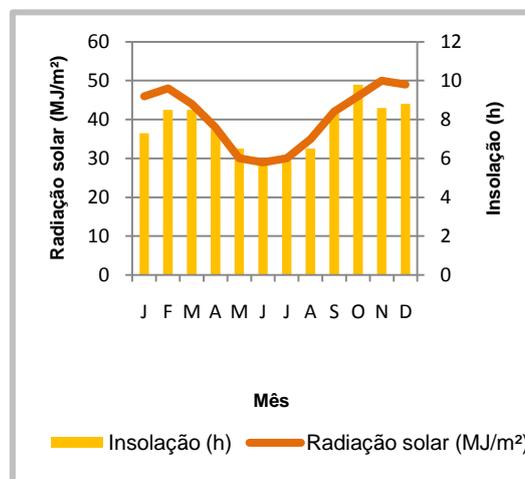
A radiação solar é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico em edifícios e, além dos variados fenômenos térmicos atribuídos a essa variável bioclimática, é também a principal fonte de luz natural.

Conforme dados fornecidos pelo levantamento do potencial solar recentemente realizado no estado de Alagoas (ver também item 5.4.5.1), o município de Pão de Açúcar apresentou as médias de radiação solar mais intensas do estado, juntamente com outros municípios situados na região semi-árida. A média mensal mais elevada de radiação solar foi de cerca de 50 MJ/m<sup>2</sup> em Novembro, e média mais baixa de 29 MJ/m<sup>2</sup>, no mês de Junho (Tabela 14). Esses dados são fundamentais, por exemplo, para o cálculo dos fluxos térmicos produzidos sobre os fechamentos em edificações e ainda como será visto mais adiante, para conhecimento do potencial solar de aproveitamento como fonte renovável de energia.

**Tabela 14:** Radiação solar média mensal para Pão de Açúcar – AL (ELETROBRÁS, 2008).

Médias mensais de radiação solar (MJ/m <sup>2</sup> )												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Total	46,2	48,3	44,5	38	30,6	29	30	35,3	42,5	46,2	50,3	49,1

Seguem abaixo o resumo gráfico dos dados de insolação e radiação solar e, coletados para a cidade de Pão de Açúcar – AL:



**Gráfico 4:** Gráfico resumo referente aos dados de radiação e insolação para Pão de Açúcar (INMET, 2002).

**Tabela 15:** Relação percentual entre o número de horas de insolação medidas e o número de horas possíveis calculados para o município de Pão de Açúcar – AL (INMET, 2002).

Insolação	Mês												Totais
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
<b>Possíveis (h)</b>	391,2	347,4	376,6	356,5	361,7	346,9	360	365,6	361,3	380,7	376,7	393,2	<b>368,18</b>
<b>Medidas (h)</b>	226,8	239,8	266	225,4	203	171	183,6	201,1	250,6	304	259,4	273	<b>2849</b>
<b>Média/dia* (h)</b>	7,32	8,56	8,58	7,51	6,55	5,70	5,93	6,5	8,35	9,81	8,64	8,81	<b>7,81</b>
<b>Percentual (%)</b>	69,6	69,1	70,6	63,22	56,1	49,3	50,1	55	69,4	79,8	69,8	69,4	<b>64,5</b>

\*Média obtida pela divisão do total pelo número de dias do mês.

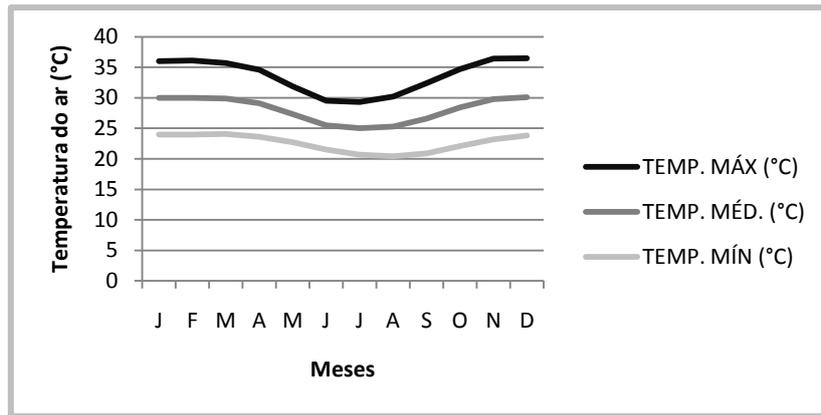
#### 5.3.4.2. Temperaturas

As informações sobre temperatura são, juntamente com os dados sobre os índices de umidade do ar e ventilação, as principais variáveis para desenvolvimento das análises e estudos das estratégias bioclimáticas que irão orientar a definição das diretrizes arquitetônicas mais adequadas para a cidade em relação a esse aspecto, propostas no próximo capítulo.

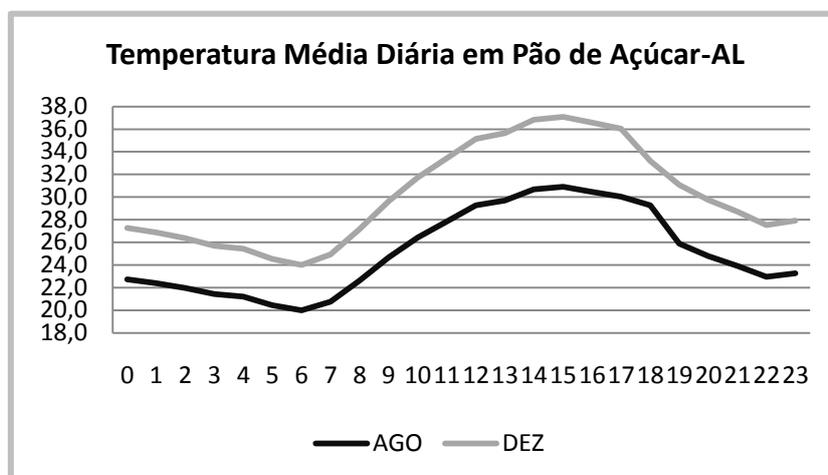
Os dados coletados (série histórica de 10 anos, 1997 – 2007) foram cedidos pela estação meteorológica do INMET situada no município em questão. Para melhor compreensão, optou-se por representá-los em gráficos com médias históricas, de modo a demonstrar seu comportamento ao longo do ano.

Como já foi dito, uma das principais características do clima de localidades situadas na região semi-árida, de clima quente e seco, no Brasil é a significativa oscilação térmica ao longo do dia com elevada temperatura durante o período diurno associada a baixas taxas de umidade relativa do ar. No entanto, como demonstra o Gráfico 5, essa configuração é mais evidenciada nos períodos de Outubro à Abril (especialmente nos meses de verão). No período de Maio à Setembro, há uma significativa queda da média de temperatura (meses de inverno), apesar da amplitude diária ainda ser razoável. Também neste período a umidade sofre significativo acréscimo (como será observado no próximo item) tornando o clima menos hostil.

Conforme dados fornecidos pelo INMET, a cidade de Pão de Açúcar – AL apresenta uma temperatura média anual de 28,1°C e uma amplitude anual de 11,02°C. O mês mais quente é Dezembro com temperatura média máxima de 36,5°C e média mínima de 24°C (oscilação diária média de 12°C). O mês mais frio é Julho com média máxima de 29,3°C e média mínima de 20,7°C. A amplitude térmica diária máxima registrada foi de 13,4°C no mês de dezembro (Gráfico 6).



**Gráfico 5:** Média das temperaturas do ar em série histórica de 10 anos para o município de Pão de Açúcar – AL (INMET, 2008).

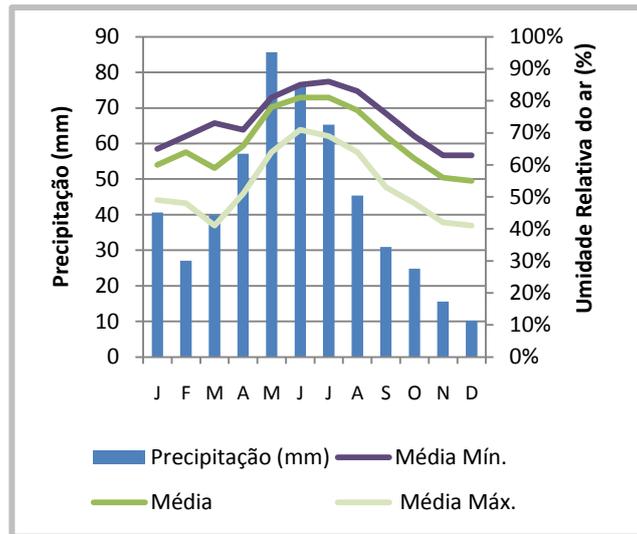


**Gráfico 6:** Variação da temperatura média do ar ao longo do dia em Pão de Açúcar – AL (INMET, 2008).

#### 5.3.4.3. Umidade

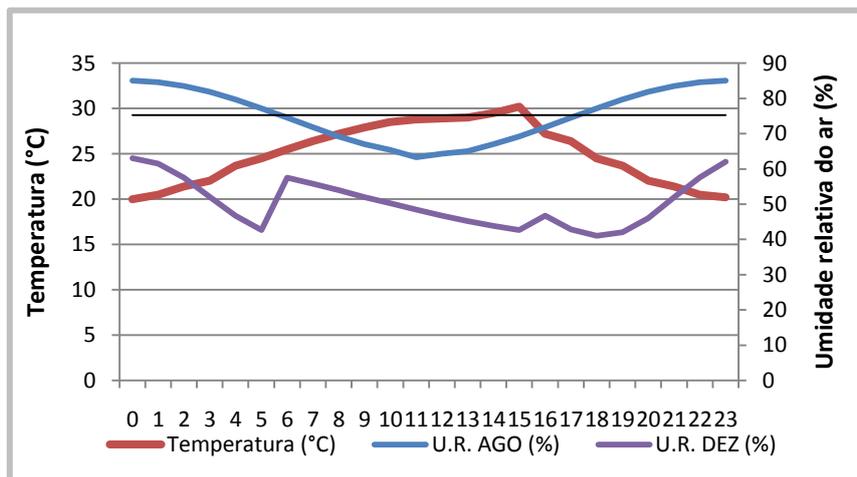
Os períodos onde a umidade relativa se encontra mais elevada coincidem com os meses de chuva – Maio à Julho – com valor médio mais elevado no mês de Julho, registrando 85%. Nos períodos mencionados observa-se uma ocorrência entre 85 e 65 mm, enquanto que em especialmente em Dezembro e durante o longo e rigoroso período de seca, há uma evaporação maior que precipitação e os valores relativos à umidade caem para uma média de 53,6% nesse mês (Gráfico 14 e Gráfico 7).

Como foram observadas, as variações climáticas mais significativas ao longo do ano na região dizem respeito à umidade relativa (como pode ser observado no Gráfico 7) e a distribuição das chuvas, destacando os longos períodos de estiagem (até 8 meses segundo dados do IBGE, 2007), característicos dessas regiões.



**Gráfico 7:** Médias mensais da umidade relativa para o município de Pão de Açúcar – AL sobreposta ao índice de precipitação (INMET, 2008).

Como mostram os dados acima expostos, pode-se considerar que a cidade apresenta uma configuração climática anual híbrida, com duas marcantes características sazonais – uma quente e seca durante o período de verão, com temperaturas bastante elevadas e umidade relativa baixa e, uma quente e úmida, no período de inverno, com temperaturas mais amenas e elevada umidade relativa do ar. Essa constatação é de fundamental importância para conhecimento e integração das estratégias bioclimáticas mais adequadas para o projeto de arquitetura no lugar. Algumas discussões e diretrizes nesse sentido serão melhor tratadas no capítulo 6 desse trabalho.

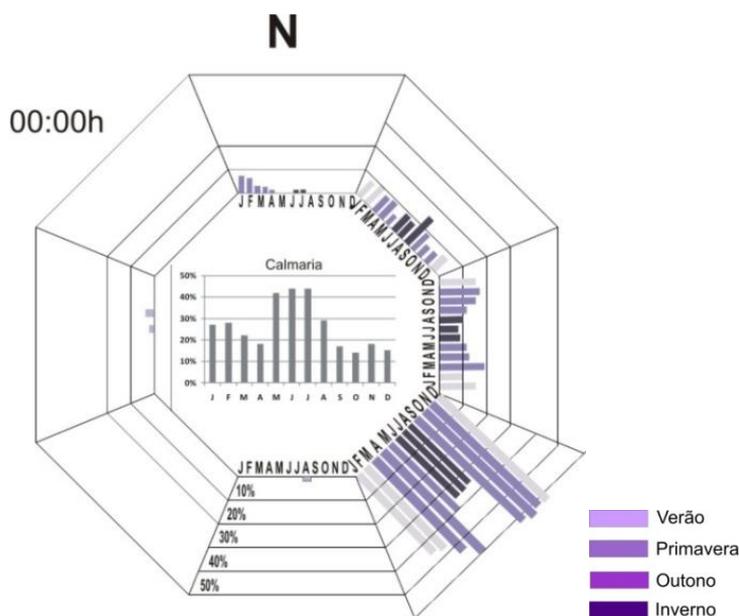


**Gráfico 8:** Superposição das médias horárias para temperatura e umidade relativa do ar em Pão de Açúcar – AL (INMET, 2008).

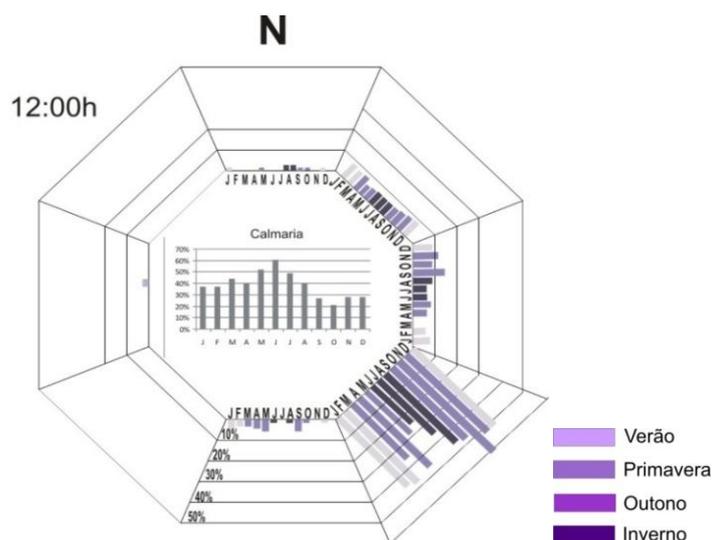
#### 5.3.4.4. Regime de ventos

Os dados do vento examinados para a região em estudo apresentam maior frequência e intensidade proveniente do quadrante Leste (Gráficos 9, 10 e 11). Os gráficos abaixo representados mostram as características em três diferentes períodos no dia – madrugada, meio-dia e noite (0 hora, 12 horas e 18 horas) para o município.

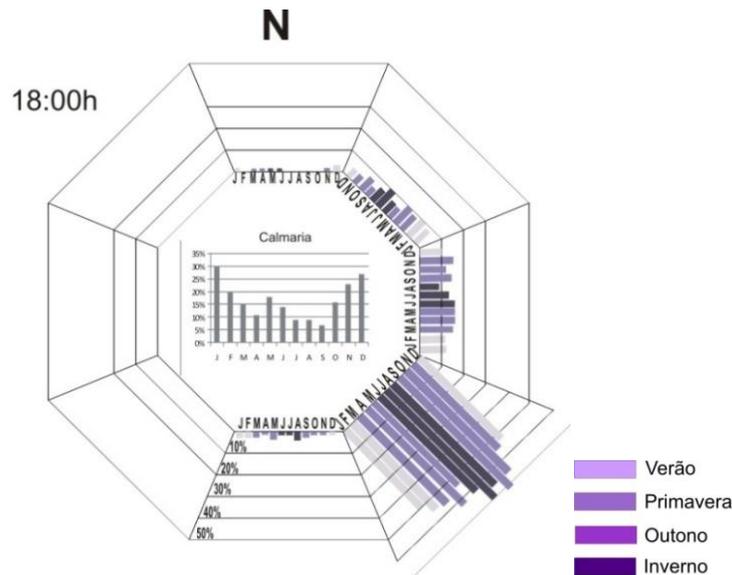
O gráfico 5 apresenta os dados referentes à média da velocidade do vento nos doze meses do ano, nos três horários examinados. Na elaboração da média de cada mês, foram excluídos os períodos de calma, apresentado nos gráficos 9, 10 e 11.



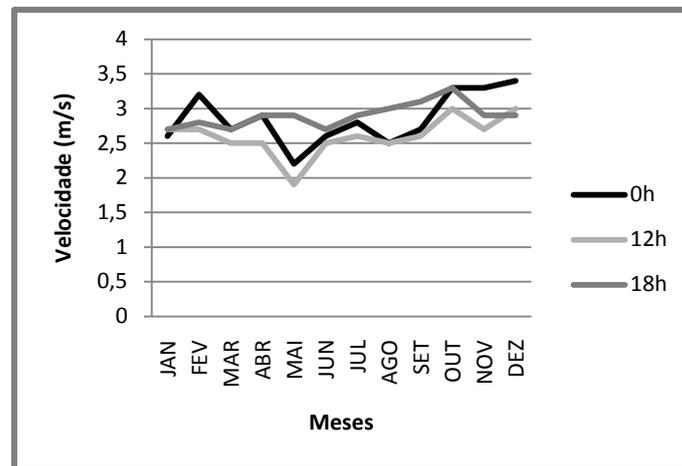
**Gráfico 9:** Representação gráfica dos dados meteorológicos referentes à frequência e direção dos ventos em todos os meses do ano para 0h, madrugada; (série histórica de 10 anos) (INMET, 2008).



**Gráfico 10:** Representação gráfica dos dados meteorológicos referentes à frequência e direção dos ventos em todos os meses do ano para 12h; (série histórica de 10 anos) (INMET, 2008).



**Gráfico 11:** Representação gráfica dos dados meteorológicos referentes à frequência e direção dos ventos em todos os meses do ano para 18h; (série histórica de 10 anos) (INMET, 2008).

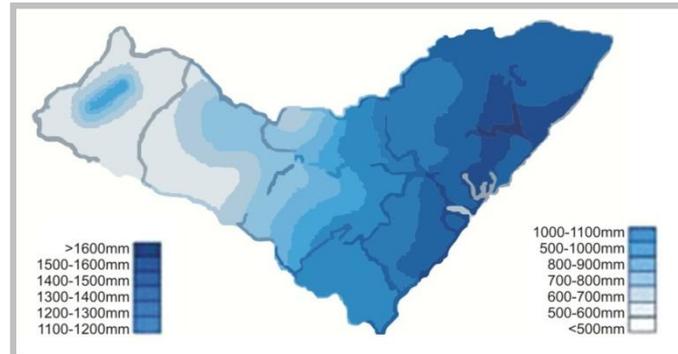


**Gráfico 12:** Representação gráfica da média da velocidade do vento ao longo do ano (série histórica de 10 anos) (INMET, 2008).

#### 5.3.4.5. Regime pluviométrico

O semi-árido brasileiro, apesar de apresentar em algumas localidades, longos e severos períodos de seca é, no entanto, apontado como a região semi-árida que mais chove no mundo, sendo o problema hídrico da região consequência além da irregular distribuição das chuvas no tempo e no espaço, sobretudo, da precária e conflituosa gestão dos recursos hídricos na região.

A cidade de Pão de Açúcar – AL possui um ecossistema com características peculiares, caracterizado predominantemente pelo bioma Caatinga – assim denominado, pois a média de precipitação pluviométrica na região semi-árida está compreendida entre 300 mm e 800 mm com índice de aridez até 0,5 (IBGE, 2005) (Figura 39).



**Figura 39:** Distribuição espacial da precipitação média anual no estado de Alagoas (Fonte: adaptado de FIGUEIREDO *et al*, 2002).



**Figura 40:** Vista da cidade de Pão de Açúcar – AL a partir do morro do cavalete no período de maior precipitação pluviométrica (imagem registrada em Julho de 2008) (Fonte: autora, 2008).



**Figura 41:** Vista da cidade de Pão de Açúcar – AL a partir do morro do cavalete no período de seca (imagem registrada em Janeiro de 2009) (Fonte: autora, 2009).

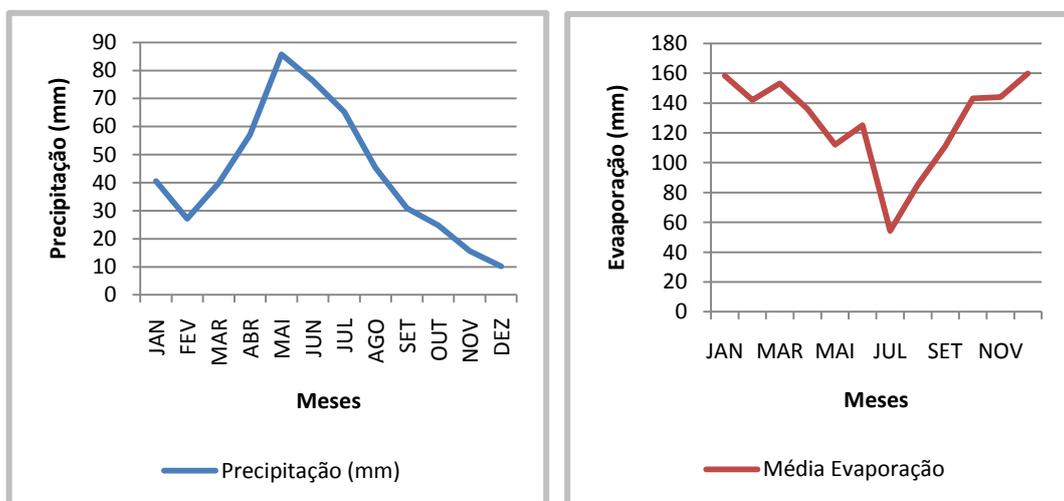
Para ilustrar esse cenário, conforme quadro hídrico do semi-árido brasileiro realizado pela Agência Nacional de Águas no Brasil (ANA, 2006), aponta-se que ao todo, em média, precipitam na região anualmente, aproximadamente 750 bilhões de metros cúbicos de água. Desse total de água que banha o semi-árido, tem-se apenas estrutura para armazenar cerca de 36 bilhões de metros cúbicos. Mesmo assim, esse volume armazenado muitas vezes está inacessível para grande parte da população ou mal armazenado, exposto aos elevados índices de evapotranspiração e dissociados de um controle de qualidade da água (como pode ser observado nos açudes em Pão de Açúcar, ilustrados nas Figuras 15 e 16). Outra importante dificuldade encontrada no aproveitamento dessas águas é o tipo de solo presente no semi-árido, em sua maioria, ricos em sais. Tal característica é dada pelo rápido processo de evaporação das

águas, fazendo com que os sais depositem-se em excesso na superfície, prejudicando muitas vezes as atividades produtivas. Quanto ao subsolo, grande parte é composta por rochas cristalinas, dificultando a formação dos aquíferos e a sua adequada exploração (MME, 2005).

Dentre os municípios alagoanos presentes na mesorregião do sertão, Pão de Açúcar está circunscrito no chamado *polígono das secas* e apresenta-se como semi-árido com até 8 meses de estiagem (ver Figura 3) (IBGE, 2005) (Figura 41 e 42).

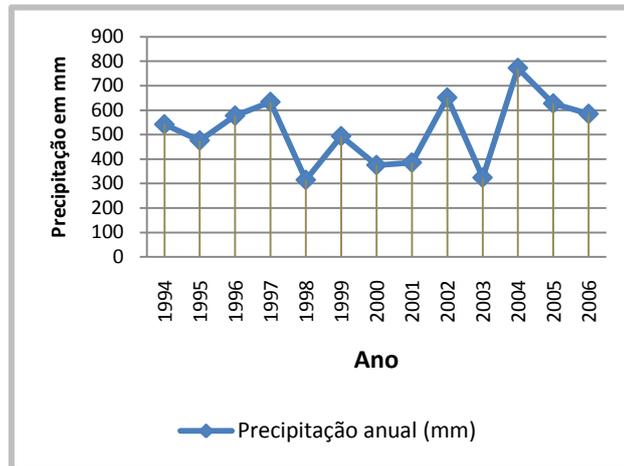
A precipitação média anual para o município é de 531,8mm (SEMARHN-AL, 2007). Não obstante, a escassez desse recurso se constitui em sério e histórico entrave ao desenvolvimento sócio-econômico do lugar. O diagnóstico realizado pelo Ministério de Minas e Energia (2005) aponta que o quadro de escassez de água para a região semi-árida poderia ser modificado em determinadas localidades através de uma gestão integrada e articulada dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos.

A média de precipitação pluviométrica anual é significativamente reduzida no município de Pão de Açúcar – AL. Com exceção das regiões serranas, as chuvas ocorrem no sertão alagoano de forma irregular e concentrada. Os dados climatológicos para o município em questão demonstram que o mês de maior intensidade das chuvas na região é o mês de julho (Gráfico 4). Segundo dados fornecidos pela Secretaria Executiva de Meio Ambiente e Recursos Hídricos e Naturais do Estado de Alagoas (2007), em série histórica disponível para esta análise, trata-se de 538 mm por ano. Nos períodos mais chuvosos (de Maio a Julho) observa-se uma ocorrência entre 85 e 65 mm, enquanto que em Dezembro, principalmente e, durante o longo e rigoroso período de seca, há uma evaporação maior que precipitação (Gráfico 13).



**Gráfico 13:** Médias históricas (série de 10 anos) de precipitação e evaporação para o município de Pão de Açúcar – AL (SEMARHN/AL, 2007).

Observa-se ainda certa irregularidade no regime pluvial ao longo dos anos. Segundo série histórica (Gráfico 14), houve significativas reduções do volume anual precipitado especialmente nos anos de 1998, 2000, 2001 e 2003, onde a média anual não ultrapassou 400 mm, enquanto o ano de 2004 foi o que obteve o maior volume. Tal irregularidade pode dificultar o cálculo para aproveitamento desse recurso para uso e economia de água em edificações na cidade.



**Gráfico 14:** Médias históricas anuais (série de 13 anos) de precipitação e evaporação para o município de Pão de Açúcar – AL (SEMARHN/AL, 2007).

#### 5.3.4.6. Ruído urbano

Para caracterização do ruído urbano da cidade foi realizado um estudo preliminar, em conformidade com os critérios estabelecidos pela norma brasileira NBR10151 (Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas Visando o Conforto da Comunidade) articulado com o zoneamento macro-urbano e os vetores de crescimento previstos pelo Plano Diretor do lugar (MARTINS et al., 2009).

Para isso, o estudo baseou-se nas metodologias desenvolvidas por Niemeyer (2007) e Maia e Sattler (2007) sobre mapeamento sonoro para avaliação da acústica urbana. Foram estabelecidas as seguintes etapas metodológicas:

- Análise da legislação brasileira e local sobre conforto acústico para espaços externos;
- Seleção de pontos de medição na cidade, em função dos usos atuais e previstos pela legislação municipal para uso do solo.
- Registro em campo de níveis de pressão sonora nos pontos selecionados;
- Análise dos resultados.

### Determinação dos pontos de medição

Como critério para a definição dos pontos de medição, além da diversidade de uso e ocupação do solo, foi considerado a proximidade com fontes de ruído significativas (permanentes ou sazonais) ou com edifícios que por suas características intrínsecas necessitem ser preservados do excesso de ruído, tais como as escolas e o hospital da cidade. Ver mapa de localização dos pontos de medição na Figura 42.

- **Ponto 1: Rodovia AL-130** (*Zona de Incentivo a Atividades Econômicas*). É a via, que conecta a cidade ao restante do estado. Apesar de ter como uso predominante construções destinadas a serviços também é ocupada por edificações residenciais, especialmente no trecho próximo ao centro da cidade. O ponto de medição está localizado à aproximadamente 500 metros do fim da rodovia e início da avenida nas proximidades do único posto de gasolina.
- **Ponto 2: Avenida Bráulio Cavalcanti** (*Zona de Comércio e Serviços*): Trata-se da avenida central, onde às segundas feiras é realizada a feira da cidade. Uso residencial e comercial. O ponto de medição está localizado no centro da praça.
- **Ponto 3: Avenida Manoelito Bezerra** (*Zona de Incentivo a Atividades Econômicas*). Nesta avenida está localizado o Hospital Dr. Djalma Santos (indicado na Figura 43), único do município, que atende a toda população do município de Pão de Açúcar além de algumas localidades vizinhas. Em seu entorno predomina o uso residencial, com alguns poucos edifícios comerciais e escolas. A medição foi realizada na praça em frente ao hospital.
- **Ponto 4: Avenida Ferreira de Novais** (*Zona de Interesse Turístico*). A região é de uso predominantemente residencial. No entanto, as margens do rio São Francisco, localizam-se também alguns bares/restaurantes onde são realizados shows com música ao vivo, nos fins de semana. A medição ocorreu em frente a um dos bares.
- **Ponto 5: Rua São Francisco** (*Zona de Interesse Turístico*). É a continuação da Rua Ferreira Novais, região que abriga a vila dos pescadores do rio São Francisco.
- **Ponto 6: Rua Floriano Peixoto** (*Zona Prioritária para Implantação de Infra-Estrutura*). Região de uso exclusivamente residencial.

As medições foram realizadas entre os dias 26 de janeiro e 01 de fevereiro de 2009, em cinco diferentes horários (início às 8, 12, 15, 18 e 21 horas). Os horários foram

distribuídos ao longo do dia e início da noite com o objetivo de identificar o impacto de eventos sazonais como a feira na Avenida Bráulio Cavalcanti e dos bares da orla do rio São Francisco. Como a cidade em estudo apresenta poucas variações em sua rotina, os horários escolhidos apresentam uma amostra confiável do cotidiano da cidade.

Os dias em que foram realizadas as medições apresentavam: céu claro, temperaturas elevadas (média da semana em 33°C), umidade relativa média de 60% e ventos com baixa intensidade pela manhã e mais intensos do final da tarde à noite.



**Figura 42:** Localização dos pontos de medição.

Para avaliação acústica da área urbana de Pão de Açúcar foi adotado como referência a norma NBR-10151 (2000). Por similaridade, as macro zonas onde estão localizados

os pontos de medição, foram relacionadas aos valores de NCA (Nível Crítico de Avaliação) estabelecidos pela norma (Tabela 16).



**Figura 43:** Macro zoneamento urbano da cidade de Pão de Açúcar / AL. (Fonte: Anexos do Plano Diretor para Pão de Açúcar – AL, 2006)

**Tabela 16:** Nível Crítico de Avaliação NCA para ambientes externos, em dB (A) (Fonte: adaptado da NBR10151/2000).

Tipos de áreas	Diurno	Noturno	Macro Zoneamento de Pão de Açúcar
Áreas de sítios e fazendas	40	35	-
Vizinhanças de hospitais (200 metros além divisa)	45	40	(*) Hospital Dr. Djalma Santos (Ponto 3)
Área estritamente residencial urbana	50	45	ZPIIE (ponto 6)
Área mista, predominantemente residencial, sem corredores de trânsito.	55	50	-
Área mista, com vocação comercial e administrativa, sem corredores de trânsito.	60	55	ZCS (pontos 2 e 3)
Área mista, com vocação recreacional, sem corredores de trânsito.	65	55	ZIT (pontos 4 e 5)
Área mista até 40 m ao longo das laterais de um corredor de trânsito	70	55	ZIAE (pontos 1)
Área predominantemente industrial	70	60	-

(\*) No caso do hospital, verifica-se um conflito entre a localização em Zona de Incentivo às Atividades Econômicas e suas necessidades de proteção acústica.

Os valores dos níveis de pressão sonora equivalente ( $L_{Aeq}$ ) registrados foram então comparados ao NCA de cada um dos pontos de medição, com o objetivo de quantificar a variação em relação os critérios da legislação.

### Medições acústicas

As medições foram realizadas por registro manual, com um **medidor de nível de pressão sonora** *Lutron Digital Instruments*, modelo SL-4001 (conforme IEC 60651/1979 e NBR 10.151) por períodos de 15 minutos. O período de tempo foi arbitrado, a partir de observações no local, em função da variação temporal do nível de pressão sonora do ruído de tráfego e de outras fontes sonoras. Como o aparelho utilizado não possui a função  $L_{Aeq}$ , o nível de pressão sonora equivalente foi calculado, usando-se os valores registrados através da seguinte equação (NBR10151/2000):

$$L_{Aeq} = 10 \cdot \log_{10} \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

Eq. 2

Onde:

$L_i$  = nível de exposição ao ruído na escala (A), para o  $i$ -ésimo evento.

$T$  = período total de tempo sob consideração, em segundos.

Em todos os casos, os níveis sonoros foram registrados em  $L_{10}$  (Nível de ruído que é ultrapassado em 10% do tempo total de medição),  $L_{90}$  (Nível de ruído que é ultrapassado em 90% do tempo total de medição) para os horários selecionados, em cada ponto medido. Para obtenção dos valores correspondentes ao  $L_{10}$  e  $L_{90}$ , foi utilizado o método recomendado pela norma NBR 13369/1995. Tal método sugere, após registro das amostras, o cálculo da frequência de ocorrência absoluta e frequência acumulada relativa para cada valor registrado, identificando as frequências relativas acumuladas que mais se aproximam de 10% e 90%. Os níveis de ruído de pico ( $L_{10}$ ) e de fundo ( $L_{90}$ ) são usados para melhor caracterizar o estudo da acústica urbana. No entanto, para obtenção dos valores médios registrados, os valores máximos e mínimos foram eliminados para evitar distorções nos resultados.

### Caracterização e avaliação dos padrões de ruídos monitorados

Na Tabela 17, os valores calculados de  $L_{Aeq}$ , para os seis pontos de medição, são comparados ao NCA correspondente ao tipo de área (ver Tabela 17). Em função dos horários de medição, foi usado como referência o NCA correspondente ao período diurno para os horários de 8 às 18 horas e, considerando-se o porte da cidade, o horário das 21:00 horas foi avaliado como noturno.

**Tabela 17:**  $L_{Aeq}$  para os pontos medidos e a relação com o NCA, nas medições realizadas segunda-feira (destaque em cinza para os valores que ultrapassaram o NCA definido na tabela).

Ponto de Medição	$L_{Aeq}$ (8h)	$L_{Aeq}$ (12h)	$L_{Aeq}$ (15h)	$L_{Aeq}$ (18h)	$L_{Aeq}$ (21h)	NCA (Dia)	NCA (Noite)
1 Rodovia AL-130	64	69	68	69	<b>63</b>	70	55
2 Avenida Bráulio Cavalcanti	<b>62</b>	<b>67</b>	<b>65</b>	<b>68</b>	<b>62</b>	60	55
3 Rua Manoelito Bezerra (Hospital Dr. Djalma Santos)	<b>59</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	45 (*)	40 (*)
4 Avenida Ferreira de Novais	58	62	61	63	<b>58</b>	65	55
5 Rua São Francisco	47	55	52	54	49	65	55
6 Rua Floriano Peixoto	<b>51</b>	<b>56</b>	50	<b>53</b>	<b>49</b>	50	45

(\*) No ponto 3, na definição do NCA foi priorizada a relação de proximidade com o hospital.

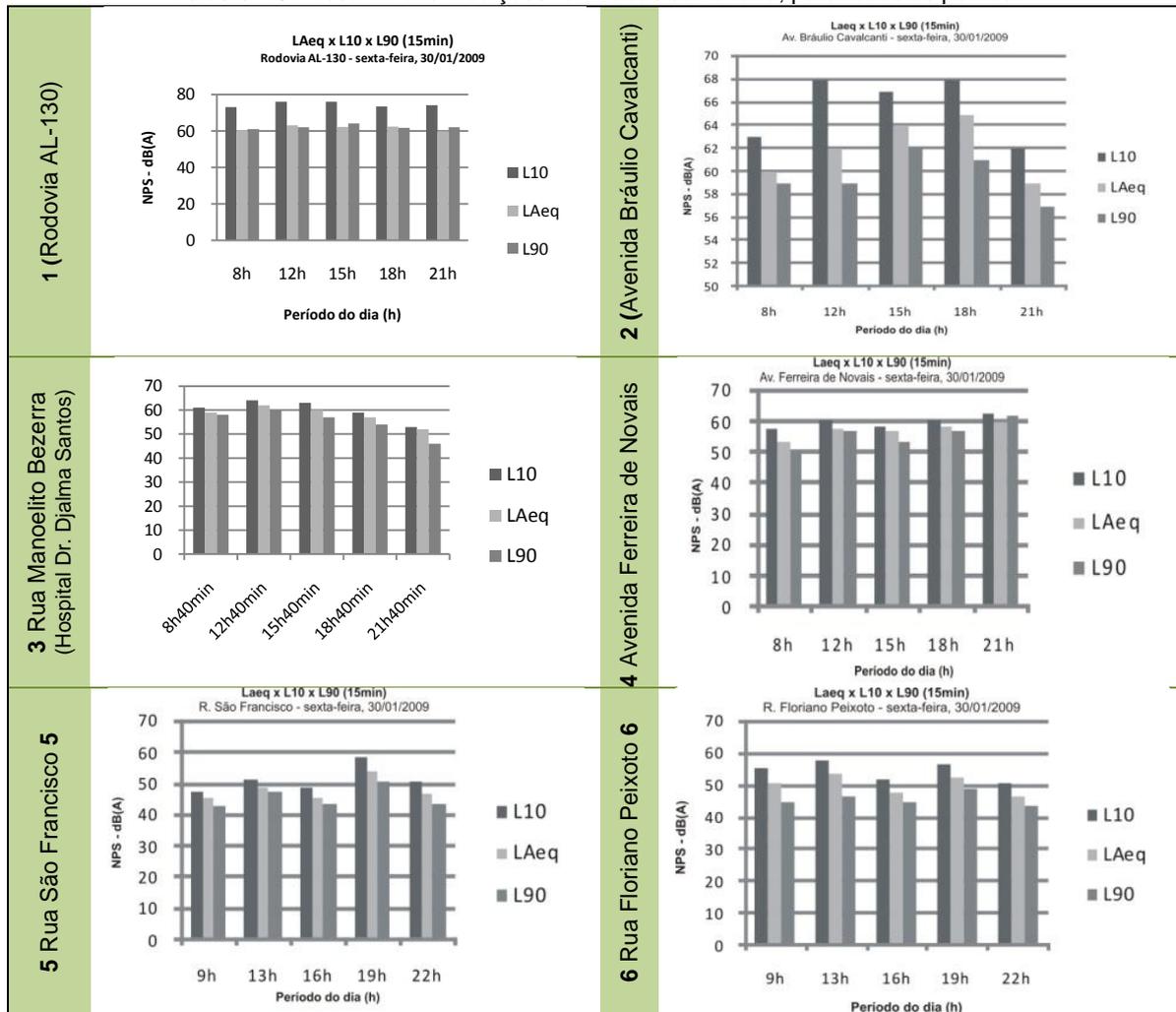
Na Tabela 18 os valores de  $L_{Aeq}$  medidos na Rua Manoelito Bezerra (em frente ao Hospital Dr. Djalma Santos). Em todos os horários os níveis de ruído ultrapassam os valores recomendados para as proximidades de Hospital.

**Tabela 18:**  $L_{Aeq}$  para o ponto 3 em todos os horários de medição.

Horários	Dias Úteis					Fim de Semana	
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
<b>8h</b>	59	60	62	59	59	58	56
<b>12h</b>	63	61	63	61	62	60	59
<b>15h</b>	60	59	58	62	60	61	57
<b>18h</b>	63	60	61	61	57	63	60
<b>21h</b>	58	55	55	56	52	54	52

Nos gráficos da

Tabela 19, os valores de nível de pressão sonora equivalentes ( $L_{Aeq}$ ),  $L_{10}$  e  $L_{90}$  calculados a partir dos registros em campo, correspondente ao dia de sexta-feira.

**Tabela 19:** Resumo das medições realizadas sexta feira, para todos os pontos.

Verificou-se que de um modo geral os valores encontrados (Níveis de Pressão Sonora equivalente) estão de acordo com o NCA previsto para as localidades avaliadas. Apenas nas medições realizadas no período noturno de algumas localidades, tais como, a Rodovia AL-130 (Ponto 1) e Avenida Bráulio Cavalcanti (Ponto 2), centralidades principais da cidade, os índices de  $L_{Aeq}$  ultrapassaram o recomendado, a exemplo dos resultados mostrados no Tabela 17 sobre as medições em um dos dias de estudo (segunda-feira), quando os níveis de ruído ultrapassam o recomendado em até 8dB.

No entanto, vale destacar que devido a localidade onde se encontra o ponto 2 (Avenida Bráulio Cavalcanti) possuir uso residencial e ao mesmo tempo abrigar importantes atividades comerciais, bem com a feira ao ar livre, que ocorre as segundas-feiras, este apresentou níveis de ruído equivalentes acima do nível de critério estabelecido pela norma em diferentes horários ao longo de toda a semana.

Da mesma forma, no ponto 3 – situado à Avenida Manoelito Bezerra, próximo ao hospital da cidade – foram registrados níveis de ruído equivalentes acima do tolerável para regiões que abrigam este tipo de equipamento urbano, chegando a ultrapassar em até 9 dB o NCA. Tal fato justifica-se pela localidade encontrar-se muito próxima ao centro comercial e de serviços da cidade, apresentando forte tendência de expansão para esta região, haja visto que está contida na *Zona de Incentivo a Atividades Econômicas* no zoneamento macro urbano previsto recentemente pelo Plano Diretor da cidade.

Foi possível, também, observar que os picos no registro do  $L_{10}$  foram dados devido ao ruído emitido pelos veículos que circulam com mais frequência, especialmente na rodovia e no centro da cidade, aumentando no dia da feira da cidade, com a chegada de caminhões. Outra importante fonte de ruído na Rodovia são os equipamentos mecânicos de pontos de serviços e do posto de gasolina, em meio a numerosas residências.

A rua onde está situada a vila dos pescadores e a Rua Floriano Peixoto (residencial) apresentou níveis de pressão sonora equivalentes, iguais ou abaixo do NCA previsto. Exceto nos dias de fim de semana que, especialmente na segunda localidade mencionada, os valores de  $L_{Aeq}$  aumentavam devido à eventual circulação de carros e casas da própria vizinhança que emitiam sons de rádio e televisão, porém nunca ultrapassando mais que 5dB do valor recomendado.

Durante a pesquisa foi verificado que o núcleo urbano de Pão de Açúcar já apresenta situações que podem vir a se tornar conflituosas com o progressivo crescimento urbano do lugar. Um exemplo disso, diz respeito aos elevados ruídos de pico ( $L_{10}$ ) registrados devido ao tráfego de carros de caminhões na rodovia de acesso a cidade e pela feira ao ar livre, um dos principais eventos realizados no centro da cidade, contribuindo muitas vezes para excessos de ruído urbano na vizinhança residencial e proximidades do hospital. No entanto, como tais elementos são de evidente importância para o desenvolvimento sócio-econômico, as vias de circulação de tráfego para veículos pesados devem ser planejadas de modo a não comprometer a qualidade acústica da cidade.

Cidades que crescem sem planejamento adequado podem comprometer a qualidade de vida de seus habitantes. Particularmente em países como o Brasil e cidades como Pão de Açúcar, em que grande parte da população carece de recursos básicos, intervenções para corrigir o espaço urbano podem se tornar economicamente inviáveis (NIEMEYER; SANTOS, 2001).

O estudo realizado possibilitou caracterizar e compreender um pouco da acústica urbana da cidade Pão de Açúcar, de modo a poder contribuir e auxiliar nas tomadas de decisões no planejamento urbano e na inclusão das questões relativas ao conforto acústico para cidade. O estágio de desenvolvimento urbano da cidade permite a inserção de diretrizes que possam, mantendo a qualidade sonora observada, propiciar a continuação de seu desenvolvimento dentro das perspectivas aventadas em seu Plano Diretor.

### **5.3.5. Gestão dos recursos**

Os parâmetros de análise que compõem esse item do capítulo tratam das potencialidades e disponibilidades locais quanto aos recursos renováveis para aproveitamento em energia e alguns dados gerais indicadores de infra-estrutura. Trata-se de uma exposição breve apenas para se obter um panorama dessas questões que completam o diagnóstico ambiental proposto nesse estudo de caso.

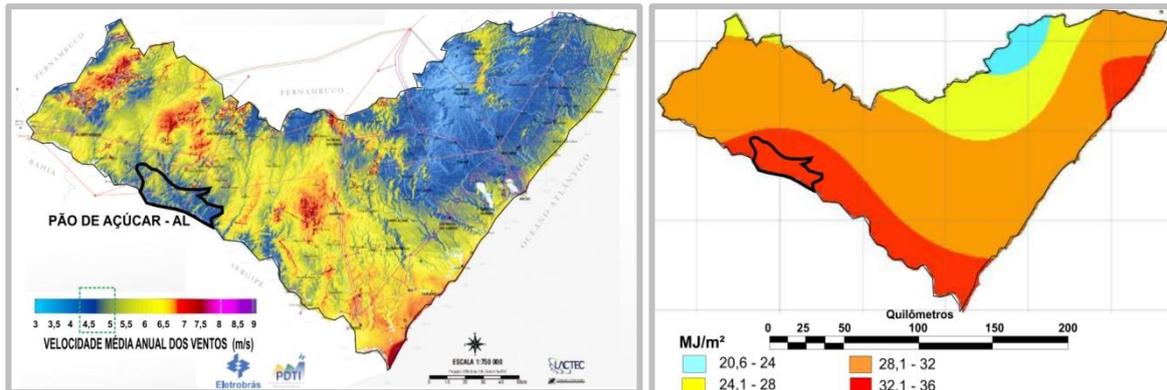
#### **5.3.5.1. Energias renováveis**

Pesquisas recentes no estado de Alagoas – realizadas com parceria entre a Eletrobrás, o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) e a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – resultaram na elaboração de mapas demonstrando o potencial eólico e solar dos municípios alagoanos. Os mapas são gerados a partir de dados em médias mensais e anuais da velocidade do vento, radiação solar e níveis de iluminâncias. Essas variáveis foram monitoradas em algumas cidades alagoanas, situadas em diferentes meso-regiões (Figura 44).

O monitoramento possibilitou estimar o potencial de uso tanto da força do vento quanto da luz solar para aproveitamento na geração de energia elétrica. Apesar do município de Pão de Açúcar – AL apresentar baixas taxas de velocidade de vento para fins de produção energética, os níveis de radiação solar e iluminâncias medidos apresentaram-se como um dos mais elevados do estado, possibilitando não apenas um bom potencial para geração de energia elétrica via fotovoltaica e sistemas solares térmicos, como também para o bom emprego desse recurso na redução do consumo, mediante a concepção de arquitetura voltada para aproveitamento da iluminação natural (ATLAS SOLARIMÉTRICO DE ALAGOAS, 2008) (Gráfico 15 e Tabela 20).

As medições, realizadas por sensores de radiação e iluminância instalados próximo a sede do município a 46 m de altura, permitem o conhecimento da distribuição da

irradiação solar fotossintética, também denominada PAR (*photosynthetically active radiation*) (ELETROBRÁS, 2008).



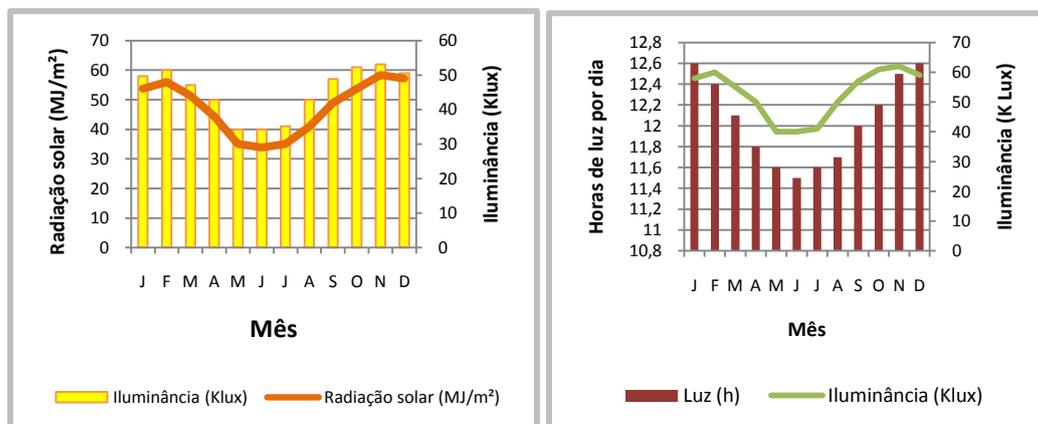
**Figura 44:** Mapa eólico e solar para o estado de Alagoas com: a. médias anuais para velocidade do vento a 100 m de altura; b. e média mensal de radiação solar – em destaque o município de Pão de Açúcar (LACTEC, 2006).



**Figura 45:** Sensor utilizado na rede solarimétrica e ponto de medição na cidade à 46 metros de altura (Fonte: ELETROBRÁS, 2008).

**Tabela 20:** Média do número de horas de luz disponível para o município de Pão de Açúcar – AL (INMET, 2008).

Luz	Mês											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Médias (h)	12,6	12,4	12,1	11,8	11,6	11,5	11,6	11,7	12,0	12,2	12,5	12,6
Totais/ ano (h)	391,2	347,4	376,7	356,5	361,8	346,9	360,0	365,7	361,3	380,8	376,7	393,2

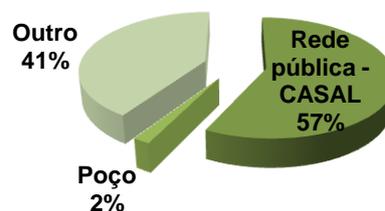


**Gráfico 15:** a. Dados da radiação solar média PAR. b. valores referentes à iluminância e número de horas de luz disponível por dia em Pão de Açúcar – AL (ATLAS SOLARIMÉTRICO DE ALAGOAS, 2008).

### 5.3.5.2. Redes de infra-estrutura

#### ▪ Água

Segundo dados do IBGE (2005), existem no município 5.219 domicílios particulares permanentes, dos quais 3.810 (73,00%) possuem banheiro ou sanitário e destes, apenas 26 (0,50%) possuem banheiro e esgotamento sanitário via rede geral. A rede de distribuição de água do município – CASAL<sup>52</sup> abastece cerca de 3.500 (65,30%) são (CASAL), enquanto que 111 (2,13%) são abastecidos por poço ou nascente e 1.699 utilizam outras formas de abastecimento (46,45%). Apenas 2.871 (55,00%) domicílios são atendidos pela coleta de lixo, evidenciando a existência de sérios riscos de problemas ambientais e de saúde pública para a população (MME, 2005).



**Gráfico 16:** Origem da água utilizada nas edificações do município de Pão de Açúcar – AL (MME, 2005).

#### **Águas superficiais**

Situado no baixo São Francisco, o município alagoano tem nas águas do rio sua principal fonte de desenvolvimento econômico (pesca e abastecimento). Para o rio São Francisco não há legislação local ou fiscalização para controle do uso exploratório das águas do rio pela população de Pão de Açúcar, bem como, do controle sobre a qualidade da água e da pesca.

Características do Rio (ANA, 2007):

- Vazão média do rio São Francisco: 2.850 m<sup>3</sup>/s;
- Disponibilidade Hídrica Superficial no baixo São Francisco: 1.850m<sup>3</sup>/s (regularizada em Sobradinho + Q<sub>95%</sub> entre Sobradinho e a Foz;
- Vazão mínima de restrição na Foz do São Francisco: 1.300m<sup>3</sup>/s (a vazão ecológica deve ser no mínimo 60% da vazão normal do rio);
- Comprometimentos das vazões do rio São Francisco: a soma de todas as outorgas na bacia montam 582m<sup>3</sup>/s (211m<sup>3</sup>/s nos afluentes estaduais e 371m<sup>3</sup>/s de outorgas federais).

<sup>52</sup> Companhia de Água e Saneamento de Alagoas.

- O consumo máximo previsto é de 335m<sup>3</sup>/s (a ANA considera em seus estudos que 40% da água outorgada retorna para o leito do rio, significando assim um consumo de água de 60%).

**Quadro 8.23 Balanço entre demanda (vazão de retirada) e disponibilidade superficial.**

Unidades hidrográficas	Balanço				Classificação*	Avaliação**
	(1) (m <sup>3</sup> /hab/ano)	(2) %	(3) %	(4) %		
Afluentes mineiros do Alto SF	32.881	1	4	4	Rico	Água é bem livre
Rio Pará	8.324	2	10	10	Suficiente	Água é bem livre
Rio Paraopeba	5.774	6	27	27	Suficiente	Confortável
Entorno de Três Marias	36.575	1	3	0	Rico	Água é bem livre
Rio das Velhas	2.781	6	21	21	Suficiente	Confortável
Rio de Janeiro e Rio Formoso	12.557	3	17	0	Rico	Água é bem livre
Rio Jequitaiá	17.459	2	14	14	Rico	Água é bem livre
<b>Alto São Francisco</b>	<b>6.003</b>	<b>4</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Água é bem livre</b>
Alto Rio Ipanema	1.009	10	34	0	Regular	Gerenciamento é indispensável
Baixo Ipanema e Baixo SF	693	48	161	0	Pobre	Crítica
Baixo São Francisco em Sergipe	1.341	39	130	0	Regular	Crítica
<b>Baixo São Francisco</b>	<b>880</b>	<b>36</b>	<b>119</b>	<b>1</b>	<b>Pobre</b>	<b>Crítica</b>
<b>São Francisco</b>	<b>7.025</b>	<b>6</b>	<b>19</b>	<b>9</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Confortável</b>

(1) Vazão natural média por habitante (m<sup>3</sup>/hab/ano);

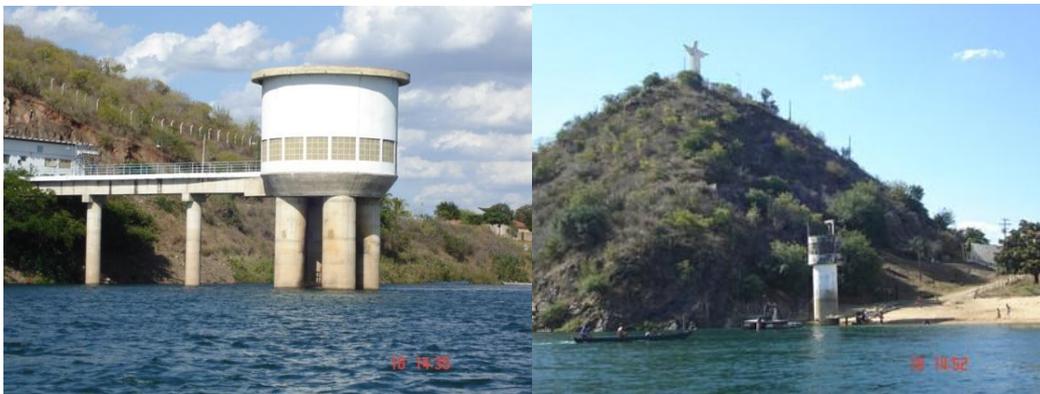
(2) Razão entre a vazão de retirada e a vazão natural média em cada unidades hidrográficas em percentagem;

(3) Razão entre a vazão de retirada e a vazão natural com permanência de 95%;

(4) Razão entre a vazão de retirada e a vazão regularizada mais a vazão natural incremental com permanência de 95% (disponibilidade hídrica).

\*: Classificação segundo as Nações Unidas em relação à vazão média por habitante;

\*\* : Avaliação segundo as Nações Unidas em função da relação entre demanda e vazão média.



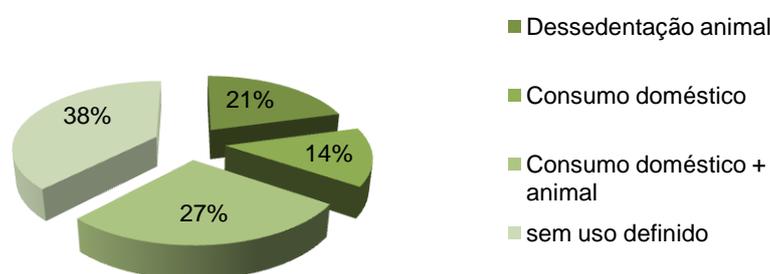
**Figura 46:** Sistema de captação das águas do rio São Francisco que margeia a sede do município de Pão de Açúcar – AL (Fonte: IMA-AL, 2007).

## Águas subterrâneas

Os resultados do levantamento realizado pelo MME (2005) demonstram que o lençol freático da localidade apresenta-se pouco profundo, condição que torna essa estrutura frágil do ponto de vista de contaminação e evapotranspiração.

O levantamento realizado no município registrou a existência de 30 pontos d' água, sendo 01 poço escavado e 29 poços tubulares, sendo que 23 desses encontram-se paralisados ou abandonados (MME, 2005).

O uso da água subterrânea disponível está distribuída segundo o Gráfico 17, demonstrando a importante dinâmica que envolve o espaço habitado à atividade econômica local, fortemente baseada na agro-pecuária.



**Gráfico 17:** Uso das águas subterrâneas no município de Pão de Açúcar – AL (MME, 2005).

Nas localidades onde ocorre exploração das águas subterrâneas - pontualmente em alguns sítios de produção agrícola na zona rural - são utilizadas como *fonte de energia* para sistemas de bombeamento dos poços instalados, energia eólica (24%), solar (17%) e elétrica (20%), diesel (3,4%) e restante sem energia mecânica (35% manual) (MME, 2005).

### ▪ Esgoto

A rede de saneamento do estado de Alagoas (CASAL) atende apenas cerca de 10% dos domicílios cadastrados no último levantamento em Pão de Açúcar – AL (IBGE, 2005). Os demais possuem destino não informado.

**Tabela 21:** Dados para sistema de esgoto e coleta de lixo no município de Pão de Açúcar – AL (MME, 2005).

	Número	Percentual
<b>Domicílios particulares permanentes</b>	5.219	100,0 %
<b>Com fossa séptica ou ligados à rede geral de esgoto</b>	493	9,4 %

### 5.3.5.3. Destinação dos rejeitos

Os dados levantados sobre esse quesito apontam que mais de 60% dos domicílios são atendidos pela coleta de lixo municipal. No entanto, não foram identificadas informações relativas a gestão e destino final desses rejeitos. Apresenta-se ainda uma parcela importante de lixo que são acumulados e enterrados pelos próprios moradores (24,9%) e cerca de 1% que realizam queima ou despejo em terrenos baldios e no rio que banha a cidade. Algumas alternativas para gestão mais sustentável dos resíduos orgânicos e inorgânicos são discutidas no capítulo que segue.

**Tabela 22:** Dados para destinação dos rejeitos no município de Pão de Açúcar – AL (IMA, 2007).

<b>Destino do lixo</b>	<b>Domicílios</b>
Total de domicílios	5.219 (100%)
<b>Coletado</b>	47%
<b>Coletado por serviço de limpeza</b>	7,09%
<b>Coletado em caçamba de serviço de limpeza</b>	19%
<b>Queimado</b>	0,16%
<b>Enterrado</b>	24,9%
<b>Jogado em terreno baldio ou logradouro</b>	0,27%
<b>Jogado em rio, lago ou mar</b>	0,15%

## PARTE III – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Capítulo 6 – Diretrizes para sustentabilidade socioambiental

O presente capítulo apresentará diretrizes ambientais qualitativas, visando auxiliar a inclusão dos requisitos de ecoeficiência na elaboração do código de obras e edificações para cidade de Pão de Açúcar - AL. A proposição destas diretrizes fundamenta-se nas informações obtidas nos capítulos anteriores, a exemplo dos princípios e questões relativas à abordagem da sustentabilidade e suas implicações no espaço construído abordados no capítulo 1 e 2; e, essencialmente, nas demandas ambientais da cidade, estudo de caso desse trabalho, realizado a partir dos parâmetros do referencial técnico HQE® e metodologia ADDENDA® apresentados no capítulo 5.

Para melhor organizar a abordagem deste capítulo, agrupam-se em Focos e Categorias, os parâmetros que possuem diretrizes e objetivos semelhantes, de modo que os Focos correspondem aos itens principais e as Categorias aos subitens do capítulo. No intuito de fornecer uma apresentação prática e objetiva, as diretrizes foram dispostas em tópicos tabelados, onde cada categoria (6 categorias, relacionadas no texto com nomenclaturas de A à F) constitui uma tabela específica. Os focos destacados são os sugeridos pela metodologia ADDENDA® (apresentado no capítulo 4): Implantação, Morfologia, Materialidade e Espacialidade. E, as categorias e parâmetros são uma adaptação da mesma metodologia traduzida e utilizada pelo Grupo de Pesquisa em Sustentabilidade (GPAS/PROARQ/UFRJ)<sup>53</sup>. Incluíram-se ainda alguns parâmetros urbanísticos pertinentes à implantação de novas edificações, uma vez que a proposta é fornecer subsídios do tema ecoeficiência para auxiliar na elaboração de legislação edilícia.

Ao fim do capítulo, elabora-se uma matriz relacional entre os parâmetros trabalhados e os alvos ambientais do referencial HQE®, buscando verificar o grau de interação entre os mesmos. Nesta etapa, as diretrizes são hierarquizadas e qualificadas como prioritária ou desejável. Uma diretriz caracterizada como prioritária implica em sua incorporação no código de edificações para o planejamento ambiental sustentável da cidade com maior grau de exigência. Enquanto que, uma diretriz desejável é aquela

---

<sup>53</sup> Resultado da aplicação da matriz de análise aos projetos concorrentes à sede NUTRE considerando o potencial de desempenho em eco-eficiência - GPAS/PROARQ-UFRJ. Metodologia para adequação dos requisitos de Eco- Eficiência ao Projeto SEDE NUTRE. Relatório técnico, Rio de Janeiro, 2008.

que pode ser estimulada conforme as características intrínsecas de cada projeto e empreendimento (com perfil ambiental justificado).

Salienta-se, todavia, que para efeito de demonstração da pesquisa, foi escolhido um recorte com ênfase nas questões termo-energéticas, ou seja, com ênfase nos aspectos que agrupam o conforto higrotérmico do referencial HQE®. Outrossim, a razão do enfoque destacado é atribuída ao caráter emergente e pertinente com que tem sido tratada a questão energética, sobretudo no âmbito da construção civil no país.

#### ❖ O plano diretor e o código de obras e edificações

A proposta de um Plano Diretor consiste em elaborar um instrumento normativo que visa estabelecer diretrizes gerais aplicáveis ao desenvolvimento da cidade em diversos setores inclusive a construção civil, a fim de alcançar características técnico-ambientais desejáveis e soluções que compatibilizem os interesses dos diversos segmentos que compõem a população local e o bem-estar comum (MASCARÓ et. al., 1985). A respeito das construções, o documento reúne alguns principais instrumentos organizacionais e por vezes restritivos, tais como controle da densidade do assentamento, parcelamento e uso do solo, dimensão dos lotes, áreas públicas (verdes, institucionais), preservação de áreas de interesse público, histórico e paisagístico, entre outros. Tendo algumas dessas questões uma preocupação ambiental intrínseca.

O município de Pão de Açúcar - AL teve seu primeiro Plano Diretor elaborado apenas no ano de 2006. E, como foi apresentado no capítulo 5, tal documento inclui um macro-zoneamento urbano, baseado no atual padrão de ocupação da cidade e previsão de zonas de incentivo tanto as atividades econômicas quanto ao turismo, bem como restrições de ocupação em áreas de preservação ambiental. No entanto, este ainda não inclui estudos mais particulares às questões relativas à sustentabilidade ambiental. Em termos gerais, o plano diretor previsto para a cidade em questão contempla apenas que se deve “Garantir à cidade e aos demais espaços onde se concentra a população no território municipal, condições de conforto ambiental e lazer” (Título 1, Art. 3, 2006). Na subseção dedicada ao tema, o documento recomenda o “estabelecimento de critérios de monitoramento da qualidade de vida e conforto urbano, visando à mitigação dos impactos ambientais causados pela urbanização”. Porém, ao longo do texto, nenhuma diretriz mais específica aborda o tema. O município em questão não possui ainda a sua legislação edilícia.

Com ênfase aplicada à construção de novas edificações, o Código de obras e edificações consiste em instrumento que permite à administração municipal exercer o controle e fiscalização do espaço edificado e seu entorno, no intuito de garantir a segurança e salubridade das edificações (IBAM/PROCEL, 1997). Nesse sentido, estabelece diretrizes construtivas para as edificações implantadas na malha urbana, assim como regula o impacto dessas edificações no ambiente urbano.

O crescimento desordenado das cidades brasileiras constitui-se em sério problema que tem implicado severamente na qualidade de vida dos habitantes e no comprometimento dos recursos naturais, sobretudo, devido ao descompasso entre crescimento populacional e ampliação da infra-estrutura urbana. Em núcleos urbanos menores e em crescimento, como na cidade de Pão de Açúcar – AL, as implicações decorrentes dessa problemática ainda não são sentidas e, tampouco existem reflexões e iniciativas para assegurar que o crescimento possa ser dado de forma mais sustentável, sobretudo do ponto de vista ambiental.

Os atuais códigos de edificações vigentes em grande parte do país ainda guardam resquícios dos antigos códigos sanitários, de posturas municipais e dos planos diretores de zoneamento. Entretanto, algumas iniciativas de incentivo à implantação de novo paradigma, que de acordo com parâmetros internacionais, visam à adequação ambiental e a racionalização do consumo de energia podem ser verificados em caráter geral na proposta de Mascaró et. al. (1985) e na proposta do Manual para Elaboração de Código de Obras e Edificações do IBAM/PROCEL (1997) (TOLEDO, 1999).

O manual IBAM/PROCEL, elaborado em 1997 - pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) em parceria com o Programa Nacional de Conservação de Energia (PROCEL), da ELETROBRÁS – propõe a inclusão no código de obras e edificações municipais, dentre outras questões emergentes (acessibilidade, gênero, legislação urbanísticas e áreas de interesse social), as relativas ao conforto ambiental e eficiência energética. O objetivo primordial do modelo é auxiliar no processo de elaboração e revisão de códigos de obras e edificações, sobretudo, dos pequenos e médios municípios brasileiros. Dentro dos aspectos mencionados, o manual propõe atuação nas principais frentes de: iluminação, desempenho térmico e acústico. Apesar de não ser atualizado há mais 10 anos, é o único instrumento oficial válido que trata a questão da legislação edilícia conjuntamente as de desempenho ambiental no país.

E, por essa razão, dentre as diversas referências que abordam as questões da sustentabilidade socioambiental, o manual IBAM/PROCEL também serviu de guia para estruturação e elaboração de algumas diretrizes para esse estudo de caso.

## 6.1. FOCO: Implantação

### 6.1.1. Categoria A: Parâmetros urbanísticos (ecoeficiência)

Os parâmetros urbanísticos tratados nesse subitem compreendem os principais aspectos de *relação da edificação com o entorno* contempladas pelos códigos de obras e edificações e pela metodologia ADDENDA®. Essa categoria debaterá as principais implicações e requisitos de ecoeficiência que concernem à implantação da edificação no lote, entorno e no contexto mais amplo da cidade.

A abordagem dessa seção apresenta como proposta algumas diretrizes qualitativas baseando-se em questões obtidas na fundamentação teórica da pesquisa e, sobretudo, nas recomendações ambientais contidas no manual IBAM/PROCEL (1997) em paralelo com requisitos do referencial HQE®.

Busca-se contribuir nesta categoria com parâmetros – compreendidos por estacionamento, ergonomia e acessibilidade, taxa de ocupação da edificação no lote, coeficiente de aproveitamento, gabarito, recuos e taxa de permeabilidade.

Como os parâmetros desta categoria possuem forte relação com o alvo 1 do referencial HQE - "Relação das edificações com o seu entorno", estes tratam, por um lado, de como a edificação deve valorizar os dados contextuais provenientes da análise prévia do lugar. Por outro lado, ela também analisa de que maneira o empreendimento pode causar impacto no meio ambiente no que se refere (Tabela 23):

**Tabela 23:** Principais níveis de impactos ocasionados por empreendimentos (FCAV, 2007).

Principais Níveis de Impactos		Parâmetros abordados
<b>À coletividade</b>	Redes disponíveis, aos riscos de inundação e de difusão de poluentes, aos ecossistemas e à biodiversidade;	Taxa de permeabilidade; Gabarito; Taxa de ocupação; Coeficiente de aproveitamento;
<b>Aos vizinhos</b>	Acesso ao sol, à luz, vento, vistas, saúde.	Recuos; Estacionamentos; Ergonomia e acessibilidade.

Essa categoria possui relação importante e deve ser refletida de forma integrada aos parâmetros contidos também em gestão dos recursos, morfologia das edificações e controle climático. Possui, portanto, relação direta com o **Alvo 1** (relação harmoniosa com o entorno), **Alvo 5** (Gestão da água – gestão das águas pluviais), **Alvo 8** (Conforto higrotérmico), **Alvo 10** (conforto visual) do referencial HQE® (ver Tabela 24).

**PARÂMETRO A.1: Estacionamento**

Conforme visto no capítulo anterior, a cidade de Pão de Açúcar apresenta-se ainda muito pouco urbanizada e a maioria da população não utiliza veículos motorizados. Tendo isso em vista, em respeito aos requisitos de ecoeficiência envolvidos nesse parâmetro, recomenda-se que:

DIRETRIZ A.1.1

- Para o projeto de novas edificações, pode-se considerar a isenção da previsão de vagas particulares de estacionamento, de forma a desestimular o uso de veículos particulares em detrimento dos coletivos, em sincronia com uma política municipal. Sobre as particularidades dessa questão, deve ser observado o art. 134 – art.139 contidos na seção XIV do “Manual para elaboração de código de obras e edificações” do IBAM/PROCEL (1997), sobre áreas de estacionamento para veículos.

DIRETRIZ A.1.2

- Sugere-se que quando previstas as vagas de estacionamento (atendendo à demanda funcional do empreendimento) que atenção seja dada na escolha dos revestimentos. Recomenda-se o emprego de pavimentos permeáveis tanto nos estacionamentos, como nas vias locais, ciclovias, calçadas<sup>54</sup> e nos demais acessos do lote. O pavimento permeável consiste de revestimento que permite uma maior infiltração da água, promovendo a recarga dos aquíferos subterrâneos e manutenção das vazões dos cursos d’água nas épocas de seca. Além disso, minimiza o efeito do calor emitido pelas superfícies; favorece a segurança e conforto pela diminuição das derrapagens e maior absorção dos ruídos quando comparados com revestimentos convencionais. Ainda que o custo inicial de implantação seja um pouco maior que o asfalto convencional, o pavimento de concreto permeável pode ser mais econômico, à medida que tem durabilidade e resistência superiores, requerendo menos reparos que o asfalto<sup>55</sup>(EPA, 1999). Alguns tipos de pavimentos permeáveis são: concreto/ asfalto poroso, piso intertravado; blocos vazados; paralelepípedo e solo compactado (Figura 47).



**Figura 47:** a. piso intertravado; b. blocos vazados; c. asfalto poroso; d. solo compactado (fonte: ARAÚJO; TUCCI, 2000).

<sup>54</sup> Em respeito aos requisitos da acessibilidade, para as calçadas e acessos do lote, deve-se conjugar com revestimento permeável que ofereça mais estabilidade para locomoção.

<sup>55</sup> Sobre características, ensaios e custo de alguns tipos de pavimentos permeáveis, ver ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução de Escoamento Superficial, 2000.

**PARÂMETRO A.2: Ergonomia e Acessibilidade**

DIRETRIZ A.2.1

- Promover condições adequadas de acessibilidade e ergonomia nos edifícios e entorno; Reconhece-se a importância desse parâmetro, juntamente às demais questões que seguem, mas a sua abrangência e as particularidades que o concernem não fazem parte do foco de estudo desse trabalho. Sobre as exigências do quesito, observar o art. 47 do “Manual para elaboração de código de obras e edificações” do IBAM/PROCEL (1997); e a norma técnica brasileira NBR 9050/2004, sobre acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.

**PARÂMETRO A.3: Taxa de Ocupação**

DIRETRIZ A.3.1

- Prever taxas de ocupação em conformidade com o zoneamento urbano previsto no plano diretor municipal (Figura 43), com atenção às particularidades ambientais de cada zona. O instrumento possibilita regular a área livre do solo, na medida em que afeta a infiltração e drenagem da água de chuva quando associado com a porosidade do solo (ver parâmetro A.6, sobre taxa de permeabilidade).

**PARÂMETRO A.4: Coeficiente de Aproveitamento**

DIRETRIZ A.4.1

- Restringir a área construída máxima em um lote, minimizando a densidade do tecido urbano. O coeficiente de aproveitamento deve ser atribuído a cada zona urbana prevista, em conformidade as suas especificidades ambientais.

**PARÂMETRO A.5: Gabarito**

DIRETRIZ A.5.1

- Restringir a altura máxima das edificações em acordo com o macro-zoneamento urbano previsto pelo plano diretor do município. Com atenção para o fato de que a adoção de um gabarito uniforme para toda cidade pode afetar o padrão de circulação do vento na malha urbana, devido à redução da rugosidade da mesma.

DIRETRIZ A.5.2

- Quando da construção de edificações verticais, estimula-se a adoção de pavimentos vazados, edificações sob pilotis, mezaninos, coberturas ventiladas (observar item 7.2 e 7.3 no foco Morfologia), favorecendo a circulação do vento na malha urbana, inclusive nos níveis próximos ao solo, das vias e passeios públicos, bem como, a remoção de poluentes e as trocas térmicas por convecção. Recomenda-se ainda, a proibição do fechamento dos pavimentos vazados após o *habite-se*<sup>56</sup>.

### PARÂMETRO A.6: Taxa de permeabilidade

Trata-se da relação entre áreas descobertas e permeáveis do terreno e a sua área total.

DIRETRIZ A.6.1

Assim, adotar nas áreas livres do terreno o uso do solo natural ou vegetação, ou ainda do pavimento permeável, que contribua para o equilíbrio climático e favoreça a drenagem de águas pluviais, reduzindo ao máximo a área impermeabilizada do terreno. O referencial HQE® sugere um coeficiente de impermeabilização em três níveis: Base, devendo estar entre 40% a 80%; Bom, entre 20 e 40%; e Excelente, devendo ser menor que 20% (HETZEL, 2003). A preocupação presente no referencial francês a esse respeito se justifica pelo contexto climático das cidades para o qual foi originalmente concebido e onde a questão ganha maior peso devido às implicações com o rápido escoamento das águas pluviais e constantes inundações. Diferentemente desse contexto, na região onde está inserida a cidade de Pão de Açúcar – AL, como já foi visto no diagnóstico apresentado ao capítulo 5, com baixo nível de pluviosidade anual e que não só dificilmente propiciaria conseqüências nesse sentido, como se enfatiza que quanto maior for a área de captação e armazenamento dessas águas (por dutos subterrâneos, telhados, lajes), maior o aproveitamento para consumo - tendo em vista a limitada disponibilidade desse recurso na região.

<sup>56</sup> Consiste em ação que visa o controle da atividade edilícia no município e que contribui para atualização do cadastro imobiliário. A partir do “habite-se” se pode alterar a condição do imóvel para fins tributários (IBAM/PROCEL, 1997).

- Pode-se incentivar ainda nesse quesito a adoção - combinada a área de captação/retenção – também de coberturas verdes. Tal componente que se apresenta como uma última camada da cobertura incrementa a área verde do tecido urbano (Figura 48), reduzindo a absorção de calor das estruturas e retardando o escoamento das águas pluviais, pois grande parte da chuva é infiltrada e evapotranspirada, e uma pequena parcela é escoada, em comparação a uma coberta tradicional sem vegetação (BARROSO-KRAUSE, 1995). O tipo de vegetação a ser escolhido deve se basear no clima local, no tipo de solo, estrutura de suporte e tipo de manutenção (se haverá ou não irrigação). Sobre os efeitos do desempenho térmico do componente, ver item 7.2.1 e 7.3.1 mais adiante.

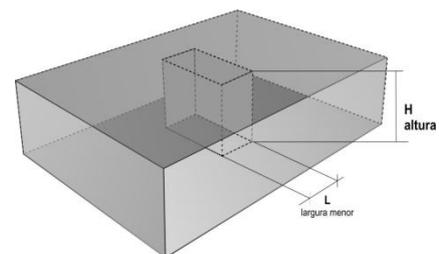


**Figura 48:** Esquemas da implantação de coberturas verdes nas edificações – incremento da área verde no tecido urbano.

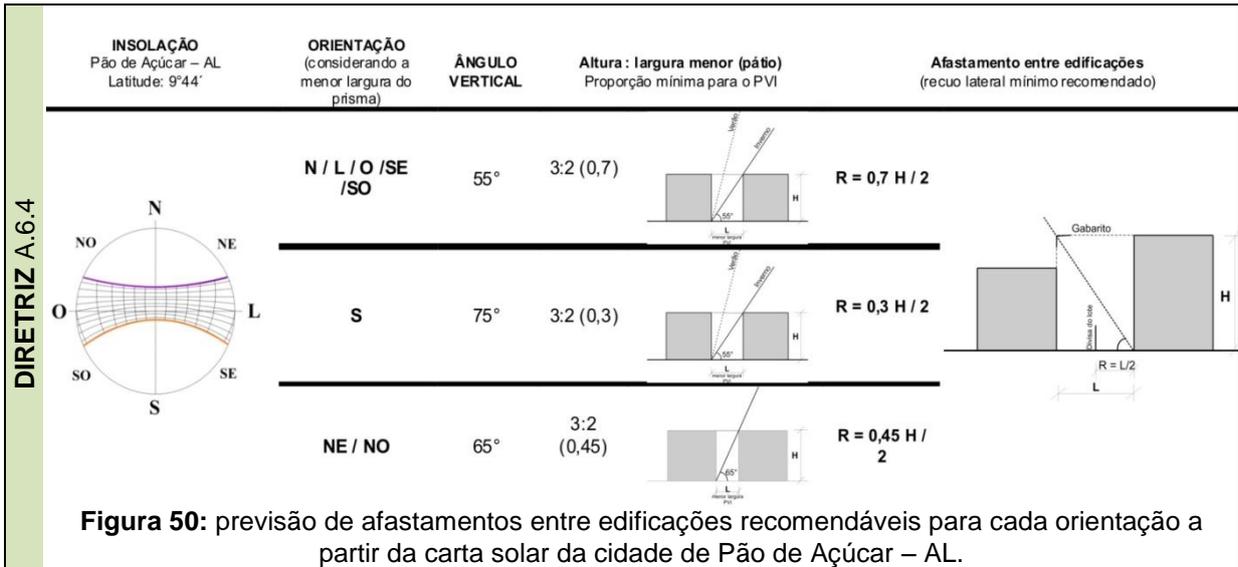
#### PARÂMETRO A.6: Recuos

- Devem ser estimulados amplos espaçamentos para permitir uma maior permeabilidade dos ventos na malha urbana, bem como, melhor aproveitamento da luz natural nas edificações. Sugere-se que este parâmetro possa ser quantificado conforme recomendação do manual IBAM (1997), (art. 84, subseção II), que se baseia na proporção ideal de um prisma de ventilação e iluminação natural (PVI) no interior das edificações (tal como um pátio interno). O manual estabelece que haja uma relação ideal entre a menor largura desse prisma e sua altura, de modo que a parte mais inferior das fachadas possa receber um mínimo de duas horas de incidência solar (para garantia de condições satisfatórias de iluminação natural ao longo do ano). Uma vez determinada esta razão ideal, os recuos laterais sugeridos seriam determinados “de modo a ter, no mínimo, a metade desse valor (para a construção de um PVI virtual), de acordo com as proporções estabelecidas”.

Para facilitar o entendimento e aplicação prática dessa questão, foram calculadas as funções mínimas para estabelecer a proporção do prisma e em seguida (na última coluna) o recuo mínimo sugerido, conforme a carta solar de Pão de Açúcar para cada orientação (Figura 50).



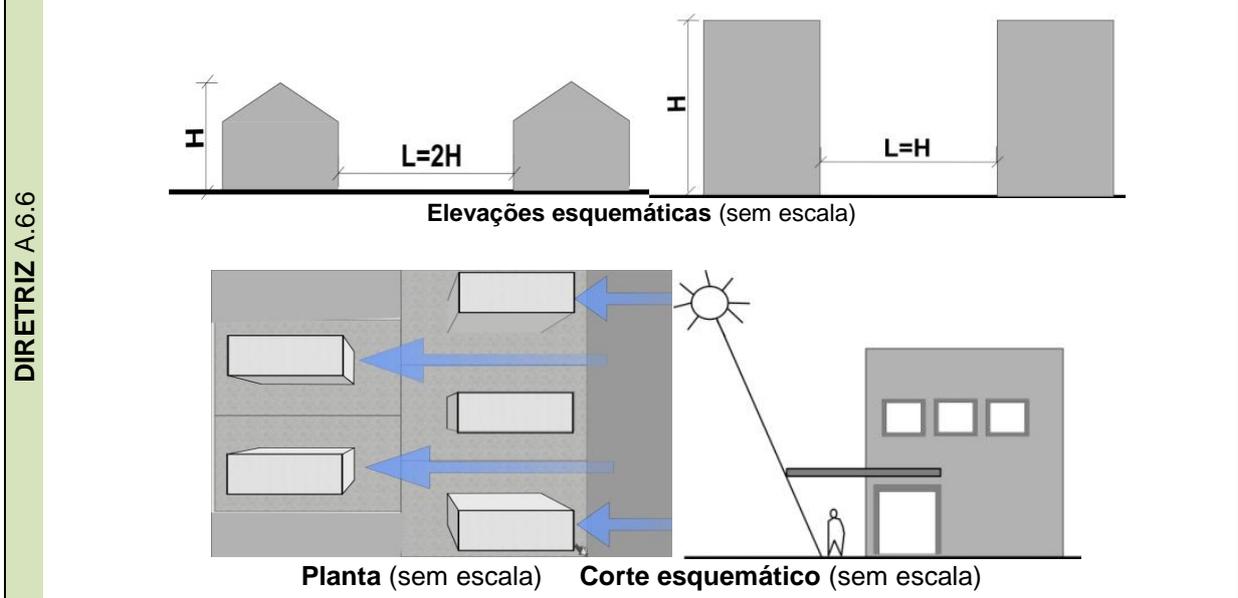
**Figura 49:** Prisma de ventilação e iluminação – PVI (adaptado de IBAM/PROCEL, 1997).



**DIRETRIZ A.6.5**

➤ Devem-se estimular os recuos compensatórios, incentivando a possibilidade de saques não inclusos em recuos, tais como varandas, jardineiras, protetores solares, beirais e elementos sombreadores nas fachadas, como galeria e marquises, para proteção dos passeios urbanos da intensa radiação solar local (Figura 51 - d). Estimula-se o uso de jardins suspensos na cidade.

➤ O referencial técnico HQE® sugere ainda três níveis de qualidade ambiental para distanciamento entre edificações: Base para  $L=H$ ; Bom para  $L>H$ ; Excelente para  $L>2H$  (Figura 51 - b e c). Sendo,  $L$ , a distância mínima entre as edificações e  $H$ , altura da edificação a ser construída (HETZEL, 2003).



**Figura 51:** Desenhos esquemáticos: **a.** ventilação na malha urbana com provisão de afastamentos generosos e distribuição recomendável para novos loteamentos; **b e c.** afastamentos recomendados pelo referencial HQE; **d.** uso de marquises para proteção da radiação solar direta nos passeios urbanos.

**PARÂMETRO A.7: Preservação e uso da vegetação****DIRETRIZ A.7.1**

- Deve-se procurar retirar o mínimo possível de cobertura vegetal existente no terreno, adaptando os elementos construtivos do empreendimento aos elementos naturais evitando, por exemplo, o corte de árvores.
- Identificar o tipo de formação vegetal existente no local, preservando-a.

Alguns aspectos limitantes são importantes para a correta implantação de arborização nos espaços urbanos. Recomenda-se o uso de espécies de pequeno porte (entre 5 e 6m de altura) nos passeios que possuem rede de energia elétrica. Para calçadas sem fiação aérea, indicam-se árvores de médio porte (de 6 a 8m de altura). Em jardins e quintais podem-se utilizar espécies de grande porte (acima de 8m de altura). Observar Tabela 13 (capítulo 5).

**DIRETRIZ A.7.2**

- Adotar vegetação nativa ou exótica com potencialidade para aproveitamento na região, para desempenhar funções microclimáticas – ver características de algumas espécies encontradas e adaptáveis ao clima do município na tabela 13, capítulo 5. Citam-se alguns aspectos qualitativos dos vegetais que podem ser bastante apreciáveis para os espaços construídos da cidade: funcionando como filtro da radiação solar, sombreamento e amortecimento acústico, entre outros que implicam diretamente na qualidade ambiental dos espaços humanos.

**DIRETRIZ A.7.3**

- Implantar, sempre que possível, áreas produtivas integradas às habitações e aos espaços comuns, bem como estabelecer áreas de recuperação ou preservação, sobretudo nas regiões remotas na zona rural do município.

### 6.1.2. **Categoria B: Gestão dos recursos (água, energia e resíduos)**

Para esta categoria, busca-se contribuir com diretrizes tanto para a redução do consumo de energia elétrica e uso de sistemas alternativos de energia renovável, quanto para gestão da água e um adequado manejo dos resíduos. No caso particular de Pão de Açúcar – AL, como foi possível verificar no diagnóstico exposto no capítulo 5, a energia renovável possível de ser explorada com maior potencial na região é a energia solar (térmica e fotovoltaica); observa-se ainda o possível uso do biogás (pela revalorização energética dos resíduos, gerado pela ação de microorganismos), integrando em uma mesma solução dois alvos ambientais.

A fim de responder ao alvo ambiental que prevê a gestão sustentável da energia, o referencial HQE® propõe duas metas fundamentais, a saber:

- ❖ Refletir antes de tudo sobre os elementos de arquitetura bioclimática que favoreçam a redução do consumo energético (sobre essa questão, ver diretrizes compreendidas nos parâmetros dos itens 6.1.3 e 6.2);
- ❖ Trabalhar sobre os sistemas e a escolha das modalidades de energia empregadas para otimizar os consumos e reduzir os poluentes (ASSOHQE, 2008).

No que diz respeito à gestão da água, serão apresentadas algumas diretrizes para racionalização do consumo e algoritmo para estimativa de volume de águas pluviais – recurso que apesar de bastante limitado na região, pode ser facilmente aproveitado.

Quanto ao parâmetro referente ao manejo dos resíduos, o desafio é limitar a sua produção. Para isso, convém adotar diretrizes que possam garantir a separação dos resíduos durante a fase de uso e operação, tendo em vista uma revalorização ótima e integrada às cadeias locais de reaproveitamento de resíduos (reuso ou reciclagem).

Esta categoria descreve diretrizes que devem ser conjecturadas junto aos aspectos contidos também nos *parâmetros urbanísticos* (ver item 6.1.1) e *adequação ao entorno climático* (ver item 6.1.3). Tal categoria possui interação com os seguintes alvos ambientais: **Alvo 1** (relação harmoniosa com o entorno), **Alvo 4** (gestão de energia), **Alvo 5** (gestão da água), **Alvo 6** (manejo dos resíduos), **Alvo 7** (operação e manutenção), **Alvo 11** (conforto olfativo), **Alvo 12** (condições sanitárias), **Alvo 13** (qualidade do água), **Alvo 14** (qualidade do ar) (Tabela 24).

**PARÂMETRO B.1: Sistema de Água**Da redução do consumo:

- DIRETRIZ B.1.1**
- Minimizar o consumo de água, mas mantendo a qualidade e quantidade necessárias às atividades consumidoras. Deve-se, no entanto, incluir a redução de perdas, a otimização dos sistemas hidráulicos, e o uso de sistemas e equipamentos economizadores; nesse sentido, citam-se: os arejadores em torneiras; os sistemas de caixas acopladas nos vasos sanitários de no máximo 6 litros por descarga, dando-se preferência ainda aos sistemas que permitem a escolha pelo usuário da descarga para líquidos (3 litros por descarga) ou sólidos (6 litros por descarga); e, quando viável, adotar sanitários secos (também chamados de sanitários compostáveis<sup>57</sup>), os quais não utilizam água para as descargas e nem conduzem os dejetos cloacais para uma rede coletora (ver próximo parâmetro) (IPEC, 2009). Os sanitários secos pode ser uma alternativa bastante adequada para muitas edificações residenciais na zona rural do município, que não são abastecidas pela rede convencional de água e dependem, muitas vezes, exclusivamente da água da chuva (lembrando que apenas 57% dos domicílios em Pão de Açúcar possuem abastecimento pela rede de água – ver capítulo 5).
  - Sensibilizar os usuários para as práticas de conservação de água;
  - Verificar os consumos de água a fim de limitar os desperdícios e os vazamentos, por meio de equipamentos que permitam assegurar este acompanhamento na fase de uso e operação (HETZEL, 2003).

Do reaproveitamento:

- DIRETRIZ B.1.2**
- Estimular o tratamento e reutilização das águas cinzas para fins não-potáveis; para isso, deve-se efetuar localmente o tratamento natural do esgoto doméstico, separando as águas cinzas das cloacais, tendo em vista que as primeiras apresentam níveis de contaminação bem menores que os das águas negras (BARROS, 2008). Recomenda-se o uso dessa diretriz, sobretudo, ao longo dos meses de seca na região. O reaproveitamento das águas servidas, mesmo sem tratamento pode também contribuir na irrigação.

<sup>57</sup> Basicamente, existem dois tipos de sanitários: o que usa água para eliminar os dejetos e o seco (compostáveis), quando existe limitada quantidade de água disponível. O sanitário seco não contamina os solos nem as águas (LENGEN, 2004).

**PARÂMETRO B.2: Aproveitamento de águas pluviais****DIRETRIZ B.2.1**

Promover a estocagem da água pluvial no interior dos lotes para fins de consumo e uso geral. Para isso, um planejamento da utilização do sistema de aproveitamento de água de chuva deve ser efetuado para verificar a quantidade de água que poderá ser coletada e armazenada, e analisar a necessidade de tratamento da água (PRADO, 2004 apud BARROS, 2008). Dependendo do volume obtido no cálculo (conforme dimensão da área de captação da superfície) e das condições do local, o armazenamento da água de chuva poderá ser realizado para atender a demanda dos períodos longos de estiagem da região.

**DIRETRIZ B.2.2**

O sistema obedece ao seguinte processo: a. as calhas instaladas nos telhados das edificações captam a precipitação que escoar do telhado ou de uma laje; b.a água é então filtrada por uma tela, onde são retiradas folhas, galhos e demais impurezas sólidas; c. e em seguida é armazenada em cisterna que deve ser construída com material adequado para evitar ao máximo as perdas por calor. Recomenda-se ainda o uso desse reservatório, semi-enterrado ou enterrado.

Como já foi dito, grande parte da população rural do município de Pão de Açúcar - AL não possui acesso a distribuição da água pela rede estadual. A fonte de água utilizada em regiões remotas é água da chuva que costuma ser armazenada de forma inadequada em açudes e barragens, estruturas expostas ao alto teor de evaporação (ver gráficos no item 5.4.3.5, capítulo 5). Além disso, a formação geológica que dá origem ao solo é cristalina, com baixo potencial para acumulação de água subterrânea (ABCMAC, 1999).

Apesar do regime pluviométrico da região estudada apresentar alta variabilidade anual, possui potencial de aproveitamento, se adequadamente coletada e armazenada. O sistema de captação e armazenamento de água de chuva para o consumo humano poderá ser pré-dimensionado obedecendo à seguinte equação (TOMÁZ, 2003):

$$V = P \times A \times C$$

Onde:

V = volume da cisterna (m<sup>3</sup>); P = precipitação anual (m); A = área projetada da cobertura (m<sup>2</sup>); C = coeficiente de escoamento superficial (*runoff* = 0.80)

Para efetuar o cálculo, deve-se, então, considerar as médias para o regime anual de Pão de Açúcar – AL:

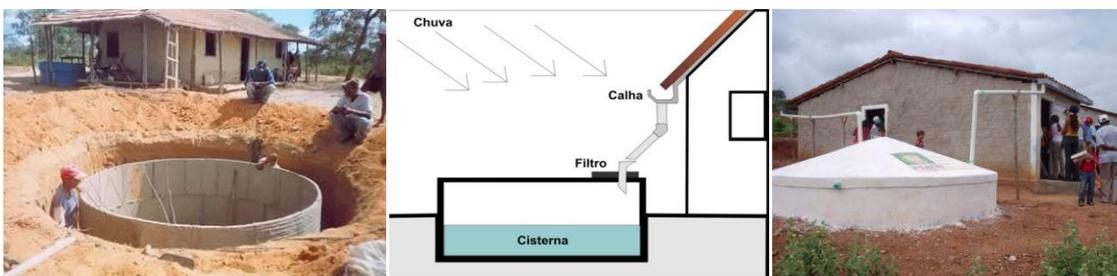
Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Chuva (mm)	40,6	27,1	39,9	57,1	85,7	76,4	65,3	45,4	30,9	24,8	15,6	10,2	519

Com o volume da cisterna, estima-se o número possível de dias de armazenamento para consumo (TOMÁZ, 2003):

$$V = K \times C \times N \times D$$

Onde:

C = Consumo per capita diário (m<sup>3</sup>); K = Coeficiente de perdas (adimensional, considerar = 1,1) (perdas por evaporação); N = Número de usuários; V = volume da cisterna (m<sup>3</sup>); D = Número de dias de armazenamento.



**Figura 52:** Cisterna de placa de concreto para armazenamento de águas pluviais (Fonte: Souza, 2008)

**PARÂMETRO B.4: Manejo dos resíduos**Manejo dos Resíduos inorgânicos:

DIRETRIZ B.4.1

- ❖ Promover, primeiramente, ações de educação ambiental que possibilitem a adoção de novos valores, práticas e atitudes - individuais e coletivas - para consolidação das idéias e diretrizes para qualidade ambiental sobre essa e demais questões do tema;
- ❖ Estimular a triagem<sup>58</sup> dos resíduos;
- ❖ Definir o melhor mecanismo de coleta seletiva dos resíduos inorgânicos recicláveis a ser adotado, o qual compreende a coleta porta a porta, tanto domiciliar quanto comercial, ou a coleta em pontos de entrega voluntária - PEV;
- ❖ Projetar a disposição das lixeiras de coleta seletiva em locais de fácil acesso pelos moradores e que sejam adequadas à retirada pelas empresas coletoras, bem como calcular suas dimensões conforme o número previsto de moradores e a periodicidade da coleta (BARROS, 2008).

Manejo dos resíduos orgânicos:

DIRETRIZ B.4.2

- ❖ Sugere-se, sempre que possível, que os resíduos orgânicos possam ser direcionados a composteiras (câmaras de compostagem) individuais e coletivas para que sejam tratados localmente, por meio do processo de compostagem<sup>59</sup> – transformando dejetos em adubo. Estimula-se ainda o aproveitamento desse recurso como matéria-prima para produção do biogás (sobre a questão, ver próximo parâmetro). A incorporação dessa diretriz pode ser bastante adequada, em particular na zona rural do município, onde se pode contar também com os componentes para perfeita realização do processo de compostagem - folhas secas, cinzas, serragem (Figura 53).

**Figura 53:** Composteira; e Adição de serragem ao sanitário seco (fonte: IPEC, 2009).

<sup>58</sup> A triagem do lixo conduz a uma classificação da matéria-prima, que o separa para reciclagem/ reprocessamento de recursos.

<sup>59</sup> É o conjunto de técnicas aplicadas para controlar a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter, no menor tempo possível, um material estável, rico em húmus e nutrientes minerais; com atributos físicos, químicos e biológicos superiores (sob o aspecto agrônômico) àqueles encontrados na(s) matéria(s) prima(s).

- ❖ Estimular o uso de unidades sanitárias (tipo coban<sup>60</sup>) para as edificações existentes que já possuam em sua tipologia os banheiros fora da edificação (tais como as edificações geminadas de meia-morada – ver capítulo 5, item 5.3.3.1- padrão tipológico da cidade) (Figura 54).

DIRETRIZ B.4.3

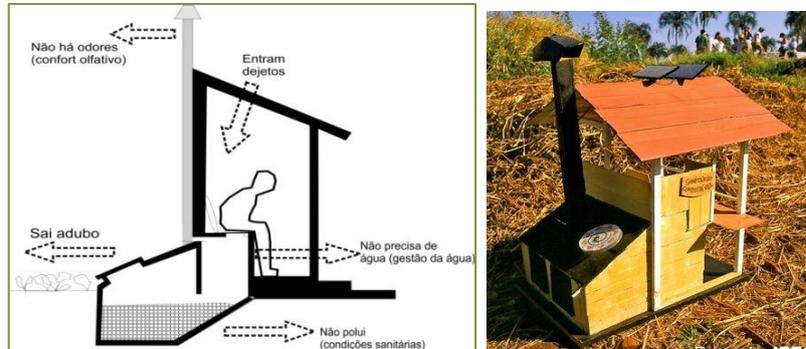


Figura 54: Desenho esquemático de um sanitário seco (adaptado de LENGEN, 2004).

### PARÂMETRO B.5: Uso de energia renováveis

DIRETRIZ B.5.1

Para redução do consumo de energia elétrica, primeiramente, estimula-se a concepção de projetos arquitetônicos bioclimáticos (obedecendo às características e disponibilidades do microclima do lugar e horário de uso dos ambientes) e critérios de eficiência energética (sobre essa questão - foco dessa etapa do trabalho - observar mais adiante os parâmetros da categoria 6.1.3 e 6.2); E adotar equipamentos artificiais para iluminação e condicionamento do ar (quando necessário), mais eficientes e integrados nas edificações. Estes devem ser especificados tendo como premissa sua eficiência do ponto de vista energético, dando preferência para os que possuam selo A do PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica);

DIRETRIZ B.5.2

- Estimular a produção e uso de energia de fontes renováveis. No caso particular do município de Pão de Açúcar, onde se verifica um importante potencial de emprego da energia solar, pode-se recomendar a adoção desse recurso para o aquecimento de água (também para cocção, reduzindo o uso do gás) e produção de eletricidade. Salienta-se que o uso de energia via fonte solar, está cada vez mais avançado e difundido no cenário mundial e em países em desenvolvimento, como o Brasil. Apesar do uso ainda ser restrito no país, face o elevado custo inicial dos equipamentos, é crescente a demanda por energia, bem como a importância do impacto das políticas energéticas sobre a sociedade e o meio ambiente.

<sup>60</sup> Conjunto que compartilha paredes e canos, interligado a um sistema que filtra a água da chuva e a gordura e emprega o sanitário seco. Dispensa-se assim a construção da fossa séptica. Desse modo, dispensa-se também a instalação de rede de esgotos municipal, e a prefeitura economiza em canos para rede de distribuição de água potável.

DIRETRIZ B.5.3

- Aquecimento de água – consiste em sistema de aquecimento solar por acumulação, pois o período de consumo nem sempre coincide com o período de geração da água quente (LIMA, 2003). De forma geral, pode-se dividir esse sistema em quatro partes: captação de energia solar, aquecimento da água pelo coletor solar, transporte da água entre o reservatório e o coletor, e armazenamento. Os coletores solares são dispositivos responsáveis pela captação da energia solar e sua conversão em calor utilizável. Recomenda-se a instalação possibilitando a circulação da água por meio do efeito termossifão, onde a diferença de densidade devido à variação de temperatura entre os coletores e o reservatório provoca um gradiente de pressão que coloca o fluido em movimento. A água quente é então armazenada em um *boiler* que mantém sua temperatura.

DIRETRIZ B.5.4

- Produção de eletricidade - consiste na geração de eletricidade por meio de painéis de captação (células fotovoltaicas). Este método de conversão energética apresenta como grandes vantagens sua simplicidade, a inexistência de qualquer peça mecânica móvel, a característica modular dos painéis, os curtos prazos de instalação, o elevado grau de confiabilidade dos sistemas e sua baixa manutenção. Apesar de recursos não renováveis serem adotados na produção dos painéis fotovoltaicos, durante a utilização não emitem poluição e ruído, e empregam uma fonte renovável de energia bastante adequada à integração no meio urbano, reduzindo quase que completamente as perdas por transmissão da energia devido à proximidade entre geração e consumo (PINDERHUGHES, 2004). Todavia, a maior barreira enfrentada na difusão do aproveitamento da energia solar consiste no investimento inicial em equipamentos e instalações que é relativamente alto se comparado com sistemas convencionais. Em contrapartida, os custos de operação e manutenção são mínimos, além de utilizarem uma energia gratuita que é a energia solar.

Para um pré-dimensionamento do sistema, prever:

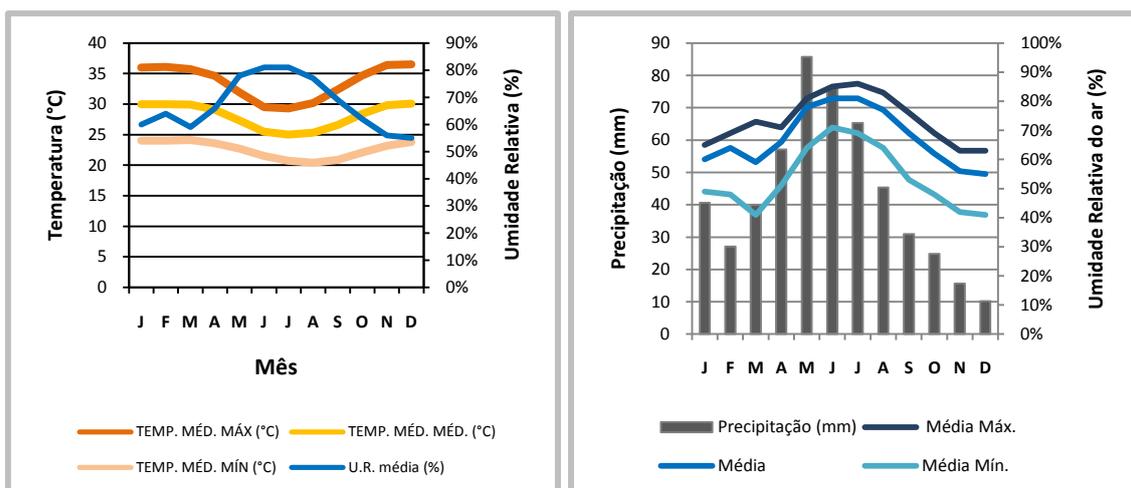
- consumo energético mensal para operação da edificação;
- produção de energia dado pelo fabricante da placa fotovoltaica;
- orientação do sistema e inclinação da placa coletora conforme latitude local (~10° S).

Por fim, cita-se ainda a produção e utilização da biomassa e do biogás como fonte de energia alternativa, que pode ser facilmente empregado, sobretudo nas comunidades agrícolas isoladas da zona rural do município. O sistema de energia mencionado é alimentado por resíduos vegetais e animais, tais como restos de colheita, esterco animal e plantações. Estes resíduos podem ser utilizados pelo produtor rural para a queima direta, visando à produção de calor (biomassa) ou produção de biogás em biodigestores (PEREIRA; SOUZA, 2004). O biogás é composto por diversos gases, sendo seus principais constituintes o metano ( $\text{CH}_4$ ) (65%), que é um gás sem cheiro, incolor, e altamente combustível, e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Esse gás pode ser usado para aquecimento de fogões, campânulas, estufas, aquecedores de água, iluminação, dentre outros. O processo é dado naturalmente em meio anaeróbico pela ação de bactérias na decomposição dos resíduos orgânicos (em biodigestores). O biogás tem sua composição e produção dependendo, dentre outros fatores, do material a ser fermentado, da temperatura, do local e do tempo de fermentação (PEREIRA; SOUZA, 2004).

### 6.1.3. Categoria C: Adequação ao entorno climático

As diretrizes dispostas nesta categoria retomam o diagnóstico sobre o mesmo tema apresentado no capítulo anterior, buscando estabelecer recomendações de ordem geral para concepção do projeto da arquitetura bioclimática para Pão de Açúcar - AL. As recomendações mais específicas para projeto, dimensionamentos e componentes construtivos são objeto de discussão das categorias subseqüentes. De modo que as informações contidas na presente seção antecipam e subsidiam também as decisões que devem ser tomadas, sobretudo quando o foco é a morfologia e a materialidade do projeto.

Em síntese, como foi colocado no capítulo 5 – sobre o contexto climático de Pão de Açúcar – destacam-se características que definem um clima híbrido, em função da variação anual de umidade relativa do ar registrada cuja amplitude é conduzida, sobretudo pelo concentrado regime pluviométrico da região. Por essa razão, tem-se um período com meses predominantemente quentes e úmidos e outro período, de maior duração, quente e seco (Gráfico 18).

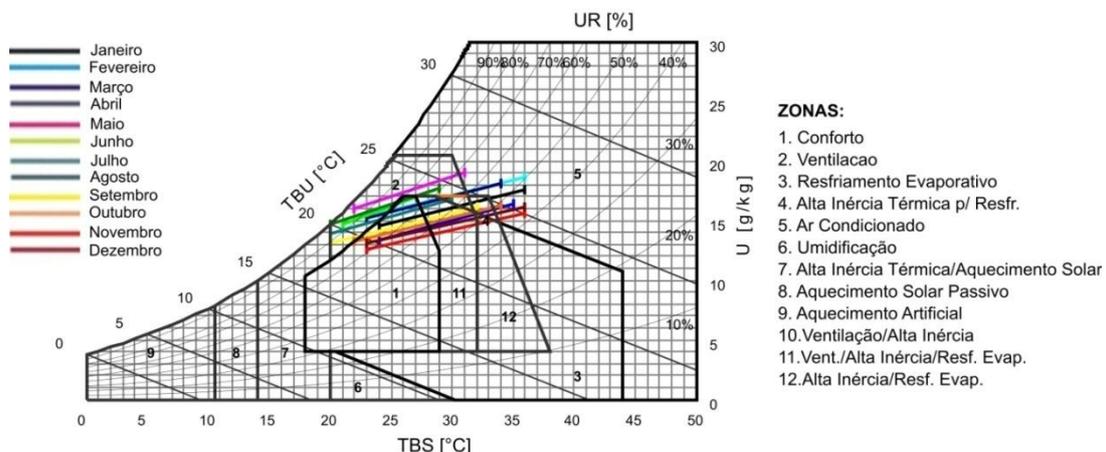


**Gráfico 18:** Resumo dos dados climáticos para Pão de Açúcar – AL (INMET, 2007).

Para interpretar os dados do clima, estes foram trabalhados junto a diagramas psicrométricos. O objetivo dessa ferramenta é identificar quais estratégias bioclimáticas apresentam-se como mais adequadas para concepção de projetos de arquitetura com arranjos por meios passivos de condicionamento térmico. Inicialmente dois métodos de análise bioclimática foram empregados, o diagrama psicrométrico originalmente concebido por Baruch Givoni (1992) - para análise das principais estratégias recomendadas para cidade em estudo e, ainda a carta bioclimática de Olgyay (1963) com o intuito de conhecer qual acréscimo de velocidade do ar possibilita a expansão da zona de conforto. E para sugestão de diretrizes aplicadas ao

projeto, adaptadas das tabelas de Mahoney<sup>61</sup> (1971) que será apresentado junto aos parâmetros de morfologia, no próximo item deste capítulo.

Os dados climáticos<sup>62</sup> da cidade foram inseridos no software *AnalysisBio*<sup>63</sup> para conhecimento das principais estratégias de condicionamento ambiental para o lugar. O resultado indica que para ampliar a zona de conforto (onde se encontram 26% das horas de um ano típico de Pão de Açúcar) são recomendadas as estratégias de ventilação natural (37%), e ventilação combinada com as estratégias que envolvem alta inércia da envoltória e resfriamento evaporativo (17%) e alta inércia com resfriamento evaporativo (5%), sendo, porém, necessário e recomendado pelo diagrama, durante 15% do ano, o uso de ar condicionado (Figura 55).



**Figura 55:** Diagrama psicrométrico de Givoni com as principais estratégias bioclimáticas para conforto térmico em edificações para o clima de Pão de Açúcar - AL.

De posse dessas informações, tornou-se possível prever diretrizes para os parâmetros relacionados pelo ADDENDA® referentes à insolação de verão e inverno; temperatura neutra de verão e inverno; e considerações para o regime dos ventos; e ruídos existentes.

Esta categoria descreve diretrizes que devem ser conjeturadas junto aos aspectos contidos também nos parâmetros de *volumetria e aberturas* (ver item 6.2), *materiais e processos* (ver item 6.3), e *espaços e ambiências* (ver item 6.4). Tal categoria possui interação com os seguintes alvos ambientais: **Alvo 1** (relação harmoniosa com o entorno), **Alvo 4** (gestão de energia), **Alvo 7** (operação e manutenção), **Alvo 8**

<sup>61</sup> O método das tabelas de Mahoney foi desenvolvido pelo pesquisador Carl Mahoney a pedido da ONU, para concepção de habitat em clima tropical. Encontra-se descrito no documento intitulado "Climate and House Design", publicado em 1971.

<sup>62</sup> Foram utilizadas as médias máximas, mínimas e médias mensais, visto a indisponibilidade de arquivos climáticos completos (TRY, CSV, EPW) com dados horários para o município. Evidentemente, ambientes de uso noturno serão objeto de simulações e recomendações específicas.

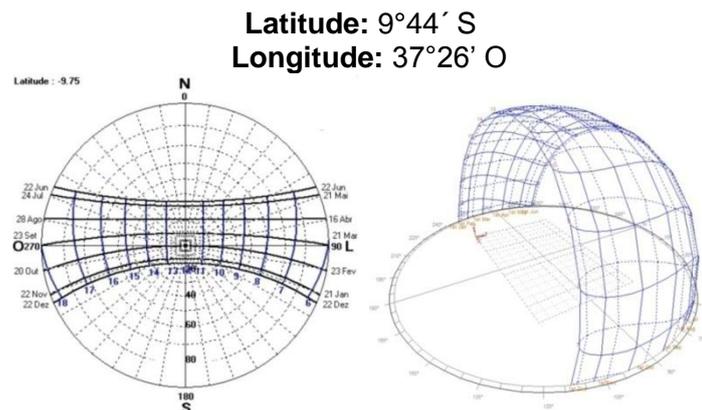
<sup>63</sup> Programa computacional desenvolvido pelo Laboratório de Conforto Ambiental (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), baseado no diagrama psicrométrico de Givoni (1994).

(conforto higrotérmico), **Alvo 9** (conforto acústico), **Alvo 10** (conforto visual), **Alvo 11** (conforto olfativo), **Alvo 14** (qualidade do ar) (Tabela 24).

### PARÂMETRO C.1: Insolação verão e inverno

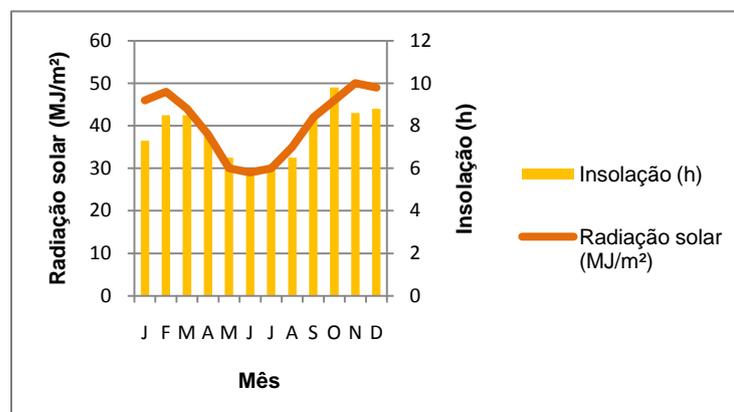
- Nesse parâmetro, recomenda-se que a implantação no lote e a orientação da edificação sejam guiadas pelo estudo da insolação ao longo do ano, promovendo o sombreamento adequado das fachadas (vedações e aberturas) em função do uso estimado, de modo que a concepção arquitetônica possa contribuir para uma edificação salubre, confortável e eficiente.

As superfícies verticais das edificações, em particular as voltadas para Leste e Oeste nesta latitude, recebem elevadas cargas de radiação solar. Recomenda-se que todas as fachadas devam ser sombreadas utilizando dispositivos apropriados para cada orientação. Sobre os principais ângulos de proteção solar para a latitude de Pão de Açúcar, ver mais adiante o item 6.1.4 no parâmetro sobre *Dispositivos de proteção* no foco sobre a *Morfologia* do edifício.



**Figura 56:** Carta solar para latitude de Pão de Açúcar – AL.

**Insolação solstício de verão** – 5:30 as 18:30 hrs com radiação solar de 39 - 48 MJ/m<sup>2</sup>.  
**Insolação solstício de inverno** – 6:20 as 17:40 hrs com radiação solar de 30 -35 MJ/m<sup>2</sup>.



**Gráfico 19:** Médias mensais de radiação solar e horas de insolação para Pão de Açúcar (INMET, 2008).

**PARÂMETRO C.2: Temperatura neutra verão e inverno**

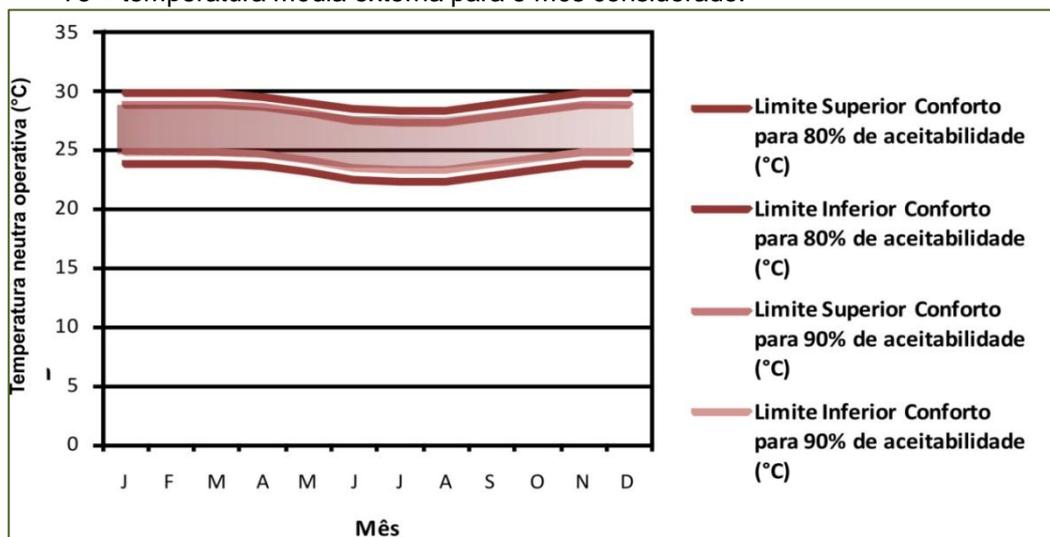
➤ Para obtenção de conforto térmico no interior das edificações construídas na cidade de Pão de Açúcar – AL, propõe-se que sejam adotadas medidas e soluções de arquitetura de modo que os valores de temperatura neutra<sup>64</sup> nesse contexto climático possam ser alcançados, sempre que possível, por meios passivos (ou seja, sem uso de condicionamento artificial de ar).

O gráfico abaixo apresenta a temperatura neutra mês a mês calculada para o clima de Pão de Açúcar – AL. O cálculo foi originado da equação proposta por Humphreys (1978), desenvolvida por Auliciens (1982) e adaptada recentemente junto à norma ASHRAE 55 2004 com novos limites de conforto adaptativo<sup>65</sup> para climas tropicais. Nesse sentido, a partir da temperatura neutra estabeleceu-se ainda uma tolerância de 2,4°C e 3,4°C, para um limite superior e inferior de conforto, considerando 90% e 80% de aceitabilidade pelos usuários, respectivamente.

Para o cálculo da temperatura neutra:

$$T_n = 0,31 T_e + 17,6$$

Onde,  $T_n$  = temperatura neutra no interior do edifício;  
 $T_e$  = temperatura média externa para o mês considerado.



**Gráfico 20:** Temperatura neutra mensal para Pão de Açúcar – AL.

- ❖ Temperatura neutra para verão (Dezembro, mês mais quente) = **26,9°C**.
- ❖ Temperatura neutra para inverno (Julho, mês mais frio) = **25,4°C**.



<sup>64</sup> Valor de temperatura interna correspondente ao voto médio previsto de conforto (neutralidade) em uma escala de percepção térmica (ASHRAE 55 2004).

<sup>65</sup> Modelo que relaciona valores de temperatura interna aceitáveis com os parâmetros climatológicos externos (ASHRAE 55 2004).

Observa-se que a temperatura neutra foi estimada para edificações onde os usuários estejam realizando atividades sedentárias. Por essa razão, em outras situações, devem ser feitos ajustes neste valor, considerando que para cada 100 W acrescidos na produção metabólica de calor, deve-se reduzir 2,5°C na temperatura neutra, até uma redução máxima de 7,5°C (SZOKOLAY, 1985).

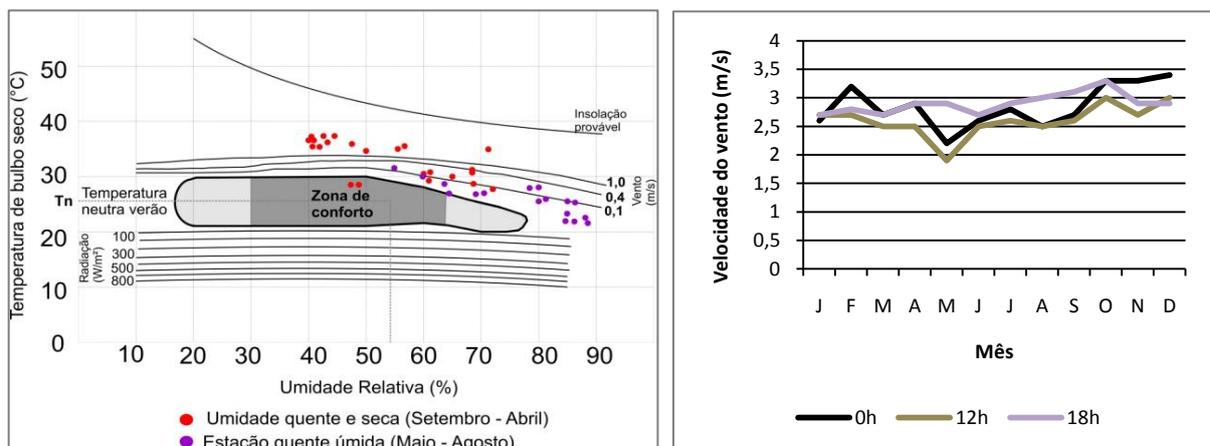
Acredita-se ainda que a zona de conforto estabelecida a partir cálculo da temperatura neutra supracitada (Gráfico 20) possa ainda ser expandida ao considerar-se o efeito do resfriamento provocado pelo movimento do ar no ambiente (BRE, 1979):

Velocidade do vento (m/s)	Ajustes devido ao movimento do ar (°C)			
	Dormindo	Sentado	Em pé	Ativo
0,2	0,5	1,0	1,0	1,5
0,4	1,0	1,5	2,0	3,0
0,7	1,5	2,0	3,0	4,0
1,0	2,0	2,5	3,5	5,0

### PARÂMETRO C.3: Regime dos ventos

Como foi visto anteriormente, a cidade de Pão de Açúcar apresenta clima composto, verificando-se duas estações com características climáticas diferenciadas, que serão denominadas neste estudo de estação quente úmida (Maio à Agosto) e estação quente seca (Setembro à Abril), esta última, compreendendo a maior parte do ano.

Uma das estratégias mais eficientes a ser considerada para obtenção de conforto higrotérmico em climas do tipo quente e úmido é a ventilação natural, visto que o movimento do ar é capaz de remover o excesso de calor no interior da edificação, promovendo conforto térmico devido à evaporação da umidade retida na pele dos usuários e por trocas convectivas do fluxo do ar com corpo (GIVONI, 1992). Por essa razão, o limite superior da zona de conforto estabelecido para condições sem vento (Gráfico 20), pode ser ampliado em função da velocidade de ar, como mostra o Gráfico 21.



**Gráfico 21:** Diagrama bioclimático com as médias horárias mensais<sup>66</sup> para a cidade de Pão de Açúcar – AL (KOENIGSBERGER, 1977). **Gráfico 22:** Médias horárias da velocidade de vento para cidade de Pão de Açúcar – AL – dados da meteorologia.

<sup>66</sup> Foram inseridas as médias mensais de três diferentes horários - 0h, 12h e 18h – dados disponibilizados

No entanto, para que esta estratégia se aplique, torna-se necessário verificar se o recurso na região apresenta potencial para este fim. Analisando o regime de vento para cidade de Pão de Açúcar foi possível verificar certa uniformidade nas suas características, em particular na frequência e direção ao longo de todo o ano. Destacam-se também médias de velocidade bastante satisfatórias para resfriamento passivo em edificações, com velocidades mais elevadas no período de verão. No entanto, como o verão (estação quente seca) na cidade apresenta-se com temperaturas médias e amplitudes significativamente elevadas, quando associadas a baixas taxas de umidade relativa verificadas, o uso da ventilação natural pode não ser interessante durante o dia, visto que o vento pode conduzir o calor excessivo e a poeira para o interior dos edifícios. Apresentadas essas considerações, destacam-se as seguintes diretrizes gerais para esse parâmetro:

<b>DIRETRIZ C.3.1</b>	Recomenda-se o uso da ventilação natural para obtenção de conforto higrotérmico nas edificações com maior ênfase no período de Maio à Agosto (estação com configuração climática quente úmida) <sup>67</sup> ; por essa razão a ventilação natural deve ser controlável, já que pode não ser desejável durante todos os períodos do ano.
<b>DIRETRIZ C.3.2</b>	Para melhor aproveitamento do regime local dos ventos, orientar as aberturas das edificações para o Sudeste e Leste, de modo que estas possam receber o fluxo frontalmente (se estiver a Sudeste) ou a 45° em relação à normal da fachada (estando a Leste) (observar rosa dos ventos para cidade Gráfico 9, 10 e 11, capítulo 5).
<b>DIRETRIZ C.3.3</b>	<p>Na estação quente seca, especialmente nos meses de verão, devem-se evitar os ganhos de calor que podem ser admitidos com a entrada do vento (quente) na edificação. Nesse sentido, para esse período, deve-se promover apenas a ventilação higiênica, para renovação do ar, devido aos elevados valores de temperatura do ar exterior e à presença de poeira;</p> <p>No entanto, pode-se estimular ainda o uso de dispositivos que possibilitem associar a estratégia da ventilação natural com o resfriamento evaporativo<sup>68</sup>, admitindo a entrada do vento mesmo nos períodos de calor excessivo, possibilitando a redução da temperatura e o acréscimo na umidade relativa do ar no interior da edificação.</p>

por INMET, 2007.

<sup>67</sup> Diretrizes mais detalhadas sobre a questão voltada para características construtivas no item 6.2.

<sup>68</sup> Sobre essa questão, cita-se o uso das torres captadoras de vento umidificadas, acima do nível da cobertura. Mais detalhes sobre a questão no item 6.2.

A fim de alcançar as diretrizes supracitadas, deve-se, primeiramente, estimar a velocidade do vento na altura das edificações a partir de um perfil vertical de velocidade dos ventos aproximado pela seguinte lei logarítmica (CSTB, 1999):

$$\frac{V_z}{V_m} = a \cdot \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right)$$

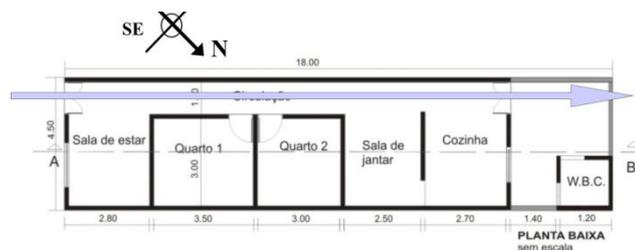
Onde,  $V_m$  = velocidade do vento medida pelo INMET a 10 metros de altura do solo ((ver Gráfico 22);  $a$  = constante correspondente a correção de ajuste;  $Z$  = altura da edificação;  $Z_0$  = constante correspondente a rugosidade do terreno<sup>69</sup> (entorno).

Para estimativa da velocidade média no interior de uma edificação térrea, com janelas em paredes opostas e voltada frontalmente para o vento dominante, deve-se proceder o seguinte cálculo (GIVONI, 1976):

$$V_i = 0,45 [1 - \exp(- 3,48x)] V_z$$

Onde,  $V_z$  é a velocidade do vento no exterior da edificação (m/s);  $V_i$  a velocidade média do vento no interior da edificação (m/s);  $x$  = Área da janela / Área da parede.

Considerando um exemplar do padrão tipológico existente na cidade, pode-se obter a seguinte condição:



**Figura 57:** Desenho esquemático da planta baixa de habitação térrea geminada de meia-morada – típica em Pão de Açúcar.

Por exemplo, em habitação térrea tendo sua fachada principal orientada à sudeste, dispondo esta de duas aberturas em paredes frontais ao vento ocupando 30% da fachada, neste caso, utilizando a média mensal (meteorologia) para o mês de Agosto no horário das 18h (3m/s), tem-se intensidade do vento corrigida, segundo a lei logarítmica, para **1,61m/s**. Aplicando essa velocidade resultante externa no algoritmo proposto por Givoni (1976), tem-se:  $V_i = 0,45 [1 - \exp(- 3,48.(0,3))] 1,09=0,47 \text{ m/s}$ , no interior do edifício.

#### PARÂMETRO C.4: Ruídos existentes

A partir do estudo preliminar de ruído urbano realizado, sugere-se que seja traçado um zoneamento a partir de um mapeamento sonoro junto ao padrão de ocupação atual e o já previsto no plano diretor;

Para novas construções no lugar, recomenda-se que o projeto possa ser concebido em conformidade com o contexto acústico externo existente (obedecendo ao zoneamento sugerido) e os perfis de ocupação envolvidos;

<sup>69</sup> Tanto a constante “a” quanto o coeficiente referente à rugosidade do terreno ( $Z_0$ ) são valores tabelados e podem ser encontrados em CSTB, 1999; BRE, 1978; LIDDAMENT, 1986; BITTENCOURT, 2005.

## 6.2. FOCO: Morfologia

### 6.2.1. Categoria D: volumetria e aberturas

De posse da análise e dos requisitos bioclimáticos para cidade de Pão de Açúcar apresentados anteriormente, propõe-se nesta etapa, as diretrizes para morfologia do edifício e seus principais componentes. Na ausência de arquivos climáticos para Pão de Açúcar – AL que possibilitasse aplicação de procedimento mais preciso para orientação de diretrizes bioclimáticas de projeto (que considere dados horários), provisoriamente, foi utilizado também o método prescritivo de Mahoney (ver anexo 1). Método utilizado no zoneamento bioclimático da Norma Brasileira sobre desempenho térmico NBR 15220 (2003) e recomendado pelo Manual para Elaboração de Código de Edificações do IBAM/PROCEL (1997).

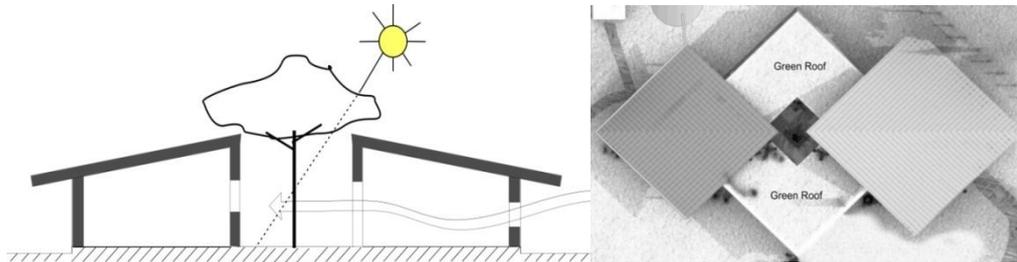
As Tabelas de Mahoney (1971) consistem em método desenvolvido a partir de um levantamento informal de dados climáticos para obtenção de informações básicas sobre o impacto do clima no conforto e no projeto durante diferentes meses do ano. Trata-se de um método originalmente desenvolvido para climas de transição e foi uma das primeiras metodologias a considerar os efeitos da amplitude térmica sobre o conforto térmico dos ocupantes (MACIEL, 2002). As soluções recomendadas estão agrupadas em *forma, movimento do ar, aberturas, paredes, coberturas, espaço exterior e proteção para chuva*. Para este trabalho, alguns dos parâmetros foram adaptados e ampliados com informações também obtidas no referencial teórico sobre o tema, de modo à melhor atender as demandas climáticas da cidade em estudo. As tabelas de Mahoney com os dados climáticos de Pão de Açúcar – AL são encontradas no Anexo 1 do trabalho.

Os parâmetros presentes nesta categoria apresentam relação importante com os parâmetros da categoria controle climático, materiais e processos e espaços e ambiências. A categoria integra-se ao **alvo 2** (escolha integrada dos materiais e processos), **alvo 4** (gestão da energia), **alvo 8** (conforto higrotérmico), **alvo 9** (conforto acústico), **alvo 10** (conforto visual), **alvo 13** (qualidade do ar).

**PARÂMETRO D.1: Forma e partido**

DIRETRIZ D.1.1

- Recomenda-se a adoção de plantas baixas com configuração compacta dotada de pátio. A configuração dotada de pátio pode ser bastante apreciável para o clima da cidade, uma vez que permite a criação de um microclima (e uma ambiência) agradável no interior dos edifícios, favorecendo a iluminação natural e a ventilação. O desempenho térmico em um pátio fechado ou semi-fechado depende principalmente da radiação e do vento. É possível avaliar os efeitos desses parâmetros através da geometria do pátio<sup>70</sup>. O grau em que dada superfície é resfriada à noite depende do seu grau de exposição ao céu. Quanto à ventilação, no pátio interno o vento é calmo quanto mais próximo do piso. Quando este estiver orientado na direção nos ventos dominantes e a razão altura pela largura for menor que 0,5 podem ocorrer algumas pequenas zonas de turbulência com fluxo livre através da maior parte do espaço (MEIR, 2000).
- Sugere-se ainda a inclusão da vegetação no interior desses espaços, de modo que esta possibilite “filtrar” a intensa radiação solar. Considerar também, para melhor aproveitamento da estratégia do resfriamento evaporativo, a criação de corpos d’água, especialmente nos meses mais quentes e secos.



**Figura 58:** Desenhos esquemáticos de pátios internos em edificações.

**PARÂMETRO D.2: Espaço exterior**

Os espaços externos exercem importante influência no microclima externo à edificação e conseqüentemente sobre o conforto interno da mesma. Em regiões de clima quente, em particular na região em estudo, as áreas externas à edificação são ainda espaços muito utilizados no desenvolvimento de atividades sociais. Em Pão de Açúcar – AL, a incorporação do quintal à moradia torna-se área de permanência pelas famílias, o que aumenta sua importância “ambiental”.

Através do planejamento apropriado dos espaços abertos é possível reduzir os efeitos negativos do clima, tornando possível, segundo Romero (2000), a admissão seletiva

<sup>70</sup> Sobre variações na forma e dimensionamento desse componente, ver BROWN; DEKAY, 2004 e BITTENCOURT; PEIXOTO, 2001.

da luz do sol, o controle de fatores como a passagem dos ventos, do calor da umidade e do ruído. Sobre a questão, observar as seguintes diretrizes:

DIRETRIZ D.2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Espaços abertos para penetração da brisa, protegendo dos ventos quentes no verão – <i>ventilação controlável</i>.</li> <li>➤ Tratamento do solo exterior, para controle das temperaturas superficiais. Incentiva-se o uso da vegetação, possibilitando ao mesmo tempo, o sombreamento do solo, maior permeabilidade do terreno e infiltração das águas pluviais. A vegetação exerce um papel importante para a minimização do ganho de calor radiante emitido e refletido pelas superfícies da área de transição externa ao edifício. Ver também item 5.3.3.3, no capítulo 5, sobre as espécies vegetais que melhor se adaptam na região.</li> <li>➤ A adoção de extensões de água sobre a superfície do terreno, permite que as brisas que vão da água para a terra durante o dia possam reduzir a temperatura máxima, elevando a umidade do ar (KOENIGSBERGER, 1977).</li> <li>➤ Adotar cores claras nos revestimentos construídos, de modo a reduzir a absorção solar dos mesmos.</li> </ul>
----------------	--

### PARÂMETRO D.3: Aberturas

Especialmente nos meses quentes e úmidos, a ventilação natural se constitui em estratégia fundamental para alcançar conforto por meios passivos. Para atendimento dessa estratégia, o tamanho, a localização e o tipo das aberturas são os principais fatores determinantes para o adequado desempenho desse recurso no interior das construções (OLGYAY, 1998), itens influenciados diretamente pelos códigos de obras e edificações.

DIRETRIZ D.3.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>Dimensão:</b> Recomenda-se o uso de aberturas mistas com 20 a 35% da superfície das paredes externas (MAHONEY, 1971), ver anexo 1.</li> <li>➤ <b>Posição:</b> em relação à insolação, as aberturas devem preferencialmente ser orientadas nas paredes à Norte e Sul. Mas para o melhor aproveitamento dos ventos dominantes, deve-se dispô-las também à Sudeste. Vale mencionar que segundo Van Straaten (1960), considerando aberturas orientadas até 45° da direção predominante dos ventos, pode-se obter um bom aproveitamento dos mesmos no interior da edificação.  Recomenda-se que as aberturas possam ser arranjadas na altura do plano de trabalho dos usuários. Dotar também aberturas nas paredes internas e opostas a entrada do vento, de modo a possibilitar a ventilação cruzada.</li> </ul>
----------------	--

- **Tipo:** devem ser previstos dispositivos de aberturas **Reguláveis**, tal como venezianas móveis de modo a atender as demandas variáveis de clima ao longo do ano e período do dia. Esse tipo de esquadria compreende um conjunto de pequenas aletas (ex.: 4 a 5 cm) móveis, normalmente em madeira, que possibilita regular o ângulo desejável para interceptar a entrada dos raios solares, regulando a radiação e o fluxo do ar. Não se recomenda aberturas permanentes para ventilação, como o uso de elementos vazados, tais como cobogós, pois durante o dia nos períodos quentes, a ventilação natural pode ser indesejável.

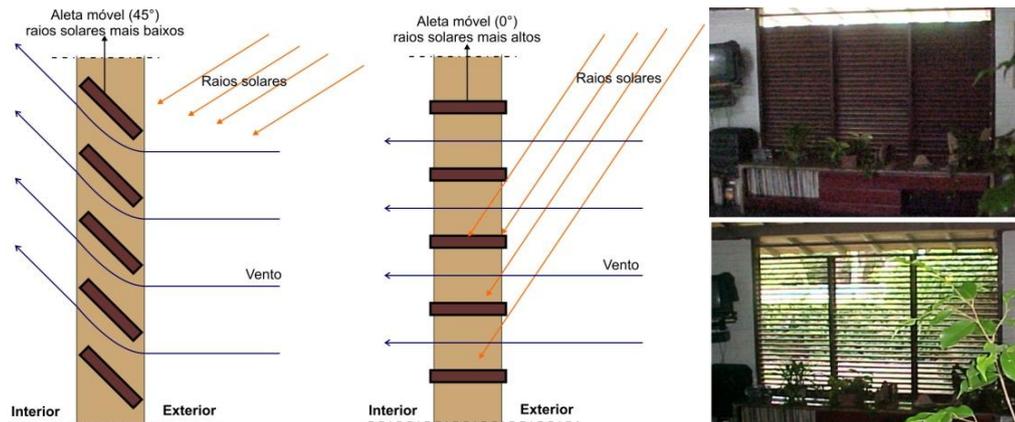


Figura 59: esquema do funcionamento da veneziana móvel.

- Estimula-se ainda o emprego de componentes arquitetônicos que combinados possibilitem um melhor aproveitamento da ventilação natural no interior da edificação. Cita-se o uso do peitoril ventilado – dispositivo na forma de um “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril, abaixo da janela (Figura 60). Cita-se também a abertura complementar próxima à coberta, acima da janela. O uso exclusivo desta última, nos períodos mais quentes de verão, permite o seu uso para garantia da renovação do ar, sem prejudicar a eficiência da massa térmica, bastante apreciável, em particular no período de verão, quando as temperaturas e a amplitude diária são ainda mais evidentes.

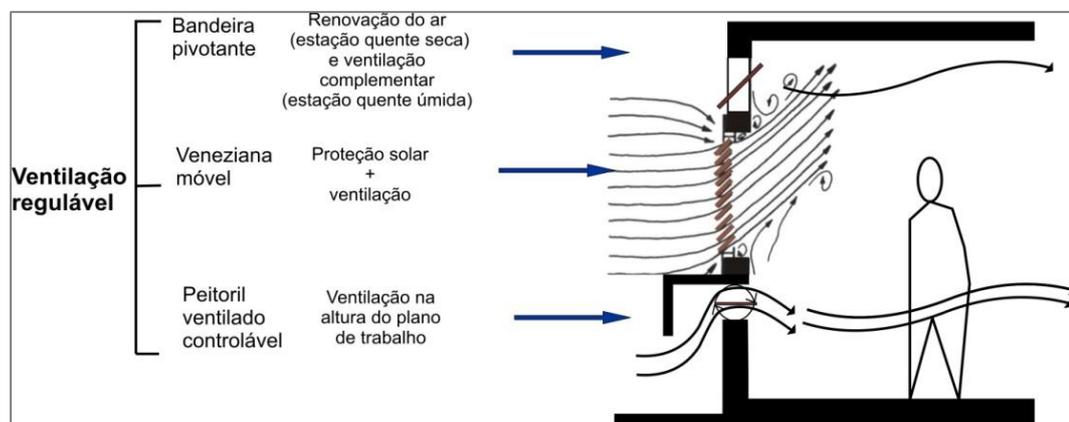
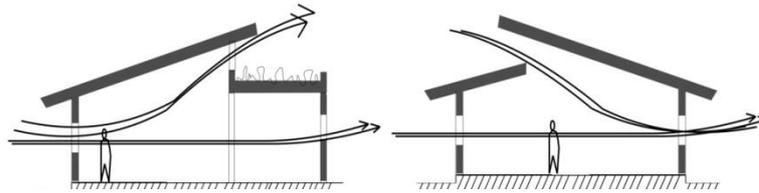


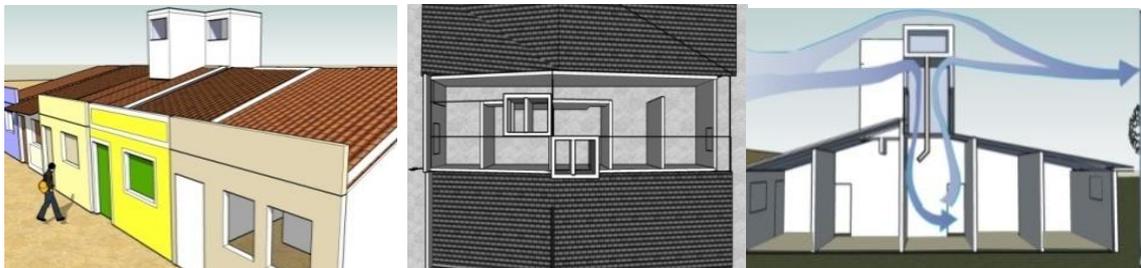
Figura 60: Variações de dispositivos reguláveis para aberturas.

- Outro componente arquitetônico recomendado são os captadores de vento localizados acima do nível da cobertura. Estes elementos podem ser concebidos como torres<sup>71</sup> de captação e exaustão do fluxo de ar ou mesmo como coberturas desencontradas (com alturas diferentes), permitindo a captação com exaustão do ar, com velocidades mais elevadas e com menor carga de poeira (recomendado especialmente para uso nos meses quentes e secos da região).



**Figura 61:** Esquemas de aberturas na altura da cobertura tanto para captação quanto para exaustão do ar.

- O aproveitamento do dispositivo supracitado – também conhecido como torre de vento - pode ser bastante apropriado quando da intervenção em edificações existentes na cidade, em particular nas habitações geminadas de meia-morada (descrito no capítulo 5 em padrões tipológicos identificados na região) cuja configuração arquitetônica não dispõe de aberturas laterais, deixando ambientes confinados no interior da edificação (Figura 62) (MARTINS et al., 2009).



**Figura 62:** Sugestão de uso de torres de vento para captação e exaustão do ar no interior de cômodos isolados sem ventilação e iluminação natural (Fonte: autora, 2009).

DIRETRIZ D.3.4

#### PARÂMETRO D.4: Paredes

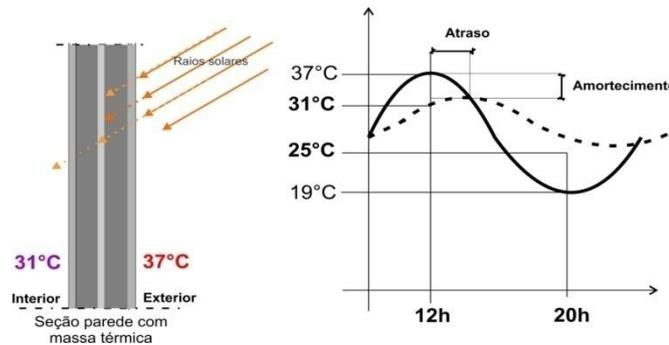
- Recomenda-se o uso de paredes externas pesadas, ou seja, com elevada massa térmica para promover amortecimento e atraso da onda térmica e assim a modulação da amplitude de temperatura diária registrada especialmente nos meses quentes e secos (Setembro à Abril) na cidade (Figura 63), sobretudo as orientadas para o quadrante Oeste. As vedações orientadas para o quadrante Leste podem ser leves e sombreadas para permitir a saída do calor diurno.

DIRETRIZ D.4.1

<sup>71</sup> Esse dispositivo arquitetônico pode ser empregado em diferentes configurações (BITTENCOURT, 2004), bem como associado a cortinas umidificadas que podem ficar suspensas nas torres, possibilitando redução na temperatura do ar interior pelo efeito do resfriamento evaporativo, possibilitando também o uso da ventilação natural nos meses mais áridos (BAHADORI et al., 2007).

DIRETRIZ D.4.2

- Recomenda-se, em função do horário previsto de uso, um atraso térmico<sup>72</sup> superior a 8 horas. Para estimar o atraso térmico indicado, deve-se verificar a resistência térmica dos componentes materiais escolhidos para os fechamentos e proceder ao cálculo recomendado pela norma brasileira NBR 15220 (ABNT, 2003) e descrito no item 6.3.1.



**Figura 63:** Efeito da massa térmica na modulação da amplitude de temperatura diária.

### PARÂMETRO D.5: Coberturas

DIRETRIZ D.5.1

- Em baixas latitudes, como em Pão de Açúcar – AL, em edificações térreas, os telhados recebem cerca de 2/3 da radiação solar global que incide nas construções. Recomenda-se o uso de massa térmica para resfriamento com mais de 8 horas de atraso térmico para as coberturas das edificações. Para ambientes climatizados, estas devem ser isoladas termicamente (Manual IBAM, 1997. Art. 54), ver item 6.3.1.

DIRETRIZ D.5.3

- Recomenda-se a adoção de coberturas ajardinadas. Como já foi mencionado no item 7.1, tal providência, além de favorecer o retardamento das águas pluviais escoadas dos telhados para o sistema público de drenagem, pode promover também o isolamento termo/acústico da edificação; redução das patologias em lajes de coberturas pela diminuição da variação térmica nos elementos constituintes das mesmas; valorização paisagística; e atenuação do efeito da insolação ao refletir e absorver a radiação solar, ao mesmo tempo em que o substrato para esta vegetação constitui uma barreira adicional à passagem de calor, intervindo favoravelmente no balanço das trocas térmicas e gasosas do entorno (BARROSO-KRAUSE, 1995;1997; POUHEY et al, 1998). Ver composição de cobertura ajardinada no item 6.3.1. em materiais e processos.



**Figura 64:** Exemplo de laje plana ajardinada (fonte: ecohouse.com.br, 2009) e cobertura-jardim inclinada (fonte: ncgreenbuilding.org, 2007).

<sup>72</sup> Tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor (ABNT, 2003).

**PARÂMETRO D.6:** Dispositivos de proteção

DIRETRIZ D.6.1

- Recomenda-se proteção da envoltória e das aberturas expostas a radiação direta do sol durante todo ano no mínimo pelo período de 9h às 15h. Para atender tal demanda, pode-se fazer uso de dispositivos exteriores tais como beirais, alpendres, varandas, brises, prateleiras de luz.
- Deve-se fazer uso das proteções solares adaptadas a cada orientação e a cada estação do ano;  
Seguem abaixo os ângulos para proteção solar no horário acima recomendado para 8 diferentes orientações (Figura 65).

DIRETRIZ D.5.1

ORIENTAÇÃO	INSOLAÇÃO Pão de Açúcar – AL Latitude: 9°44'	ÂNGULO VERTICAL FRONTAL (alfa)	ÂNGULO VERTICAL LATERAL (gama)	ÂNGULO HORIZONTAL (beta)	OBSERVAÇÕES
NORTE		50°	40°	50°	<p>Corte Vista (Fachada) Planta Baixa</p> <p>A norte, com raios solares mais baixos, uma proteção horizontal pode estender-se em alpendres, varandas. Pode-se também fazer uso de brises mistos (horizontal e vertical). Enquanto a orientação Sul pode ser resolvida com beiral de menor extensão.</p>
SUL		65°	45°	65°	
LESTE		45°	50°	-	<p>α</p> <p>Orientação leste e oeste podem ser facilmente resolvidos fazendo uso apenas de protetores horizontais. Recomenda-se o emprego de amplos beirais ou varandas.</p>
OESTE		45°	50°	-	
NORDESTE		35°	45°	70°	<p>Para as orientações NE, NO, SE, SO pode-se optar pelo uso de brises mistos (horizontal e vertical).</p>
SUDOESTE		45°	45°	70°	
NOROESTE		35°	45°	70°	
SUDESTE		45°	35°	70°	

**Figura 65:** Ângulos para proteção solar das fachadas em edificações para 8 orientações diferentes para carta solar de Pão de Açúcar – AL para o horário de 9 as 15hrs.

### 6.3. FOCO: Materialidade

#### 6.3.1. Categoria E: materiais e processos

Esta categoria apresenta diretrizes para auxiliar na seleção dos materiais de construção e dos sistemas construtivos a serem adotados nas edificações com escopo nos aspectos de ordem ambiental.

Inicialmente, vale ressaltar que não existe material de construção que não cause impacto ambiental. Busca-se contribuir para minimização dos mesmos, priorizando uma seleção adequada que garanta bom desempenho técnico e viabilidade econômica e o menor impacto ambiental possível. Propõe-se que possa ser incluída nesta reflexão, a análise do ciclo de vida dos materiais nas etapas de extração da matéria-prima, produção, nos deslocamentos realizados, montagem em obra, considerando, também, o consumo de energia relacionado à manutenção dos materiais e às atividades de desmonte ou demolição no final da vida útil da edificação (SATTLER, 2007). A escolha deve basear-se nos princípios da racionalização da construção, visando-se reduzir o consumo energético, o desperdício, a geração de resíduos, o custo final da obra e a emissão de poluentes (BARROS, 2008). O foco principal da abordagem das diretrizes que se seguem diz respeito à adaptação dos materiais às condições climáticas locais. Busca-se tratar com ênfase na qualidade térmica e rebatimento na qualidade visual e acústica, para baixo custo energético e baixo impacto ambiental. Antes, seguem algumas considerações de ordem geral para a escolha e especificação de todos os componentes construtivos que serão mencionados nos parâmetros listados:

- Considerar e refletir sobre a adaptabilidade dos materiais e sua vida útil em função do seu uso na edificação.
- Conhecimento das características ambientais dos produtos de construção, especialmente aquelas relacionadas à emissão de gases poluentes, à geração de resíduos, à possibilidade de reuso / reciclagem de materiais.
- Identificar fabricante de produtos de construção em geral localizados a menos de 300 km de distância do local da obra.
- Escolher produtos, sistemas ou processos cujas características são verificadas<sup>73</sup>.

Esta categoria possui interação com o **alvo 2** (escolha integrada de materiais e processos construtivos), **alvo 4** (gestão de energia), **alvo 7** (manutenção), **alvo 8** (conforto higrotérmico), **alvo 9** (conforto acústico), **alvo 10** (conforto visual).

---

<sup>73</sup> Ou seja, em conformidade com o PSQ (Programa Setorial de Qualidade) correspondente a seu âmbito de atuação no programa SiMaC (Sistema de qualificação de Materiais, processos e componentes construtivos) do PBQPH (Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat), ou pelo INMETRO (FCAV, 2007).

**PARÂMETRO E.1: Materiais dos fechamentos**

- Optar, sempre que possível, pelo emprego de isolantes térmicos nas fachadas do quadrante Oeste e nos ambientes climatizados (Anexo 2).
- Recomenda-se o emprego de materiais com alta resistência e capacidade térmica para melhor obtenção do efeito proporcionado pela estratégia bioclimática da inércia térmica. Para atendimento da diretriz apresentada ao item 6.2.1, deve-se prever o atraso térmico promovido pelos componentes materiais dos fechamentos, obedecendo à seguinte ordem de cálculos (ABNT, 2003):

Para uma placa constituída por um único material, com espessura ( $e$ ) e submetida a um regime térmico com período de 24 horas:

$$\phi = 0,7284 \sqrt{RT CT} \quad (\text{Eq. 1})$$

No caso de um componente formado por diferentes materiais superpostos em “n” camadas paralelas às faces (perpendiculares ao fluxo de calor), o atraso térmico varia conforme a ordem das camadas:

$$\phi = 1,382 \sqrt{B1 + B2} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$B1 = 0,226 B0/RT \quad (\text{Eq. 3})$$

$$B2 = 0,205 \left( \frac{(\lambda \rho c)_{ext}}{Rt} \right) \left( R_{ext} - \frac{Rt - R_{ext}}{10} \right) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$B0 = CT - C_{Text} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

$\phi$  atraso térmico (horas);

$\lambda$  condutividade térmica do material (W/mK);

$\rho$  densidade de massa aparente do material (kg/m<sup>3</sup>);

$c$  calor específico do material (kJ/kgK);

$Rt$  resistência térmica de superfície a superfície do componente (m<sup>2</sup>K/W) - considera a resistência térmica dos materiais que compõem o elemento construtivo e suas respectivas camadas e será igual a soma das resistências de cada camada, segundo a espessura e a condutividade térmica de cada material (Anexo 2);

$CT$  capacidade térmica do componente (kJ/m<sup>2</sup>K);

$C_{Text}$  é a capacidade térmica da camada externa do componente (kJ/m<sup>2</sup>K);

“**ext**” última camada do componente, junto à face externa;

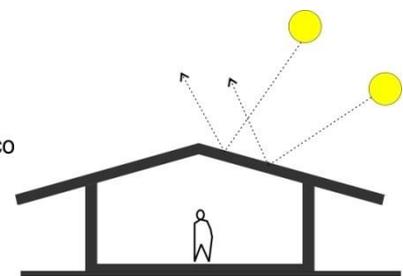
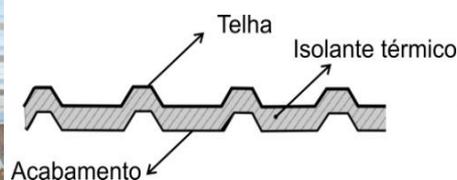
$B0$  é dado pela equação 5;  $B1$  é dado pela equação 3;  $B2$  é dado pela equação 4 (Considerar  $B2$  nulo caso seja negativo).

- Recomenda-se o uso de revestimentos claros nas superfícies externas da edificação. Sabe-se que a cor de uma superfície opaca é bom indicador da sua capacidade de absorção da radiação solar. Quanto mais clara e brilhante, menor a absorção e, conseqüentemente, maior a reflexão. A cor da pintura externa possui um efeito significativo no ganho de calor, sendo possível, através de sua escolha adequada, atenuá-lo significativamente (LABAKI et. al., 2003). A radiação incidente num dado fechamento opaco terá uma parcela absorvida e outra refletida cujo valor dependerá da refletividade ( $\rho$ ) e da absorvidade ( $\alpha$ ) do material, modo que  $\alpha + \rho = 1$ .

Cores	$\rho$
Escuras	0,1 a 0,3
Médias (tijolos)	0,3 a 0,5
Claras	0,5 a 0,8

### PARÂMETRO E.2: Materiais das coberturas

- Adotar cobertura com alta refletividade da superfície externa da coberta e a alta resistividade dos materiais empregados para maior controle térmico do espaço interno. Quando do uso de telha de barro ou cerâmica, estimula-se que se utilizem cores claras com alta refletância.
- Para isolar termicamente a coberta (recomendação obrigatória para ambientes que serão climatizados artificialmente), pode-se utilizar: **a.** telhas isolantes; **b.** isolantes térmicos entre a laje e o forro; **c.** ou ainda coberturas ajardinadas.
- a.** Telha composta para isolamento termo-acústico: consiste em telha externa intercalada por uma camada de material isolante, e podem receber na parte inferior uma terceira camada de proteção e acabamento. O material isolante pode ser de poliestireno extrudado ou poliuretano expandido. O custo dessa solução, todavia, ainda é bastante elevado.



- b.** É possível acrescentar logo antes da laje (no interior do espaço construído), inclusive em edificações existentes, uma camada de isolante (isopor, lã de vidro, poliuretano) e outra de forro de gesso ou barreira radiante.

c. Conforme recomendado e explicado no item 6.2.1, a cobertura ajardinada em relação a outros tipos de coberturas, apresenta eficiência e vantagens comprovadas quanto a requisitos de estabilidade, resistência mecânica, segurança contra incêndio, amortecimento de ruídos, economia de energia e resistência térmica (RORIZ; MORAIS, 2004). O solo é um bom isolante térmico e as plantas podem promover sombra, e também ao evapotranspirar, resfriar o ar em contato mais próximo da cobertura (FATHY, 1986). Estudos de Moraes (2004) acrescentam ainda que as coberturas ajardinadas extensivas podem possuir baixo peso, não requerer sistemas de irrigação. Importantes condições para aplicação em Pão e Açúcar – AL, sobretudo em função da irregularidade da disponibilidade de água e baixa renda da população local. Aponta-se nessa etapa os materiais para composição desse componente:

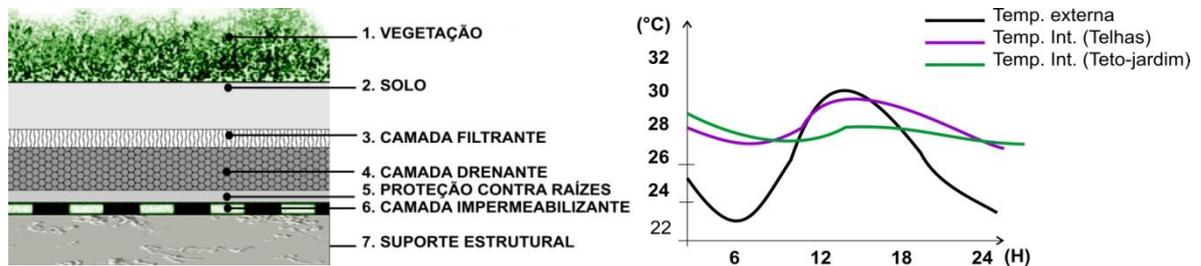


Figura 66: composição da cobertura verde extensiva (adaptado de Moraes, 2004); efeito do atraso e amortecimento térmico do teto-jardim comparado a telha canal (Fonte: Bittencourt, 1993).

DIRETRIZ E.2.2

**1. Vegetação:** deve ser selecionada conforme estrutura, suporte e manutenção. Para Pão de Açúcar, deve-se optar por espécies que não exigem muita umidade e plantas nativas; sugere-se o uso de bromeliáceas da região e cactáceas (ver tabela 13).

**2. Solo:** substrato orgânico ou terra vegetal. Deve ser evitado solo argiloso. Espessura varia de acordo com o tipo de vegetação escolhida;

**3. Camada filtrante:** normalmente utiliza-se manta geotêxtil ( $\pm 150\text{g/m}^2$ ), para evitar que a água arraste as partículas de solo;

**4. Camada drenante:** pode ser de brita, argila expandida ou seixo rolado, de 7 a 10 cm de espessura, para dar vazão ao excesso de água do solo;

**5. Camada de proteção** contra raízes: ou de retenção de água (painél sintético absorvente), aplicada sobre a impermeabilização;

\* **Camada de separação:** nesta camada pode ser incluído no projeto da cobertura um isolante térmico, escolhido em função da transmitância térmica.

**6. Camada impermeabilizante:** pode ser betuminosa ou sintética, cuja função é proteger o suporte estrutural contra infiltrações;

**7. Laje ou suporte estrutural:** devem ser consideradas cargas permanentes (peso de todas as camadas do sistema e o peso da água) e acidentais (circulação de pessoas) (RORIZ; MORAIS, 2005).

**PARÂMETRO E.4: Sistema construtivo**

DIRETRIZ E.3.1

- Escolher sistemas construtivos que apliquem eficientemente os recursos disponíveis; reduzam o desperdício, o volume de resíduos sólidos, o tempo de construção e o custo final da obra; e, principalmente, satisfaçam as reais necessidades dos usuários. Para tanto, os mesmos devem incorporar conceitos ligados à racionalização da construção, a qual engloba princípios de coordenação modular e flexibilidade (BARROS, 2008).
- Obter e reunir todo conhecimento relativo às características e propriedades dos materiais selecionados e adotados, às condições técnicas necessárias para o uso correto dos mesmos, manutenção, viabilidade técnica e econômica, etc.
- Pré-dimensionamento da estrutura, e compatibilização entre os componentes do sistema.

**PARÂMETRO E.5: Mão de Obra**

DIRETRIZ E.4.1

- Verificar facilidade de execução, assimilação e aprendizagem daqueles que irão concretizar os serviços.
- Empregar mão-de-obra local.

## 6.4. FOCO: Espacialidade

### 6.4.1. Categoria F: espaços e ambiências

Nesta categoria são tratadas as questões relativas às espacialidades internas da edificação com ênfase nos requisitos de conforto para as ambiências térmica, visual e acústica, além dos rebatimentos nos requisitos da eficiência energética. Trata-se também da funcionalidade e gestão edilícia requeridas para manutenção adequada do desempenho ambiental das edificações e do conforto dos usuários. Além das questões que serão colocadas mais adiante, convém levar em consideração os seguintes fatores (FCAV, 2007):

- as condições de conforto higrotérmico de um ambiente dependem de determinadas características próprias do indivíduo (sexo, idade, atividade, vestimenta e saúde) e do horário de ocupação;
- a satisfação depende da homogeneidade térmica do ambiente onde o usuário se encontra;
- as sensações térmicas são influenciadas pelos fenômenos transitórios a que as pessoas são submetidas (entrada em um edifício, passagem de um ambiente interior a outro, evolução ou flutuação dos parâmetros higrotérmicos no tempo).

Reconhece-se que a distribuição dos espaços interiores possui uma relação evidente aos usos e costumes dos usuários do edifício. No entanto, estes percebem o espaço também a partir de uma importante relação com os componentes ambientais. Segundo o guia WEKA (2003) - sobre as operações das construções novas na abordagem HQE® - o conforto dos usuários é particularmente sensível aos dispositivos abertos e as ambiências de transição, tais como: maiores superfícies de vidro, terraços, varandas, pois permitem maior fluidez entre os espaços externos e internos, bem como maior contato visual com a paisagem exterior. Para todos os espaços deve-se também pensar criteriosamente em características como tamanho (comprimento, largura, pé-direito), forma e cores (cores claras, frias, adequado nível de reflexão das paredes) dos ambientes. Nesse mesmo sentido, as aberturas desempenham um papel ainda mais importante, amplas aberturas permitem a entrada da luz solar, mas também a admissão de cargas térmicas importantes e ruídos. Por essa razão, as diretrizes indicadas devem ser examinadas de forma integrada.

Os parâmetros relacionados nesta categoria possuem relação direta com os contidos nas categorias sobre controle climático e morfologia da edificação. Possui relação com o **alvo 2** (escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos – desempenhos higrotérmicos dos mesmos), **alvo 7** (Manutenção – permanência do desempenho ambiental), **alvo 4** (gesto da energia), **alvo 8** (conforto higrotérmico), **alvo 9** (conforto acústico), **alvo 10** (conforto visual) do referencial teórico HQE®.

**PARÂMETRO F.1: Funcionalidade e manutenção****DIRETRIZ F.1.1**

- Nas decisões de projeto devem-se considerar a otimização das ações de manutenção rotineira previstas e os reparos por desgastes esperados, face ao uso considerado (ADDENDA; GPAS/ PROARQ, 2008).

**DIRETRIZ F.1.2**

O referencial HQE® sugere que para um bom desempenho ambiental das edificações quanto a esse critério, deve-se ter em mente as seguintes preocupações:

- ❖ Disponibilizar os meios necessários para o acompanhamento e controle do desempenho durante o uso e operação do edifício, por meio de Meios de acompanhamento e controle do desempenho dos sistemas de iluminação, ar condicionado (quando houver), consumo de água etc.
- Conceber o edifício de modo a facilitar os acessos para as intervenções de conservação /manutenção durante seu uso e operação, por meio da otimização da variedade de lâmpadas e luminárias presentes no edifício, com fornecimento assegurado, a fim de simplificar a manutenção.

**PARÂMETRO F.2: Ambiência térmica****DIRETRIZ F.2.1**

- O Projeto arquitetônico deverá ser concebido em conformidade com a disponibilidade microclimática externa (observar os dados oferecidos na categoria controle climático, neste mesmo capítulo, tais como a insolação recebida por cada fachada, temperaturas neutras desejadas, direção do vento dominante etc), bem como com os perfis de ocupação envolvidos – tipos de usuários e períodos de ocupação - de forma a garantir condições adequadas de conforto higrotérmico para todos os ambientes;
- Deve-se procurar organizar os espaços em função de suas necessidades higrotérmicas (zoneamento);
- Devem-se adotar, sempre que possível, pés-direitos amplos, esta solução pode proporcionar ambientes mais frescos, pois o ar quente tende a subir e com essa providência permitiria afastar as temperaturas elevadas do contato com o corpo humano, bem como permitir o uso otimizado de ventiladores de teto.

DIRETRIZ F.2.2

- Os materiais de composição da envoltória, nos fechamentos opacos, ou nos fechamentos semitransparentes, deverão ser especificados levando em consideração seu comportamento higrotérmico em relação à condição climática existente no local, e o período previsto de ocupação.
- Deve-se, sempre que possível, optar por cores claras nos revestimentos externos e internos, materiais frios etc, para evitar ganhos térmicos indesejáveis.

### PARÂMETRO F.3: Ambiência lumínica

DIRETRIZ F.3.1

- O projeto das edificações deve estar em conformidade com a disponibilidade microclimática externa (ver dados de luminâncias e radiação solar apresentadas no capítulo 5), bem como, com o perfil de ocupação envolvido; nesse sentido, observar a Norma Brasileira NBR 5413 (2003) com os índices de iluminância de interiores recomendados por função exercida.
- Recomenda-se, portanto, um adequado aproveitamento da luz natural nas edificações. Tal providência contribui não só para a eficiência energética, como também possibilita a valorização da estética da edificação, proporcionando a obtenção de espaços expressivos e mais confortáveis, aumentando a satisfação do usuário (GPAS/ PROARQ, 2008);

DIRETRIZ F.3.2

- Deve-se, no entanto, conciliar a necessidade de iluminação com a necessidade de controle dos ganhos térmicos e ofuscamento; Recomenda-se o uso de dispositivos que possibilitem atender as duas demandas– térmica e lumínica – de forma integrada, tal como por meio do emprego da prateleira de luz. As prateleiras de luz (*lightshelves*) ou *beirais luminosos* são dispositivos arquitetônicos utilizados na parte médio-superior das aberturas, constituindo-se em planos horizontais ou inclinados. Estes elementos são capazes de promover uma melhor distribuição da luz natural ao longo da profundidade dos ambientes, contribuindo, assim, para a uniformização da iluminância em espaços internos. O seu funcionamento é baseado na captação de radiação luminosa que é refletida para o teto dos ambientes, redirecionando a radiação para os espaços mais distantes da abertura, melhorando qualitativamente o desempenho luminoso dos ambientes (CABÚS, 2005) (Figura 67).

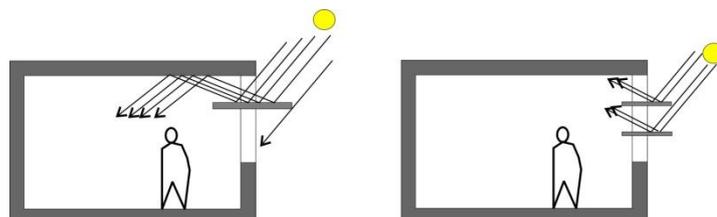


Figura 67: Desenhos esquemáticos do efeito da prateleira de luz no ambiente.

DIRETRIZ F.3.3

- Recomenda-se utilizar cores claras para os revestimentos internos de parede e teto dos ambientes, para otimizar as reflexões internas da luz nas superfícies, incrementando os níveis de iluminância.

DIRETRIZ F.3.4

- A iluminação artificial deverá ser pensada de maneira complementar à iluminação natural, provendo luz nos momentos e ambientes onde a luz natural não for suficiente para garantir o conforto visual; com a possibilidade de acionamento progressivo das luminárias paralelas a janela e poro função esperada. Tal providência pode ser tomada no projeto elétrico da edificação, prevendo um maior número de circuitos independentes no ambiente.
- As lâmpadas e luminárias devem possuir alta eficiência luminosa (Figura 68). Por essa razão deve apresentar uma boa relação de consumo e fluxo luminoso, sendo dimensionadas de forma adequada ao uso; verificando convenientemente o nível de iluminamento exigido por área de trabalho (NBR 5413/2003).

FONTE	CONSUMO	FLUXO LUMINOSO	VIDA ÚTIL	PREÇO	EFICIÊNCIA LUMINOSA	IRC
INCANDESCENTES	60 W	900 lumens	1.000 horas	\$	15 lumens/Watt	100
HALÓGENAS	50 W	930 lumens	2.000 horas	\$\$	18 lumens/Watt	100
FLUORESCENTES TUBULARES	40 W	1000 lumens	7.500 horas	\$\$	25 lumens/Watt	85
FLUORESCENTES COMPACTAS	15 W	1000 lumens	8.000 horas	\$\$\$	60 lumens/Watt	82
LED	1,5 W	300 lumens	50.000 horas	\$\$\$\$	200 lumens/Watt	70

**Figura 68:** Comparação das principais características que definem as fontes de luz mais utilizadas em sistemas de iluminação artificial em edifícios (Fonte: OSRAM, 2008).

- A temperatura da cor e o IRC devem ser compatíveis ao uso esperado.

#### PARÂMETRO F.4: Ambiência Acústica

DIRETRIZ F.4.1

- Devem-se promover condições adequadas de conforto acústico para todos os ambientes das edificações, com especial atenção aos empreendimentos onde a inteligibilidade da fala for requisito fundamental, como nas escolas;
- Recomenda-se que seja realizado um zoneamento interno para agrupamento dos ambientes de mesmo requisito acústico (ruído de fundo);
- O projeto deve estar em conformidade com o contexto acústico externo existente (ver estudo preliminar do ruído urbano para cidade em questão apresentado no capítulo) e previsto e os perfis de ocupação envolvidos;

## 6.5. Matriz de análise

Nesta etapa, elabora-se uma matriz resumo com os parâmetros que organizaram as diretrizes propostas, objetivando relacioná-los aos principais alvos ambientais concernentes, bem como estabelecer uma escala hierárquica das prioridades de aplicação destas no processo de projeto de novas edificações conforme demandas ambientais levantadas no estudo de caso em Pão de Açúcar – AL.

A matriz que segue organiza o conjunto de categorias e parâmetros abordados nos itens anteriores deste capítulo. Tal matriz é uma adaptação da originalmente concebida pela metodologia ADDENDA (apresentada ao capítulo 4) arranjada para incluir os aspectos pertinentes também ao código edilício, que se tornou objeto de discussão das diretrizes elaboradas neste trabalho.

A relação feita sobrepõe todos os parâmetros aos alvos ambientais do referencial HQE e sugere em função também do aprofundamento atribuído as questões termo-energéticas na abordagem definida para esta dissertação, uma hierarquização de parâmetros na relação aos alvos, julgadas prioritárias para o contexto estudado.

Para caracterizar esta escala de prioridades, utilizou-se representação gráfica onde a cor cinza faz a relação de todos os parâmetros aos alvos os quais agrupam diretrizes desejáveis e o sombreamento de mesma cor mais escuro destacam as diretrizes qualificadas como prioritárias. Uma diretriz caracterizada como prioritária implica em sua incorporação no código edilício para o planejamento ambiental sustentável da cidade com maior grau de exigência. Enquanto que, uma diretriz desejável é aquela que pode ser estimulada conforme as características intrínsecas de cada projeto e empreendimento (com perfil ambiental justificado).

**Tabela 24:** Matriz relacional adaptada dos parâmetros de arquitetura da metodologia ADDENDA e código de edificações x alvos ambientais Referencial técnico HQE® (adaptado de Zambrano, 2004 e GPAS/PROARQ, 2008).

ARQUITETURA			ALVOS AMBIENTAIS														
FOCO	CATEGORIA	PARÂMETROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			Relação com entorno	Materiais e processos	Canteiro de obras	Gestão de energia	Gestão da água	Manejo dos resíduos	Operação e Manutenção	Conforto Higrotérmico	Conforto acústico	Conforto visual	Conforto olfativo	Condições sanitárias	Qualidade do ar	Qualidade da água	
IMPLANTAÇÃO	Parâmetros urbanísticos	Estacionamento															
		Acessibilidade e ergonomia															
		Taxa de Ocupação															
		Coefficiente de aproveitamento															
		Gabarito															
		Recuos															
	Gestão de recursos	Sistema de água e manejo dos resíduos															
		Uso de energias renováveis															
		Aproveitamento de águas pluviais															
	Adequação ao entorno climático	Insolação verão e inverno (orientação)															
Temperatura neutra verão e inverno																	
Regime de ventos (orientação)																	
		Ruídos existentes															
MORFOLOGIA	Volumetria e Aberturas	Fator de forma (partido, escala)															
		Aberturas (localização, dimensão, tipo)															
		Dispositivos de proteção solar															
MATERIALIDADE	Materiais e processos	Materiais – fechamentos															
		Materiais – cobertura															
		Materiais – piso															
		Sistema construtivo															
		Mão-de-obra															
ESPACIALIDADE	Espaços e ambiências	Funcionalidade															
		Manutenção															
		Ambiência térmica															
		Ambiência lumínica															
		Ambiência acústica															

## CONCLUSÃO

A presente dissertação se desenvolveu a partir da motivação de se conhecer as principais demandas ambientais de uma cidade situada em região do semi-árido brasileiro, a fim de fundamentar as escolhas existentes no processo de projeto de ambientes construídos mais sustentáveis para essa localidade. Foi realizada uma primeira abordagem na região para acompanhamento e proposição sistematizada de diretrizes da sustentabilidade ambiental que visam guiar no processo de elaboração de código de edificações para auxílio às fases de planejamento e projeto de arquitetura, possibilitando melhor aproveitamento dos recursos disponíveis no local, redução nos impactos ambientais que podem ser gerados por empreendimentos imobiliários e melhoria da qualidade de vida. Para tanto, foi realizado um estudo de caso na cidade de Pão de Açúcar, localizada no sertão alagoano, empregando os parâmetros de análise da ferramenta de avaliação e planejamento ambiental HQE® como instrumento norteador das referidas diretrizes. A partir das discussões realizadas ao longo de todo o trabalho, pode-se concluir que:

- O conceito da sustentabilidade é bastante complexo, dinâmico e plural e precisa ser assimilado de forma criteriosa, sistematizada e integrada;
- Os instrumentos metodológicos que agrupam indicadores da sustentabilidade ambiental apresentam-se como importantes ferramentas de análise, intervenção e guia para concepção de espaços construídos mais responsáveis com o meio ambiente. O referencial HQE® associado à metodologia ADDENDA, nesse sentido, constitui-se em potencial instrumento para construir edificações mais sustentáveis, do ponto de vista social, ambiental e econômica da sustentabilidade, embora o presente estudo tenha apresentado foco maior no viés ambiental;
- A aplicação de conceitos da sustentabilidade ambiental em qualquer atividade, inclusive a arquitetura, é tema extremamente amplo e complexo que envolve muitas áreas de conhecimento. Tal fato limitou uma abordagem mais aprofundada nas diretrizes trabalhadas. Por outro lado, ao se empregar uma ferramenta multicritério de apoio ao processo de projeto, possibilita-se que os múltiplos parâmetros envolvidos possam ser devidamente compreendidos e colocados numa escala de prioridades. Todavia, os temas abarcados estão sujeitos a implicações diversificadas e, por vezes, conflitantes, por essa razão devem ser sempre compreendidos como um conjunto flexível de elementos dinâmicos e analisados conforme contexto ambiental particular, nível de exigência, perfil do empreendimento e objetivos ambientais almejados.

- Apesar de centrada em discussões na dimensão ambiental da sustentabilidade, ressalta-se que a abordagem só conseguirá se estabelecer e se consolidar quando entendida a sua intrínseca pertinência social. Infere-se, nesse sentido, a esfera educacional como importante vetor de engajamento dos diversos sistemas de conhecimento, participação e capacitação profissional da comunidade envolvida, em perspectiva interdisciplinar. As discussões acerca da compreensão da dimensão ambiental da sustentabilidade na arquitetura passam necessariamente pelas inter-relações do ambiente natural e construído com a sociedade, incluindo a análise dos determinantes do processo, o papel dos diversos atores envolvidos e as formas de organização social que aumentam o poder das ações alternativas, numa perspectiva que priorize o novo perfil de desenvolvimento. Por isso, conclui-se que, para consolidação das idéias e diretrizes propostas, são necessárias ações de educação ambiental que possibilitem a adoção de novos valores, práticas e atitudes - individuais e coletivas.
  
- A indisponibilidade de algumas informações sobre a cidade em estudo, tais como arquivos climáticos completos com dados horários impediram alguns aprofundamentos nas diretrizes bioclimáticas propostas, bem como do uso de recursos de simulação computacionais mais precisos.
  
- Para futuros trabalhos na mesma temática, sugere-se:
  - O detalhamento das diretrizes propostas neste trabalho e elaboração do arquivo climático para cidade;
  - Verificação da adequabilidade dos indicadores da abordagem francesa frente às demandas ambientais levantadas para a região em estudo e demais regiões climáticas brasileiras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**. Vol. 3. N.36. Scielo Brasil: São Paulo, 1999.

ABCMAC (Associação Brasileira de Captação e Manejo de Águas de Chuva).

ACSELRAD, H. Sentidos da Sustentabilidade Urbana. In: **A Duração das Cidades: Sustentabilidade e Risco nas Políticas Urbanas**. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.

ADAM, R. S. **Princípios do Ecoedifício: interação entre ecologia, consciência e edifício**. São Paulo: Aquariana, 2001.

ADDENDA. **Programmation Environnementale. Médiathèque Intercommunale à Dimension Régionale**. Programme environnemental. Démarche HQE. Communaute d'Agglomeration de Pau Pyrenees, France, 2004.

ADDENDA. **Assistance Maîtrise d'Ouvrage. Optimisation Energétique et Environnementale des Bâtiments**. In: <http://www.addenda.fr/>. 2009. Acesso em Julho de 2009.

ALVA, E. N. Ecodesenho urbano. In: VIEIRA, P. F.; RIBEIRO, M. A. et alli (org.). **Desenvolvimento e meio ambiente: a contribuição de Ignacy sachs**. São Paulo: Palio/Aped, 1998.

AMORIM, E. **Terra do Sol, Espelho da Lua**. Maceió: Ecos gráfica e editora, 2004.

AMORIM, N. Intervenção à fala de Renate B. Viertler. In: **Cultura e Desenvolvimento: a Sustentabilidade cultural em questão**. Maceió: PRODEMA-UFAL, 1999.

ANA. Agência Nacional de Águas. [WWW.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br) - (Acesso em Outubro de 2008).

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução do Escoamento Superficial. **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos – RBRH**, v.5, n.3, p.21-29, jul./set. 2000.

ASHRAE. **Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy**. ASHRAE: Atlanta, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: **acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade: procedimento**. Rio de Janeiro, 2000.

\_\_\_\_\_. NBR 10152: **níveis de ruído para conforto acústico: procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

\_\_\_\_\_. 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.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 5º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

BAHADORI, M. N.; MAZIDI, M.; DEGHANI, A. R. Experimental investigation of new designs of wind towers. **Renewable Energy**, v.33, n.1, p. 2273–2281, 2007.

- BANCO MUNDIAL. *Source: World Development Indicators database*. July 2000.
- BARROSO-KRAUSE, C. M. L. **Arquitetura em Tempos de Eco-eficiência**. Palestra proferida no Seminário Internacional de Iniciativas Urbanas de Eficiência energética e Redução de Emissões. Brasília, 2009.
- BARROSO-KRAUSE, C. M. L. Inclusão de um Novo Material - Ecológico - na Construção: O Componente Vegetal. In: **Anais I Encontro Nacional Sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**. Canela – RS, 1997.
- BARROSO-KRAUSE, C. M. L. **La Climatisation Naturelle: Modelisation Des Objets Architecturaux, Aide A La Conception En Climat Tropical**. 1995. Tese (Doutorado em Energia) – Ecole des Mines de Paris – Paris, 1995.
- BARROSO-KRAUSE, C.; BASTOS, L. E. G.; LOMARDO, L. **Eficiência Energética em Habitações de Interesse Social**. PROCEL/ELETROBRÁS: Rio de Janeiro, 2005.
- BARROS, B. R. **Permacultura e Desenvolvimento Urbano: diretrizes e ações para sustentabilidade socioambiental em loteamentos de interesse social**. 2008. 200p. Dissertação (Mestrado em arquitetura) - Dinâmicas do Espaço Habitado, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.
- BASTOS, L. E. G.; BARROSO-KRAUSE, C.; BECK, L. Estratégias da Ventilação Natural em Edificações de Interesse Social e a Norma ABNT 15220-3 : Zoneamento Bioclimático X Potencial Eólico Brasileiro. In: **Anais IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**. Ouro Preto-MG, 2007.
- BATISTA, J. O. **A arquitetura e seu desempenho térmico no contexto do semi-árido alagoano: Estudos de caso em Santana do Ipanema – AL**. 2006. 161p. Dissertação (Mestrado em arquitetura) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.
- BEHLING, Sophia.; BEHLING, Stefan. **Solar Power – The Evolution of Solar Architecture**. Nova York: Prestel, 1996.
- BERNARDES, N. As Caatingas. In: **Revista estudos Avançados/USP.v.,nº1(1987)** – São Paulo: IEA,1987.
- BITTENCOURT, L. S.. **Ventilation as a Cooling Resource for Warm-Humid Climates: An Investigation on Perforated Block Wall Geometry to Improve Ventilation Inside Low-Rise Buildings**. Tese de doutorado, (Environment and Energy Studies Programme), Architecture Association Graduate School, Londres,1993.
- BITTENCOURT, L; CÂNDIDO, C. **Introdução a Ventilação Natural**. Maceió: Edufal, 2005.
- BITTENCOURT, L. S. Meu, dele ou de outros? Especulações sobre o desejo no projeto arquitetônico. In: **A Casa Nossa de Cada Dia**. Recife: EDUFPE, 2007.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Consórcio Parceria 21. **Cidades Sustentáveis: Subsídios à Elaboração da Agenda 21 Brasileira**. Brasília: IBAN/ISER/REDEH, 2000a. 155p.
- \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 Brasileira: Bases para discussão**. NOVAES, W. (Coord.). Brasília: MMA/PNUD, 2000b. 196p
- BREEAM. **Building Research Establishment Environmental Assessment Method**.

In: <http://www.breeam.org/>. 2007. Acesso em outubro de 2007.

BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, Vento e Luz: Estratégias para o Projeto de Arquitetura**. 4 Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

BRÜSEKE, F. J. **O problema do desenvolvimento sustentável. Desenvolvimento e natureza: estudos para uma sociedade sustentável**. São Paulo: Dany, 1995.

CABÚS, R.; CÂNDIDO, C. Análise da utilização de prateleiras de luz em edifício de pesquisa da UFAL, Maceió- AL. In: **Anais do Encontro Nacional do Conforto no Ambiente Construído – ENCAC**, Maceió, 2005.

CALDAS, D. A. **Espaço Construído no Semi-Árido alagoano: Sustentabilidade e Preservação Ambiental em Modelos Residenciais**. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFAL, 2002.

CANDEAS, A. W. Cultura e Desenvolvimento: em busca da humanização do crescimento econômico. In: BASTOS FILHO, J.; AMORIM, N. F. M.; LAGES, V. N. (org.) **Cultura e Desenvolvimento, a sustentabilidade cultural em questão**. Maceió: PRODEMA/UFAL, 1999.

CAPRA, F. **A Teia da Vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Ed. Cultrix e Amana-Key, 1998.

CARDOSO, F. **Certificação de Empreendimento Comercial de Elevado Desempenho Ambiental**. PCC/USP/ CSTB, 2004.

CARVALHO, K. Qual o Custo da Sustentabilidade? In: **Construção Mercado**. PINI, N. 75, Ano 60, 2007.

CARVALHO, P. C. M. Água Potável Via Energia Solar. In: SOUZA, H.; SILVA, P.; DUTRA, R. (org.). **Coletânea de Artigos Energias Solar e Eólica**. V.1. P.81. Rio de Janeiro: CRESESB-CEPEL, 2003.

CAVALCANTE, E. **Sustentabilidade e Desenvolvimento: fundamentos teóricos e metodológicos do novo paradigma**. Recife: EDUFPE, 1998.

CEPAL. **Statistical Yearbook 1999**. Organização das Nações Unidas: Santiago de Chile, 2000.

CERASI, M. **Muqarnas: Na Annual On The Visual Culture Of The Islamic World**. Brill Academic Publisher: Jan 1, 1998. Disponível em <<http://books.google.com/books>> Acesso em: 10 Julho 2008.

CHAVES, J. O. S. **Fortaleza e os Retirantes da Seca De 1877-1879: O Real de um Imaginário Dominante**. <http://www.biblio.ufpe.br/libvirt/teses/historia/jos95.htm>

CIB. International Council for Building Studies and Documentation. **Agenda 21: on Sustainable Construction**. Rotterdam: CIB, 1999. 117p.

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONTI, L. **Ecologia, Trabalho e Ambiente**. São Paulo. Editora Hucitec, 1986.

CSTB. **Certification 'Opération HQE Tertiaire 2002': Référentiel du Système de Management d'Opération (SMO)**. Paris: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. 21p. Paris, décembre 2002a.

CSTB. **Certification 'Opération HQE Tertiaire 2002': Référentiel de la Qualité Environnementale du Bâtiment (QEB)**. Paris: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. 129p. Paris, décembre 2002b.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. 5 ed. São Paulo : Global, 1998.

DUARTE, E. A. C.; RODRIGUES, K. B. e VIVEIROS, E. B. Acústica Arquitetônica no Imaginário Popular. In: **Anais IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e V Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**, 2007, Ouro Preto. Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, 2007.

EGLER, F.E. Vegetation science concepts. Inicial floristic composition, a factor in old-field vegetation development. *Vegetatio*, v. 4, p. 412-7, 1954.

EMBRAPA. **Espécies Vegetais Exóticas com Potencialidades para o Semi-Árido Brasileiro**. KILL, L. H. P.; MENEZES, E. A. (Editores Técnicos). Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

EPA (Environmental Protection Agency). **Stormwater Technology Fact Sheet, Porous Pavement**. EPA 832 f 99 023. Office of Water. Washington, D.C. 1999.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética**. <http://www.epe.gov.br/Paginas/default.aspx>. Acesso em: Julho de 2009.

FATHY, H. **Natural energy and vernacular architecture: Principles and examples with reference to a hot arid climate**. Londres: The Chicago University Press Ltd., 1986.

FCAV. **Referencial técnico de certificação - Edifícios do setor de serviços, Escritórios e Edifícios Escolares** - Processo AQUA. 2007.

FERREIRA, D. B. **A Contribuição Da Luz Natural Para A Sustentabilidade Dos Ambientes Construídos: O Caso Das Escolas Em Clima Quentes Úmidos**. 2004. 260f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFAL, 2004.

FRAMPTON, K. Perspectivas para um Regionalismo Crítico. In: NEBITT, K. (org.) **Uma Nova Agenda para Arquitetura: antologia teórica 1965-1995**. São Paulo: CosacNaify, 2006.

FOSTER, V. **Policy Issues for the Water and Sanitation Sectors**. Inter-American Development Bank, Washington, D.C. August 1996 (No. IFM96-101), 24p.

FREIRE, R. **A Farsa Ecológica**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1992.

FURTADO, C. **Desenvolvimento E Subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

GELLER, H. **O Uso Eficiente da Eletricidade – Uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil**. INEE, ACEEE, Rio de Janeiro, 1994.

GHISI, E. Potential For Potable Water Savings By Using Rainwater In The Residential Sector Of Brazil. **Building and Environment**, Inglaterra, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GIVONI, B. Comfort Climate Analysis And Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v.18, n.1, p. 11 – 23, 1992.

GIVONI, B. **Man, Climate and Architecture**. Second Edition. Applied Science Publishers, London, 1976.

GOIS, G. de; SOUZA, J. L. de; SILVA, P. R. T. da; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F. de. Caracterização Da Desertificação No Estado De Alagoas Utilizando Variáveis Climáticas. In: **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.3, 301-314, 2005.

GOULART, S., et al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Florianópolis: UFSC, 1994. (Relatório Interno – 02/94 NPC).

GOWRI, K. **Desktop Tools for Sustainable Design**. In: ASHRAE Journal, Jan/2005. Disponível em: <http://www.energycodes.gov/implement/pdfs/DesktopTools.pdf>

GPAS/PROARQ-UFRJ. **Metodologia para adequação dos requisitos de Eco-Eficiência ao Projeto SEDE NUTRE**. Relatório técnico, Rio de Janeiro, 2008.

GRAEFF, E. A. **Uma sistemática para o estudo da teoria da arquitetura**. Porto Alegre: [s.e.], 1959.

HALL, E. **A Dimensão Oculta**. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

HETZEL, J. **Haute Qualite Environnementale Du Cadre Bati. Enjeux Et Pratiques**. Paris: AFNOR, 2003.

HQE, A. **Certifications HQE®**.

In: [http://www.assohqe.org/documents\\_certifications\\_hqe.php](http://www.assohqe.org/documents_certifications_hqe.php). 2006. Acesso em Julho de 2009.

IBAM/PROCEL. **Manual para Elaboração de Código de Obras e Edificações**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial oficial**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de Agosto de 2008.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. **Síntese de indicadores 2003**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de Agosto de 2008.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. **Síntese de indicadores 2004**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de Agosto de 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Brasil Climas** - escala 1:5.000.000. Disponível em: < <http://mapas.ibge.gov.br/clima/viewer.htm>>. Acesso em 19 de agosto de 2008. 2002.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados horários: temperaturas, umidade relativa, vento e precipitação da estação meteorológica de Pão de Açúcar**. CD-ROM. (1997-2008). 2008.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND IPEA. **Caracterização e tendências da rede urbana do Brasil: configurações atuais e tendências da rede urbana**, v. 1. Brasília: IPEA, 2001.

IPEC. **Instituto de Permacultura e Ecovilas do Cerrado**. Pirenópolis: Goiás, 2002. Disponível em: <<http://www.permacultura.org.br/ipec/index.html>>. Acesso em: 08 Dezembro de 2009.

IZARD, J. L.; GUYOT, A. **Arquitectura bioclimática**. México D.F. : G. Gili, 1983.

JATOBÁ, S. U. S. ; BURSZTYN, M. ; RIBAS, O. T. Gestão Ambiental Urbana: Roteiro metodológico aplicável a comunidades urbanas locais. In: Suzi Huff Theodoro (Org.). **Conflitos de Uso Sustentável dos Recursos Naturais**. 1 ed. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2002, v. 1, p. 119-209.

JOHN, W. M. Precisamos Fazer Mais. In: **Construção Sustentável – Revista Notícias da Construção**. P.24. 2007.

KAUFMANN, P. **Dicionário Enciclopédico de Psicanálise**. Rio de Janeiro: Zahar, 1996.

KIM, J.; RIGDON, B. **Introduction to sustainable design**. Ann Arbor: National Pollution Prevention Center for Higher Education, 1998.

KOENIGSBERGER, O. H., et al. **Viviendas y edificios en zonas calidas y tropicales**. Trad. Emilio R. Rios. Madri: Paraninfo, 1977.

KOOGAN, A.; HOUAISS, A. **Enciclopédia e Dicionário Ilustrado**. 4 ed. (P. 508). Rio de Janeiro: Seifer, 2000.

KUAA, H. W.; LEE, S. E. Demonstration Intelligent Building – a methodology for the promotion of total sustainability in the built environment. **Building and Environment**. Elsevier, vol.37, p. 231-240, 2002.

LABAKI, L. C.; CASTRO, A. P. A. S.; CARAM, R. M.; BASSO, A; FERNADES, M. R. Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. **Ambiente Construído**, abr./jun v. 3, n. 2 p. 69-76. Porto Alegre, 2003.

LAKATOS, E; MARCONI, M. **Técnicas de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2003.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LEÃO, R. **Impacto econômico do uso de ar condicionado em edifícios residenciais na cidade de Maceió - AL**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Dinâmicas do Espaço Habitado. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2008.

LEFÈBVRE, H. **A Revolução Urbana**. Tradução: MARTINS, S. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2002.

LEFF, H. **Saber Ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Editora Vozes, 2001.

LEITÃO, L. Da intenção ao gesto: sustentabilidade e narcisismo na cidade contemporânea. **Cadernos de Estudos Sociais (FUNDAJ)**. Recife, v. 19, n. n.1, p. 73-84, 2003.

LENGEN, J. V. **Manual do Arquiteto Descalço**. Rio de Janeiro: TIBÁ, 2004.

LIMA, I. F. **Estudos geográficos do semi-árido alagoano: bacias dos rios Traipu, Ipanema, Capiá e adjacentes**. Maceió: Sergasa, 1992.

LIMA, J. B. A. **Otimização de Sistema de Aquecimento Solar de Água em Edificações Residenciais Unifamiliares Utilizando o Programa TRNSYS**. 2003. 142p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LIPOVETSKY, G. A **Era do Vazio: ensaios sobre o individualismo contemporâneo**. Barueri, SP: Manole, 2005.

LÔBO, D.; BITTENCOURT, L. A influência dos captadores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos. **Ambiente Construído, Revista da ANTAC**. Porto Alegre, v.3, n-2, p.57-67, abr./jun. 2003.

MACIEL, A. A. **Projeto bioclimático em Brasília: Estudo de caso em edifício de escritórios**. 2002. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

MAHONEY, C.; KOENIGSBERGER, O. H.; EVANS, M. **Climate and House Design**. United Nations. Dept. of Economic and Social Affairs. Centre for Housing, Building, and Planning. New York, United Nations Publisher, 1971.

MAIA, M. A. L.; SATTLER, M. A. Contribuição ao mapeamento de ruído urbano na cidade de Porto Alegre. In: **Anais IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e V Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído**, 2007, Ouro Preto. Anais dos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, 2007.

MARICATO, E. **Brasil, Cidades: Alternativas para a Crise Urbana**. Petrópolis: Vozes, 2001.

MARQUES, J. G. W. Dinâmica Cultural e Planejamento Ambiental: Sustentar não Congelar. In: BASTOS FILHO, J.; AMORIM, N. F. M.; LAGES, V. N. (org.) **Cultura e Desenvolvimento, a sustentabilidade cultural em questão**. Maceió: PRODEMA/UFAL, 1999.

MARTINS, T. A. L.; BARROSO-KRAUSE, C.; BITTENCOURT, L. BASTOS, L. PASSOS, I. O uso de Torres de Vento em Edificações Residenciais Geminadas de Meia-morada. In: **Anais XII Encontro Nacional de Conforto no Espaço Construído – ENCAC**, Natal-RN, 2009.

MARTINS, T. A. L.; NIEMEYER, M. L. A.; BARROSO-KRAUSE, C. M. L. Estudo Preliminar do Ruído Urbano na Cidade de Pão de Açúcar – AL. In: **Anais XII Encontro Nacional de Conforto no Espaço Construído – ENCAC**, Natal-RN, 2009.

MARX, K.; ENGELS, F. **O Manifesto Comunista**. São Paulo: Alfa Ômega, 1988.

- MASCARÓ, L. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto, 1991.
- MASCARÓ, J.; MASCARÓ, L. R.; COMAS, C. E. **Subsídios para a redação de códigos de obras**. Porto Alegre: UFRGS, 1985.
- MASCARÓ, L. **Luz, Clima e Arquitetura**. São Paulo: USP, 1978.
- MCDONOUGH, W. Projeto, Ecologia, Ética e a Produção das Coisas. In: NESBITT, K. (org.) **Uma Nova Agenda para Arquitetura: antologia teórica 1965-1995**. São Paulo: CosacNaify, 2006.
- MEDEIROS NETO, P. **História do São Francisco**. Casa Ramalho: Maceió, 1941.
- MEADOWS, D. H. et alii. **Limites do Crescimento. Atualização de 30 anos**. Rio de Janeiro: QualityMark, 2007.
- MEIR, I. A. Courtyard microclimate. A hor arid region case study. In: **Anais PLEA Conference**, Cambridge, UK, 2000.
- MME. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea: diagnóstico do município de Pão de Açúcar - AL**. PRODEEM, 2005.
- MENDONÇA, A. **Pão de Açúcar – História e Efemeridades**. Maceió, 1974.
- MONTE-MÓR, R. L. Outras Fronteiras: Novas Especialidades na Urbanização Brasileira. In: CASTRIOTA, L. B. **Urbanização Brasileira: Redescobertas**. Belo Horizonte: C/Arte, 2003.
- MONTES, M. A. T. **Diretrizes para Incorporar Conceitos de Sustentabilidade no Planejamento e Projeto de Arquitetura Residencial Multifamiliar e Comercial em Florianópolis**. 2005. 188p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- MOTA, C. R. As Principais Teorias e Práticas de Desenvolvimento. In: **A Difícil Sustentabilidade** de Marcel Bursztyn (org.). Rio de Janeiro: Garamond Universitária, 2001.
- MOTA, J. A. **O Valor da Natureza: economia e política dos recursos ambientais**. Rio de Janeiro: Garamound, 2001.
- MULFARTH, R. C. K. **Arquitetura de Baixo Impacto Humano e Ambiental**. 2002. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- NEUFERT, T. 1998: **Outra seca no Nordeste do Brasil**. In: *PORTUÑOL*, online, n. 15. jul. 1999. <http://www.uni-koeln.de/phil-fak/fs-rwl/portunol/15/seca.htm>
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: FIBGE, 1979.
- NIEMEYER, M. L. A. **Conforto Acústico e Térmico, em Situação de Verão, em Ambiente Urbano: Uma Proposta Metodológica**. 2007. Tese de doutorado. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

NIEMEYER, M. L. A.; SANTOS, M. J. O. Qualidade Acústica no Espaço Urbano. In: **Anais XII Encontro Nacional de Conforto no Espaço Construído – ENCAC**, São Paulo-SP, 2001.

NOOMAN, P.; VOGEL, J. High Performance Building and Affordable Housing. In: BROWN, D. FOX, M.; PELLETIER, M. R. (org.) **Sustainable Architecture White Papers**. Nova Iorque: Earth Pledge Foundation, 2000.

ODUM, 1988. In: FRANCO, M. A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Anablume / FAPESP, 2001.

OLGYAY, V. **Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism**. New Jersey: Princeton University Press, 1963.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima. Manual de Diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Editorais Gustavo Gili: Barcelona, 1998.

OLIVEIRA, G. B. Uma Discussão sobre o Conceito de Desenvolvimento. In: **Revista da FAE**, v.5, n.2, p. 37-48. Curitiba, 2002.

OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. Gestão da Água em Edifícios do Setor de Serviços Segundo o Referencial Técnico Francês – HQE. In: **Anais XII Encontro Nacional de Tecnologia no Espaço Construído – ENTAC**, Fortaleza-CE, 2008.

ONU. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, 1992. 351p.

PALMEIRA, V. L. **Desenvolvimento Urbano e Turismo: uma Análise da Dinâmica Urbana em Jequiá da Praia, Alagoas**. 2007. 128p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

PÃO DE AÇÚCAR - AL. **Plano Diretor da Cidade de Pão de Açúcar**. Prefeitura Municipal de Pão de Açúcar – AL, 2006.

PEREIRA, W. C.; SOUZA, S. N. M. Custo da Eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. In: **Agrener GD 2006**, 2004, Campinas - SP. Agrener GD 2004, 2004.

PINDERHUGHES, R. **Alternative Urban Futures**. Maryland: Rowman and Littlefield Inc., 2004.

PNUD. **Atlas do desenvolvimento humano do Brasil**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br>>. Acesso em: 19 de outubro de 2008.

POUEY, M. T. F. et al. Coberturas Verdes: Análise do Desempenho Térmico. In: **Anais do VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC`98**, 1998, Florianópolis. Florianópolis: ANTAC, 1998.

PROCEL. **Programa de Conservação de Energia**. Dados disponíveis em <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp?Team={ADA5FF68-8ACD-4E33-81DF-413F0C48516B}>. Acesso em: Julho de 2009.

PUSHKAR, R.; BECKER, R.; KATZ, A. A methodology for design of environmentally optimal buildings by variable grouping. **Building and Environment**, Elsevier, Vol 40 p. 1126–1139.

REIS, A. C. S. Clima da Caatinga. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. V. 48. N.52. P. 325-335. Rio de Janeiro, 1976.

REIS FILHO, G. **Quadros da arquitetura no Brasil**. São Paulo: Perspectiva, 1973.

RHEINGANTZ, P. A. Pequena digressão sobre conforto ambiental e qualidade de vida nos centros urbanos. **Ciência & Ambiente - UFSM**, Santa Maria, vol. 22, jan/jun 2001, p. 35-58.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse - a casa ambientalmente sustentável**. Artmed: Porto Alegre, 2005.

ROGERS, R. **Cidades Para Um Pequeno Planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 1988.

RORIZ, M.; MORAIS, C. Temperaturas Em Protótipo De Edificação Com Cobertura Ajardinada: São Carlos, SP. In: **Anais X Encontro Nacional de Conforto no Espaço Construído – ENCAC**, Maceió - AL, 2005.

RUSSELL, B. **O elogio ao Ócio**. Rio de Janeiro: Sextante, 2002.

SACHS, I. **Estratégias de transição para o século XXI: desenvolvimento e meio ambiente**. São Paulo: Studio Nobel, 1993.

SANTOS, M. **Espaço e Sociedade: Ensaio**. Petrópolis: Vozes, 1979.

\_\_\_\_\_. **Técnica, Espaço e Tempo – Globalização e Meio Técnico-científico Informacional**. São Paulo: HUCITEC, 1997.

\_\_\_\_\_. **Metamorfoses do Espaço Habitado**. São Paulo: Hucitec, 1994.

\_\_\_\_\_. **Pensando o espaço do homem**. 5 ed. São Paulo: EDUSP, 2007.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SATTLER, M. A. et al. Aplicação de Tecnologias Sustentáveis em um Conjunto Habitacional de Baixa Renda. In: FORMOSO, C. T.; INO, A. (Org.) **Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Coletânea HABITARE, v.2. Porto Alegre: ANTAC, 2003.

SATTLER, M. A.; SCUSSEL, M. C. B. (Des) construindo índices de Qualidade de Vida: Uma Abordagem Crítico-analítico à Formulação de Indicadores de Sustentabilidade para Porto Alegre. In: **Indicadores da sustentabilidade Urbana**. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo/ revista do programa de Pesquisa e Pós graduação da FAU-UnB. Ano 6, n.4. Brasília: FAU-UnB, 2007.

SEDREZ, M. M. **Sustentabilidade do Ambiente Construído: Contribuições para a Avaliação de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social**. 2004. 167p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SENNA, D. C. **O Desenvolvimento Sustentável: Evolução e Aplicabilidade nos Ambientes Urbanos**. 2004.

SILVA, V. G. **Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: Diretrizes e Base Metodológica**. 2003. 210p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SILVA, V. G.; JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. In: **Anais II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**. Anais. ANTAC/UFRGS, Canela - RS, 24-27 de abril de 2001.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para desenvolvimento no Brasil. **Anais do Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis**, 2º e 1º, Canela, RS, 2001.

SILVA, V. G. **Avaliação ambiental de edifícios: principais sistemas e suas características**. Mini-curso na UFPE. Recife, 2007.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação**. 3º edição revisada e atualizada. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e Urbanização**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 1991.

STEELE, J. **Sustainable Architecture: case studies**. Nova Iorque: McGraw Hill, 1997.

SUDENE. **Levantamento exploratório: recursos, matérias primas e reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. Recife: SUDENE, 1972.

SUÁREZ, E. S.; PÉREZ, M. A. T. Desarrollo y Aplicación de una Metodología Simple para Determinar Índices de Contaminación Acústica en una Zona Urbana. In: **I Congreso Iberoamericano de Acústica**. 18º Encontro da SOBRAC. Florianópolis – SC, 1998.

SZOKOLAY, S. V. Passive And Low Energy Design For Thermal And Visual Comfort. In: **International Conference On Passive And Low Energy Ecotechniques Applied To Housing – PLEA '84**, México. S. Yannas (Ed.). Pergamon Press, Oxford. Proceedings. Oxford, 1985.

TEIXEIRA, A. J. L. **Arquitetura e Sustentabilidade: tipologias arquitetônicas e eficiência energética em diferentes regiões climáticas**. 2005. 179f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFAL, 2005

TICKELL, C.. "Introdução". In: ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona, Gustavo Gili, 2001.

TOLEDO, A. M. Os sucessivos enfoques nos códigos de obras e edificações brasileiros e as questões emergentes de conforto ambiental e conservação de energia. In: **Anais do II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**, Fortaleza, 1999.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis**. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

TWEED, C.; JONES, P. The Role of Models in Arguments about Urban Sustainability. **Environmental Impact Assessment Review**, Elsevier Science, Inglaterra, vol. 20, p. 277-287, 2000.

UNEP, 2008. [www.unep.org](http://www.unep.org) - (Acesso em Outubro de 2008).

UNESCO. **Nossa Diversidade Criadora: relatório da comissão Mundial de Cultura e Desenvolvimento**. Campinas: Papirus, 1997.

VAN STRAATEN, J. F. **Thermal Performance of Buildings**. Amsterdam: Ed. Elsevier Publishing Company, 1967.

VIDAL, B.; VASCON, F. G. **O poder dos trópicos: meditação e alienação na cultura energética brasileira**. São Paulo: editora casa amarela, 1999.

VIERTLER, R. B. A Idéia de “Sustentabilidade Cultural”: algumas considerações críticas a partir da antropologia. In: BASTOS FILHO, J.; AMORIM, N. F. M.; LAGES, V. N. (org.) **Cultura e Desenvolvimento, a sustentabilidade cultural em questão**. Maceió: PRODEMA/UFAL, 1999.

VIGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

VILLA BOAS, M. **Significado da Arquitetura nos Trópicos: Um Enfoque Bioclimático**. In: Anais do I Sem. Nac. de Arquitetura nos Trópicos, Fund. J. Nabuco, Ed. Massangana, Recife, 1985.

YEANG, K. **Proyectar con la Naturaleza. Bases ecológicas para el proyecto arquitectónico**. Barcelona: Gustavo Gili, 1999.

WEBB, K. E. **A face cambiante do Nordeste do Brasil**. Trad. J. Alexandre R. Orrico. Rio de Janeiro: Apec – BNB, 1979.

WEKA. **Bâtir la qualité environnementale**. Paris: WEKA Editions. 2003.

WILHEIN, J. **O Substantivo e o Adjetivo**. São Paulo: Perspectiva, 1979.

WILLIAMSON, T., RADFORD, A., BENNETTS, H. **Understanding Sustainable Architecture**. London, USA, Canada: Spon Press, 2003.

WORLD BANK. **Attacking Poverty: Opportunity, Empowerment, and Security**. World Development Report 2000/2001. Overview. Washington, 2001.

WWF. World Wide Fund for nature. **Agenda elétrica sustentável 2020: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo / WWF - Brasil**. 2. Ed. — Brasília, 2007.

ZAMBRANO, L. M. A. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. 2008. 380p. Tese (Doutorado em Arquitetura) - Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ZAMBRANO, L. M. A; BASTOS, L. E. G.; FERNANDEZ, P. Architectural design and environmental performance: the ADDENDA method through case study. **Anais PLEA Geneva**, Switzerland, 2006.

ZEPEDA, R. F. **Conjuntos Habitacionales Ecológicamente Sostenibles com Participación Comunitaria** (Costa Rica). 1996. Disponível em: <<http://habitat.aq.upm.es/dubai/96/bp086.html>>. Acessado em: 29 de fevereiro de 2008.

ZULAUF, W. E. **A Ideologia Verde e Outros Ensaio Sobre o Meio Ambiente**. São Paulo: Ed. Geração, 1995.

## ANEXO 1

O método oferece informações para a etapa inicial de projeto e está estruturado em quatro tabelas. A primeira para registro dos dados de temperatura, umidade, precipitação e ventos; A tabela 2 faz um diagnóstico do clima e desenvolve uma série de indicadores climáticos. Os limites de conforto inferiores e superiores são definidos de acordo com a temperatura média anual e o grupo de umidade de cada mês. Os limites superiores de conforto são comparados com as médias das máximas de temperatura e os limites inferiores com as médias das mínimas. Através da comparação destas médias com os limites de conforto para cada mês são definidas as condições de estresse térmico, Q para quente, C para conforto e F para frio. Ao fim, na tabela 3, são fornecidas as recomendações de projeto de acordo com os indicadores resultantes.

### Tabelas de Mahoney para os dados da cidade de Pão de Açúcar – AL

**TABELA 1**

Localidade	<b>Pão de Açúcar - Alagoas</b>
Latitude	9°44'54" Sul
Longitude	37°26'12" Oeste
Altitude	19m

#### Temperatura do ar (°C)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Média das Máximas</b>	36	36,1	35,7	34,6	31,9	29,5	29,3	30	32,4	34,7	36,4	37
<b>Média das mínimas</b>	24	24	24,1	23,6	22,7	21,5	20,7	20	20,9	22,1	23,2	24
<b>Amlitude Média</b>	12	12,1	11,6	11	9,2	8	8,6	9,8	11,5	12,6	13,2	13

#### Umidade Relativa do ar (%)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Média das mínimas</b>	65	69	73	71	81	85	86	83	76	69	63	63
<b>Média das máximas</b>	49	48	41	51	64	71	69	64	53	48	42	41
<b>Média</b>	60	64	59	66	78	81	81	77	69	62	56	55
<b>Grupo de Umidade</b>	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3

- Grupo de umidade:**
- 1 Umidade relativa média abaixo de 30%
  - 2 Umidade relativa média entre 30 e 50%
  - 3 Umidade relativa média entre 50 a 70%
  - 4 Umidade relativa média acima de 70%

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Vento Dominante	SE											
Pluviosidade (mm)	40,6	27,1	39,9	57,1	85,7	76,4	65,3	45,4	30,9	24,8	15,6	10,2

**Pluviosidade total: 519 mm**

### Limites de Conforto por Grupo de Umidade

Limites de conforto por grupo de umidade						
TMA = 28,1 °C	TMA > 20°C		TMA 15 a 20°C		TMA < 15°C	
	DIA	NOITE	DIA	NOITE	DIA	NOITE
GRUPO 1	26 - 24	17 - 25	23 - 32	14 - 23	21 - 30	12 . 21
GRUPO 2	25 - 31	17 - 24	22 - 30	14 - 22	20 - 27	12 . 20
GRUPO 3	23 - 29	17 - 23	21 - 28	14 - 21	19 - 26	12 . 19
GRUPO 4	22 - 27	17 - 21	20 - 25	14 - 20	18 - 24	12 . 18

### Diagnóstico das Temperaturas (°C)

Diagnóstico de Temperaturas (°C)												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Média das máximas	36	36,1	35,7	34,6	31,9	29,5	29,3	30	32,4	34,7	36,4	37
Conforto dia - máx.	29	29	29	29	27	27	27	27	29	29	29	29
Conforto dia - mín.	23	23	23	23	22	22	22	22	23	23	23	23
Média das mínimas	24	24	24,1	23,6	22,7	21,5	20,7	20	20,9	22,1	23,2	24
Conforto noite - máx.	23	23	23	23	21	21	21	21	23	23	23	23
Conforto noite - mín.	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Rigor Térmico - DIA	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q	Q
Rigor Térmico - NOITE	Q	Q	Q	Q	Q	Q	C	C	C	C	Q	Q

### Indicadores climáticos

Indicadores	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
U1			x	x	x	x							4
U2													0
U3													0
A1	x	x	x	x				x	x	x	x		8
A2													0
A3													0

	Indicador	Rigor térmico		Pluviosidade (mm)	Grupo de umidade	Amplitude média mensal
		Dia	Noite			
Indispensável movimento do ar (Ventilação natural)	U1	Q			4	
		Q			2, 3	< 10°C
Recomendável movimento do ar	U2	C			4	
Necessidade de proteção de chuva	U3					
Necessidade de capacidade térmica	A1		Q	>200 mm	1, 2, 3	>10°C
Recomendável dormir ao ar livre	A2		C		1, 2	
		Q			1, 2	>10°C
Problemas estação fria	A3	F				

Legenda: Q – quente; C – Confortável; F – Frio.

Totais dos Indicadores obtidos

U1	U2	U3	A1	A2	A3
4	0	0	8	0	0

### Forma

			0,10			Orientação norte- sul (eixo maior leste-oeste)
			11,12		5,12	
					0,4	Planta de configuração compacta com pátio

### Espaço exterior

11,12						Espaço aberto para penetração da brisa
2-10						Como opção3, porém protegido do vento quente ou frio
0,1						Layout compacto dos conjuntos

### Movimento do ar

3,12						Compartimentos em fila, com duas faces externas opostas para permitir permanente movimento do ar
1,2			0-5			
			6-12			Compartimentos em fila dupla, com faces externas dotadas de dispositivo para eventual provisão de movimento de ar
0	2-12					Movimento de ar desnecessário
	0,1					

**Paredes e pisos**

			0-2			Paredes leves com tempo curto de defasagem térmica
			3-12			Paredes internas e externas pesadas com tempo longo de defasagem térmica

**Coberturas**

			0-5			Coberturas leves, isoladas com forro e cavidade com colchão de ar entre o telhado e o forro
			6-12			Coberturas pesadas com mais de 8h defasagem térmica

**Dormitório externo**

					2-12	Requerido espaço para dormitório externo
--	--	--	--	--	------	--

**Proteção contra chuva**

		3-12				Necessária proteção contra chuva forte
--	--	------	--	--	--	--

**Aberturas**

			0,1		0	Aberturas grandes, com 40 a 80% da superfície das paredes orientadas a Norte e Sul
					1,2	Aberturas médias, com 25 a 40% da superfície das paredes externas
			2,5			
			6-10			Aberturas mistas com 20 a 35% da superfície das paredes externas
			11,12		0,3	Aberturas pequenas com 15 a 25% da superfície das paredes externas

**Posição das aberturas**

3,12						Aberturas nas paredes orientadas a Norte e Sul, no lado exposto ao vento, na altura do corpo
			0,5			
1,2			6-12			Como item anterior, mas com aberturas também nas paredes internas
0	2,12					

**Proteção das aberturas**

					0,2	Exclusão da luz direta do sol
		2,12				Proteção contra a penetração da água da chuva

**ANEXO 2**

<b>MATERIAL</b>	<b>Condutividade (<math>\lambda</math>) W/m°C</b>	<b>Densidade (d ou <math>\rho</math>) Kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Calor específico (c) J/Kg °C</b>
Aço	52	7780	500
Adobe	0,59/0,73	1500	1000
Água	0,58	100	4187
Alumínio	230	2700	880
Argamassa de cal e cimento	0,85	1800	754
Asfalto com areia	1,15	2100	-
Concreto	1,65	2200	1005
Concreto cavernoso	1,15	1800	-
Concreto celular	0,50	600	963
Cortiça (placas de granulado)	0,05	200	1424
Cortiça comprimida	0,10	500	1423
Fibra de vidro	0,03	70	754
Gesso em placas	0,35	750	837
Lã de rocha	0,03	100	754
Lã de vidro	0,05	24	754
Madeira aglomerada	0,10	400	1424
Madeira de balsa	0,05	90	-
Madeira de pinho	0,30	900	1256
Madeira em painel compensado	0,24	100	1424
Madeira em painel aglomerado	0,16	550	1300
Palha comprimida	0,12	350	-
Papelão	0,08	650	-
Pedra ardósia	2,10	2700	837
Pedra Granito	3,50	2700	837
Pedra mármore	3,26	2700	837
Poliestireno em espuma rígida	0,03	35	-
Poliestireno expandido	0,04	11	-
Telha de fibrocimento	0,65/0,95	-	1600/2000
Telha de fibra vegetal	0,46	1067	-
Telhas de barro	0,93	1700	921
Terra argilosa seca	0,52	1700	837
Terra comprimida (bloco)	1,15	1800	837
Terra úmida	0,60	1800	1465
Tijolo de concreto furado	0,91	1700	1005
Tijolo maciço prensado	0,72	1600	921
Vidro	1,1	2700	1800