UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL:
ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL

IVNA BAQUIT CAMPOS

PROPOSTA PARAMÉTRICA PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

FORTALEZA
2013

IVNA BAQUIT CAMPOS

PROPOSTA PARAMÉTRICA PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração:
Construção Civil

Orientador:
Prof Dr. José de Paula Barros Neto

Coorientador:
Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso

FORTALEZA

2013

IVNA BAQUIT CAMPOS

PROPOSTA PARAMÊTRICA PARA PROJETOS SUSTENTÁVEIS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil. Área de Concentração: Construção Civil.

Aprovada em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof. Dr. José de Paula Barros Neto. (Orientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

_____
Prof. Dr. Daniel Ribeiro Cardoso (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará - UFC

_____
Prof. Dr. Ricardo Alexandre Paiva (Membro Interno)
Universidade Federal do Ceará - UFC

_____
Prof. Dra. Flora Mendes Araújo Lima (Membro externo)
Universidade de Fortaleza – Unifor

Aos meus pais,
Henrique Câmara e Silvia Helena Baquit
pelo apoio e amor incondicional

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente ao meu orientador, Professor José de Paula Barros Neto, por todo o incentivo a mim dispensado em toda minha caminhada acadêmica;

Agradeço ao meu coorientador, Professor Daniel Ribeiro Cardoso, por acreditar em mim e ter me apoiado em todos os momentos, abrindo meus horizontes além das racionalidades da engenharia me ensinando a enxergar a construção de uma forma mais humana;

Aos amigos feitos durante o mestrado, em especial as amigas, Deborah Lins, Thaís Carneiro e Sarah Bastos, pelo apoio e incentivo para concretização deste desafio;

Aos colegas do grupo FINEP, Bruno Raviolo pelos ensinamentos de conforto, ao André Paes pelo apoio nas etapas computacionais e em especial a Mayra Soares Mororó que segurou minha mão e não me permitiu desanimar e foi responsável por me introduzir no universo da arquitetura me ajudando sempre de forma doce e carinhosa;

A minha irmã Sabrina Baquit e ao Leonardo Bastos, pelo carinho e compreensão nesta etapa ausente, além dos auxílios prestados para a realização da pesquisa;

A todos os membros que compõem o Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON), onde ganhei amigos e pude compartilhar muitos aprendizados ao longo do mestrado, em especial a Lili e a Carla Nottingham, que estiveram presentes e disponíveis auxiliando-me na etapa da pesquisa.

A minha querida mãe, Silvia Helena, que sem ela a elaboração deste trabalho não seria possível, pelo apoio, as contribuições e por nunca deixar de acreditar em mim;

A Universidade Federal do Ceará e a CAPES pelo apoio financeiro através da concessão da bolsa de estudos.

“A melhor maneira de prever o futuro é inventá-lo”. (Alan Kay)

RESUMO

A questão da habitação, principalmente no que se refere às populações de baixa renda, é um dos maiores problemas sociais existente no país atualmente. O déficit habitacional brasileiro estimado em 2008 foi de 5,546 milhões de domicílios, dos quais 83,5% estão localizados nas áreas urbanas. As políticas públicas atuais têm se mostrado ineficientes e inadequadas, na solução do problema e parece desconhecerem ou desconsiderarem as questões técnicas que envolvem o planejamento, o projeto e mesmo a execução de edifícios tão pequenos e ao mesmo tempo tão complexos. O habitat não se limita exclusivamente a um objeto material, mas dependem da vontade coletiva e se articula às condições culturais e a outros aspectos da dimensão individual e familiar. Diante desta realidade, este trabalho tem como objetivo fundamental desenvolver uma metodologia para concepção de projetos sustentáveis de habitação de interesse social, a fim de reduzir o número de assentamentos inadequados e buscar alternativas mais consistentes, tanto do ponto de vista utilitário quanto do existencial. A metodologia parte do estudo de parametrização de requisitos de sustentabilidade na concepção de projetos de habitações de interesse social para a realidade da cidade de Fortaleza. A pesquisa trata-se de um estudo qualitativo, com caráter exploratório e a estratégia de pesquisa utilizada foi a pesquisa construtiva, dividida em três fases: compreensão, desenvolvimento e consolidação. Para tanto, nos resultados, foram definidas estratégias de projeto socioambientais para habitações de interesse social na realidade climática da cidade de Fortaleza e um fluxo de informações com etapas sequenciais para elaboração de projetos sustentáveis para habitação popular. Por fim, estas informações parametrizadas foram customizadas em um ambiente BIM, com a criação de um plug-in. Conclui-se que a sustentabilidade de uma edificação é algo complexo que não se resume à decisões e dispositivos técnicos somados ao projeto. Depende de uma abordagem bastante ampla dos problemas ambientais, econômicos e sociais pertinentes, bem como de um compromisso ético ambiental e social de todos os atores envolvidos ao longo de todo o processo do empreendimento.

Palavras-chave: Sustentabilidade, Selo casa azul, Parametrização, Concepção Arquitetônica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - *Triple Bottom Line* 25
Figura 2.2 – Evolução da sustentabilidade na arquitetura 35
Figura 2.3 - Categorias selo casa azul 48
Figura 2.4 - etapas da metodologia de construções sustentáveis 54
Figura 2.5 – Posicionamento do edifício com relação às trajetórias solares 58
Figura 2.6 - Posicionamento do edifício para produzir correntes cruzadas 61
Figura 3.1 - Inserção horizontal da sustentabilidade. 77
Figura 3.2 - Inserção vertical da sustentabilidade. 78
Figura 5.1 - Paradigmas e escolas relacionadas de análise organizacional 94
Figura 5.2 - Principais elementos envolvidos na estratégia da pesquisa construtiva 98
Figura 5.3 - Principais elementos da pesquisa 98
Figura 5.4 - Delineamento da pesquisa 100
Figura 6.1 - Zoneamento bioclimático brasileiro 108
Figura 6.2 - Critérios selecionados selo casa azul 116
Figura 6.3 - Variação anual de temperatura 117
Figura 6.4 - Variação anual de umidade relativa 118
Figura 6.5 - Carta Psicrométrica da cidade de Fortaleza 119
Figura 6.6 - Velocidades e frequência dos ventos da cidade de Fortaleza 120
Figura 6.7 - Características da ventilação natural 121
Figura 6.8 - Variação da energia solar no ano 122
Figura 6.9 - características da Iluminação natural 123
Figura 6.10 – Etapas fluxo de informações paramétricas 124
Figura 6.11 - Dimensões do terreno 126
Figura 6.12 - Tipologias de fachadas 127
Figura 6.13 - Resultado definição do lote 127
Figura 6.14 - Resultados área para construção 129
Figura 6.15 - Carta Solar da cidade de Fortaleza 130
Figura 6.16 - Rosa dos ventos da cidade de Fortaleza 131
Figura 6.17 - Dados de entrada implantação 132
Figura 6.18 - Orientação do recuo lateral 133
Figura 6.19 - Distribuição do zoneamento funcional das unidades habitacionais 134
Figura 6.20 - Ambiente cozinha/refeição 135
Figura 6.21 - Definição dos cômodos 136
Figura 6.22 - Relação entre os cômodos 138
Figura 6.23 - Compartimentação para fachada norte 139
Figura 6.24 - Compartimentação para fachada oeste 141
Figura 6.25 - Compartimentação para fachada sul 141
Figura 6.26 - Compartimentação para fachada leste 143
Figura 6.27 - Soluções de conforto Planalto Pici 145
Figura 6.28 - Detalhe portas e janelas de madeira com venezianas 147
Figura 6.29 - Detalhe uso de grades nas portas 147
Figura 6.30 - Detalhe porta sala de estar 148
Figura 6.31 - Detalhe porta sala da cozinha para área da lavandeira 149
Figura 6.32 - Detalhamento posicionamento das aberturas 151
Figura 6.33 - Detalhe dos ângulo das proteções solares 153
Figura 6.34 - Metades da carta solar da cidade de Fortaleza 154
Figura 6.35 - Beirais para fachadas oeste e norte 156

Figura 6.36 - Detalhe proteção solar através de pergolado 158
Figura 6.37 - Tipologias de cobertura 160
Figura 6.38 - Detalhe cobertura 161
Figura 6.39 - Opções de tipologias de coberturas 162
Figura 6.40 - Processo de concepção de habitações populares sustentáveis 165
Figura 6.41 - Tentativa comprimento igual a 20,0m 166
Figura 6.42: Resultados da etapa de definição do lote 166
Figura 6.43 - Definição da zona do lote 167
Figura 6.44 - Opção de planta baixa 167
Figura 6.45 - Opção de planta baixa 167
Figura 6.46 - Desenho da casa com portas e janelas 168

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Critérios certificação LEED pra novas construções.....40
Tabela 2.2 - Critérios selo casa azul 50
Tabela 6.1 - Desempenho térmico – vedações 108
Tabela 6.2 - Desempenho térmico - vedações – paredes 109
Tabela 6.3 – Desempenho térmico – vedações – aberturas e coberturas.....109
Tabela 6.4 - Parâmetros Urbanísticos para cidade de Fortaleza 129
Tabela 6.5 - Comparativo de parâmetros dos ambientes 136
Tabela 6.6 - Definição do padrão de aberturas.....146
Tabela 6.7 - Ângulos para proteções solares.....155
Tabela 6.8 - Dimensionamento das proteções solares.....157

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Aplicações de avaliações de edifícios e vantagens oferecidas por sua implementação. 38
Quadro 2.2 - Famílias e categorias da Qualidade Ambiental de Edifícios 44
Quadro 2.3 - Comparativo entre certificações.....52
Quadro 2.4 - Caracterização dos climas tropicais.....56

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 14

1.1 Problematização e Justificativa 14

1.2 Objetivos 18

1.3 Limitações 19

1.4 Contexto 19

1.5 Estrutura da Dissertação 20

2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL 22

2.1 Desenvolvimento sustentável e a construção civil 22

2.2 Sustentabilidade na arquitetura 31

2.3 Métodos para abordagem da sustentabilidade nas edificações 35

2.3.1 LEED 39

2.3.2 AQUA 43

2.3.3 PROCEL Edifica 45

2.3.4 Selo casa azul 47

2.4 Metodologia de solução sustentável 52

2.4.1 Entendendo clima, cultura e lugar 54

2.4.1.1 Clima 54

2.4.1.2 Cultura 61

2.4.1.3 Lugar 62

2.4.2 Entendendo o tipo de construção 63

2.4.3 Reduzindo a necessidade de consumo de recursos 63

2.4.4 Usando recursos livres / local e os sistemas naturais 66

2.4.5 Usando sistemas artificiais eficientes 68

2.4.6 Aplicação de sistemas de geração de energia renovável 70

2.4.7 Compensar os impactos negativos restantes 70

2.5 Considerações Finais 71

3 MÉTODOS DE ELABORAÇÃO DE PROJETO 72

3.1 Processo de criação de projeto em arquitetura 72

3.2 Inserção da sustentabilidade no projeto arquitetônico 76

3.3 Building Information Modeling (BIM) 79

3.4 Considerações Finais 83

4 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL 84

4.1 Política habitacional no Brasil 84

4.2 A habitação: aspectos políticos, econômicos e sociais 86

5 METODOLOGIA 93

5.1 Pesquisa Científica **93**
5.2 Classificação da Pesquisa **93**
5.3 Estratégia de Pesquisa **96**
5.5 Delineamento da Pesquisa **99**
5.5.1 Compreensão ***101***
5.5.2 Desenvolvimento ***102***
5.5.3 Consolidação ***103***
6 RESULTADOS **104**
6.1 Requisitos de sustentabilidade ambiental **104**
6.2 Caracterização climática de Fortaleza **117**
6.3 Fluxo de informações paramétricas **123**
6.3.1 Definição do Lote ***125***
6.3.2 Área para Construção ***127***
6.3.3 Implantação ***129***
6.3.4 Compartimentação ***133***
6.3.5 Definição das Aberturas ***144***
6.3.6 Proteções Solares ***151***
6.3.7 Cobertura ***159***
6.3.8 Eleição de Materiais ***161***
6.4 Caracterização ao ambiente BIM **164**
7 CONCLUSÕES **169**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **175**
ANEXOS **181**
ANEXO 01 – Especificações mínimas de projeto – Tipologia casa **182**
ANEXO 02 – Tipologias – paredes, selo casa azul. **184**
ANEXO 03 – Tipologias – coberturas, selo casa azul. **185**

1 INTRODUÇÃO

O presente capítulo apresenta a problematização e justificativa do trabalho, a questão de pesquisa e objetivos propostos, as limitações e o contexto, no qual a pesquisa está inserida e por fim a sua estruturação.

1.1 Problematização e Justificativa

Assim como se coloca atualmente, a questão da habitação, principalmente no que se refere às populações de baixa renda, atinge um nível de complexidade jamais enfrentado. A busca de soluções vem despertando o interesse de profissionais de diversas áreas, que tentam minimizar esse, que é um dos maiores problemas sociais existente no país atualmente (PEREIRA et al., 2002).

De acordo com pesquisas realizadas pela Fundação João Pinheiro (2009), o déficit habitacional brasileiro estimado em 2008 era de 5,546 milhões de domicílios, dos quais 4,629 milhões, ou 83,5%, estavam localizados nas áreas urbanas. Quando analisado este déficit por faixas de renda, percebe-se que a esmagadora maioria do mesmo, 84%, concentra-se nas famílias que possuem renda média mensal de até três salários mínimos. Por se tratar de usuários de baixa renda com baixa capacidade de endividamento necessita-se de políticas diferenciadas para a aquisição da casa própria. Desta forma, o papel do Estado passa a ser extremamente estratégico, especialmente em busca de políticas cooperativas entrelaçadas que possam envolver os três níveis de governo (AZEVEDO; ARAÚJO, 2007).

Entretanto, as políticas públicas atuais têm se mostrado ineficientes e inadequadas, porque os representantes dos poderes federal, estadual e municipal desconhecerem ou desconsiderarem as questões técnicas que envolvem o planejamento, o projeto e mesmo a execução de moradias tão pequenas e ao mesmo tempo tão complexas. Na complexidade da moradia de baixa renda, a habitação não deve ser considerada apenas um abrigo, pois, ela é o cenário onde os rituais e modos de vida se desenrolam; local onde uma família realiza ou espera realizar seus sonhos de segurança e crescimento social (PALERMO et al., 2007).

Portanto, sob um ponto de vista sociológico, o problema da moradia revela o dinamismo e a complexidade de determinada realidade socioeconômica. As necessidades do habitat não se limitam exclusivamente a um objeto material, mas dependem da vontade coletiva e se articulam às condições culturais e a outros aspectos da dimensão individual e familiar.

Dessa forma, as demandas habitacionais são diversas nos diferentes segmentos sociais e, além disso, variam e se transformam com a própria dinâmica da sociedade (BRANDÃO, 1984).

No Brasil, a produção massificada da habitação social tem se caracterizado pela excessiva padronização e pela redução nominal dos espaços internos. As soluções são de qualidade plástica duvidosa e constituem espaços pequenos, dispostos em edifícios tecnicamente mal concebidos e mal executados (PALERMO et al., 2007). Isto ocorre por uma inadequada abordagem setorial que busca reduzir a complexidade da habitação ao problema do déficit habitacional. Assim, camufla-se uma complexa realidade da moradia por meio de uma quantificação padronizada, atemporal e neutra (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2009). A padronização excessiva das unidades ignora, além dos condicionantes ambientais da região de implantação, as características e necessidades dos usuários a que se destinam.

Conforme Bergan, et al. (2004), a insatisfação familiar resulta em modificações precoces na moradia. Grande parte das modificações executadas compromete a funcionalidade da casa interferindo na qualidade de vida familiar e na relação com a vizinhança, podendo prejudicar funções como ventilação, iluminação, organização espacial, acessibilidade e segurança. Além disso, as obras sem acompanhamento técnico geram retrabalhos e gasto suplementar de material, além de promover, por vezes, sérios impactos ao meio ambiente.

No setor da construção civil, a sustentabilidade, o impacto ambiental e os altos níveis de desperdícios têm sido pauta de ampla discussão durante as últimas décadas, especialmente na esfera acadêmica (SILVA, 2003; CARVALHO et al., 2010; FOSSATI; LAMBERTS, 2010; MARQUES, 2007; ZHAO, 2011; TULADHAR, 2011). Isto vem ocorrendo porque a indústria da construção tem sido responsável por impactos significativos sobre o meio ambiente.

Este setor como um todo é responsável por grandes parcelas do consumo nas matrizes energéticas dos países; o uso indiscriminado e exacerbado de recursos naturais para a produção de materiais de construção; a geração e emissão de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) para a natureza; o estado de degradação de imóveis e de ambientes urbanos; entre diversos outros aspectos que podem ser elencados, não só de ordem ambiental, como de ordem social e econômica das cidades, sendo associado de diversas formas aos principais problemas da sociedade urbana contemporânea (ZAMBRANO, 2008).

Por outro lado, apesar dos impactos causados, o setor da construção é fundamental para garantia da qualidade de vida, pois é o responsável pela concretização das necessidades básicas da população, além de propiciar significativa geração de empregos diretos e indiretos, participando ativamente na movimentação da economia do desenvolvimento econômico do

país. Assim, este setor apresenta-se como estratégico nas intervenções para avançar de forma significativa na busca pelo desenvolvimento sustentável, buscando assim, o equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável (SILVA, 2003).

A realização de uma construção sustentável se dá pela reunião de soluções de projeto, sistemas e tecnologias que visam a minimizar o uso dos recursos naturais, bem como a redução dos decorrentes resíduos gerados. (SILVA, QUELHAS, 2006). Para a garantia de uma construção sustentável é necessário que a escolha dos requisitos referentes à construção seja priorizada de acordo com as características de cada região, do local a ser aplicado, isto é, dependentes dos recursos naturais disponíveis, das tecnologias existentes, clima, leis e regulamentos já existentes, além da cultura e tradição de cada um (PARDINI, 2009).

A fim de orientar e mensurar a sustentabilidade nas edificações diferentes programas são lançados em diversos países para a avaliação das construções verdes tais como: *British Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), lançado no Reino Unido em 1990, Building Environmental Performance *Assessment Criteria* (BEPAC), desenvolvido no Canadá, a certificação americana *Leadership in Environmental and Energy Design* (LEED NC®), a certificação francesa *Haute Qualité Environmentale* (HQE), adaptada para a realidade brasileira com a designação AQUA. No Brasil, destacam-se o Selo Azul da Caixa Econômica Federal, focado em Habitações de Interesse Social, e a etiqueta de eficiência energética desenvolvida pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

Porém, a inserção da sustentabilidade nas edificações a partir do uso dos *checklists* das certificações ambientais deve ser utilizado com cautela, pois de acordo com Silva (2003), o fato de um edifício atender à lista de verificação não garante o melhor desempenho da edificação. Ou seja, os critérios das certificações enfocam aspectos de atributos ambientais isolados e devem ser compreendidas e adotadas estratégias para uma inserção que possa alcançar o desempenho ambiental global das edificações.

Desta forma, para a sustentabilidade e qualidade do projeto arquitetônico, além de todas as propriedades usualmente requeridas, técnica, estética e funcional, é primordial que sejam assumidos como prioridades os aspectos realmente mais relevantes para o melhor desempenho daquela edificação (ZAMBRANO, 2008).

Assim, a fim de reduzir o número de assentamentos inadequados e buscar alternativas mais consistentes, tanto do ponto de vista utilitário quanto do existencial, pretende-se explorar elementos de projeto capazes de gerar padrão mínimo de adequação para essas

habitações, tanto considerando os padrões básicos da realidade das habitações de interesse social, como analisando estratégias para elaboração de um projeto ambientalmente sustentável. Desta forma, somente após atender os atributos necessários para cumprir seu papel, a habitação apresentará condições de promover qualidade de vida para seu usuário.

Entretanto para busca destas alternativas é necessária a compreensão da complexidade do projeto arquitetônico, pois este envolve soluções técnicas e artísticas, resultado da manipulação criativa de diferentes elementos, tais como: funções, volume, espaço, textura, luz, materiais, componentes técnicos e custos, desempenho e tecnologia construtiva. Como já foi mencionado o desenvolvimento de um projeto abrange diversas variáveis e compreende diferentes escalas: regionais, urbanas, do edifício e do objeto. Isto torna cada projeto único, que necessitará de soluções específicas que podem ser resolvidas de diversas maneiras. Assim, diferentes métodos, ferramentas, técnicas e formas de representação são necessários para lidar com a solução desse problema (KOWALTOWSKI; BIANCHI; PETRECHE, 2011)

Diversos estudos (AZHAR et al, 2010; FLORIO, 2007; BUORO et al, 2011; CHRONIS; LIAPI; SIBETHEROS, 2011; ROMCY, 2011) têm demonstrado a importância do uso de ferramentas computacionais no processo de projeto de arquitetura e seu potencial de proposição de soluções arquitetônicas, simulações ambientais e gerenciamento da informação. O uso da parametrização insere-se neste contexto como uma estratégia de personalização de projetos, por alcançar uma ampla variedade de soluções ao sistematizar os requisitos dos usuários e identificar qual proposta apresenta melhor resposta aos problemas de projeto (KOWALTOWSKI et al, 2011).

De acordo com Chronis, Liapi e Sibetheros (2011), os experimentos com o efeito dos parâmetros ambientais no projeto de edifícios são enormemente facilitados pelas ferramentas de design auxiliado por computadores (Computer Aided Design, CAD), as quais se encontram em rápido desenvolvimento, sendo aplicadas na pesquisa e prática arquitetônica. Os sistemas avançados CAD, tais como o sistema de design paramétrico, que integram as ferramentas computacionais, tornam possível a interação entre a forma geométrica de um edifício e parâmetros físicos ou outros. No âmbito deste novo campo de construção, a pesquisa de design, explora novos domínios de soluções arquitetônicas por meio do emprego de ferramentas computacionais, as quais criam ambientes simulados que emulam o fenômeno físico que afeta a forma arquitetônica. Tais ambientes simulados permitem a integração dos parâmetros ambientais e requisitos de performance no processo de projeto, e tornam possíveis

os experimentos com estratégias de design sustentável as quais podem levar a novas e interessantes formas de construção.

Assim, Nardelli (2011) aconselha o emprego de aplicativos de modelagem tridimensional com componentes parametrizados, trabalhando diretamente sobre um modelo digital das áreas de implantação desses empreendimentos. Com isso, possibilita-se a abertura de uma nova perspectiva de enfrentamento dessa questão, pois, ao se aliar essa técnica à eficiência da gestão e desenvolvimento do projeto através do *Building Information Modeling* (BIM), viabiliza-se a complexidade necessária para propostas que consideram as variáveis do contexto de cada área, compatibilizando-as com as respectivas características em vez de destruí-las simplesmente para adaptá-las a um padrão imposto.

A inserção dessas novas tecnologias aparece como ação chave para a introdução de melhorias habitacionais envolvendo flexibilização, personalização e modulação, além da redução do desperdício de materiais e o gerenciamento das informações necessárias à execução, avaliação pós-ocupação e futuras assistências técnicas para melhoria das unidades, tendo grande potencial de aplicação na proposição de projetos de habitação de interesse social.

Destaca-se, assim, como área promissora de pesquisa, o estudo dos mais diversos domínios de conhecimento na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), visando à formalização de parâmetros e a alimentação de sistemas generativos ou de apoio à tomada de decisão ao projeto que utilizam a ferramenta computacional BIM.

Formalizada a importância de se estudar possibilidades para mudar a realidade das habitações populares, incluindo a regionalização e os requisitos de sustentabilidade no processo de elaboração de projetos, compreende-se a necessidade do uso de ferramentas computacionais, visto a complexidade de informações inseridas no processo. Esse novo modo de pensar o processo do projeto arquitetônico permite uma gama de soluções, ajudando o arquiteto na avaliação das melhores respostas de acordo com questões múltiplas que determinam as tomadas de decisão.

Dada a importância do tema, a pesquisa visa responder a pergunta que norteia este estudo: Como elaborar um projeto sustentável de habitação de interesse social?

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma metodologia para concepção de projetos sustentáveis de habitação de interesse social.

Para a realização deste objetivo principal, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Definir os requisitos de sustentabilidade ambiental a serem inseridos como parâmetro de projeto, a partir das metodologias de sustentabilidade;
- Definir estratégias socioambientais de projeto para a cidade de Fortaleza;
- Desenvolver um fluxo de informações paramétricas para elaboração de projetos sustentáveis de habitação de interesse social;
- Customizar as informações paramétricas de projetos sustentáveis de habitação de interesse social para o ambiente BIM.

1.3 Limitações

Este trabalho possui algumas limitações que merecem ser consideradas. A pesquisa propõe-se a elaborar um modelo teórico de processo de projeto restrito a habitações de interesse social. Assim como as diretrizes sustentáveis propostas para elaboração de projetos deverão ser determinadas para a realidade socioeconômica de HIS.

Considerando o ciclo de vida da edificação, este trabalho restringe-se a etapa de projeto do edifício, ou seja, as estratégias de sustentabilidade, descritas nas certificações ambientais estudadas, voltadas a etapa da construção, como por exemplo: Gestão de resíduos, uso de concreto com dosagem otimizada ou ainda desenvolvimento pessoal dos empregados não foram inseridos.

O estudo propõe-se ainda a definir etapas do processo de projeto considerando somente a unidade habitacional, assim desconsiderando as influências do projeto quanto ao seu entorno e vizinhança. Além de limitar as características climáticas, que irão nortear as estratégias de projeto, para a realidade da cidade de Fortaleza.

1.4 Contexto

Desde o ano de 2000, o Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento na Construção Civil (GERCON) desenvolve atividades de pesquisa, extensão e consultoria para instituições públicas e privadas, relacionadas às áreas de gerenciamento na construção civil, satisfação de clientes, construção enxuta, planejamento de obras, processo de projeto entre outras. O grupo é constituído por alunos e professores da Universidade Federal do Ceará,

ligados ao Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Departamento de Arquitetura e Urbanismo e ao Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil.

Este trabalho, desenvolvido com o apoio do GERCON, se insere no contexto de um projeto de pesquisa maior intitulado por “Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicadas à Construção de Habitação de Interesse Social”, financiado com recursos da Financiadora de Estudos e Pesquisas – FINEP, Programa de Tecnologia da Habitação - HABITARE. (Código de inscrição, 235105)

Tal projeto é uma iniciativa do governo federal com o intuito de estimular o desenvolvimento tecnológico nessa área e tem como objetivo geral o desenvolvimento de soluções inovadoras em Tecnologia da Informação e Comunicação aplicadas à construção e arquitetura, visando a melhoria da qualidade e produtividade do segmento da habitação de interesse social, com destaque para: *Building Information Modeling* (BIM) e outras soluções para suporte ao processo de gerenciamento de projetos, simulação de desempenho e operação de edificações.

A rede de pesquisa congrega sete universidades brasileiras, quais sejam: Universidade de São Paulo – USP; Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; Universidade Federal do Paraná – UFPR; Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP; Universidade Presbiteriana Mackenzie – UPM; Universidade Federal da Bahia – UFBA; e Universidade Federal do Ceará – UFC.

Dessa forma, esta dissertação pretendeu contribuir na execução de uma das metas da rede supracitada: coleção de parâmetros e condicionantes de projeto para HIS aplicados a simulação de modelos em sistemas generativos. O objetivo do referido grupo trata do desenvolvimento de um ambiente virtual de projeto direcionado a habitação de interesse social. Este trabalho foi alimentado por parâmetros coletados e analisados em habitações autoconstruídas, desenvolvido em um estudo de caso na ZEIS Planalto Pici em Fortaleza –CE (MORORÓ, 2012), aplicado a partir de um arranjo metodológico que compreendeu, além de outros procedimentos o levantamento físico de 94 unidades e o registro da progressividade na construção da moradia a partir de entrevistas com os moradores.

1.5 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação desenvolveu-se ao longo de sete capítulos. Neste primeiro capítulo foram expostos a problematização e justificativa da pesquisa que levaram a concepção de uma questão de partida a ser estudada. Assim, foram também definidos objetivos que orientaram a

concretização do trabalho, algumas limitações observadas e o contexto a que a pesquisa está inserida.

No segundo capítulo foi apresentado o conceito de desenvolvimento sustentável, resumindo-se como a sustentabilidade evoluiu na arquitetura, quais os critérios devem ler avaliados para alcançar a sustentabilidade, além de divulgadas as metodologias para avaliação da sustentabilidade em edificações.

O terceiro capítulo trata da concepção arquitetônica, com seus respectivos métodos e instrumentos de auxílio a inserção da sustentabilidade no processo de projeto. Em destaque é apresentado o BIM, no qual discorreu-se sobre suas características e potencial de aplicação.

No quarto capítulo descreveu-se sobre a problematização das habitações de interesse social no Brasil, ressaltando-se o déficit habitacional, as políticas habitacionais e a falta de qualidade e adequação dos projetos para moradias populares.

No quinto capítulo apresentou-se a metodologia da pesquisa, discorrendo-se sobre considerações acerca da pesquisa científica, e caracterizando a pesquisa quanto a sua classificação metodológica, seus pressupostos, a estratégia de pesquisa utilizada e as etapas do desenvolvimento da dissertação, delineamento da pesquisa.

O sexto capítulo, análise dos resultados, foram apresentados os requisitos de sustentabilidade ambiental, baseados nos critérios de sustentabilidade do selo casa azul. Foi feita uma caracterização climática da cidade de Fortaleza com os dados disponibilizados da estação meteorológica do Campus do Pici, no qual foram descritas algumas estratégias de projeto. Foram apresentadas também as etapas do fluxo de informações paramétricas para elaboração de projetos sustentáveis para habitações populares e por fim os resultados da customização do fluxo para o ambiente BIM, com a criação de um plug-in.

No sétimo e último capítulo, são apresentadas as considerações finais, assim como o atendimento dos objetivos lançados e a descrição das principais dificuldades encontradas ao longo do trabalho. Também são expostas as contribuições da pesquisa e uma lista de sugestões para trabalhos futuros.

2 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo introduz o referencial teórica desta dissertação, neste capítulo são discutidos o surgimento da preocupação e as primeiras atitudes tomadas quanto aos problemas ambientais causados pela indústria da construção civil. Assim como as etapas percorridas na arquitetura considerando o requisito da sustentabilidade das edificações. Apresentou-se as metodologias de avaliação da sustentabilidade, LEED, AQUA, PROCEL Edifica e o selo casa azul e as etapas com suas respectivas estratégias, para elaboração de um projeto sustentável.

2.1 Desenvolvimento sustentável e a construção civil

As atividades produtivas do homem e o desenvolvimento econômico sempre estiveram acompanhados ao consumo de recursos. No século XVIII, a revolução industrial provocou uma grande aceleração no consumo de recursos naturais na medida em que passou-se a consumir um quantidade exacerbada de recursos materiais, com destaque para o ferro, e recursos energéticos oriundos do carvão. Este período representou um marco do desenvolvimento tecnológico para a sociedade mundial. O início da utilização do petróleo estabeleceu definitivamente um modelo de produção que trouxe ao mundo um cenário de grande impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente.

Até metade do século XX, os problemas decorrentes à degradação dos recursos ambientais apresentavam-se somente de forma localizados, não interferiam no desenvolvimento num âmbito global. Porém, um desequilíbrio econômico e social surge após a segunda guerra mundial. A utilização da tecnologia desconsiderava a possibilidade de esgotamento dos recursos ambientais, assim como as atividades de produção e consumo não contavam com tamanho porte de lançamento de resíduos no meio ambiente. Estas intervenções contribuíam para o risco de escassez dos recursos naturais e degradação ambiental que ameaçam a nossa sociedade (ZAMBRANO, 2008).

“O grande desequilíbrio econômico e social, faz com que haja no mundo mais famintos e analfabetos do que nunca, além dos que não dispõem de água e moradia de boa qualidade, nem qualquer espécie de energia para cozinhar e se aquecer. Além disso, os riscos do desequilíbrio ambiental ameaçam o planeta, o homem e a vida de muitas espécies” (WCED, 1987).

Em resposta ao desequilíbrio constatado e às preocupações com riscos globais, como a contaminação da água, do ar, solo e das cadeias alimentares, o efeito estufa, a explosão

demográfica e o empobrecimento da biodiversidade, surgem alguns eventos que marcaram a evolução das políticas ambientais no mundo (ZAMBRANO, 2008). Dentre elas podemos destacar:

• A promulgação da Política Ambiental Americana, em 1969 (NEPA);

• A publicação, em 1972, do relatório do MIT "Os Limites do Crescimento", primeiro documento importante, internacional, de alarme para deterioração do meio ambiente;

• A realização da Conferência das Nações Unidas em Estocolmo, em 1972, quando o meio ambiente foi incluído na agenda internacional;

• A assinatura, em 1987 por 46 países, do Protocolo de Montreal, proibindo a produção em massa de substâncias que destroem a camada de ozônio (clorofluorcarbonetos).

• O trabalho realizado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento e a publicação do relatório "Nosso Futuro Comum" em 1987;

• A primeira reunião entre governantes e cientistas sobre as mudanças climáticas, realizado em Toronto, no Canadá em 1988;

• A realização da Rio'92 - Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro, em 1992, grande marco de divulgação ao mundo dos princípios do Desenvolvimento Sustentável; e a posterior Rio +10, II Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Johannesburg em 2002, dez anos após a Rio'92.

Observa-se que as políticas ambientais realizadas na década de 70, tinham um caráter essencialmente corretivo, no qual eram introduzidos mecanismo de controle da poluição. Já nos anos 80, as políticas ambientais passam a ter um caráter preventivo, introduzindo a avaliação do impacto ambiental como instrumento para a tomada de decisão.

As tentativas de atuar sobre problemas ambientais em escala internacional datam do início do século XX, mas, segundo Barbieri (2004), as questões ambientais apenas se consolidaram em escala internacional, começando a se tornar uma preocupação verdadeiramente global e integrada, na Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo em 1972. Esta conferência provocou discussões na Organização das Nações Unidas (ONU) que levaram à criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, ou WCED sua sigla em inglês), em 1983, que no desenvolver de seus trabalhos publicou, em 1987, o livro intitulado Nosso Futuro Comum (também conhecido como Relatório *Brundtland*, nome da presidenta da Comissão *Gro Brundtland*, primeira ministra da Noruega). Esta publicação teve o intuito de discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental. No relatório, propõe-se o conceito de desenvolvimento sustentável como "aquele que satisfaz

as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades" (WCED, 1987).

Segundo o Relatório *Brundtland*, o conceito do Desenvolvimento sustentável baseia-se numa série de princípios e Diretrizes que devem representar os elementos norteadores das políticas e planos mundiais, refletidos nos planejamentos e ações dos diversos setores de atividades da sociedade. Destacam-se, a seguir, os princípios de maior relevância:

1. Eficácia econômica – as considerações ambientais e sociais são ponderadas nos processos de decisão que inicialmente poderiam limitar-se ao custo-benefício econômico. Busca-se um equilíbrio entre custos financeiros e benefícios ambientais e sociais, portanto as decisões visam não somente os menores custos, mas um custo admissível que promova os maiores benefícios ambientais e sociais, envolvendo o conceito de custo global, onde o cálculo dos custos não deverá considerar apenas os valores iniciais para implantação das ações ou soluções tecnológicas, mas os retornos esperados no longo prazo, tanto no âmbito ambiental como no âmbito dos benefícios sociais. Envolve, também, um direcionamento dos investimentos mundiais para as áreas onde as necessidades básicas são mais desassistidas.

2. Equidade social (sociocultural) – Simboliza, para todos, o direito de atender às suas necessidades e aspirações. Compreende a defesa dos interesses comuns, no respeito aos valores culturais de cada grupamento social. É uma equidade no tempo, de respeito entre gerações; e no espaço, de respeito entre culturas e grupos sociais distintos numa mesma geração; tanto no interior de cada nação ou território, como entre eles.

3. Preservação ambiental – Compreende a preservação das espécies animais e vegetais e de seus ecossistemas; a preservação de recursos naturais, objetivando sua disponibilidade para as gerações futuras; e a redução de danos ao meio ambiente e seus sistemas naturais: a atmosfera, as águas, os solos e os seres vivos. Visando um menor consumo dos recursos naturais, as políticas devem estimular a descoberta de materiais e tecnologias alternativas, minimizando o desgaste do meio ambiente.

4. Princípio do longo prazo – Envolve a visão ao longo prazo, com a previsão ou consideração sobre mudanças de necessidades ou de conjunturas, tanto socioeconômicas como culturais e sua capacidade de adaptação, que deve estar presente em todo tipo de ação de planejamento e decisão.

5. Princípio de globalidade – "Pensar globalmente, agir localmente". Esta é a segunda célebre frase do desenvolvimento sustentável. As especificidades, limitações, valores, necessidades e prioridades locais, em termos socioculturais, ambientais e econômicos devem

ser respeitados quando da aplicação das novas tecnologias desenvolvidas e dos avanços obtidos nas diversas partes do mundo.

6. Princípio da governança – representa a atitude ética e responsável dos governantes e administradores nos processos de decisão, em todas as escalas públicas e privadas, de forma a garantir o consenso e os interesses comuns entre todos os atores sociais envolvidos e impactados pelos possíveis resultados das decisões tomadas. Envolve o apoio à comunidade, em busca da conscientização, acesso à informação e desenvolvimento de conhecimentos, favorecendo condições para que a mesma possa participar plenamente das decisões. Este princípio baseia-se numa atitude sincera de ética ambiental e social que possa refletir em todo o conjunto de ações que estejam ao alcance dos governantes.

John Elkington em seu livro *Cannibals with Forks*, escrito em 1998, oferece um olhar mais profundo sobre a definição de sustentabilidade. O autor descreve o conceito do *Triple Bottom Line*, ou como é conhecido em português tripé da sustentabilidade, que corresponde aos resultados de uma organização considerando o seu desempenho ambiental e social, além do desempenho econômico. Esses três desempenhos estão representados nas três pernas do tripé, Pessoas, Planeta e Prosperidade, Elkington acreditava que equilibrar corretamente as decisões sobre as três áreas resultaria em uma solução sustentável (KRYGIEL; NIES, 2008).

Figura 2.1 - *Triple Bottom Line*

Fonte: Krygiel e Nies (2008)

As pessoas estão associadas às questões sociais do desenvolvimento sustentável, ou seja, à responsabilidade de proporcionar bem estar aos usuários. A moradia é uma das necessidades básicas do ser humano e para alcançar a sustentabilidade devem ser inseridas estratégias desde soluções arquitetônicas para proporcionar conforto, a eleição de materiais que não agridam o bem estar dos ocupantes.

Segundo pesquisas do United States Green Building Council (USGBC) relacionando edifícios sustentáveis e usuários, estudos descobriram que edifícios verdes têm benefícios na saúde humana e produtividade, como o melhor desempenho em teste nas escolas, pessoas liberadas mais cedo de hospitais, aumento de vendas em ambientes de varejo, o aumento da produção nas fábricas, e aumento da produtividade no ambiente de escritório.

Muitas das estratégias utilizadas para criar espaços saudáveis para pessoas têm utilidade na redução de custos operacionais, mas essas economias são normalmente uma gota no oceano em comparação aos ganhos de produtividade que podem ser gerados. Uma melhoria de 1% na produtividade da força de trabalho provavelmente supera a redução de custos de serviços públicos, porque as pessoas são o investimento mais caro que uma empresa tem no momento em que se pense no fator salários e benefícios (KRYGIEL; NIES, 2008).

No setor da construção civil, a sustentabilidade, o impacto ambiental e os altos níveis de desperdícios têm sido pauta de ampla discussão durante as últimas décadas, especialmente na esfera acadêmica (SALVETTI; CZAJKOWSKI; GÓMEZ, 2010; CARVALHO et al., 2010; FOSSATI; LAMBERTS, 2010; FONSECA et al., 2010). Isto vem ocorrendo porque a indústria da construção tem sido responsável por impactos significativos sobre o meio ambiente.

De acordo com dados disponíveis no BEN (BRASIL, 2009), publicado pelo Ministério de Minas e Energia, dentro da composição setorial do consumo de energia do país, o setor da construção civil, as edificações e sua cadeia construtiva são responsáveis por aproximadamente metade da energia consumida, no qual 22,3% correspondem a edificações residenciais, 14,6% a edificações comerciais e 8,1% a edificações públicas, totalizando em 45% do consumo de energia do país.

É importante perceber que além da energia consumida ao longo do ciclo de vida das edificações, estas são concretizadas com a utilização de uma série de materiais que possuem uma alta quantidade de energia incorporada, isto é, energia consumida no processo de produção destes materiais. Dentre estes, podemos citar o concreto, o alumínio e o aço, que aliada à grande demanda de energia, são responsáveis também por grandes quantidades de emissões de CO2 (PARDINI, 2009). Assim, o consumo de energia em edifícios resulta em poluição, destruição

do ozônio e aquecimento global, que provocam problemas de saúde para todas as espécies vivas. Por esta razão, é de grande importância estudar estratégias sustentáveis, visando dessa forma, diminuir os impactos causados.

A indústria da construção representa a atividade humana com maior impacto sobre o meio ambiente. Edifícios e obras civis alteram a natureza, função e aparência de áreas urbanas e rurais. A construção de edifícios, assim como de obras de infraestrutura, consome recursos e geram resíduos desde as fases de extração de materiais junto a jazidas até as de demolição em proporções que em muito superam a maioria das outras atividades econômicas. (BRANDLI et al, 2007). Estes prejuízos causados podem ter caráter transitório, como ruídos e poeiras, ou até permanentes como os combustíveis liberados na atmosfera.

Em contra partida, os impactos sociais e econômicos causados por este setor são essenciais para o aumento da qualidade de vida, pois além de atender as necessidades básicas dos usuários capaz de maximizar o capital social, é responsável por uma grande absorção de mão de obra e pelo poder de geração de empregos diretos e indiretos participando assim ativamente na economia (SILVA, 2003). Por este motivo, o setor de construção tem uma importância significativa para qualquer país, pois apresenta grande potencial de setor estratégico para intervenção para avançar de forma significativa na busca pelo desenvolvimento sustentável (Nahmens and Ikuma, 2011).

Desta forma, o desenvolvimento sustentável está na busca do equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável. A dimensão social busca o equilíbrio de uma sociedade mais justa, com o desenvolvimento humano em um nível aceitável de qualidade de vida; a dimensão ambiental busca o equilíbrio entre proteção do ambiente físico e seus recursos, e o uso destes recursos de forma a permitir que o planeta continue a suportar uma qualidade de vida aceitável. E a dimensão econômica busca um sistema com acesso aos recursos e oportunidades, visando o aumento de prosperidade, todavia dentro dos limites do que é ecologicamente possível (SILVA, 2003).

Ministrar o desenvolvimento de uma organização de forma sustentável pode ser considerado uma vantagem competitiva. Esta é uma tarefa árdua que deve ser provida de maneira gradual sobre o ambiente corporativo (BIEKER et al., 2006), especialmente pelo fato de o desenvolvimento sustentável não focar somente aspectos ambientais, mas sociais e econômicos (Bae e Kim 2007). Quanto à sustentabilidade na indústria da construção civil, Asiedu et al (2009) destaca a construção sustentável como um processo holístico que busca a harmonia entre ambientes naturais e construídos.

BRE, CAR e ECLIPSE (2002) afirma que não é possível, portanto, alcançar o desenvolvimento sustentável sem que haja construção sustentável e define construção sustentável como o compromisso com:

• Sustentabilidade econômica: aumentar a lucratividade e crescimento através do uso mais eficiente de recursos, incluindo mão de obra, materiais, água e energia.

• Sustentabilidade ambiental: evitar efeitos perigosos e potencialmente irreversíveis no ambiente através de uso cuidadoso de recursos naturais, minimização de resíduos, e proteção e, quando possível, melhoria do ambiente.

• Sustentabilidade social: responder às necessidades de pessoas e grupos sociais envolvidos em qualquer estágio do processo de construção (do planejamento a demolição), provendo alta satisfação do cliente e do usuário, e trabalhando estreitamente com clientes, fornecedores, funcionários e comunidades locais.

Construção sustentável é, também, um conceito que requer a consideração de objetivos sustentáveis no processo de decisão em todas as fases do ciclo de vida da edificação. Tendo em vista a complexidade envolvida para a obtenção da sustentabilidade na construção, não há um modelo único para a construção sustentável, sendo que o desafio de medir sustentabilidade reside no fato de que sustentabilidade não é mensurável (BAE, KIM, 2007).

Segundo Motta et al. (2009) na construção civil, a sustentabilidade vem comumente sendo entendida a partir de duas ações:

- Inclusão de requisitos de sustentabilidade nos requisitos de desempenho, de qualidade e de valor do empreendimento, sendo a sustentabilidade percebida principalmente como um aspecto ambiental do mesmo.
- Obtenção de uma certificação verde para a edificação, como as fornecidas pelas ferramentas LEED e AQUA, sendo que as certificações dão ênfase principalmente à dimensão ambiental da sustentabilidade.

Já o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) apresentam algumas práticas para sustentabilidade na construção, sendo as principais:

- Aproveitamento de condições naturais locais;
- Utilizar mínimo de terreno e integrar-se ao ambiente natural;
- Implantação e análise do entorno;
- Não provocar ou reduzir impactos no entorno – paisagem, temperaturas e concentração de calor, sensação de bem-estar;

- Qualidade ambiental interna e externa;
- Gestão sustentável da implantação da obra;
- Adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários;
- Uso de matérias-primas que contribuam com a ecoeficiência do processo;
- Redução do consumo energético;
- Redução do consumo de água;
- Reduzir, reutilizar, reciclar e dispor corretamente os resíduos sólidos;
- Introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- Educação ambiental: conscientização dos envolvidos no processo.

No atual contexto econômico, a influência da globalização nos negócios acaba por exigir do empreendedor maior capacidade para vislumbrar oportunidades de mercado e sustentar uma postura competitiva no segmento de atuação. Lewis (2000) afirma que vantagem competitiva pode ser definida como a habilidade de determinado negócio em atuar de maneira particularmente ágil no mercado, além da capacidade empresarial em oferecer produtos e serviços de maneira diferenciada. Rao e Holt (2005) destacam o esforço contínuo de organizações pelo mundo em incrementar sua competitividade. Um exemplo desta prática envolve a busca de várias empresas por alcançar destaque através da melhoria da performance ambiental, minimizando desperdícios e poluição, vista como uma forma de ineficiência (RAO; HOLT, 2005).

Entretanto, em detrimento dos benefícios de um bom projeto, tem-se tentado vender “teor verde” e “sustentabilidade”. Construção sustentável significa, antes de tudo, benefícios, desempenho superior e viabilidade econômica, envolvendo questões concretas de saúde, segurança e produtividade, no longo prazo. Projetos ambientalmente responsáveis são mais duráveis, econômicos e eficientes e oferecem ambientes mais saudáveis e confortáveis para ocupantes e usuários, sendo estes aspectos o que capturam a atenção do investidor ou comprador potencial.

A realização de uma edificação verde, ou uma construção sustentável, portanto, se dá pela reunião de soluções de projeto, sistemas e tecnologias que visam a minimizar o uso dos recursos naturais, bem como a redução dos decorrentes resíduos gerados. Porém, a busca pelo progresso econômico como alternativa para obter melhor qualidade de vida, bem como a escassez de recursos financeiros, leva as nações em desenvolvimento a priorizarem a esfera econômica em detrimento das questões sociais e ambientais (SILVA, QUELHAS, 2006).

Segundo Veeman e Polytilo (2003), a sustentabilidade deve abranger objetivos múltiplos envolvendo outros componentes: crescimento, distribuição, ambiental e institucional. No entanto, quanto à internacionalização da sustentabilidade no ambiente corporativo Silva (2003) afirma que a organização deve buscar o equilíbrio entre o que é socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente sustentável. Contudo, incorporar essas questões no ambiente organizacional representa um grande desafio (BIEKER et al., 2006). De acordo com Holiday et al (2002), a organização sustentável deve envolver a comunidade e as partes interessadas em busca de benefícios mútuos para os *stakeholder* que interagem com a empresa. Dessa maneira, a organização prospera no mercado, reforçando os ambientes de atuação e os costumes culturais, para que esses sejam tão importantes quanto o portfólio tecnológico e as habilidades de seus funcionários.

Dentro deste paradigma surge a necessidade das organizações de gerenciar questões sociais e ambientais ou repensar a organização frente ao que veio a se chamar de sustentabilidade empresarial (o equilíbrio de longo prazo das variáveis econômicas, sociais e ambientais). Emerge, portanto, a necessidade de mudanças nos processos organizacionais, a partir da adoção da gestão ambiental que consiste em um conjunto de atividades que visa a minimizar o impacto das atividades produtivas sobre o meio ambiente, incorporando a variável ambiental na definição das estratégias organizacionais. Considera-se, nesse contexto, a responsabilidade dos produtores em desenvolver produtos com o mínimo de impacto ambiental em todas as fases do ciclo de vida, como forma de garantir a qualidade ambiental como um valor agregado aos produtos e de responder às pressões do mercado.

As questões ambientais, atualmente, estão sendo inseridas dentro das empresas como um diferencial competitivo, ou seja, um importante fator de sucesso para a aceitação dos seus produtos no mercado, já que demonstra à sociedade que a empresa é comprometida com a preservação ambiental. Desta forma, a aplicação bem sucedida e orientada da gestão ambiental dentro das organizações possibilita não só benefícios à empresa, como a redução de custos e uma vantagem competitiva sustentável, como a satisfação de seus clientes e ainda o cumprimento de normas legais (OLIVEIRA et al., 2011).

Considera-se, portanto, a relevância à incorporação de variáveis ambientais nos objetivos estratégicos das empresas deste setor produtivo, cujos resultados são a melhoria do desempenho ambiental e produtos mais sustentáveis. Com essa postura, o setor da construção civil poderá gerar alternativas ambientais relevantes para promover o bom uso e a economia de recursos em todas as fases do ciclo de vida dos produtos gerados, o que mostra a necessidade de identificar os diferentes tipos de impactos no processo produtivo para, assim, adequar as

medidas práticas para as atividades de construção e atender às condições legais necessárias da área ambiental (OLIVEIRA et al., 2011).

2.2 Sustentabilidade na arquitetura

O meio ambiente sempre esteve presente na arquitetura. Na verdade o ambiente construído nasceu a partir da interação do homem com meio ambiente. A prática do pensamento sustentável é de muitas formas antiga. Se olharmos para os edifícios de algumas das culturas indígenas, podemos ver que eles eram altamente qualificados para adaptar o local e os materiais de suas estruturas ao clima e lugar. Os abrigos eram feitos de materiais encontrados no local, construídos de forma a criar massa térmica e resistência ao vento. As informações de insolação e formações rochosas naturais serviam para utilizar técnicas solares passivas para resfriamento, aquecimento, e iluminação (KRYGIEL; NIES, 2008).

Todo esse conhecimento das condições ambientais e climáticas locais para melhor adequação da edificação, começou a ser implantado desde os tempos das construções venaculares, no qual ainda não existia a figura do arquiteto projetista. Depois já com status de arquitetura, envolvendo aspectos conceituais e o desenvolvimento prévio do projeto, encontram-se nos tratados de arquitetura deixados na história, registros da preocupação de que esta deveria considerar as condições climáticas do local para a concepção da edificação (ZAMBRANO, 2008).

Com a Revolução Industrial veio a capacidade de produção em massa de materiais de construção intercambiáveis, de uma forma mais rápida e barata do que com os trabalhadores qualificados do passado. O objetivo da Revolução Industrial foi conservar o trabalho humano, enquanto aumentava a produção de todas as coisas necessárias para a sociedade humana. Assim se via o início da pré-fabricação de peças intercambiáveis. Recursos naturais, no modelo industrial, raramente foram avaliados pelo seu custo real. A maioria dos recursos naturais eram tratados como se fossem abundantes, ilimitados e baratos (KRYGIEL; NIES, 2008).

No início do século XX, surgem algumas invenções de melhores tecnologias para iluminação elétrica, elevadores, e outros sistemas mecânicos que logo mudaram as características do ambiente construído ao longo de décadas a seguir. As tecnologias para o aquecimento, ventilação e condicionamento de ar continuaram a evoluir. A indústria da construção se afastou do design que era específico para o clima, cultura e lugar, em direção a padrões uniformes para todas as situações. O ambiente construído agora dependia de padrões de tecnologia desenvolvidos, que em sua maior parte foram transformados em códigos de

construção e, assim, ligado a garantias de produtos. A maioria do aquecimento e arrefecimento era mecânico, a maioria da iluminação era artificial, e os materiais de construção vinham a partir de qualquer lugar do mundo. A partir de meados do século XX até hoje, os projetistas têm desenvolvido projetos de edifícios em todos e cada uma das zonas climáticas sem nenhum respeito para o clima local (KRYGIEL; NIES, 2008).

Até que ocorre a crise energética na década de 70, por conta do choque do petróleo, e em meio a outros questionamentos de ordem filosófica sobre o que vinha sendo praticado na arquitetura ao longo deste século, ganha força na arquitetura todo um movimento de resgate, buscando recompor o rompimento com a história estabelecido pela Arquitetura Moderna e assim, desenvolveu-se nos Estados Unidos e Europa, a chamada Arquitetura Solar, como uma resposta deste setor da sociedade à crise energética mundial (ZAMBRANO, 2008).

A arquitetura solar passiva ou ativa (conforme o caso), baseava-se no objetivo fundamental de reduzir ou suprimir a dependência às formas de energia não renováveis, dos combustíveis fósseis ou da energia nuclear, explorando através de sua relação com o entorno microclimático, o potencial dos recursos energéticos solares (FERNANDEZ, 2007 apud ZAMBRANO, 2008).

Esta arquitetura era baseada em técnicas construtivas capazes de economizar energia elétrica, inserido estratégias para favorecer os ganhos térmicos através dos ganhos solares para aquecimento, nas cidade de clima frio, bem como reduzindo as perdas de calor pelas paredes, em função de sua massa e inércia térmica. A iluminação natural também era uma característica bastante valorizada nesta arquitetura, sendo as fachadas envidraçadas bastante utilizadas nesta época para o aquecimento da habitação.

Entretanto, percebeu-se que esta arquitetura, enquanto priorizava a otimização energética, frequentemente apresentava um desequilíbrio térmico considerável. Isto porque as soluções de projeto adotadas com fins de aquecimento para os períodos de inverno, eram desprovidas de estudos mais aprofundados que dessem conta de calcular as temperaturas internas resultantes do projeto. E, o que a princípio era uma solução de economia energética para solucionar o conforto térmico de inverno, passou a ser causa de desconforto, pelo motivo inverso, pelo excessivo aquecimento no período de verão. Por esta razão, esta arquitetura veio a ser questionada, tornando-se mesmo um contraexemplo, como foi mencionado por Fernandez (2007 apud ZAMBRANO, 2008).

O resgate dos conhecimentos e técnicas da Arquitetura Solar, embora a aplicação não tenha sido tão bem sucedida, levaram à evolução para uma abordagem mais abrangente na arquitetura, na década de 80, das relações entre o clima e a edificação. A Arquitetura

Bioclimática surge com o foco principal às relações com o clima e com microclima que a rodeiam.

O termo bioclimático, de uma forma geral, faz referência a uma parte da ecologia que estuda mais particularmente as relações entre os seres vivos e o clima. Já em arquitetura, o termo é fundamentado na melhoria de conforto que um espaço construído possa induzir de uma maneira natural, ou seja, minimizando os recursos energéticos não renováveis, os efeitos negativos sobre o meio natural e os custos de investimento e funcionamento. Este conceito abrange desde um compartimento habitável até um fragmento da cidade, assim como as interdependências existentes entre estas diversas escalas de intervenção (FERNANDEZ, 2007 apud ZAMBRANO, 2008).

A arquitetura bioclimática não possui uma fisionomia particular, ou seja, qualquer arquitetura pode ter esta abordagem, desde que seja considerada a característica específica de uma arquitetura que dedica um especial interesse pela valorização dos aportes naturais e economia de recursos que podem ser promovidos através de uma boa interação do objeto arquitetônico com seu entorno climático. As características climáticas tais como: parâmetros de temperatura, radiação solar, umidade, vento, variações em função da latitude e altitude do lugar, bem como variações anuais observadas num mesmo local, em função dos ciclos de estações devem ser interpretadas e traduzidas em aspectos de projeto (ZAMBRANO, 2008).

Romero (2000) alega que na arquitetura bioclimática é o próprio ambiente construído que atua como mecanismo de controle das variáveis do meio através de sua envoltória (paredes, pisos, coberturas), seu entorno (água, vegetação, sombras, terra) e, ainda, através do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para melhor controle do vento e do sol.

Na virada dos anos 80 para os anos 90, com o chamado ao mundo pela ONU, para o novo paradigma do desenvolvimento sustentável, a abordagem da arquitetura bioclimática evolui para arquitetura ecológica, conhecida também por arquitetura ambiental ou arquitetura verde, e mais recentemente para arquitetura sustentável.

A partir da Rio’92, apresentada anteriormente, deflagrou-se uma problemática ampla, onde o ambiente construído e o ambiente urbano foram destacados como importantes fatores contribuintes para a degradação do meio ambiente, ou seja, para a arquitetura, a relação com o meio ambiente já não se tratava mais de simplesmente valorizar uma boa integração com a natureza e de explorar os recursos naturais e climáticos para a promoção de conforto.

Nos anos 90, portanto, observa-se um grande avanço nas pesquisas acadêmicas visando desenvolver conhecimento e tecnologia capazes de levar à soluções mais favoráveis no

comportamento das edificações em diversos aspectos relacionados ao meio ambiente, tais como redução da emissão de gases e produtos químicos por equipamentos e/ou materiais, aprimoramento de técnicas de tratamento, aproveitamento de resíduos e reciclagem da água, redução de consumo energético na construção e operação do edifício, desenvolvimento de novos materiais cujos processo de fabricação sejam menos impactantes e demandem menor consumo energético (ZAMBRANO, 2003).

Ainda neste período, surgem em todo o mundo, um grande impulso no desenvolvimento de instrumentos capazes de apoiar o projeto, medir e avaliar o desempenho das edificações, bem como atestar este desempenho através de selos verdes, certificações ambientais entre outros. Alguns desses instrumentos serão utilizados para elaboração deste trabalho e melhor apresentados no próximo item deste capítulo.

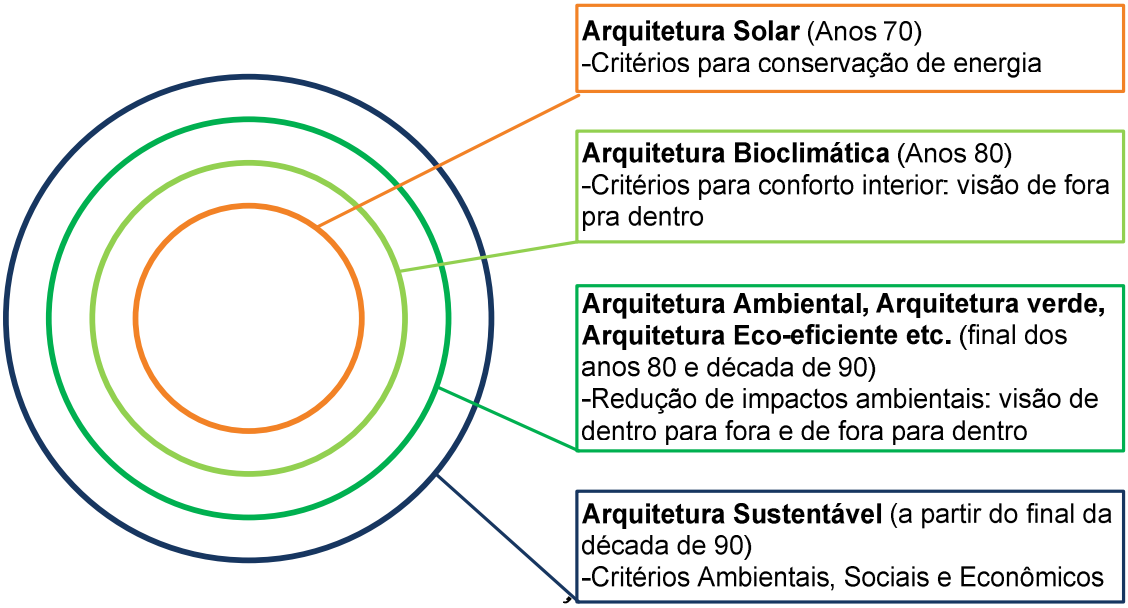
Arquitetura sustentável considera a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que quer criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrando as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as próximas gerações (CORBELLA; YANNAS, 2010).

Neste enfoque passou-se a considerarem-se os possíveis impactos ambientais, a eficiência energética e os riscos à saúde, etc., ao longo de todo o ciclo de vida da edificação, e considerando toda a cadeia produtiva associada, quer dizer, desde o processo de fabricação dos materiais de construção, até o desmonte no fim da vida útil da edificação. Zambrano (2003) afirma que passou-se a ter consciência de que a edificação não se relaciona unicamente com seu entorno ambiental imediato. Os insumos utilizados para sua produção e os rejeitos gerados ao longo de todo o ciclo de vida, impactam a natureza desde a escala local (impactos diretos ao sítio e ao entorno), regional (esgotamento de recursos e poluição), e contribuem ainda com os danos que somam para impactos na escala global (como o aquecimento global e as mudanças climáticas).

Nesta fase da arquitetura sustentável, as questões sociais ganham grande destaque, no qual está associada aos limites econômicos e da natureza. A arquitetura deve não só fazer uma revisão de suas práticas em relação ao meio ambiente, mas também em relação ao que interfere às pessoas e às culturas envolvidas. A ONU desperta, na ênfase ao sociocultural, para as preocupações com as desigualdades, o trabalho escravo, o respeito à diversidade cultural, o direito à participação de todos os envolvidos nos processos decisórios, a igualdade de direitos entre gerações entre outros (ZAMBRANO, 2003).

As etapas descritas acima, acerca da sustentabilidade dentro da arquitetura, estão sintetizadas na figura 2.2, abaixo.

Figura 2.2 – Evolução da sustentabilidade na arquitetura



Fonte: Zambrano (2003)

2.3 Métodos para abordagem da sustentabilidade nas edificações

A partir da década de 90, surgiram os instrumentos de auxílio à abordagem ambiental da edificação, buscando caminhos para se construir edifícios com melhor desempenho em relação ao meio ambiente, considerando assim não só o edifício em si, mas tudo que envolve a edificação. As novas preocupações, consequentes de grandes acidentes ambientais ocorridos na década de 80, envolviam o questionamento sobre os recursos naturais consumidos no processo de produção de edifícios, além dos impactos das externalidades causadas (ZAMBRANO, 2008).

Neste período, além dos tradicionais instrumentos de auxílio que já eram utilizados nos projetos bioclimáticos e ao conforto, começaram a surgir em diversas partes do mundo, instrumentos dedicados à avaliação do desempenho ambiental da edificação. Estes foram identificados no meio acadêmico e no mercado de formas diversas: Ferramentas para Edifícios Verdes (Green Building Tools), Sistema de Classificação de Edifícios Verdes (Green Building Rating System), ou até Métodos de Avaliação Ambiental de Edifícios (Building Environmental Assessment Methods) (ZAMBRANO, 2008).

De acordo com Silva (2003) a expressão *Green Building* foi então cunhada para englobar todos os projetos de construções que utilizem recursos de maneira eficiente, focada na redução do uso de energia; que sejam edificações confortáveis; e que tenham maior longevidade, adaptando-se às mudanças nas necessidades dos usuários e permitindo desmontagem ao final do ciclo de vida do edifício, para aumentar a vida útil dos componentes através de sua reutilização ou reciclagem.

Porém dominar os conceitos de projeto ecológico não era suficiente se não haviam meios para verificar quão "verdes" eram de fato os edifícios, assim, com esta constatação surge o primeiro sinal da necessidade de se avaliar o desempenho ambiental de edifícios. O segundo grande impulso no crescimento de interesse pela avaliação ambiental de edifícios veio com o consenso entre pesquisadores e agências governamentais quanto à classificação de desempenho atrelada aos sistemas de certificação ser um dos métodos mais eficientes para elevar o nível de desempenho ambiental tanto do estoque construído quanto de novas edificações (Silva, 2003).

Vale ressaltar que o tema avaliação da edificação, de um modo geral, já vinha sendo utilizada em outras áreas de estudo da arquitetura, no qual instrumentos dedicados ao auxílio à avaliação já vinham sendo adotados com bastante frequência, principalmente no universo acadêmico, como é o caso do instrumento conhecido como APO – Avaliação pós Ocupação (TESE ARMANDO; TEXTOS HABITARE).

Assim, a sociedade passa a ter como desafio incorporar a ótica do desenvolvimento sustentável nos seus campos do conhecimento e atuação, dando os seus primeiros passos a partir da Rio’92. Mas, somente no início da década de 2000, é que os instrumentos de auxílio à avaliação passaram finalmente a assumir a abrangência da temática mais ampla, da sustentabilidade. Neste âmbito, passaram a ser observados instrumentos cuja denominação cita a palavra sustentabilidade, como por exemplo: Métodos de Avaliação de Sustentabilidade de Edifícios (Building Sustainability Assessment Methods) (ZAMBRANO, 2008).

Diversos pesquisadores por todo o mundo vêm concentrando seus estudos na análise dos instrumentos existentes, bem como na proposição de novos, visando contribuir para uma abordagem de projeto em edifícios sustentáveis, com melhores respostas ao meio ambiente e às necessidades da sociedade (TULADHAR, 2011; GOUD, 2010; GONÇALVES; DUARTE, 2006; SILVA, 2003; CARVALHO, SPOSTO, 2012; ZAMBRANO, 2008; FONTENELLE, 2012). As pesquisas neste tema objetivam, por um lado, o desenvolvimento de métodos e ferramentas destinadas à aplicação direta no mercado da construção civil e nas atividades de ensino de arquitetura e engenharia civil, e que originaram produtos diversos:

- Ferramentas de auxílio ao projeto, tais como instrumentos de cálculo e simuladores térmicos, lumínicos e acústicos;
- Sistemas de avaliação de edificações (BEPAC, GBC, etc.);
- Selos e certificações ambientais

Por outro lado, buscam classificar e discutir os métodos existentes, contribuindo para a evolução dos mesmos, como instrumentos estratégicos para impulsionar o aumento de qualidade das edificações.

Com relação à construção sustentável, a organização *Conseil International du Batiment* (CIB) a define como a criação e o desenvolvimento de um processo de construção saudável, baseado em recursos eficientes e design ecológico. O CIB estabeleceu sete princípios para a construção sustentável: reduzir, reutilizar e reciclar os recursos, proteger a natureza, eliminar elementos tóxicos, aplicar o ciclo de vida de custeio e focar na qualidade. Estes princípios são aplicados em todos os recursos: solo, materiais, água, energia e ecossistema, durante todo o ciclo da construção (KIBERT, 2007).

Segundo Marques (2007), avaliações ambientais podem ser definidas como um processo sistemático que fornece uma estrutura para reunião e compilação de informações e opiniões a respeito das consequências ambientais das atividades, avaliando seus efeitos e providenciando recomendações e planos de ações, sendo o desenvolvimento de métodos de avaliação baseados no conceito de análise do ciclo de vida das edificações.

A referida autora afirma ainda que objetivo principal das metodologias de avaliação é orientar os projetistas e encorajar o mercado na busca de maiores níveis de desempenho ambiental, diagnosticando eventuais necessidades de intervenção no ambiente construído.

Silva (2003), em seu trabalho, faz uma compilação de aplicações das avaliações de edifícios e as vantagens oferecidas quando implementadas essas avaliações, como apresentado na Quadro 2.1:

Quadro 2.1 - Aplicações de avaliações de edifícios e vantagens oferecidas por sua implementação.

Aplicações da avaliação de edifícios	Vantagens oferecidas
• Instrumentos para divulgação mercadológica; • Suporte à introdução do desempenho ambiental de edifícios; • Auxílio a projeto; • Auditorias ambientais; • Estabelecimento de normas de desempenho ambiental.	• Embasamento da definição e o entendimento do que é um edifício sustentável; • Estímulo para elevação do nível de desempenho de edifícios novos e existentes; • Acesso facilitado a financiamentos, acesso a novos mercados ou fortalecimento do nicho atual, perspectiva de negócios no longo prazo; • Aquecimento do mercado para edifícios e produtos de construção com maior desempenho ambiental; • Redução de custos no longo prazo (uso de recursos financeiros e naturais) e maior lucratividade, qualidade do ambiente interno e satisfação dos clientes, redução de riscos (inclusive financeiros); • Conhecimento do estado atual dos impactos de edifícios e atividades, para identificação de oportunidades e definir metas para melhoria; • Melhoria da imagem/reconhecimento pelo mercado de empresa e profissionais que adotam práticas de projeto e construção mais sustentáveis.

Fonte: Silva, 2003.

No entanto, a definição de edifício sustentável é ainda subjetiva, porque não há um consenso global para a comparação de atributos sustentáveis. Por isso, diferentes programas são lançados em diversos países para a avaliação das construções verdes tais como: *British Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), lançado no Reino Unido em 1990, *Building Environmental Performance Assessment Criteria* (BEPAC), desenvolvido no Canadá, a certificação americana *Leadership in Environmental and Energy Design* (LEED NC®), a certificação francesa *Haute Qualité Environmentale* (HQE). No Brasil, destacam-se o Selo Azul da Caixa Econômica Federal, focado em Habitações de Interesse Social, e a etiqueta de eficiência energética desenvolvida pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL).

De acordo com Kats (2003), a sustentabilidade pode ser considerada um conceito holístico. Assim, cada metodologia de avaliação determina ou prioriza diferentes atributos verdes em seus critérios. Na certificação americana LEED NC®, por exemplo, há preocupação não só com definições de projeto, mas também com o processo de construção e consequentes impactos causados nesta etapa do ciclo de vida da edificação, enquanto que a etiqueta brasileira somente engloba os critérios de projeto relacionados à racionalização de energia elétrica.

Segundo Kibert (2007), a certificação americana LEED NC® é atualmente o instrumento de avaliação ambiental de edifícios predominante nos Estados Unidos e, possivelmente, no mundo.

Cada uma dessas metodologias de avaliação, em alguma parte foi desenvolvido para promover responsabilidade ambiental no projeto, construção, abordagens operacionais, bem como transformar o ambiente interno e o mercado como tradicionalmente o compreendemos. Todos eles oferecem alguma forma de pontuação para que as reivindicações de alto desempenho de projetos possam ser comparados de forma aberta, pelo menos dentro de cada sistema.

Nas seções seguintes, são apresentados quatro destes selos o LEED, AQUA, PROCEL Edifica e selo casa azul, no qual são abordados os critérios e seus respectivos sistemas de avaliação.

2.3.1 LEED

A certificação americana LEED desenvolvida pelo USGBC, em 1998, elaborou sua avaliação do nível de sustentabilidade das construções baseado em um checklist de requisitos. Segundo Patzlaff et al (2009), a certificação LEED possui, atualmente, maior potencial de expansão dentre as certificações existentes, ocasionado pelos altos investimentos realizados para sua difusão e aprimoramento. Esta certificação foi inspirada no sistema BREEAM e tem como base um sistema de critérios de indicadores. O sistema passa regularmente por atualização, normalmente entre 3 e 5 anos. Os critérios de avaliação estão distribuídos em função da finalidade do imóvel, para isso foram lançadas as seguintes versões específicas do LEED: LEED-EB (Existing Buildings referente às edificações existentes, nas fases de operação e manutenção), LEED-CI (Comercial Interior para projetos de interiores comerciais), LEED-CS (*Core & Shell* para projetos de núcleo e casca como grandes edifícios comerciais de escritórios), LEED-H (Homes para residências), LEED-ND (*Neighborhood Development* para condomínios e loteamentos) e LEED-S (*Schools* para edifícios escolares) (HERNANDES; DUARTE, 2007).

O sistema de classificação tem dois atributos chave fundamentais, primeiro foi desenvolvido com um processo consensual aberto, com entrada a partir de uma ampla gama de profissionais do setor de construção e outros especialistas, incluindo o Departamento de Energia dos EUA. Em segundo lugar, e comum aos outros sistemas, o uso do LEED é voluntário. Um objetivo por trás da criação do sistema LEED foi estabelecer um padrão de medição para o que

é considerado um edifício verde, comparando-os em um mesmo campo de jogo (KRYGIEL; NIES, 2007).

O LEED, por ser uma das metodologias mais simples existentes no mercado, com sistema de lista de verificação (*checklist*), tornou-se uma das mais reconhecidas comercialmente dentro e fora dos EUA. Muitos trabalhos que estudam a sustentabilidade nas edificações discutem os critérios abordados na metodologia de avaliação desta certificação (MARQUES, 2007; PARDINI, 2009; SILVA, 2003; HERNANDES, 2006).

Segundo Hernandes (2006) três pontos incentivaram a disseminação do LEED do Brasil: (1) grande parte das multinacionais tem sede nos EUA e segue as mesmas diretrizes relacionadas à política ambiental; (2) o suporte prestado por um conselho brasileiro, a fundação do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) e (3) a visão de utilizar a certificação como uma ferramenta de marketing institucional.

De acordo com Marques (2007), a certificação LEED serve como instrumento facilitador e encorajador às equipes de projeto para a inserção de questões sustentáveis do começo ao fim do processo, resultando em edifícios com baixo impacto aos seus usuários e ao meio ambiente e em um impacto econômico positivo aos seus proprietários.

O critério mínimo de nivelamento exigido para avaliação de um edifício pelo LEED é o cumprimento de uma série de pré-requisitos. Satisfeitos todos estes pré-requisitos, o edifício torna-se elegível a passar para a etapa de análise e classificação de desempenho, dada pelo número de créditos obtidos. De acordo com o USGBC (2001), são exigidos oito pré-requisitos e os empreendimentos são avaliados segundo sete dimensões ou categorias de requisitos, resultando em um total de 110 pontos. Todos os critérios avaliados podem ser observados na Tabela 2.1:

Tabela 2.1 - Critérios certificação LEED pra novas construções

Categorias (%) total de de pontos	**Pré-requisitos (8 Preq)**	**Pontos (máx. 110 pts)**
Espaço Sustentável (24%)		**até 26 pts**
1. Seleção do Terreno 1	Prevenção da poluição na atividade da Construção Requisito	1
2. Densidade Urbana e Conexão com a Comunidade		5
3. Remediação de áreas contaminadas		1
4 Transporte Alternativo		até 12
5.1 Desenvolvimento do espaço		até 2
6. Projeto para águas Pluviais		até 2
7. Redução da ilha de calor		até 2
8. Redução da Poluição Luminosa		1
Uso Racional da Água (9%)		**até 10 pts**
1. Uso eficiente de água no paisagismo	Redução no Uso da Água	até 4
2. Tecnologias Inovadoras para águas servidas		2

3. Redução do consumo de água		até 4
Energia e Atmosfera (32%)		**até 35 pts**
1. Otimização da performance energética	● Comissionamento dos sistemas de energia Requisito ● Performance Mínima de Energia Requisito ● Gestão Fundamental de Gases Refrigerantes, Não uso de CFC´s Requisito	até 19
2. Geração local de energia renovável		até 7
3. Melhoria no comissionamento		2
4. Melhoria na gestão de gases refrigerantes		2
5. Medições e Verificações		3
6. Energia Verde		2
Materiais e Recursos (13%)		**até 14 pts**
1. Reuso do edifício	Depósito e Coleta de materiais recicláveis Requisito	até 4
2. Gestão de Resíduos da Construção		até 2
3. Reuso de Materiais		até 2
4. Conteúdo Reciclado		até 2
5. Materiais Regionais		até 2
6. Materiais de Rápida Renovação		1
7. Madeira Certificada		1
Qualidade Ambiental Interna (14%)		**até 15 pts**
1 Monitoração do Ar Externo	●Desempenho Mínimo da Qualidade do Ar Interno Requisito ●Controle da fumaça do cigarro Requisito	1
2 Aumento da Ventilação		1
3. Plano de Gestão de Qualidade do Ar		2
4. Materiais de Baixa Emissão		4
5 Controle interno de poluentes e produtos químicos		1
6. Controle de Sistemas		2
7. Conforto Térmico		2
8. Iluminação Natural e Paisagem		2
Inovação e Processo do Projeto (5%)		**até 6 pts**
1. Inovação no Projeto		até 5
2. Profissional Acreditado LEED®		1
Créditos Regionais (4%)		**até 4 pts**
1. Prioridades Regionais		até 4

Fonte: Elaborado pela autora

A avaliação consiste no cumprimento de pré-requisitos e adoção de créditos que somados devem classificar o edifício nos níveis: Silver, Gold ou Platinum.

Espaço Sustentável - envolve o cuidado com a implantação do edifício, através da prevenção da poluição na construção, escolha do terreno considerando a densidade urbana e conexão com a comunidade, desenvolvimento imobiliário de áreas degradadas, favorecimento em ocupar áreas bem servidas de transporte, redução de vagas para veículos, estímulo do uso de bicicleta, proteção e recomposição do habitat, maximização de áreas verdes abertas atreladas ao edifício, controle e tratamento das águas de chuva, controle das ilhas de calor pelo uso adequado de coberturas e vegetação e redução da poluição luminosa (USGBC, 2009).

Uso Racional da Água – defende o uso racional de água potável, com foco na redução do consumo através da instalação de equipamentos inteligentes e da reutilização de águas pluviais, residuais e de condensadores na irrigação de jardins ou descargas em aparelhos sanitários (USGBC, 2009).

Energia e Atmosfera – Os edifícios associados às suas construções respondem por aproximadamente um terço das emissões mundiais de gases responsáveis pelo efeito estufa. Associado a isso, a construção e operação das edificações representam 40 por cento do consumo mundial de matérias primas e energia. Portanto, pequenas atitudes para busca da eficiência energética na construção, podem resultar em grandes efeitos sobre o uso atual de energia e, consequentemente, no consumo de energia ao longo do ciclo de vida das edificações (Deng, Y. et al., 2012). Dada a importância das questões energéticas, o critério Energia e Atmosfera acarreta a maior pontuação dentre os sete critérios, onde se busca prioritariamente melhorar o desempenho energético das edificações, incentivando o uso de sistemas de auto fornecimento de energia, energias renováveis, e o gerenciamento de gases para redução dos danos causados a camada de ozônio.

Materiais e Recursos – propõe a redução dos resíduos gerados na construção que seriam transportados aos aterros. Os requisitos e critérios determinados para essa redução apoiam-se não só no gerenciamento de resíduos e no reaproveitamento de materiais e produtos como incentivam o reuso de parte da edificação existente quando possível. Estimula também o manejo responsável das florestas, o uso de madeira certificada e de materiais fabricados na região, aumentando a demanda de produtos extraídos e manufaturados na região do empreendimento (USGBC, 2009).

Qualidade Ambiental Interna - envolve o estabelecimento do desempenho mínimo da qualidade interna de ar, de maneira a promover conforto e bem estar aos usuários, além do controle do tabaco no ambiente interno. Defende a adoção de plano de gerenciamento da qualidade interna do ar, reduzindo problemas durante a construção e pré-ocupação, o uso de materiais com baixa emissão, o controle dos sistemas de iluminação, conforto térmico, aquecimento, ventilação e ar-condicionado e a valorização da iluminação natural (USGBC, 2009).

Inovação e Processo do Projeto – busca incentivar as iniciativas da equipe de projeto que conseguiram exceder os critérios de desempenho disponíveis no regulamento da certificação, aplicando estratégias ou medidas que demonstram alcançar desempenho excepcional. Também defende que pelo menos um participante da equipe deve ser um

profissional acreditado pelo LEED NC®, capaz de orientar os outros membros da equipe e de agilizar o processo de aplicação e certificação (USGBC, 2009).

Créditos Regionais - contempla as diversidades regionais de países, incentivando a realização de créditos que atendam geograficamente prioridades ambientais específicas (USGBC, 2009).

Segundo Silva (2003) esta metodologia de avaliação pode ser considerada o sistema disponível mais "amigável" enquanto ferramenta de projeto, ou seja, pode ser facilmente inserida e aplicada no processo de projeto por parte dos profissionais. No entanto, algumas vezes o resultado de uma avaliação feita através deste método pode ser incompleto e não necessariamente vai refletir o desempenho global do edifício por sua estrutura ser bastante simplificada.

Zambrano (2004) fez uma análise comparativa a partir dos objetivos e características de diversos instrumentos de avaliação da edificação surgidos entre a década de 90 e início dos anos 2000: BREEAM, BEPAC (*Building Environmental Performance Assessment Criteria*), LEED, GBC (*Green Building Challenge*) e CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*), e o procedimento francês HQE – *Haute Qualité Environnementale*. A autora destaca que entre os métodos avaliados, somente o HQE apresenta como objetivo principal o auxílio ao projeto (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.

2.3.2 AQUA

Além do sistema LEED, que atualmente é o método de avaliação ambiental mais utilizado no Brasil, o sistema francês HQE também ganhou adaptação para o mercado nacional, tendo sido realizado um convênio entre o Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo com a Fundação Vanzolini, resultando na certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) (OLIVEIRA, GONÇALVES, 2008).

Segundo o Referencial Técnico de Certificação (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2007), AQUA corresponde ao processo de gestão de projeto para obtenção da qualidade ambiental de empreendimentos novos ou até envolvendo reabilitação. A obtenção do desempenho ambiental de uma construção envolve dois fatores, sendo o primeiro a gestão ambiental e outro de natureza arquitetônica e técnica. Esta é a razão pela qual o referencial

técnico desta certificação francesa estrutura-se em dois instrumentos permitindo avaliar os desempenhos alcançados com relação aos dois elementos que estruturam esta certificação:

- O referencial do Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), para avaliar o sistema de gestão ambiental implementado pelo empreendedor;
- O referencial da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), para avaliar o desempenho arquitetônico e técnico da construção.

A implantação deste sistema de gestão permite definir a Qualidade Ambiental do edifício e organizar o empreendimento para atingi-la, além de controlar o conjunto dos processos operacionais relacionados às fases de programa, concepção e realização da construção. QAE é definida em 14 categorias agrupadas em 4 famílias conforme representado no quadro abaixo:

Quadro 2.2 - Famílias e categorias da Qualidade Ambiental de Edifícios

FAMÍLIAS	CATEGORIAS DA CERTIFICAÇÃO HQE
Eco-construção	n°1: Relação do edifício com o seu entorno
	n°2: Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos
	n°3: Canteiro de obras com baixo impacto ambiental
Gestão	n°4: Gestão da energia
	n°5: Gestão da água
	n°6: Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício
	n°7: Manutenção - Permanência do desempenho ambiental
Conforto	n°8: Conforto higrotérmico
	n°9: Conforto acústico
	n°10: Conforto visual
	n°11: Conforto olfativo
Saúde	n°12: Qualidade sanitária dos ambientes
	n°13: Qualidade sanitária do ar
	n°14: Qualidade sanitária da água

Fonte: Adaptado do Referencial Técnico de Certificação (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2007).

Embora alguns destes modelos venham sendo utilizados no Brasil, Silva (2003) defende que a aplicação de ferramentas de outros países, mesmo as mais versáteis, podem levar a uma série de distorções. Com isso, faz-se necessário o desenvolvimento de um sistema de avaliação e certificação brasileiro, portanto, destaca-se o programa de etiquetagem do PROCEL Edifica e o selo casa azul.

2.3.3 PROCEL Edifica

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, PROCEL Edifica, surgiu como mecanismo de avaliação da conformidade para classificação do nível de eficiência energética das edificações, a partir da Lei n° 10.295, de 17 de outubro de 2001, como consequência da crise energética brasileira, que discorre sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia visando à alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente (INMETRO, 2008).

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é obtida através da avaliação dos requisitos contidos no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R), utilizando o método descrito no Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RAC-R). O sistema de etiquetagem de edifícios possui caráter voluntário para edificações novas e para as já existentes, porém passará a ter caráter obrigatório para edificações novas em prazo a ser definido.

O regulamento especifica a classificação do nível de eficiência para edificações residenciais, conforme as seguintes prescrições: Unidades Habitacionais Autônomas, Edificações Unifamiliares, Edificações Multifamiliares e Áreas de Uso Comum de edificações multifamiliares ou de condomínios de edificações residenciais.

A etiqueta PROCEL Edifica tem como maior particularidade a priorização pela racionalização de energia, ou seja, entre as ações utilizadas para obtenção da sustentabilidade em edificações, este programa resume-se a estudar medidas para eficientização do consumo de energia elétrica nos empreendimentos.

Além disso, o crescimento da demanda de energia no setor das edificações é relativamente maior que o crescimento do PIB. Com isso, a real necessidade de estabelecer medidas que aumentem a eficiência energética das edificações proporcionando um crescimento sustentável, com menor emissão de CO2 e consequentemente menor impacto ao meio ambiente, compatibilizando o crescimento da economia e da demanda energética, com a capacidade de geração de energia do país (SALOMÃO et al., 2009).

Portanto, de acordo com Leão Junior e Bittencourt (2008) aumentar a eficiência energética do ambiente construído, através da utilização de edifícios mais inteligentes no sentido de reduzir o desperdício de energia, é uma questão crucial para a sustentabilidade do planeta.

Segundo Lamberts et al. (1997), “a eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia”. Desta forma, um edifício é mais eficiente energeticamente quando proporciona as mesmas condições ambientais com um menor consumo de energia. Muitas campanhas contra o desperdício vêm sendo feitas, como os eletrodomésticos com baixo consumo e maior eficiência energética. Entretanto, além da utilização destes recursos tecnológicos, maiores níveis de eficiência podem ser alcançados através de estratégias de projeto e por iniciativas e cooperação dos diversos atores ligados à construção dos edifícios como: arquitetos, engenheiros civis, eletricistas, mecânicos e empreendedores, além dos próprios usuários (PROCELINFO,2010).

De acordo com Grillo (2005), grande parte da energia consumida nas edificações é destinada à geração do conforto ambiental. Este considerável desperdício de energia ocorre devido à não incorporação de importantes avanços ocorridos nas áreas de arquitetura bioclimática, materiais, equipamentos e tecnologias construtivas, vinculados à eficiência energética, nos projetos desenvolvidos. Os novos conceitos de projetos sustentáveis sugerem uma integração da natureza com os materiais e técnicas construtivas, resultando em ambientes confortáveis, energeticamente eficientes e com baixo custo de manutenção. Para as edificações já existentes, também podem ser encontradas soluções para reabilitação ambiental preservando a arquitetura original, tais como: a otimização da iluminação natural e aplicação de tecnologias inovadoras.

Assim, a etiqueta se propõe a avaliar as edificações quanto aos requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência dos sistemas de aquecimento de água e a eventuais bonificações que possam ser adquiridas por estratégias implantadas em projeto. Já nas áreas comuns além dos requisitos citados acima, é avaliada a eficiência do sistema de iluminação artificial, dos elevadores, dos equipamentos instalados e bombas centrífugas.

As bonificações podem ser adquiridas por iniciativas de projeto que possam aumentar a eficiência das habitações e abrangem: maior eficientização do uso de ventilação e iluminação natural, uso racional de água, de condicionamento artificial de ar, de iluminação artificial, ventiladores de teto, refrigerados eficientes e medição individualizada do sistema de aquecimento de água.

A avaliação do desempenho térmico da envoltória das edificações é calculada a partir da transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada e devem ser atendidos de acordo com a Zona Bioclimática. Os índices a serem atendidos são baseados nos referenciais definidos na Norma de desempenho, NBR 15.575, Edificações habitacionais de até cinco pavimentos e NBR

15.220-3, Desempenho térmico de edificações - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. São ainda avaliados o desempenho em relação à ventilação e iluminação natural.

Quanto à eficiência do sistema de aquecimento de água, são determinados padrões para as tubulações e reservatórios. Neste caso, é considerado o aquecimento por sistemas de aquecimento solar, aquecimento a gás, com níveis de eficiência dos aquecedores baseados na norma americana ASHRAE Standard 90.1-2007, e caldeiras a óleo.

2.3.4 Selo casa azul

Ao longo dos últimos anos, ocorreram grandes avanços na disponibilidade de recursos dentro dos programas de financiamento habitacional no Brasil. A estabilidade da oferta de financiamento fomenta o setor de construção e abre uma possibilidade de repensar a forma como a habitação é produzida, seja no aspecto de combate ao déficit, com a criação do programa Minha Casa Minha Vida, seja no aspecto da sustentabilidade, elaboração do selo casa azul (EHRAT; FAGUNDES, 2013).

A CAIXA (2010) afirma que "*aplicar o conceito de desenvolvimento sustentável é buscar em cada atividade formas de diminuir o impacto ambiental e aumentara justiça social dentro do orçamento disponível*".

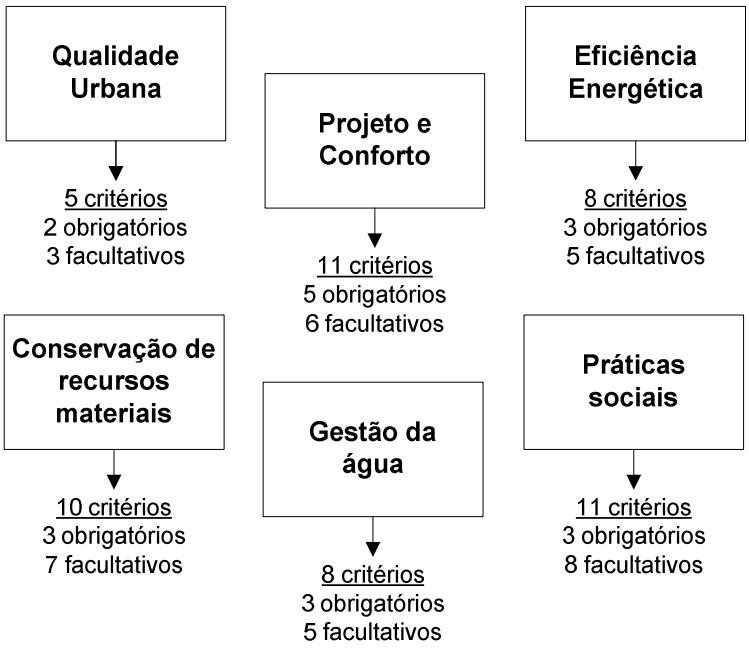
Assim, a criação do Selo Casa Azul CAIXA tem como fundamento básico incentivar o uso racional de recursos naturais na construção de empreendimentos habitacionais, possibilitando a redução dos custos de manutenção dos edifícios e as despesas mensais de seus usuários, além de promover a conscientização de empreendedores e moradores sobre as vantagens das construções sustentáveis.

A metodologia de avaliação ambiental selo casa azul foi desenvolvida por uma equipe técnica da CAIXA Econômica Federal e a colaboração de um grupo multidisciplinar de professores da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade Estadual de Campinas – que integrava uma rede de pesquisa financiada pelo Finep/Habitare1 e pela CAIXA.

A concessão do Selo é alcançada mediante o atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento e verificados durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento. A adesão possui caráter voluntário que deve partir do proponente, quando houver interesse da avaliação do projeto.

O Selo Casa Azul possui 53 critérios de avaliação, entre critérios obrigatórios e itens de livre escolha, distribuídos em seis categorias que orientam a classificação de projeto: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da Água e Práticas Sociais, como pode ser observado na Figura 2.3:

Figura 2.3 - Categorias selo casa azul



Fonte: Elaborado pela autora

As edificações são classificadas a partir do atendimento dos critérios em três categorias: Bronze, quando atendido somente os critérios obrigatórios; Prata, adoção dos critérios obrigatórios somados a seis critérios de livre escolha; e Ouro quando atingido os critérios obrigatórios mais doze de livre escolha (CAIXA, 2010).

Qualidade Urbana: o selo buscou em seu primeiro critério, determinar diretrizes quanto ao planejamento e à escolha da área dos empreendimentos, a fim de estimular o crescimento inteligente de comunidades atraentes, diferenciadas e com melhor qualidade de vida. Para isso, esta categoria propõe dois critérios obrigatórios em relação ao entorno das edificações, onde essas devem ser inseridas em malha urbana, considerando a existência de infraestrutura, serviços, equipamentos comunitários e comércios disponíveis, além da preocupação com os impactos que podem ser gerados, como fontes de ruído e odores em seu entorno. Outros aspectos abordados nessa categoria são as ações para requalificação urbana, especialmente nas áreas centrais, tais como recuperação de áreas degradadas, reabilitação de edifícios, construção em vazios urbanos e melhorias implantadas no entorno pela instalação do empreendimento (CAIXA, 2010).

Projeto e Conforto: Esta categoria trata dos aspectos relacionados ao planejamento e à concepção do projeto do empreendimento, considerando-se, principalmente, as ações relativas à adaptação da edificação às condições climáticas, às características físicas e geográficas locais, bem como a previsão de espaços na edificação destinados a usos e fins específicos. Nos critérios obrigatórios são exigidos prioritariamente ações para auxiliar o conforto térmico e visual dos empreendimentos, onde a metodologia de avaliação é similar a descrita na etiqueta PROCEL Edifica baseada nas NBR 15.575 e 15.220, além de exigências quanto ao paisagismo, locais de coleta seletiva e equipamentos de lazer. São também sugeridas propostas para estimular a adoção do uso de iluminação e ventilação natural, assim como adequação às condições físicas do terreno, para minimizar os impactos causados pela movimentação de terra. O projeto arquitetônico deve ser flexível para modificações e incentivar o uso de transportes alternativos, tais como bicicletários.

Eficiência Energética: também semelhante às propostas descritas na etiqueta PROCEL Edifica, nesta categoria é recomendado o uso de equipamentos eficientes para iluminação artificial, sistemas de aquecimento, elevadores e eletrodomésticos. A medição individualizada de gás também é prioridade no selo casa azul, pois possibilita aos usuários o gerenciamento do consumo de gás da sua unidade habitacional, possibilitando a redução do consumo. Os projetos são também estimulados a adotar fontes alternativas de energia.

Conservação de Recursos Materiais: esta categoria pretende melhorar o desempenho e reduzir os desperdícios de materiais nas construções dos edifícios. Onde são obrigatórios os critérios relacionados à gestão de resíduos de construção e demolição, o uso de fôrmas e escoras reutilizáveis e a garantia da qualidade dos materiais. Para redução dos desperdícios são sugeridas a coordenação modular, o uso de pré-fabricados e definição de dosagem otimizada do concreto. É ainda sugerida a utilização de madeira certificada, cimento de alto-forno ou pozolânico e pavimentação com RCD.

Gestão da água: esta categoria abrange a preocupação com o uso racional da água, onde é exigida a medição individualizada para o gerenciamento do consumo, o uso de dispositivos economizadores e existência de áreas permeáveis. Como sugestão esta categoria aconselha o aproveitamento de águas pluviais.

Práticas Sociais: nesta última categoria abordada pelo selo casa azul a ideia fundamental do programa é que o proponente de projeto deixe de ser apenas um fornecedor de bens e serviços, e passe a ser um agente de transformação social, contemplando questões socioambientais, no qual, promove-se a sustentabilidade por meio de ações que abrangem todos os envolvidos na elaboração do projeto, construção e ocupação das edificações visando à

ampliação da consciência ambiental, além de contribuir para a redução de algumas desigualdades sociais. Destacam-se atividades educativas com os empregados envolvidos na construção quanto à gestão de RCD, educação ambiental, capacitação profissional e desenvolvimento pessoal.

Na Tabela 2.2, são apresentados detalhadamente todos os critérios envolvidos na certificação ambiental selo casa azul.

Tabela 2.2 - Critérios selo casa azul

Categorias	Critérios
QUALIDADE URBANA	**5 crit.**
1 Qualidade do Entorno *	2 crit. Obrigatórios 3 crit. Facultativos
2. Melhorias no Entorno	
3. Recuperação de Áreas Degradadas	
4. Reabilitação de Imóveis	
PROJETO E CONFORTO	**11 crit.**
1. Paisagismo *	5 crit. Obrigatórios 6 crit. Facultativos
2. Flexibilidade de Projeto	
3. Relação com a Vizinhança	
4. Solução Alternativa de Transporte	
5. Local para Coleta Seletiva *	
6. Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos *	
7. Desempenho Térmico *	
8. Iluminação Natural de Áreas Comuns	
9. Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros	
10. Adequação às Condições Físicas do Terreno	
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	**8 crit.**
1. Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas*	3 crit. Obrigatórios 5 crit. Facultativos
2. Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns*	
3. Sistema de Aquecimento Solar	
4. Sistemas de Aquecimento à Gás	
5. Medição Individualizada - Gás *	
6. Elevadores Eficientes	
7. Eletrodomésticos Eficientes	
8. Fontes Alternativas de Energia	
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS MATERIAIS	**10 crit.**
1.Coordenação Modular	3 crit. Obrigatórios 7 crit. Facultativos
2. Qualidade de Materiais e Componentes *	
3. Componentes Industrializados ou Pré-fabricados	
4. Formas e Escoras Reutilizáveis *	
5. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição *	
6. Concreto com Dosagem Otimizada	
7. Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)	
8. Pavimentação com RCD	
9. Facilidade de Manutenção da Fachada	
10. Madeira Plantada ou Certificada	
GESTÃO DA ÁGUA	**8 crit.**
1. Medição Individualizada - Água *	3 crit. Obrigatórios 5 crit. Facultativos
2. Dispositivos Economizadores *	
3. Aproveitamento de Águas Pluviais	
4. Retenção de Águas Pluviais	

5. Infiltração de Águas Pluviais	
6. Áreas Permeáveis *	
PRÁTICAS SOCIAIS	**11 crit.**
1. Educação para a Gestão de RCD *	3 crit. Obrigatórios 8 crit. Facultativos
2. Educação Ambiental dos Empregados *	
3. Desenvolvimento Pessoal dos Empregados	
4. Capacitação Profissional dos Empregados	
5. Inclusão de trabalhadores locais	
6. Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto	
7. Orientação aos Moradores *	
8. Educação Ambiental dos Moradores	
9. Capacitação para Gestão do Empreendimento	
10. Ações para Mitigação de Riscos Sociais	
11. Ações para a Geração de Emprego e Renda	

Fonte: Elaborado pela autora

Todas as partes interessadas no setor de construção civil necessitam de informações claras e ordenadas para avaliar o desempenho econômico, ambiental e social dos empreendimentos, seja um investidor utilizando informação ambiental para avaliar riscos, uma agência de financiamento procurando selecionar perfis de empreendimentos para dirigir apoio, um executivo procurando orientar a empresa para níveis superiores de eficiência e inovação ou um consumidor procurando fundamentar a sua opção por um determinado empreendimento. Portanto, destaca-se a importância dos indicadores de sustentabilidade de edifícios, pois os mesmos são capazes de estabelecer metas e medir o desempenho de edifícios e projetos; podendo ser utilizados para auxiliar na decisão de políticas públicas, avaliar estratégias economicamente viáveis, melhorar a qualidade de vida e ser utilizados por diferentes agentes no processo de construção como diretrizes e ferramentas para melhorar as práticas correntes e a qualidade da construção (SILVA, 2003). A quadro 2.3, apresenta um resumo das certificações destacadas neste capítulo:

Quadro 2.3 - Comparativo entre certificações

Certificações		Definições
	LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	Inspirado no BREEAM, certificação com maior potencial de expansão, atualizado regularmente (a cada 3-5 anos), seus critérios de avaliação estão distribuídos em função do uso da edificação. Possui versões para edificações existentes, na fase de operação ou manutenção, edifícios comerciais, escolas, residenciais e para loteamentos.
	Processo AQUA	Adaptação para o mercado nacional do sistema francês HQE.Inclui avaliação da gestão do desenvolvimento do empreendimento. Pode ser utilizado em várias tipologias de edifícios. O resultado é um perfil de desempenho global, detalhado pelas 14 preocupações ambientais.
	PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica)	Avaliação da conformidade para classificação do nível de eficiência energética das edificações. Regulamentação desenvolvida para edificações residencias unifamiliares e multifamiliares. Avalia o desempenho térmico da envoltória,à eficiência do sistema de aquecimento de água e eventuais bonificações.
	Casa Azul	Primeiro sistema de classificação da sustentabilidade desenvolvido para realidade da construção habitacional brasileira. Foco nas habitações de interesse social. Selo abrange os três ambitos da sustentabilidade: ambiental, social e econômico.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.4 Metodologia de solução sustentável

Definidos os conceitos por trás da sustentabilidade, do seu surgimento às metodologias de avaliação ambiental, necessita-se agora investigar como estes conceitos afetam os projetos de edificações. Segundo Krygiel e Nies (2007), ao se pensar as questões específicas de sustentabilidade no momento certo dentro do processo de projeto, pode-se minimizar os impactos negativos e manter baixo tanto o custo inicial como os custos de operação das edificações. Após o entendimento da criação de soluções sustentáveis através do projeto, as mesmas podem ser integradas utilizando o BIM.

O projeto é um dos elementos fundamentais do processo de produção no setor da construção, pois é na fase de projeto que o produto é concebido e os materiais e as técnicas construtivas são especificados. É, ainda, o elemento indutor da racionalização da construção, da qualidade do produto final e de sua sustentabilidade (CARVALHO; SPOSTO, 2012).

As práticas de projeto e construção que tem como objetivo fundamental reduzir ou eliminar o impacto negativo dos edifícios e dos ocupantes no ambiente, recebe a denominação de *green design* de acordo com USGBC (2011), e abrange cinco grandes áreas:

(a) planejamento sustentável local;

(b) proteção e uso eficiente dos recursos hídricos;

(c) eficiência energética;

(d) conservação de recursos e materiais; e

(e) qualidade do ar interno.

Cheung e Cheng (2008, apud CARVALHO; SPOSTO, 2012), dentro dos três âmbitos da sustentabilidade expostos anteriormente, social, econômico e ambiental; classificaram os seguintes requisitos para projetos sustentáveis considerando a realidade de Hong Kong:

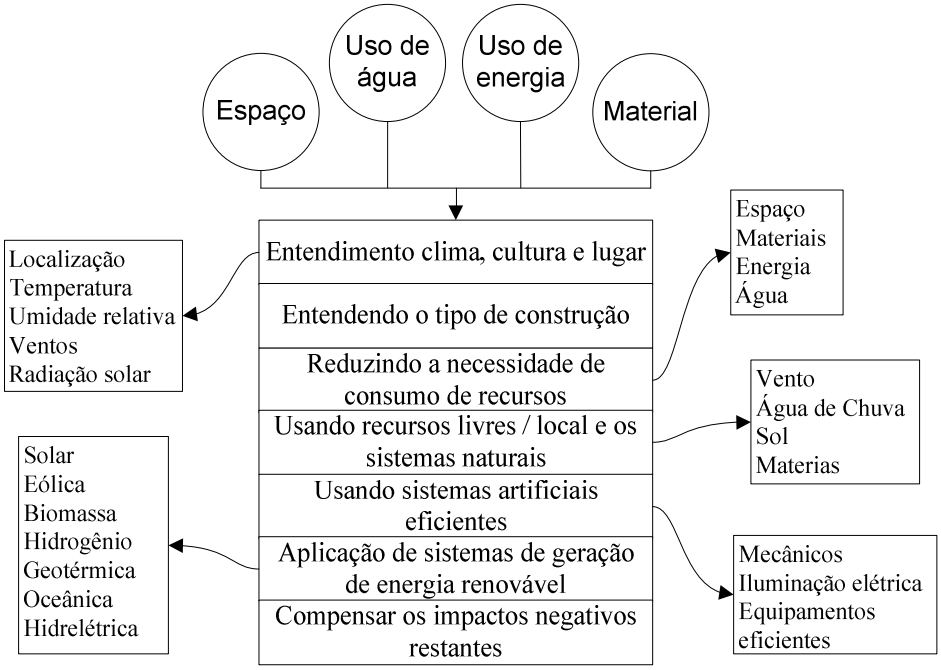
- Sustentabilidade social: conectividade; serviços; vizinhança e contexto; cultura e patrimônio da comunidade.
- Sustentabilidade econômica: qualidade; flexibilidade para mudança; reutilização das estruturas existentes; estratégia de manutenção eficiente.
- Sustentabilidade ambiental: saúde do ambiente; ventilação natural; microclima; conservação de energia; água; conforto ambiental.

A complexidade da elaboração de um projeto exige, cada vez mais, um melhor desempenho, pois há potenciais deficiências no processo, como, por exemplo, dificuldade de integração entre as atividades de projeto e execução, falta ou ineficácia da gestão de qualidade e da gestão ambiental, ausência de integração entre os agentes envolvidos e carência de projetistas com especialização contínua. Carvalho e Sposto (2012) descrevem que este campo necessita de uma mudança de paradigmas, por meio de um esforço interativo de todos os envolvidos com pesquisa, planejamento, controle e uso de métodos sistemáticos.

Para obter a sustentabilidade e qualidade no projeto de arquitetura, além de todas as propriedades usualmente requeridas, técnicas, estéticas e funcionais, é primordial que sejam assumidos como prioridades os aspectos realmente mais relevantes para o melhor desempenho daquela edificação. Para tanto, deve-se entender que prioridades mudam em função das características do local, do povo e de sua economia e considerar as prioridade corretas propiciará a verdadeira sustentabilidade do edifício, que decorre desde aspectos qualitativos subjetivos até resultados quantitativos comprováveis de desempenho e preservação ambiental, equidade social, respeito à tradição cultural e eficácia econômica (ZAMBRANO, 2008).

Krygiel e Nies (2007) no seu livro *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling* descrevem uma ordem de operações a serem definidas para garantia de projeto sustentável baseado na redução do consumo energético, do consumo do espaço, do uso de água, de energia e de materiais, como pode ser observado na Figura 2.4:

Figura 2.4 - etapas da metodologia de construções sustentáveis



Fonte: Elaborado pela autora

2.4.1 Entendendo clima, cultura e lugar

Krygiel e Nies (2007) acreditam que em nenhum dos edifícios construídos nos últimos 30 anos, considerou-se as características básicas do clima, cultura e lugar em seus projetos. Isso pôde ser constatado pela observação de características similares em edificações de cidades de climas completamente diferentes, como por exemplo: torres de edifícios comerciais envidraçadas, ou também no uso de materiais importados, caso do mármore italiano.

2.4.1.1 Clima

Adequar a arquitetura ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto. À arquitetura cabe tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rigorosos, tais como os de calor excessivos, frio ou ventos, como também propiciar ambientes que sejam, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Para o estudo do clima Krygiel e Nies (2007) sugerem que sejam reunidos todos os dados científicos e desenvolvido um gráfico climatológico com base nesses dados para o lugar que o projeto deve ser trabalhado, ou seja, criar uma tabela incluindo informações básicas sobre o sol, vento, umidade, temperatura, uma carta psicométrica e flora e fauna de uma dada localidade.

Todas as informações necessárias sobre o clima estão relacionadas com a posição de localização do projeto sobre a terra, então a primeira coisa que uma equipe deve fazer é definir a latitude e longitude do local do projeto. A latitude de uma região, associada à época do ano, vai determinar o ângulo de incidência dos raios solares com relação ao plano do horizonte do lugar e quanto maior for a latitude, menor será a quantidade de radiação solar recebida (ROMERO, 2000).

Para poder estabelecer as estratégias que levam a decisões no projeto arquitetônico, deve-se conhecer a evolução das variáveis climáticas mais importantes: a temperatura, a umidade relativa, os ventos e a radiação solar (CORBELLA; YANNAS, 2010).

Temperatura e Umidade relativa

A temperatura é a variável mais conhecida e de fácil medição. A sua variação na superfície da terra resulta basicamente dos fluxos das grandes massas de ar e da diferente recepção da radiação do sol de local para local. Quando a velocidade dos fluxos de ar é pequena, a temperatura, na maioria das vezes, é consequente dos ganhos térmicos solares do local. Nestes casos a radiação solar que atinge a superfície terrestre é recebida de forma distinta, em consequência do tipo de solo de vegetação, da topografia e da altitude do local. Quando a velocidade do ar é alta, a influência dos fatores locais na temperatura do ar é bem menor. Através dos dados climáticos obtidos nas estações meteorológicas, pode-se conhecer o comportamento da temperatura do ar para um determinado local ao longo do ano (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Os tratamento dos dados climáticos de temperatura proporcionam ao arquiteto os dados necessários para a identificação dos períodos de maior probabilidade de desconforto e, consequentemente, onde se faz importante sua intervenção a nível de projeto. É importante ressaltar que, para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico pode ser diferente em função de variáveis como o vento e a umidade do local (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Ferreira (1965, apud ROMERO, 2000) definiu uma classificação de três tipos principais de climas em função da construção encontrados na região tropical: o clima quente-

seco, o clima quente-úmido e o clima mais ameno dos planaltos. As características de cada clima determinado podem ser observadas na Quadro 2.4:

Quadro 2.4 - Caracterização dos climas tropicais

Quente-úmido	Quente-seco	Tropical de altitude
Pequenas variações de temperatura durante o dia. Amplitude das variações diurnas fracas. Dias quentes e úmidos. À noite, a temperatura é mais amena e com umidade elevada.	Grandes amplitudes de temperatura durante o dia (15ºC). No período seco, durante o dia as máximas alcançam valores extremos, enquanto à noite decrescem as temperaturas, alcançando valores mínimos pela madrugada.	As amplitudes diárias podem alcançar valores apreciáveis. Desconforto pela temperatura elevada do dia, minorado à noite; a temperatura pode baixar aquém dos limites de conforto.
Duas estações: verão e inverno, com pequena variação de temperatura entre elas; o período das chuvas é indefinido com maiores precipitações no verão ou no inverno dependendo do local.	Duas estações: uma seca e outra de chuva. No período de chuva estas não alcançam os valores de umidade característicos das regiões tropicais úmidas.	Duas estações: quente-úmida, que se inicia no verão, e a seca no inverno. Temperatura média entre 19 e 26ºC durante o dia, caindo à noite. Forte perda por radiação noturna no período seco.
Radiação difusa muito intensa. O conteúdo de vapor d'água das nuvens evita a radiação direta intensa.	Pouca radiação difusa em virtude de umidade baixa. Radiação direta intensa.	Radiação difusa intensa no verão e menor no inverno. Radiação direta acentuada no verão, mais forte que igual latitude ao nível do mar.
Alto teor de umidade relativa do ar.	Baixo teor de umidade relativa do ar.	Pelo teor de umidade é considerado seco (aprox. 70%).
Localização geográfica: entre os trópicos de Câncer (23º 27' N) e Capricórnio (23º 27' S).	Localização geográfica: entre os trópicos de Câncer (23º 27' N) e Capricórnio (23º 27' S).	Localização geográfica: este clima se dá predominantemente entre 400 e 1.200 m de altitude, entre 14 e 16º latitude Sul.
Vento de direção dominante sudeste.	Massa de ar quente conduzindo partículas de pó em suspensão nos seus deslocamentos no período seco.	Ventos sudestes e lestes no inverno seco e noroeste no verão chuvoso.
Semelhança sensível dos dados climáticos de uma localidade para outra.	Diferenças marcadas quanto aos dados climáticos de uma localidade para outra.	

Fonte: ROMERO, 2000

Umidade é o termo usado para descrever a quantidade de vapor d'água contido na atmosfera. Embora o vapor d'água represente apenas 2% da massa total da atmosfera, ele é o componente atmosférico mais importante na determinação do tempo e do clima. Por ser a origem de todas as formas de condensação e precipitação e de absorver tanto a radiação solar quanto a terrestre, exerce um grande efeito sobre a temperatura do ar e constitui-se em fator determinante da sensação de conforto térmico humano (BARBIRATO; TORRES; SOUZA, 2011).

A grande diferenciação que o grau de umidade relativa do ar acarreta nas condições climáticas de um local é quanto à amplitude da temperatura diária. Isto equivale a dizer que quanto mais seco for o clima, mais acentuadas serão suas temperaturas extremas (mínimas e máximas). Este fenômeno se dá em função de as partículas de água em suspensão no ar terem a capacidade de receber calor do sol e se aquecerem (FROTA; SCHIFFER, 2001)

Então, quanto mais úmido estiver o ar, maior será a quantidade de água em suspensão. Essas partículas, além de se aquecerem pela radiação solar que recebem, também funcionam, de dia, como uma barreira da radiação solar que atinge o solo e, à noite, ao calor dissipado pelo solo (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Nas regiões predominantemente quentes no Brasil, a arquitetura deve contribuir para minimizar a diferença entre as temperaturas externas e internas do ar. No período da noite, como a variação da temperatura noturna não é tão significativa neste clima que cause sensação de frio, mas suficiente para provocar alívio térmico, a ventilação noturna é bastante desejável.

Frota e Schiffer (2001) sugerem algumas estratégias quanto ao projeto arquitetônico a serem adotadas para o clima quente e úmido.

- Prever aberturas suficientemente grandes para permitir a ventilação nas horas do dia em que a temperatura externa está mais baixa que a interna.
- Proteger as aberturas da radiação solar direta, mas não fazer destas proteções obstáculos aos ventos.
- A cobertura deve seguir o mesmo tratamento dos vedos, isto é, ser de material com inércia média, mas com elementos isolantes, ou espaços de ar ventilados, os quais têm como característica retirar o calor que atravessa as telhas que, deste modo, não penetrará nos ambientes.
- Vegetação não deve impedir a passagem dos ventos, o que dará limitações quanto à altura mínima das copas, de modo a produzirem sombra, mas não servir como barreiras à circulação do ar.
- Prever construções alongadas no sentido perpendicular ao vento dominante.

Radiação Solar

A radiação solar é a principal fonte de energia para o planeta. Tanto como fonte de calor quanto como fonte de luz, o sol é um elemento de extrema importância no estudo da eficiência energética na arquitetura. É possível tirar partido ou evitar a luz e o calor solar em uma edificação, e o critério mais sábio para definir o que fazer é ter como premissas básicas o

conforto térmico e visual dos ocupantes e a economia de energia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

A maior influência da radiação solar é na distribuição da temperatura na terra. As quantidades de radiação variam em função da época do ano e da latitude. Este fenômeno pode ser melhor elucidado se examinarmos o movimento aparente do Sol em relação à Terra (FROTA; SCHIFFER, 2001).

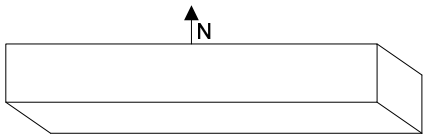
A radiação solar, quando atinge uma superfície, transforma-se em parte numa fonte de calor e a exposição direta aos raios solares leva ao desconforto. Portanto, Corbella e Yannas (2010) definem como primordial, em se tratando de regiões tropicais onde a temperatura do ar é geralmente alta, pensar na proteção da radiação solar como um requisito indispensável no projeto.

Os autores verificaram que as superfícies que mais recebem sol no verão, para latitudes até 30˚, são, por ordem de importância: a cobertura; as fachadas leste e oeste; e as fachadas norte e sul.

A radiação solar quando atinge a cobertura ou uma parede externa, converte parte de sua energia em calor, que aumenta a temperatura da face externa da parede. Devido à diferença de temperaturas entre as duas superfícies da parede, o calor penetra por condução para dentro do edifício. Portanto, diminuir a área das paredes com maior incidência de sol é uma eficiente maneira de minimizar o calor (Corbella; Yannas, 2010).

Assim, a melhor forma para um edifício nestas regiões é reduzir a área exposta as fachadas leste e oeste, como demonstrado na Figura 2.5:

Figura 2.5 – Posicionamento do edifício com relação às trajetórias solares



Fonte: Adaptado de Corbella e Yannas (2010)

Porém, caso o terreno não permita essa posição na área construída, Corbella e Yannas (2010) sugerem trabalhar as paredes mais castigadas com elementos, ou revestimentos, ou pinturas de maneira a minimizar a absorção da radiação solar e o ingresso de calor.

Para garantir a proteção da envoltória de um edifício, seja com elementos construídos, seja com vegetação, Frota e Schiffer (2001) propõem que é necessário poder-se determinar a posição do Sol, para o local em questão, na época do ano em que se deseja barrar seus raios diretos. Para tal, tem-se que recorrer a algumas noções básicas da Geometria da

Insolação, a qual possibilitará determinar, graficamente, os ângulos de incidência do Sol, em função da latitude, da hora e da época do ano (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Corbella e Yannas (2010) expõem que para entender como proteger a edificação em relação a radiação solar, devem-se distinguir dois casos:

- A radiação solar que ingressa pelas aberturas e é absorvida, em parte, nas superfícies do chão ou das paredes, convertendo-se em energia térmica.
- A energia solar que é absorvida na superfície das paredes externas se converte em calor, que aumenta a temperatura dessa superfície.

Nas duas situações a temperatura do ar interno eleva-se e as superfícies aquecidas aumentam sua temperatura e emitem mais energia que as superfícies não aquecidas, causando desconforto. Assim, os autores indicam algumas estratégias para combater este ganho de calor e consequentemente a elevação de temperatura do ar interno:

- Posicionar o edifício de maneira a obter a mínima carga térmica devido à energia solar;
- Proteger as aberturas contra a entrada do sol;
- Dificultar a chegada do sol às superfícies do envelope do edifício;
- Minimizar a absorção do sol pelas superfícies externas;
- Determinar a orientação e o tamanho das aberturas para atender às necessidades de luz natural.

Ventos

Em uma região climática pode haver variações significativas de direção e de velocidade do movimento do ar. Isto acontece principalmente pelas diferenças de temperatura entre as massas de ar, que provocam o seu deslocamento da área de maior pressão, ar mais frio e pesado, para o área de menor pressão, ou seja, ar quente e leve (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

A ventilação é capaz de proporcionar a renovação do ar do ambiente construído, sendo de grande importância para a higiene em geral e para o conforto térmico de verão em regiões de clima temperado e de clima quente e úmido. Essa renovação proporciona a dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaça, poeiras e de poluentes (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Segundo Bittencourt e Cândido (2010) grande parte do território brasileiro é constituído por regiões com clima quente e úmido. Nesse tipo de clima, as estratégias

bioclimáticas de projeto arquitetônico se concentram em controlar os ganhos de calor nas construções, bem como remover a carga térmica das mesmas. A redução dos ganhos de calor pode ser conseguida através de sombreamento da envoltória das edificações, principalmente dos painéis envidraçados, e da utilização de cores claras nos componentes opacos, visando a refletir parte da radiação solar incidente.

A ventilação natural, para essas regiões, constitui-se da estratégia bioclimática mais eficiente para remover a carga térmica acumulada no interior dos ambientes. Além disso, é capaz de produzir resfriamento fisiológico nos usuários, devido às perdas térmicas por convecção proporcionadas pelas correntes de ar em contato com a pele. A utilização de sistemas de ar condicionado em edificações que poderiam ser naturalmente ventiladas representa uma das maiores fontes de desperdício de energia em regiões tropicais (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2010).

Assim, a ventilação natural caracteriza-se pelo deslocamento do ar através do edifício, ou seja, através de aberturas, umas funcionando como entrada e outras, como saída. Desta forma, as aberturas para ventilação deverão estar dimensionadas e posicionadas de modo a proporcionar um fluxo de ar adequado. O fluxo de ar que entra ou sai do edifício depende da diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos, da resistência ao fluxo de ar oferecida pelas aberturas, pelas obstruções internas e de uma série de implicações relativas à incidência do vento e forma do edifício (FROTA; SCHIFFER, 2001).

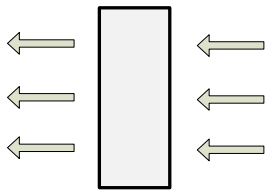
Krygiel e Nies (2007) definem três dados meteorológicos do vento necessários para elaboração de projetos: frequência, direção e velocidade do vento. A frequência é normalmente trabalhada em quatro grupos horários com características semelhantes: madrugada, manhã, tarde e noite. A direção é medida em ângulos que correspondem aos oito eixos cardeais e quanto a velocidade não incluem os períodos com calmaria, para não distorcer a real velocidade dos períodos com vento (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2010).

O diagramas do tipo rosa-dos-ventos fornece as probabilidade de ocorrência de vento para as principais orientações e sua velocidade. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997) este instrumento pode auxiliar o projetista na colocação de aberturas, de forma a aproveitar o vento fresco no período quente e evitar o vento forte no período frio.

Corbella e Yannas (2010) sugerem as seguintes estratégias para conseguir um edifício com boa ventilação e um controle eficiente:

- Posicionar o prédio convenientemente para poder conseguir uma corrente de ar no seu interior, no período do dia em que isso seja desejado, como pode ser observado na Figura 2.6:

Figura 2.6 - Posicionamento do edifício para produzir correntes cruzadas



Adaptado de Corbella e Yannas (2010)

- Se o melhor posicionamento teórico do edifício no terreno não pode ser realizado por razões práticas, estudar a disposição de elementos no envelope, de maneira a desviar o vento, para que possa ser produzida uma corrente cruzada no seu interior.
- Estudar as divisões internas de maneira que apresentem o menor obstáculo possível ao deslocamento do ar;
- Projetar e colocar exaustores e/ou ventiladores de teto para obter uma ventilação eficiente, caso seja necessário;
- O melhor posicionamento com relação aos ventos deve ser compatibilizado com a melhor localização recomendada pelas trajetórias solares.

2.4.1.2 Cultura

Quando Krygiel e Nies (2007) falam, entre as estratégias para elaboração de um edifícios sustentável, em compreender a cultura, sugerem que esta precisa ser entendida em dois níveis: a cultura da comunidade e a cultura da organização contratante. Para um projetista que não pertence ao mesmo ambiente e localização em que está projetando, entender a cultura local torna-se um grande desafio e os autores apontam como uma real solução passar um tempo na comunidade interagindo com seus membros. Compreender a cultura de uma área torna-se ainda mais importante se estiver trabalhando em um plano de larga escala ou em uma obra pública. Parte da abordagem para a compreensão da cultura em ambas as escalas inclui o processo altamente colaborativo e a aliança com os parceiros locais.

Cultura da Comunidade

Ao trabalhar na escala da comunidade, busca-se diálogos abertos com todas as partes interessadas. Isso inclui todas as pessoas que vivem, trabalham, ou lideram a comunidade. Todos estão autorizados a ter voz e as chance de expressá-la. Os membros da comunidade discorrem sobre o que sentem, o que é mais valioso e precioso para eles e que os

torna únicos, o que eles precisam, o que querem e o que mais temem sobre o projeto (KRYGIEL; NIES, 2007).

Cultura de uma Organização

Quando se trabalha da escala construtiva, a equipe de projeto precisa entender a cultura da organização, desde sua estrutura, quadro de funcionários e a política da empresa. Algumas perguntas são sugeridas por Krygiel e Nies (2007):

• Qual é a história da organização?

• Qual é a visão global para o futuro da organização?

• Como a empresa está estruturada?

• De que tipo de pessoas a empresa é formada?

• Qual é o compromisso geral em relação ao pensamento sustentável?

• O que e / ou quem vai ser o fator-chave na tomada de decisão?

A Compreensão da Cultura irá formar uma base para o desenvolvimento de uma visão, princípios, objetivos, e um processo de tomada de decisão clara que os projetista e o dono vão usar para tomar decisões difíceis no decorrer do projeto. A maioria desses itens pode ser transmitida por meio do diálogo simples, com o líder do projeto da organização, mas o diálogo ampliado com uma divulgação mais extensa das partes interessadas da organização pode permitir uma melhor compreensão.

2.4.1.3 Lugar

Cada lugar é único e tem seu próprio senso de caráter. Os métodos pelos quais os projetistas desenvolvem a terra em vilas, cidades e metrópoles define e redefine o lugar. Desenvolver e incorporar os vários estilos de *design* que surgiram ao longo dos anos no ambiente construído, define quem somos e onde estamos (KRYGIEL; NIES, 2007).

Muitos projetistas em países desenvolvidos, tem projetado subúrbios com replicação de projetos, ou seja, são simplesmente replicados sucessos do passado de outra cidade, apenas suplantado na nova localidade. Porém, Krygiel e Nies (2007) aconselham priorizar a esfera social existente, assim como apoiar a esfera ambiental ao invés de meramente pensar no projeto.

Analisando um edifício dentro do contexto de uma cidade, cada tipo tem o seu próprio papel em um sistema de funcionamento. Alguns edifícios são monumentos, outros são para eventos públicos, alguns comerciais, alguns são para a educação, e assim por diante.

2.4.2 Entendendo o tipo de construção

A partir da compreensão fundamental sobre o clima, cultura e lugar, pode-se prosseguir para a construção de fato. Muitos projetistas entendem a diferença primordial entre os diferentes tipos de construção, mas às vezes se esquecem de incorporar isso nos detalhes. Em grande parte, projetistas tem feito um bom trabalho em fazer casas parecerem com casas, escolas com escolas, escritórios com escritórios.

Entretanto, eles não estão sendo tão consensuais em como cada tipo de construção responde ao clima do entorno, sendo este outro grande desafio para um projeto de sucesso. Acredita-se que alguns desses entendimentos esquecidos é resultado da transição da indústria depois da segunda metade do século XX, que passa a produzir com padrões uniformes codificados em múltiplas zonas climáticas, estando a garantia dos produtos atrelada a esses padrões. A falha em compreender a relação entre tipos de construção e clima *a priori*, pode frequentemente resultar em tecnologia mal aplicada e custos maiores (KRYGIEL; NIES, 2007).

Após a compreensão da construção a ser projetada, pode-se identificar as estratégias de recursos eficientes mais apropriadas. Analisando uma residência, por exemplo, que é caracterizada por uma construção relativamente pequena com poucos ocupantes e muito envelope exterior por metro quadrado, percebe-se que, a residência reage mais a mudanças no seu exterior, do que no seu ambiente interno. Neste caso, para manter uma residência com sua temperatura e umidade estável, os autores aconselham que o projeto precisará de uma significativa resistência térmica nos tetos, paredes e janelas.

Todavia, quando se pensa num edifício comercial, ainda que esteja na mesma cidade, não se devem incorporar essas mesmas soluções, pois um edifício empresarial é um prédio bem maior, com um uso completamente diferente. Além de ter um pé direito mais baixo, tem mais usuários internos, mais equipamentos e diferentes horas de uso. Neste caso, poderiam ser utilizadas outras maneiras de reduzir a carga de energia, como percentual de vidros, sombreamento externo, iluminação natural, controles de iluminação automatizadas e equipamentos eficientes (KRYGIEL; NIES, 2007).

2.4.3 Reduzindo a necessidade de consumo de recursos

Krygiel e Nies (2007) relatam que na indústria da construção sustentável, existe uma crença: “a construção mais sustentável é a que você não constrói”, ou ainda em relação ao uso de edifícios existentes pode-se ouvir: “a construção mais sustentável é aquela que já está

construída”. Ambas afirmações tem o mesmo objetivo, levar a conscientização de que se não for absolutamente necessário, melhor não o criar. Os autores sugerem a redução da necessidade do consumo de recursos a partir de quatro requisitos, o espaço, os materiais, o uso de energia e o consumo de água.

Espaço

No início da elaboração de um projeto faz-se necessário questionar se aquele espaço programado é realmente necessário para o cliente. Este questionamento deverá ocorrer durante toda a extensão do projeto e também nos espaços individuais, até que as divisões de espaço estejam na melhor escala possível. Financeiramente, criar espaço está associado inicialmente a custos de obra, e a longo prazo, associado a custos de operação e manutenção. Espaço tem alto impacto ambiental na construção civil, bem como baixo impacto em relação a manutenção, descarte ou reciclagem. Deve-se questionar a utilização do espaço em uma construção, se o mesmo é sustentável tanto ambientalmente como economicamente, no uso de materiais, energia e água. Uma vez que a necessidade de espaço é definida, é hora de passar a reduzir a necessidade de recursos para construir e gerenciar o projeto (KRYGIEL; NIES, 2007).

Materiais

A escolha dos materiais a serem utilizados na construção das edificações deve ser feita buscando utilizar a menor quantidade possível de recursos e adotar os materiais mais eficientes. Para isso, Krygiel e Nies (2007) acreditam que cada material, BTU, ou litros de água usados, devem ter um propósito no projeto, e melhor ainda se possuírem mais de um.

Os materiais utilizados na construção de um edifício são responsáveis por regularem o seu desempenho térmico e, consequentemente, influenciarão no conforto térmico de seus usuários. Por esta razão, o conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor permite prever qual será a resposta de um prédio às variações do clima externo e, assim, tomar decisões a respeito de quais materiais empregar num determinado clima, afim de favorecer o conforto para os habitantes. Corbella e Yannas (2010) sugerem a utilização de softwares para análise detalhada do desempenho térmico e escolha dos materiais de construção.

Outro requisito que deve ser considerado para a ponderação da escolha dos materiais é a energia incorporada. Refere-se a toda a energia necessária para a criação do referido material ou produto. Estágios comuns de fabricação de material de extração são matéria-prima, fabricação, montagem, transporte e instalação. Considerando o concreto, por

exemplo, que tem sua base no cimento Portland, este, por sua vez, tem uma das maiores energias contidas dentre todos os produtos da construção. Krygiel e Nies (2007) afirmam que enquanto cimento Portland é apenas cerca de 10-12% de uma mistura pronta de concreto comum, é responsável por pelo menos 85% da energia incorporada de concreto.

Energia

Da perspectiva de energia, Krygiel e Nies (2007) descrevem doze medidas para reduzir a necessidade de consumo de um edifício: estudo da direção do edifício, análise da massa do edifício, otimização do envelope, dos vidros e das sombras, controle da luz do dia, otimização da iluminação, uso de equipamentos eficientes, estudo do passivo solar, massa térmica, ventilação natural e otimização de sistemas mecânicos.

Estas estratégias para redução da carga energética podem ser somadas para que combinadas, sejam uma melhor solução para o projeto. Por exemplo, estudar a melhor opção de orientação do edifício, juntamente com estudos de forma, priorizando as maiores fachadas para leste e oeste, seleção de uma porcentagem adequada de esquadrias envidraçadas, além do estudo da melhor localização e tipo de vidro, garantindo a penetração de luz do dia, porém reduzindo a carga de condução solar com o uso de dispositivos de sombreamento, ou seja, cada uma das estratégias integradas, tem um efeito cumulativo sobre a redução da necessidade de energia de resfriamento, enquanto individualmente cada um deles só poderia ter um pequeno impacto (KRYGIEL; NIES, 2007).

Água

Apesar de conservação e eficiência energética receber muita atenção, com a maior parte do mundo focado na redução de gases de efeito estufa, reduzir a necessidade de água do ambiente construído poderia ser um esforço ainda mais importante. Por muito tempo tem-se utilizado regularmente água potável para descartar os resíduos e irrigar os gramados e jardins residenciais e comerciais. Estas são as duas principais áreas onde pode-se reduzir a necessidade de água do ambiente construído (KRYGIEL; NIES, 2007).

A água deve ser entendida como um insumo finito, tanto em termos de quantidade como de qualidade; trata-se de um bem de valor econômico, indispensável à garantia da saúde pública e à manutenção da vida. Por esta razão, a água deve ser conservada em quantidade e qualidade para prorrogar o atendimento às necessidades dos usuários e a sustentabilidade do edifício e de seu entorno (OLIVEIRA, ILHA, 2010).

Atualmente existem algumas tecnologias disponíveis no mercado para reduzir a quantidade de água potável para descarga em sanitários, porém simplesmente reduzir a quantidade não é suficiente, a questão que deve ser levantada é o uso de água própria para o consumo sendo utilizada na descarga dos sanitários. O mesmo acontece com o uso de água potável utilizada para a irrigação (KRYGIEL; NIES, 2007).

2.4.4 Usando recursos livres / local e os sistemas naturais

A natureza oferece três coisas sem nenhum custo: vento, chuva e sol. Para suas medições, padrões meteorológicos são realizados para que se possa prever a disponibilidade em uma base mensal e anual. Tendo estas já sido compreendidas anteriormente no primeiro passo de compreensão do clima, basta agora incorporá-las no processo de elaboração do projeto.

Anteriormente, no passo reduzir a necessidade de recursos, foi introduzido o conceito de energia incorporada nos materiais de construção. Esta energia pode ser reduzido através da seleções de materiais. Ao selecionar produtos da região, ou usando materiais reutilizados, a energia para o transporte desses materiais para o local é bem menor (KRYGIEL; NIES, 2007).

Vento

Dentre os três elementos descritos acima, vento chuva e sol, Krygiel e Nies (2007) consideram o vento o maior desafio de aproveitamento no projeto. O vento pode ser usado principalmente por duas coisas: a geração de energia e sistema de ventilação natural. Nesta fase do processo, o maior interesse está no potencial de refrigeração para ventilação natural, uma das doze medidas de eficiência energética listadas anteriormente. Antes do desenvolvimento de sistemas de ventilação mecânica, todos os edifícios contavam com ventilação natural. Refrigeração por ventilação natural usa as forças naturais do vento e flutuabilidade para fornecer ar fresco para dentro de edifícios.

Em climas e tipos de edifícios favoráveis, o sistema de ventilação natural pode reduzir o consumo de energia, melhorar a qualidade interna ambiental (ar fresco e menos ruído do sistema mecânico), e reduzir custos operacionais. A Integração do uso de ventilação natural depende de decisões inteligentes para muitas partes do projeto de construção, incluindo: localização do edifício no terreno e orientação adequada; a forma da construção e suas dimensões; tipos e locais de janelas; integração de elementos indutores (escadas abertas,

chaminés); construção eficiente do envelope; elementos externos para sombreamento (KRYGIEL; NIES, 2007).

Os autores recomendam que a otimização do projeto deve ser iniciada com a análise do gráfico psicrométrico para a região estudada, assim, rapidamente pode-se ver quando as condições exteriores estão na faixa de sistema de ventilação natural.

Água de chuva

A água da chuva é um recurso livre que pode ser benéfico em todas as zonas climáticas. Usar a água da chuva reduz a necessidade de água potável, especialmente para as necessidades de água não potável. Para usar a água da chuva, deve-se coletar, filtrar, armazenar e transportá-la para o uso final.

A água da chuva pode ser coletada do telhado, estacionamento, ou até escoamento do terreno. Pode-se armazená-la em barris ou cisternas. Esta pode ser usada para muitas funções, tais como: a irrigação do paisagismo local, desenvolvimento de recursos aquáticos no local, a água para processos industriais, descarga de banheiros, dissipadores de calor geotérmicos, ou mesmo para usos não potáveis (KRYGIEL; NIES, 2007).

Oliveira e Ilha (2010) sugerem, para reduzir o consumo de água potável, a gestão de água pluvial através do seu aproveitamento, além de limitar o escoamento de águas pluviais, o que contribui para reduzir o risco de inundações e de poluição difusa. Essa água recolhida e armazenada pode ser utilizada para as duas principais áreas expostas acima.

Outro grande desafio para redução do consumo de água tem relação com o tratamento de esgoto sanitário gerado por uma edificação. Podem-se considerar duas situações: o sistema é ligado à rede pública de coleta de esgoto sanitário ou o edifício dispõe de sistema local de tratamento de esgotos (OLIVEIRA, ILHA, 2010).

Sol

O sol é capaz de fornecer três recursos-chave, luz, calor e energia. Nessa etapa do processo o objetivo maior está em maximizar o uso de luz e calor, ao invés de usar a energia da rede municipal para os fins do sol. A utilização da luz natural é apropriada para quase todos os prédios que tem espaços que necessitam de luz. Existem duas opções básicas para a iluminação de um espaço: o uso de luz natural e o uso de luz artificial. Integrar a utilização da luz natural para iluminação interior primário de edifícios é chamado iluminação natural. A luz natural é a mais alta qualidade e fonte de luz mais eficiente disponível hoje. Enquanto que todas as opções

de iluminação artificial requerem recursos materiais e energia elétrica. O uso do sol como fonte de aquecimento é limitado ao tipo de construção e a zona climática (KRYGIEL; NIES, 2007).

Soluções para integrar adequadamente uma estratégia de luz do dia variam com o clima e tipo de edifício. Os autores propõem as seguintes estratégias de projeto para se trabalhar com a iluminação natural: A análise da orientação da edificação com relação ao estudo de disponibilidade de radiação solar; determinação do uso de esquadrias de vidro, estudando o melhor posicionamento além de todas as características físicas do material; e o uso de sombreamento externo nas aberturas utilizando vidros mais baratos, ou seja, possibilitando a entrada de luz, mas com controle do ganho de calor.

Os benefícios da utilização de luz natural não estão limitados a um arrefecimento reduzido e cargas eléctricas. Uso de sistemas de iluminação natural totalmente integrada pode também melhorar o conforto visual e beleza de um espaço, bem como aumentar a saúde humana e sua produtividade (KRYGIEL; NIES, 2007).

Materiais

Na primeira parte da metodologia de Krygiel e Nies (2007) abordou-se a importância de se compreender o lugar, nesta fase deve-se juntar o compromisso com o lugar e os temas abordados na etapa reduzindo as necessidades de recursos para a seleção dos materiais.

Parte da razão pela qual as pessoas são atraídas para uma cidade está na simples maneira de enxergar o regionalismo que ela possui, um dos motivos que um projeto parece do jeito que ele é, deve-se ao uso de materiais disponíveis regionalmente, ou seja, projetistas e construtores criam parte do sentido do lugar através desses materiais (KRYGIEL; NIES, 2007).

Como discutido anteriormente, parte da energia incorporada nos materiais de construção inclui o transporte. Hoje, materiais e produtos de construção são enviados em todo o mundo de navio, avião, comboio e caminhão, exigindo uma grande quantidade de recursos de combustíveis fósseis que geram emissões nocivas. Os impactos ambientas causados podem ser reduzidos significativamente com a escolha por materiais mais próximo ao local do projeto, ao mesmo tempo que proporciona-se um impacto positivo na economia local, colocando pessoas para trabalhar na comunidade.

2.4.5 Usando sistemas artificiais eficientes

Nesta fase, já foram reduzidas ao máximo possível as necessidade de recursos do projeto e aproveitadas passivamente todos os recursos disponíveis na natureza. É improvável

que todas as necessidades de cada edifício poderia ser atendidas por sistemas naturais. As lacunas entre o que pode ser adquirido de forma natural e o que teve ser fornecida pelos sistemas feitos pelo homem será maior em algumas regiões, dependendo do tipo de edifício e do clima. No entanto, por causa das medidas já tomadas, a diferença é significativamente menor do que a necessidade tradicional para sistemas artificiais desenvolvidos ao longo das últimas três décadas. Para preencher as restantes necessidades de recursos de construção, Krygiel e Nies (2007) aludem para o uso de sistemas mecânicos, iluminação elétrica e o uso de edifícios eficientes.

Sistemas Mecânicos

A utilização dos sistemas mecânicos deve ser dimensionada de forma correta, pois o ciclo excessivo do processo de liga e desliga dos equipamentos causado pelo superdimensionamento dos sistemas, pode elevar o custo de aquisição, aumentar o uso de energia e diminuir a vida útil do produto. Isto é especialmente verdadeiro para os sistemas de aquecimento e refrigeração. Para a seleção dos sistemas mecânicos, recomenda-se o uso de simulações computacionais para analisar a real necessidade do projeto (KRYGIEL; NIES, 2007).

Iluminação elétrica

Como já mencionado anteriormente, a partir de um sistema de iluminação devidamente integrado à iluminação natural, torna-se necessário, neste passo, selecionar luminárias eficientes, juntamente com sistemas de controle. Esta seleção deve ser aliada ao conhecimento da necessidade da quantidade de luz para os ambientes que será definido com os serviços realizados, selecionando as luzes com a maior eficácia para a situação desejada (KRYGIEL; NIES, 2007).

Equipamentos Eficientes

Orienta-se para a ocupação da habitação a aquisição ou utilização de equipamentos eficientes, tais como: computadores, monitores, impressoras e equipamentos domésticos. Krygiel e Nies (2007) garantem que apesar de equipamentos eficientes geralmente terem um maior custo inicial, estes irão se pagar ao longo de um período de tempo.

2.4.6 Aplicação de sistemas de geração de energia renovável

Krygiel e Nies (2007) definem energia renovável como a energia originada de fontes diferentes das de combustíveis fósseis. Em oposição aos recursos finitos que dão origem aos combustíveis fósseis, os recursos da energia renovável são infinitos. Neste passo o edifício já deve ser eficiente e ter coletado o máximo de energia livre possível, podendo fornecer as necessidades energéticas com energia renovável.

Os autores descrevem sete fontes de energias renováveis: solar, eólica, biomassa, hidrogênio, geotérmica, oceânica, hidrelétrica. Algumas dessas fontes funcionam bem em grande e pequena escala. A escolha da fonte de energia renovável vai depender das características de cada lugar. Por exemplo, algumas cidades podem ter grande potencial eólico, enquanto outras devem priorizar o potencial para energia solar, com utilização de placas fotovoltaicas.

Então, primeiramente, é preciso recursos para criar sistemas que aproveitem energia de fontes renováveis. É largamente aceitável ainda que, eles sejam mais limpos que qualquer sistema baseado em um combustível-fóssil e indiscutivelmente mais seguro que um sistema de energia nuclear. Uma menor necessidade de energia também significa menor geração de energia requerida, salvando recursos materiais e limitando um restante potencial impacto negativo da produção de energia. Uma grande limitação do uso de tecnologias para geração de energias renováveis está no custo, pois comparando o custo do uso da energia disponível na rede municipal em relação a uma energia renovável local, esta pode ser significantemente mais cara dependendo da localização (KRYGIEL; NIES,2007).

2.4.7 Compensar os impactos negativos restantes

Enfim a última tarefa, compensar os impactos ambientais restantes, no qual a maior parte está na energia incorporada do esforço de concepção, os materiais selecionados e a energia incorporada do projeto da construção. Todas essas energias incorporadas podem ser equiparadas a uma unidade equivalente de gás carbônico, que pode ser compensada ao apoiar programas para compensar, ou ainda, reduzir as emissões. O objetivo principal é atingir um resultado neutro, ou seja, anular o impacto das construções.

Algumas organizações oferecem serviços para a compensação de gás carbônico através de financiamento de projetos ecológicos. Porém Krygiel e Nies (2007) destacam que as compensações ligadas à energias renováveis e projetos de eficiência energética são mais

permanentes que aqueles que envolvem plantar árvores para absorver carbono. Eventualmente as árvores irão morrer, serão destruídas diante de desastres naturais, ou serão cortadas, liberando todo ou parte do gás carbônico de volta à atmosfera.

Após completar os setes passos na ordem das operações, Krygiel e Nies (2007) garantem que se todos eles tiverem sido feitos perfeitamente, o edifício é verdadeiramente sustentável. Descrevem ainda que o processo não se encerra por aí, pois o projeto ainda terá que ser construído, operado e por fim mantido para o qual será necessário unir um time integrado de profissionais.

2.5 Considerações Finais

Neste capítulo, pôde-se observar ao longo da história uma preocupação que foi ganhando dimensões cada vez mais amplas, desde uma visão focada na eficiência energética até uma visão pautada nas prioridades sociais em harmonia com a preservação ambiental, com valores culturais e as possibilidades do contexto econômico. Foram expostas também as certificações ambientais que servirão de apoio para definição dos requisitos de sustentabilidade a serem inseridos no processo parametrizado de projeto e, por fim, apresentaram-se os passos de Krygiel e Nies (2007) para elaboração de um projeto sustentável, desde a compreensão do clima, cultura e lugar da edificação, passando pelas estratégias de racionalização dos recursos disponíveis até as discussões de compensação dos impactos negativos gerados pelas construções.

3 MÉTODOS DE ELABORAÇÃO DE PROJETO

Neste capítulo são apresentadas algumas considerações a respeito do processo de elaboração de projetos em arquitetura, do produto ao processo de informações. É discutido também a inserção da sustentabilidade no processo de projeto e por fim introduzido o conceito dos projetos paramétricos e os conceitos e benefícios que o BIM pode proporcionar na criação destes projetos.

3.1 Processo de criação de projeto em arquitetura

O projeto é fruto de várias interações sociais, no qual deve ser definido não só pela atuação de cada projetista, mas também pelas influências mútuas com os clientes, usuários e demais projetistas participantes. Desta forma, a noção de processo é fundamental para compreender a materialização do projeto, que ocorre segundo etapas sucessivas de desenvolvimento, tanto do ponto de vista intelectual como em relação às trocas entre agentes envolvidos no processo de projeto (FABRICIO, M.; MELHADO, S. 2011).

De acordo com Oliveira e Fabricio (2011), projeto caracteriza-se pelo processo de criação e tratamento de informações mediante diferentes estratégias mentais e metodológicas, que envolvem sentidos, abstrações, representações, métodos e conhecimentos, sendo orientado à concepção de objetos e à formulação de soluções, de forma a antecipar um produto e sua fabricação.

Do ponto de vista intelectual, o desenvolvimento de projetos é complexo e requer múltiplas habilidades cognitivas e motoras, tais como: os sentidos, a memória, o raciocínio e as habilidades manuais. Portanto, Fabricio e Melhado (2011) definem como as principais habilidades intelectuais exercidas na elaboração de projetos: capacidade de análise e síntese de informações; a criatividade e o raciocínio lógico; o conhecimento; e a capacidade de comunicação e interação entre diferentes indivíduos.

No início do projeto, o maior esforço é dedicado à compreensão do problema, ou seja, a capacidade de análise e de síntese de informações para a formulação do problema de projeto. É nesta etapa que deve-se obter, ordenar, classificar e hierarquizar inúmeras informações aparentemente desconexas e formular um problema a ser resolvido a partir de informações e demandas iniciais. Nesta etapa devem ser definidos: as principais metas e objetivos que o projeto deve alcançar; os principais critérios de desempenho do edifício; as principais restrições, possíveis impactos das soluções para os usuários, clientes e localidade.

Segundo Andrade, Ruschel e Moreira (2011), nesta etapa de análise necessita-se elaborar uma lista detalhada de especificações de requisitos a serem atendidas no projeto, tais como: características de dimensionamento, custo estipulado, configuração e determinação das relações entre os ambientes, perfil dos fluxos e orientações predominantes. Mesmo quando esta lista de análise não estiver totalmente completa, o uso destas informações irá auxiliar os projetistas como ponto de partida na configuração de parâmetros de projeto.

Assim, as habilidades intelectuais podem ser associadas às técnicas de auxílio ao pensamento e para esta primeira etapa de análise, destacam-se os diagramas e tabelas, que são utilizados para representar e sistematizar ideias.

Em um segundo momento, criatividade e raciocínio. O foco passa a ser a formulação de soluções, ou seja a capacidade de propor soluções espaciais, formais e técnicas, sendo estas coerentes com o problema anteriormente definido. (FABRICIO; MELHADO, 2011). A síntese é constituída de passos intuitivos na busca das soluções dos problemas a partir de organizações de forma, materiais, hierarquias de visuais, orientações predominantes, iluminação e outros condicionantes que associados irão constituir o edifício (ANDRADE; RUSCHEL; MOREIRA, 2011).

Em seguida, o aprimoramento do projeto mediado pelos conhecimentos, procedimentos, algoritmos e métodos de projeto. Nada mais é que a criação e o desenvolvimento das soluções projetuais. O conhecimento está também relacionado com a cultura construtiva, que define estratégias projetuais e construtivas associadas aos costumes e às necessidades de um povo ou região. Nesta etapa, as técnicas mais utilizadas são: os métodos de cálculo, os algoritmos numéricos e os softwares de simulação e análise, utilizados para estudar e quantificar as soluções projetuais.

Por fim, a representação e a comunicação. Envolvem tanto uma forma de apresentar as soluções desenvolvidas na etapa anterior que podem ser representados através de desenhos técnicos, maquetes, modelos virtuais, como também uma forma de apoio e extensão ao desenvolvimento intelectual das soluções projetuais. A comunicação pode ser compreendida como um elo entre as fases do ciclo de decisão, atuando como meio de registro e estimulando o processo de projeto. Os desenhos técnicos e textos são ferramentas para viabilizar a comunicação e transmitir as informações compreendidas no projeto para os demais agentes envolvidos no projeto (FABRICIO, M.; MELHADO, S. 2011).

Camargo et al (1996, apud FABRICIO; MELHADO, 2011) propõem um ambiente cognitivo e social de projeto, que irá valorizar o papel das ferramentas informalizadas no

pensamento abstrato criativo, e fundamentalmente, relacionar este pensamento ao ambiente sociotécnico em que o indivíduo está inserido.

Na visão de Pfeiffer (2005, apud MARQUES, 2007) projeto é definido como um conjunto de atividades planejadas para serem executadas, em um prazo de tempo limitado e levando em consideração os recursos disponíveis, a fim de alcançar determinados objetivos dentro de um escopo definido.

Para o bom funcionamento de um projeto, Pfeiffer (2005, apud MARQUES, 2007) define que a primeira iniciativa a ser tomada é a definição de todas as responsabilidades e seus agentes correspondentes, no qual cada agente tenha conhecimento de todas suas funções. Os objetivos, assim como o escopo, devem ser claros e bem definidos, para que possam orientar as atividades do projeto e não correr o risco de ultrapassar seus limites seja na capacidade da empresa, na quantidade de recursos, ou na complexidade do empreendimento. É fundamental que seja também realizado um planejamento, no qual serão considerados os recursos disponíveis e o prazo estabelecido anteriormente.

O processo de projeto do edifício pode, então, ser definido como um processo que abrange todas as decisões e formulações que visam subsidiar a criação e a produção de um empreendimento, considerado a partir da montagem da operação imobiliária, passando pela formulação do programa de necessidades e do projeto do produto até o desenvolvimento da produção, o projeto *as built* até chegar à avaliação de satisfação do usuário (FABRÍCIO, 2002).

Deste modo, o projeto arquitetônico tem como objetivo fundamental encontrar uma solução que satisfaça às metas e objetivos desejados pelos clientes, por meio de: custo aceitável, usabilidade, durabilidade e beleza. Para o alcance desta solução, os projetistas produzem seu trabalho num mundo de antecipação, imaginação e conjeturas. A fim de reduzir as dificuldades e incertezas na busca de novas soluções, o arquiteto desenvolve métodos que buscam aproximar as potenciais soluções de projeto das metas e restrições estabelecidas para a futura construção. Ou seja, a busca por uma solução que satisfaça determinadas metas e restrições irá gerar uma serie de potenciais soluções. Cabe ao arquiteto descobrir a melhor solução para estas metas e restrições estabelecidas (ANDRADE; RUSCHEL; MOREIRA, 2011).

Definido um método a ser adotado, a maneira de estruturar o problema é variável, assim como a de gerar soluções e avaliar alternativas, porém, diferentes métodos possuem uma questão única, a sequência de decisões interdependentes. Assim, Andrade, Ruschel e Moreira (2011) definem quatro abordagens diferentes de métodos de projeto: métodos de tentativa e erro; métodos de satisfação de restrições, métodos baseados em regras; e métodos baseados em precedentes.

Método de tentativa e erro, como o próprio nome já diz busca encontrar ou desenvolver soluções candidatas e avaliar se elas atendem às metas e restrições. Caso não atendam, o processo se repete com outra solução até que se encontre uma que melhor atenda às necessidades. Este método é muito comum na atividade de projeto, principalmente quando se tem um caso que múltiplos critérios de desempenho devam ser atendidos. Para isso, é utilizado um processo de geração, simulação e avaliação, de modo repetido, até encontrar a solução de desempenho desejada.

Método de satisfação de restrições, consiste na aplicação de um progressivo número de restrições tornando assim o processo de seleção mais exequível. Neste caso, o método é totalmente diferente do anterior, pois ao invés de múltiplas soluções a serem avaliadas para encontrar a solução ideal, este método baseia-se na solução única, ou seja, são tantas restrições implantadas no processo até o ponto que só restarão poucas, ou até mesmo, uma única solução.

Método baseado em regras, é estabelecido por instrumentalizações para a realização dos passos das atividades de projeto. Trata-se dos métodos mais populares utilizados por projetistas. Este método caracteriza-se vantajoso, pois possui uma forma concisa, expressa em procedimentos progressivos, passo a passo, para a realização de uma tarefa, dispensando o uso de regras mais complexas, com uma lógica subjacente.

Método baseado em precedentes, baseia-se em que a maioria dos problemas de projeto apresentam similaridades com outros procedentes. Embora alguns aspectos sejam específicos, este método crê que a estrutura geral de um problema é a mesma e que novas soluções baseadas em experiências precedentes poderiam servir para solucionar novos problemas complexos de projeto.

Andrade, Ruschel e Moreira (2011) concluem que o processo de projeto arquitetônico é dinâmico e composto por diversas fases intercaladas por ciclos de decisões e métodos diversificados, dos mais sistemáticos aos intuitivos. A busca pela solução dos projetos requer dos projetistas certas atividades e habilidades específicas, para isso, é fundamental o conhecimento de diferentes métodos de projeto e o entendimento de que tipo de problema de projeto se está trabalhando.

Atualmente, foi se desenvolvendo uma sofisticação das demandas sociais e dos clientes. Associada a este fator está a ampliação dos conhecimentos tecnológicos disponíveis e a especialização das profissões ligadas à área de projeto. Assim, foi provocada uma maior complexidade dos empreendimentos e o aumento das exigências relativas a custos e prazos de construção, qualidade e manutenibilidade do edifício. Somado a tudo isto, ressalva-se a

crescente preocupação com a sustentabilidade dos processos construtivos e dos produtos gerados (OLIVEIRA; FABRICIO, 2011).

3.2 Inserção da sustentabilidade no projeto arquitetônico

Segundo Fontenelle e Bastos (2011), o processo de projeto atualmente vem ganhando complexidade por conta da busca pelo desenvolvimento de uma arquitetura sustentável, visando a qualidade de vida dos usuários e a redução dos impactos negativos ao meio ambiente.

Novos critérios de projeto relacionados aos princípios de sustentabilidade estão sendo inseridos no processo de projeto, tais como: a gestão racional dos recursos naturais, o emprego de materiais menos impactantes, a redução dos impactos ao entorno, o respeito ao contexto econômico e sociocultural do lugar, dentre outros, além das características relacionadas ao conforto ambiental e a qualidade do ar na edificação.

Diante desta complexidade, observa-se que os projetistas necessitarão de uma mudança na visão da concepção de projetos, no qual as decisões não devem mais ser tomadas exclusivamente pela intuição ou referenciais ultrapassados e sim implantando, em sua prática profissional, métodos de auxílio à decisão ao processo de projeto (FONTENELLE; BASTOS, 2011).

Neste contexto, uma série de métodos e ferramentas de auxílio à integração dos princípios de sustentabilidade ao projeto de arquitetura vem sendo desenvolvidos. A maioria deles prioriza a dimensão ambiental da sustentabilidade estabelecendo níveis de desempenho do edifício e são estruturados com base em listas ou matrizes relacionais de categorias e critérios que devem ser avaliados e ponderados. Dentre estes métodos, as avaliações e certificações de edifícios auxiliam os projetistas nas decisões projetuais nas primeiras etapas de concepção, por conta da hierarquização de prioridades entre os critérios ambientais atribuídos nas metodologias (ZAMBRANO, 2008).

OLIVEIRA et al (2004) atentam que os requisitos ambientais a serem inseridos no processo de projeto devem estar detalhados e processados, de forma a auxiliar os agentes envolvidos na tomada de decisão a aplicar esses novos conceitos em suas atividades. Desta forma, quando introduzidos no processo e implementados na forma de especificação de projeto, poderão proporcionar a otimização do desempenho ambiental de uma edificação.

Consequentemente, para que esses requisitos ambientais sejam introduzidos no processo de projeto, observa-se a necessidade do desenvolvimento de dispositivos facilitadores

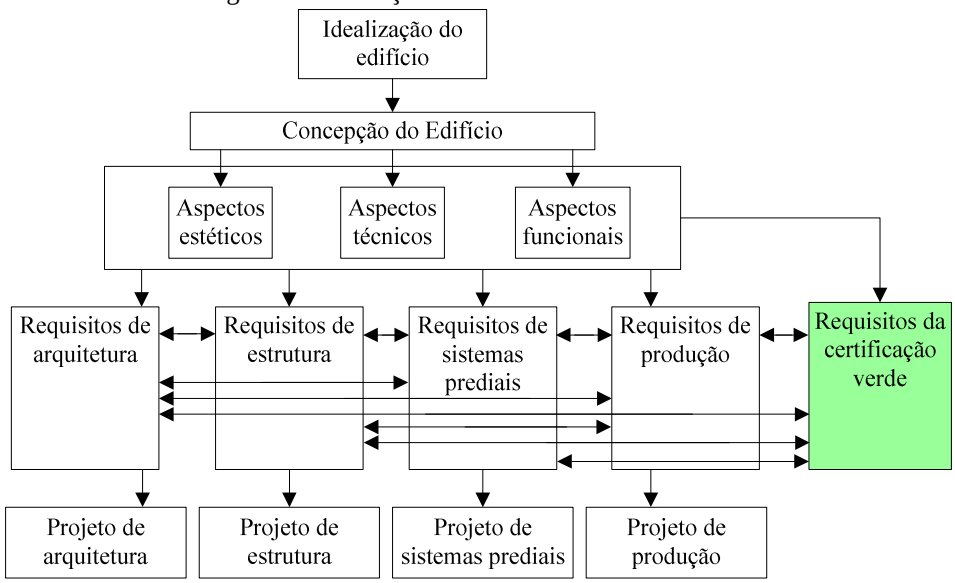
que auxiliem e orientem os agentes envolvidos em suas decisões nesse sentido. Esses dispositivos podem ser dispostos em forma de normas, listas de verificação, sistemas de avaliação ou manuais que possam explicitar os requisitos ambientais durante o processo de projeto (OLIVEIRA et al, 2004).

Como exemplo destes facilitadores observa-se o trabalho de Scheidt et al. (2010) que propõe um mapa das relações existentes e as influências entre os construtos, problemas secundários e os parâmetros a serem considerados para impactos do solo. Observa-se também a proposta de Marques (2007) que sugere uma ferramenta de auxílio ao projeto para seleção de materiais para um projeto de arquitetura sustentável. Ou ainda a proposta de metodologia para inserção de requisitos sustentáveis no processo de projeto para tomada de decisão (FONTENELLE; BASTOS, 2011).

Motta e Aguilar (2009) consideram que as relações sequenciais e condicionantes para caracterização do processo de produção de projetos, possuem uma inserção vertical; e as relações paralelas e com interações possuem uma inserção horizontal. Ou seja, as relações que vão desde a idealização da edificação à realização dos projetos, ocorrem de forma vertical, enquanto que as relações entre os diversos projetos ocorrem de maneira horizontal.

Os autores observaram que atualmente, na construção civil, a maioria das propostas de projetos sustentáveis, vem sendo percebidas através de certificações ambientais de edificações. A inserção dos requisitos dessas certificações é feita de maneira simultânea, interagindo com os demais requisitos de projeto de edifício, Figura 3.1:

Figura 3.1 - Inserção horizontal da sustentabilidade.



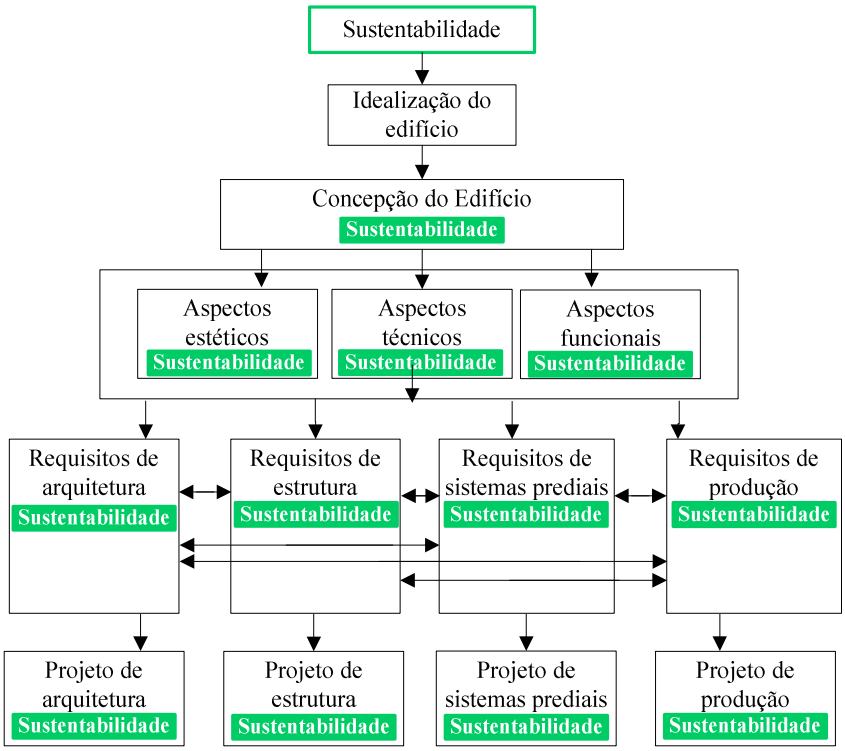
Fonte: Motta; Aguilar, 2009

Esta condução do processo, por sua vez, com a inserção da sustentabilidade por meio de uma certificação, condiciona as respostas da sustentabilidade e não considera a necessidade criativa e inventiva da sustentabilidade. Nesta concepção a certificação tem fraca contribuição e atuação para uma mudança cultural da estrutura organizacional do empreendimento como um todo. Assim, Souza e Melhado (2008) sugerem, para uma melhor interação entre os requisitos das certificações verdes e os demais requisitos, otimizar a comunicação entre os processos de projeto. Uma ferramenta é utilizar sistemas de informações formais que devem incluir procedimentos pré-definidos, entradas e saídas padronizadas e definições fixas.

Então, deve-se buscar ferramentas de execução de projetos que facilitem a execução coordenada e paralela dos mesmos Motta e Aguilar (2009) destacam os ambientes colaborativos e sistemas BIM como soluções adequadas para este cenário. Estes sistemas permitem o compartilhamento das habilidade dos agentes do processo, facilitando o encontro do resultado mais favorável para atendimento dos requisitos do empreendimento, incluindo os requisitos da certificação verde.

Assim, os autores sugerem que a sustentabilidade deve ir além da inserção horizontal no processo, isto é, deve fazer parte da estratégia do empreendimento, antecedendo a idealização e concepção do edifício, Figura 3.2:

Figura 3.2 - Inserção vertical da sustentabilidade.



Fonte: Motta; Aguilar, 2009

Portanto, deve ser inserida de maneira vertical, favorecendo para que seus conceitos estejam presentes em todas as etapas do processo de projeto.

Esta inserção vertical da sustentabilidade garantirá sua presença intrinsecamente nos requisitos de projetos. Ou seja, terá grande influência de mudança cultural de toda estrutura organizacional de um empreendimento, e por consequência, do setor de construção civil e da busca de um novo modelo de desenvolvimento.

Zambrano (2008), destaca que a complexidade em incorporar os princípios da sustentabilidade no projeto de arquitetura não está apenas em considerar no processo de concepção todos os alvos ambientais, mas também de reconhecer as relações de interdependência existentes entre eles. Isto porque, muitas vezes, a decisão sobre alguns aspectos do projeto pode influenciar outros e, inclusive, vir a prejudicar o desempenho de outras variáveis envolvidas. É importante, portanto, que o arquiteto saiba não só priorizar alguns dos alvos ambientais, como também equilibrar as decisões, visando obter um nível de desempenho que seja o melhor compromisso entre todos os elementos envolvidos.

A complexidade dos projetos de alguns empreendimentos ocasionada pela participação de diferentes projetistas, com habilidades e conhecimentos incorporados, associados a processos sociais e técnicos de apoio, transcendem as capacidades individuais e os limites da mente. Assim sendo, Fabricio e Melhado (2011) sugerem os métodos computacionais para ampliação da capacidade de processamento de informações, de forma que os arquivos aumentem as possibilidades da memória, preservando e acumulando grandes quantidades de informações. Os programas de computação gráfica ampliam a capacidade de representação de ideias abstratas e possibilitam integrar imagens a algoritmos numéricos, gerando simulações.

3.3 Building Information Modeling (BIM)

A edificação é um empreendimento cujo ciclo de vida pode ser dividido nas seguintes fases idealização, concepção, projeto, construção, uso, manutenção e final de vida útil. Dentre essas etapas, a de uso e manutenção da edificação apresenta o maior impacto nas questões abordadas pela sustentabilidade, já que é nestas fases que se consome mais energia e gastos com as edificações. Apesar de os maiores impactos ocorrem nestas duas etapas, a maior possibilidade de intervenção no desempenho durante essas fases ocorre nas etapas de idealização, concepção e projeto. Portanto, ao se priorizar a implantação de estratégias de sustentabilidade nessas fases iniciais de uma edificação, ter-se-á potencialmente uma edificação

com melhor desempenho e com menor custo para implantação de estratégias sustentáveis (MOTTA, AGUILAR, 2009).

Desta forma, o design sustentável e a gestão do ciclo de vida necessitam de um novo tipo de informação quando comparado ao processo tradicional de construção. Essa abundância de novas informações a serem inseridas nos processos de projetos habitacionais necessita de soluções eficientes de tecnologia da informação. Souza e Melhado (2008) destacam que as ferramentas como sistemas de informação formais, que devem incluir procedimentos pré-definidos, entradas e saídas padronizadas e definições fixas, contribuem para considerar as interações dos diversos requisitos no projeto. Neste contexto, Motta e Aguilar (2009) sugerem que o BIM se apresenta como uma solução adequada para este cenário.

De acordo com Eastman et al. (2008), o *Bulding Information Modeling* é "uma tecnologia de modelagem e um grupo associado de processos para produção, comunicação e análise do modelo de construção". O conceito BIM, de acordo com esta definição, envolve tecnologias e processos que devem ser usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção.

Esse conceito tem como objetivo principal a busca por uma prática de projeto integrada, num sentido em que todos os participantes envolvidos nos processos de projeto, arquitetos, engenheiros e construtores alinhem seus esforços para a construção de um "modelo único" de edifício. A utilização de uma prática baseada no BIM pode ter um papel decisivo na melhoria das fases do projeto, auxiliando na geração de propostas coerentes com as solicitações dos clientes, na integração dos projetos entre si e com a construção, na redução do tempo e do custo da construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

Entre as possibilidades apresentadas pelo BIM, as de grande interesse são as interações entre a tecnologia e o processo de projeto. Entre elas, a principal é a mudança das formas de aquisição do conhecimento no processo de projeto, ou seja, no processo particular de solução de problemas. Com isso, a tecnologia BIM não se resume a uma forma de representação posterior às atividades de criação ou síntese, mas se configura como uma tecnologia que modifica a própria forma de desenvolver a dinâmica de projetar. Assim, pode-se pensar no BIM como um potencializador da associação de conceitos envolvidos na atividade projetual (ANDRADE; RUSCHEL, 2009).

De acordo com Romcy (2012), a partir de um modelo BIM é possível acessar uma série de informações reunidas em uma única fonte de dados, que constitui dois componentes principais: a reprodução gráfica tridimensional da geometria da construção, o modelo

propriamente dito; e um banco de dados integrado, onde todas as informações, propriedades, relações e apresentações são armazenadas, os parâmetros.

O termo parâmetro foi adotado por Kowaltowaki (2006, apud Zambrano, 2008). A autora descreve que a seleção de parâmetros, utilizados durante o processo projetivo, permite reconhecer um projeto aceitável. Esses parâmetros são definições e exigências de projeto tais como legislação, acesso, orientação, modulação, técnicas construtivas e custos.

Florio (2009) relata sobre a grande eficiência do uso de parâmetros para definir a geometria de elementos construtivos, no processo de projeto. As edificações são formadas por milhares de partes individuais e um grande número de conexões. A modelagem de um edifício, por exemplo, exige que estas partes sejam agrupadas em componentes constituídos por parâmetros, de modo a facilitar a manipulação de acordo com a necessidade do usuário.

Segundo Ruschel, et al (2010), o BIM caracteriza-se por três aspectos fundamentais: a modelagem paramétrica, voltada para o desenvolvimento de um modelo único; a interoperabilidade, que representa a integração e troca de informações entre os envolvidos no projeto; e a possibilidade de gestão e avaliação do projeto em todo o seu ciclo de vida.

A modelagem paramétrica e a interoperabilidade permitem que sejam gerenciadas as informações do projeto ao longo de todo seu ciclo de vida. O projeto se torna um protótipo virtual do empreendimento, considerando aspectos e dimensões físicas, de custo, de desempenho e de tempo, entre outras, possibilitando a realização de avaliações e análises prévias (RUSCHEL et al., 2010).

O conceito de objetos paramétricos é essencial para o entendimento do BIM e sua diferenciação dos objetos 2D tradicionais. Os objetos paramétricos consistem em definições geométricas, dados e regras associadas. As regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associadas. Assim, a geometria é integrada de maneira não redundante e não permitindo inconsistências. As regras alimentadas em um ambiente BIM podem ainda identificar quando determinada modificação viola a viabilidade do objeto, ou seja, soluções estão sempre alinhadas às limitações agregadas na modelagem. Outra característica dos objetos paramétricos é que estes tem a habilidade de vincular-se, receber, divulgar ou ainda exportar conjuntos de atributos, como por exemplo dados energéticos e dados acústicos (EASTMAN et al., 2008).

O desenho paramétrico permite a exploração de diferentes alternativas em um modelo interativo, facilitando as decisões de projeto. Segundo Oliveira e Fabricio (2011) a parametrização consiste em uma ferramenta que ajusta o desenho automaticamente quando se modifica um elemento com valores diferentes. A adoção deste tipo de ferramenta minimiza o

tempo de projeto e amplia as possibilidades de variações de um mesmo modelo, além de agilizar a visualização de cada um. Para isso, as ferramentas computacionais auxiliam o arquiteto com parametrização e automatização de etapas, tornando o ato de projetar mais fluido e preciso.

Interoperabilidade consiste na capacidade de identificar os dados que necessitam ser passados entre aplicativos, possibilitando que os diversos profissionais envolvidos na elaboração de projetos possam trocar ou agregar informações de maneira colaborativa e ágil. De acordo com Andrade e Ruschel (2011) para garantir uma boa interoperabilidade, é fundamental a implementação de um padrão de protocolo de trocas de dados entre os aplicativos computacionais durante o processo de projeto. O protocolo mais difundido atualmente é o *Industry Foundation Classes* (IFC), que consiste em um modelo de dados do edifício baseado em objetos. No entanto, os autores ressaltam que a interoperabilidade e a colaboração na indústria de engenharia, arquitetura e construção ainda não são muito bem sucedidas.

Romcy (2012) afirma que é possível alcançar benefícios e reduzir custos através do BIM durante todas as fases do processo da construção. Assim, Eastman et al. (2008), definem alguns destes benefícios que podem ser alcançados com o uso da tecnologia BIM, tais como:

- Aumento da qualidade e do desempenho da construção;
- Visualização antecipada e mais precisa de um projeto;
- Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto;
- Geração de desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto;
- Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto;
- Verificação facilitada das intenções de projeto;
- Extração de estimativas de custos durante a etapa de projeto;
- Incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade.

Quanto as considerações de eficiência energética e sustentabilidade, foco desta pesquisa, ressalta-se que vincular o modelo da construção a ferramentas de análise energética permite a avaliação do uso de energia durante fases mais preliminares do projeto, ou seja, com esta associação dentro de uma plataforma BIM, pode-se aumentar as oportunidades de modificações que poderiam incrementar o desempenho energético da construção, melhorando a qualidade da construção durante o processo de projetação (EASTMAN et al., 2008).

Nardelli (2010) conclui que um dos principais efeitos práticos da utilização do BIM será a capacidade de antecipação das decisões, que interfere diretamente nos custos e

funcionalidades para as etapas iniciais do projeto. O aproveitamento desse ganho de produtividade no estudo de novas possibilidades poderá servir para o rompimento dos velhos paradigmas da produção em massa de moradia popular, que será abordado no próximo capítulo.

3.4 Considerações Finais

Neste capítulo explorou-se os conceitos de projeto e as etapas que o compõe. Foram apresentados métodos de elaboração de projeto e constatado o aumento da complexidade de informações no processo de projeto. Foram apresentadas também algumas pesquisas que falam da inserção da sustentabilidade no processo de projeto e defendeu-se esta inserção como uma mudança cultural. Por fim, foram expostas ferramentas computacionais, mais precisamente o BIM, que podem ser utilizados para auxiliar esta inserção no conceito de projetos paramétricos.

4 HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

Nesse capítulo foi descrito um panorama da política habitacional no Brasil. Levantou-se a questão da moradia desde os anos 40, passando pela atuação do Banco Nacional de Habitação e finalmente ao órgão gestor atual a Caixa Econômica Federal. Dialogou-se a respeito da necessidade básica da população, a habitação, os problemas enfrentados de padronização e baixa qualidade e algumas questões fundamentais para a melhoria da adequação dessas moradias.

4.1 Política habitacional no Brasil

Até a década de 1940 a questão da moradia era uma preocupação pertinente à sociedade. Embora sem uma política habitacional formal, essa década marca a inserção do governo nas questões da habitação social, que passa a estimular a produção de loteamentos populares e de aquisição da casa própria. Os loteamentos implantados em áreas afastadas propiciaram a produção da casa própria via empreendimentos auto construídos (BONDUKI, 2004).

A construção de moradias de forma direta, realizada por grupos de trabalhadores organizados, através da criação das carteiras prediais dos Institutos de Aposentadorias e Pensões (IAP's) iniciam-se na Era Vargas. A influência das premissas modernistas de massificação habitacional da Europa pós-guerra, bem como a busca da racionalização e a Taylorização fazem surgir edificações multifamiliares com diversos pavimentos e projetos que destacavam os aspectos funcionais, em consonância ao conceito moderno de morar. Surge, então, o termo "máquina de morar" (PALERMO, 2007). É indiscutível o destaque quantitativo da produção habitacional dos IAP's e sua relevância urbanística e arquitetônica.

O BNH foi criado logo após o golpe militar, que aconteceu em 1964, e mostrava uma forma empresarial na atuação da produção da moradia, apresentando para a população três segmentos distintos: o mercado popular (até três salários mínimos), o mercado econômico (de 3 a 6 salários mínimos) e o mercado médio (acima de 6 salários mínimos). Sua maciça produção, alicerçada na redução dos custos, levou a uma incessante busca pela racionalização, o que acarretou um empobrecimento das soluções arquitetônicas provocado pela padronização. "Introduziu-se no repertório da habitação social brasileira um suposto racionalismo formal desprovido de conteúdo, aplicado em projetos de péssima qualidade, repetitivos e

desvinculados do contexto urbano, do meio físico e de um projeto social" (BONDUKI, 2004, p.135).

Segundo Pereira et al (2002), a partir do final da década de 1970, desenvolveu-se a crise do padrão territorial, quando do agravamento da problemática habitacional. Surgem os sem-teto, notadamente na segunda metade dos anos 1980, consequência do complexo processo de pauperização, espoliação, segregação e periferização do trabalho. Esse fenômeno surge em meio a uma modernização econômica e territorial desigual, contraditória e antiética, configurada pelos três níveis da crise do Padrão de Desenvolvimento Territorial (PDT): crise de natureza econômico-territorial; crise político institucional; e crise do PDT propriamente dita, em especial a crise do Padrão de Habitação de Grande Escala (PHGE).

No que se refere à crise do padrão habitacional, o Estado adotou uma política urbano-habitacional voltada para a rentabilidade do Sistema Financeiro de Habitação (SFH), dando início ao histórico de segregação das populações. A política habitacional brasileira escolhe eleger os segmentos mais favorecidos da população, relegando ao abandono a habitação de interesse social. A partir do início dos anos 1980, ao lado da fome, a falta de teto levou milhares de pessoas às ruas, tentando chamar a atenção do governo e reivindicando soluções imediatas. O governo, entretanto, ao longo dos últimos 35 anos, vem adotando programas habitacionais voltados para a habitação de interesse social com oferta mínima de unidades, situadas em locais inadequados e na maioria das vezes, não adaptadas às necessidades das populações usuárias.

Apesar da deficiente atuação do BNH (Banco Nacional de Habitação), destacando-se sua incapacidade em atender satisfatoriamente às classes menos favorecidas, sua extinção deixou órfã a moradia popular, e a habitação segue sendo um bem inatingível para grande parcela dos brasileiros (CARDOSO; RIBEIRO, 2002).Com sua extinção, em 1986, decorrente de uma decisão de caráter eminentemente político, a Caixa Econômica Federal (CEF) assume o sistema de financiamento habitacional, estendendo suas linhas de crédito para uma parcela bem maior da população, entretanto, com a utilização de repetições de tipologias nos empreendimentos diversos, segue com projetos ruins, sem a preocupação de voltar-se para a realidade das famílias. Atualmente, sua política de habitação tem dois subsistemas, o primeiro voltado para o mercado, visando incrementar o mercado imobiliário e o segundo voltado para a habitação de interesse social, onde utiliza recursos do governo federal e visa atender as faixas de renda de zero a cinco salários mínimos (MORORÓ, 2012).

O cenário internacional apresentava uma grave crise econômica no início de nosso século. Visando incrementar a economia e ao mesmo tempo reduzir o déficit habitacional, o

governo institui em 2009 o programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Lançado em 2009, através da Lei 11.977/2009, o programa tem por finalidade criar mecanismos de incentivo à produção e aquisição de novas unidades habitacionais ou requalificação de imóveis urbanos e produção ou reforma de habitações rurais para os segmentos populacionais de menor renda, além de reduzir o déficit habitacional brasileiro. Conta com recursos do Fundo Nacional da Habitação de Interesse Social e tem como principais agentes o Ministério das Cidades, como órgão gestor, e a Caixa Econômica Federal (CAIXA), como órgão executor. As prefeituras são responsáveis por selecionar e cadastrar gratuitamente as famílias a serem beneficiadas e que se enquadram nos critérios de priorização. A CAIXA realiza uma análise técnica, jurídica e financeira dos empreendimentos propostos pelas construtoras e faz as contratações. As construtoras são responsáveis pela aquisição do terreno e construção das unidades habitacionais, que depois de concluídas e devidamente vistoriadas, são vendidas às famílias alvo do programa (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009).

4.2 A habitação: aspectos políticos, econômicos e sociais

Em decorrência da pífia ação do governo federal, os municípios, acompanhados de poucos governos estaduais, tomaram para si uma função, que desde os anos 30 era prerrogativa e competência do governo federal: o desenvolvimento de ações na área de moradia popular. Segundo Cardoso e Ribeiro (2002), essa iniciativa, viabilizada por um modelo de financiamento de inspiração clientelista, estabeleceu-se desde o final dos anos 80. A nova Constituição Federal teve um importante papel nesse contexto, enquanto redefiniu as competências e a distribuição dos recursos públicos entre os vários poderes. Mais ainda, governos municipais progressistas, comprometidos com políticas sociais e com a democratização da administração local, que preenchendo o vazio da não-política federal, gera um novo padrão descentralizado da política pública.

Estudos realizados evidenciam, entretanto, que tanto o governo federal quanto o estadual têm um papel extremamente importante a desempenhar, principalmente no que se refere à necessidade de redistribuição de recursos financeiros e competências técnicas, devido à grande disparidade entre os municípios. Com as imposições do Fundo Monetário Internacional (FMI), que desde 1998 impedem o repasse de recursos do Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS) aos municípios, a situação vem piorando, pois essa restrição limita fortemente a ação local. Cardoso e Ribeiro (2002), acreditam que é desejável e possível se pensar em um novo padrão de políticas de moradia redistributivo, descentralizado, democrático

e inovador. Porém, para combater as expressivas necessidades habitacionais, faz-se imperativo a união de forças dos três níveis de governo.

De acordo com pesquisas realizadas pela Fundação João Pinheiro (2009), o déficit habitacional brasileiro estimado em 2008 foi de 5,546 milhões de domicílios, dos quais 4,629 milhões, ou 83,5%, estão localizados nas áreas urbanas, sendo 84% desse déficit correspondente à população com renda entre zero e três salários mínimos. Este quadro atual é resultado remanescente de uma série de políticas habitacionais desenvolvidas desde o século passado, atreladas a realidade político-econômica do país em diversas fases (BONDUKI, 2004).

Mesmo com a expressiva atuação do setor da construção civil, a falta de moradia no Brasil ainda é um grande desafio. O tamanho do déficit habitacional, ou seja, a necessidade de reposição total de unidades habitacionais precárias e da inadequação, unidades habitacionais com necessidade de melhoria, reflete, primeiramente, as diferenças de tamanho entre as diferentes cidades, sendo mais acentuado, em termos absolutos, nas grandes metrópoles, como São Paulo e Rio de Janeiro que, sozinhas, apresentam um déficit total de cerca de 280.000 unidades.

Caso leve-se em conta a inadequação, a situação apresenta-se ainda pior, correspondendo à defasagem histórica de investimentos em infraestrutura e às soluções habitacionais precárias nas habitações populares. A inadequação por infraestrutura é mais acentuada nos domicílios do Norte e Nordeste, onde se verifica uma grande homogeneidade nas carências. Silva et al (2010) destacam ainda, que além da falta de moradia e da precariedade das habitações o Brasil precisa combater, outros problemas, tais como a coabitação familiar, o ônus excessivo com aluguel e o adensamento excessivo dos domicílios alugados.

Os municípios onde o quadro de carências se faz mais dramático são aqueles que mostram pior desempenho, o caso do Nordeste. Por outro lado, os municípios com o quadro mais confortável, caso do Sul, são os que têm uma produção mais significativa. Pode-se acreditar que esse diferencial refere-se ao volume de recursos – financeiros, técnicos e administrativos, que esses municípios dispõem para atender suas demandas bem como à consequência da cultura política local, que no Nordeste ainda governa com práticas clientelistas (CARDOSO; RIBEIRO, 2002).

A possibilidade de captar recursos externos, normalmente está atrelada a uma boa capacidade administrativa e técnica. Os financiamentos geridos pela Caixa com recursos do FGTS após 1995, bem como o financiamento de organismos de fomento internacional como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) dependem de um projeto bem elaborado tecnicamente e a uma capacidade de endividamento. Assim, na corrida desenfreada entre os

municípios para a captação de recursos, apenas as administrações que já possuem uma maior capacidade financeira e com maior qualificação técnico-administrativa terão acesso às fontes de financiamento de nível federal e ou internacional.

No Brasil, os setores habitacionais destinados às camadas de população de baixa renda, normalmente refletem muito mais a improvisação e o *laissez-faire* que o avanço do conhecimento e de tecnologia aplicável à orientação do desenvolvimento urbano. Observa-se, também, a perversidade na distribuição social dos terrenos, cabendo aos mais pobres os terrenos mais problemáticos, nas mais distantes periferias. Aos que possuem menor recurso financeiro e técnico, cabem, pois, os piores terrenos para a construção de suas moradias, sejam elas barracos em áreas apossadas, casas humildes, oriundas da autoconstrução dos loteamentos populares ou mesmo em programas habitacionais do Estado, como os empreendimentos habitacionais de interesse social, construídos pela COHAB nos anos 80 (WERNA; ABIKO; COELHO, 2002).

Contudo, não é suficiente sanar as necessidades quantitativas em relação ao acesso à moradia. A implantação e o funcionamento de empreendimentos habitacionais de forma inadequada têm causado prejuízos aos mesmos e provocado impactos ambientais no entorno. Isso ocorre pela elaboração de projetos ruins que desconsideram as condicionantes do meio físico, análise socioeconômica insuficiente e condições precárias de infraestrutura. Além da majoração dos custos para empreendedores, usuários e Poder Público, isso acarreta a degradação do meio ambiente e redução da qualidade de vida da população, podendo ainda extrapolar impactos ambientais para a população circunvizinha. (FREITAS; FARAH, 2002; NERBAS; KUHN, 2010).

Na tentativa de melhorar a qualidade na cadeia produtiva e aumentar a produtividade, o setor da construção civil vem apresentando inovações tecnológicas e desenvolvendo planos organizacionais, com a redução do desperdício nos canteiros de obra, a utilização de sistemas industrializados, a revisão e elaboração de normas técnicas e a criação de um sistema nacional de certificação. Entretanto, no que concerne ao atendimento às demandas das moradias de interesse social, muitas barreiras precisam ser superadas, destacando-se a implementação de inovações tecnológicas de produtos e processos construtivos, que possibilitaria a redução de custos e a melhoria da qualidade (ABIKO; ORNSTEIN, 2002).

Segundo os conceitos apresentados na Agenda Habitat (1966), a habitação de interesse social é um entendimento amplo de habitação além das funções de abrigo, o que inclui o acesso às atividades urbanas, às condições de saneamento básico e à garantia de posse. Para

Freitas e Farah (2002), para se realizar um empreendimento social de forma adequada, faz-se necessário um planejamento habitacional que tenha o homem como referencial, suas necessidades de infraestrutura e espaços públicos de lazer, sem desconsiderar a qualidade ambiental.

A padronização dos projetos das habitações de interesse social tem dificultado a inserção social, a apropriação espacial e a permanência das famílias em seu local de moradia, que migram de um bairro a outro da cidade a procura de um lar. Os empreendimentos são, normalmente, de baixa qualidade construtiva e não atendem às necessidades de seus usuários. A adequação do projeto habitacional dirigido às populações de baixa renda deve observar não só as necessidades humanas mínimas de segurança e higiene dos moradores, mas suas necessidades sociais vinculadas às características familiares, suas habilidades e potencialidades (RIBEIRO, 2002).

Diversos motivos promovem a insatisfação e consequente migração, tais como o congestionamento habitacional, a coabitação familiar, a insalubridade e a iluminação e ventilação precárias (MARICATO, 1978). Um conjunto habitacional deve oferecer para seus moradores condições ambiental de qualidade, onde o mesmo possa cultivar e até melhorar sua cultura urbana, ou seja, seus hábitos de viver em comunidade, exercendo seus direitos e respeitando seu próximo.

Sendo o Brasil um país de grande dimensão e muito diversificado, os estudos referentes à questão habitacional devem procurar analisar várias realidades. Para Abiko e Ornstein (2002), faz-se também necessário avaliar minuciosamente os empreendimentos implantados, tanto quanto aos aspectos referentes às unidades habitacionais quanto aos de sua implantação e urbanismo. Essa avaliação poderá nortear os caminhos a serem percorridos em novos empreendimentos e projetos. Os autores acreditam que a falta de disseminação de informações consiste em uma das principais barreiras à melhoria da eficiência no desenvolvimento de ciência, tecnologia e inovações entre os vários agentes do macro complexo.

Para Cardoso e Ribeiro (2002), o cotidiano do ser humano é formado de diversos elementos que formam uma “teia” de eventos ligados a fenômenos, pessoas, lugares e atividades. Considera-se imprescindível a observância e análise de unidades habitacionais padronizadas já construídas, para obter a compreensão das interações familiares existentes. O modo como as populações modificam suas casas ao longo do tempo pode servir de indício claro da necessidade de um projeto passível de flexibilidade.

O governo, como resposta a essa defasagem de acesso à casa própria, tem atuado com algumas soluções, todavia muitas questões surgem durante este processo de transformação

do atual cenário. A materialização do acesso a moradia para todos é uma tarefa complexa. Sabe-se que o processo de planejamento e construção da habitação de interesse social no contexto brasileiro precisa solucionar problemas quantitativos de acesso, e que isto se reflete na necessidade de diminuição de custos do processo de implantação destes empreendimentos. Portanto, a maior parte destes empreendimentos adota soluções padrões no que se refere ao projeto das unidades habitacionais, a fim de gerar economia de recursos e gerenciamento de procedimentos padrões (NERBAS; KUHN, 2010).

Entretanto, segundo Romero e Vianna, 2002, pode-se alcançar a produção de uma habitação com um baixo custo e que ainda assim atenda às condições mínimas esperada em uma unidade habitacional e seus agregados, incluindo nestes os aspectos urbanísticos tais como conforto térmico, ventilação, coordenação modular, entre outros, através da elaboração de uma tipologia.

Freitas e Farah (2002), entendem empreendimento habitacional de interesse social como “a intervenção para fins habitacionais voltada à população de baixa renda especialmente concentrada, seja ela de pequeno, médio ou grande porte, inclua ela apenas o parcelamento do solo e/ou a construção de edificações, considerando como agente promotor tanto o setor público quanto o privado”.

Como foi exposto anteriormente, o grande desafio de solucionar o déficit habitacional brasileiro, no qual a principal parcela é composta pela população de mais baixa renda, está em que esta população encontra-se em geral nos grandes centro urbanos e em áreas de ocupação irregular, isto quer dizer, locais onde os terrenos são mais caros e as relações com o entorno mais complexas e variadas.

De tal modo que para enfrentar este problema, necessita-se de soluções também complexas e variadas. Segundo Nardelli (2010) este desafio dificilmente conseguirá ser solucionado pelos processos tradicionais com tipologias rígidas que desconhecem os aspectos geomorfológicos, ambientais e socioeconômicos de cada lugar.

Assim, o referido autor aconselha o emprego de aplicativos de modelagem tridimensional com componentes parametrizados, trabalhando diretamente sobre um modelo digital das áreas de implantação desses empreendimentos. Com isso possibilita-se a abertura de uma nova perspectiva de enfrentamento dessa questão, pois, ao se aliar essa técnica à eficiência da gestão e desenvolvimento do projeto através do BIM, viabiliza-se a complexidade necessária para propostas que consideram as variáveis do contexto de cada área, compatibilizando-as com as respectivas características ao invés de destruí-las simplesmente para adaptá-las a um padrão imposto.

De acordo com Nardelli (2010), uma boa alternativa quando se trabalha com complexidade são os processos generativos da forma, particularmente a gramática formal.

Duarte (2007) em seu trabalho propõe uma personalização da habitação em série com uma gramática discursiva para as casas da Malagueira do Siza. O objetivo de personalização de habitações em série é fornecer habitações de alta qualidade, a custos acessíveis. A definição de qualidade, neste trabalho incluiu três aspectos: primeiro, implica a satisfação dos requisitos funcionais definidos pelos regulamentos da construção; segundo, requer a satisfação de estratégias sustentáveis incluídas no desenvolvimento do projeto; e por fim, terceiro, a satisfação de requisitos que podem ser funcionais, estéticos ou estar relacionados com o custo e que são necessidades pertinentes aos clientes.

Segundo Duarte (2007) a qualidade deve ser definida como a satisfação das necessidades dos usuários, pois, o projeto que possui um elevado nível de personalização conduz a uma elevada satisfação, evitando custos adicionais associados a alterações pós-ocupação.

Quando um projetista tem de conceber uma grande urbanização, como acontece atualmente nos conjuntos habitacionais, a solução habitual é projetar um número limitado de tipos habitacionais e repeti-los. Duarte (2007) descreve duas razões para este procedimento: primeiro os projetistas não seriam capazes de elaborar projetos individualizados por conta da quantidade de informação que seria necessário processar; segundo, as técnicas de produção tradicionais exigem repetição para baixar os custos de acordo com economias de escala.

Porém o autor propõe uma maneira de ultrapassar essas limitações através do recurso de processo de projeto de produção assistido por computador. A proposta é fundamentada em inserir nas habitações produzidas em série algumas das qualidades associadas às habitações concebidas individualmente. Caracteriza-se por um sistema de projeto integrado a um programa interativo, alimentado por informações dos usuários, para geração de soluções habitacionais e técnicas de prototipagem rápida e de realidade virtual para a visualização destas soluções.

Mororó (2012), em sua pesquisa, desenvolveu um levantamento físico e o registro da progressividade na construção de 94 casas, a ZEIS do Pici em Fortaleza. Com este registro formalizou, através da gramática da forma, as tipologias resultantes dos processos de crescimento progressivo de moradias autoconstruídas.

De acordo com Cardoso (2008) a repetição de determinada solução em algo estabelecido, fruto de uma série de decisões, revela o pensar dos que a produziram e indica, consequentemente, o modo adequado de se produzir moradia para esta população.

Neste contexto, a pesquisa de Mororó (2012), partindo de que a forma emergente da unidade é a resposta direta da articulação das demandas e limitações encontradas pela comunidade, definiu, através do processo progressivo e colaborativo de construção das habitações, a demanda dos moradores, ou seja, uma maneira mais adequada de organizar a moradia para esta população.

Assim, estes tipos de estudos demonstram que seria possível estudar propostas específicas que consideram os aspectos geomorfológicos, ambientais e socioeconômicos das comunidades populares, propondo soluções complexas formalmente, todavia viáveis em termos técnicos e/ou econômicos, além de adequadas socialmente aos usuários.

5 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas algumas considerações a respeito de pesquisa e conhecimento científico, classifica-se a metodologia emprega na pesquisa além da estratégia de pesquisa utilizada e as etapas do delineamento da dissertação.

5.1 Pesquisa Científica

Antecedendo à descrição do enfoque epistemológico e metodológico a ser utilizado no desenvolvimento desta pesquisa, considera-se importante explicitar que a metodologia pode ser compreendida como o caminho e o instrumental próprios da abordagem da realidade (MINAYO, 1998).

Marconi e Lakatos (2003) caracterizam o conhecimento científico pelos seguintes aspectos: factual, pois lida com ocorrências ou fatos; contingente, conhece a veracidade das proposições e das hipóteses através da experiência; sistemático, por tratar com um saber logicamente ordenado; verificável, uma vez que aquelas afirmações que não podem ser comprovadas não pertencem ao âmbito da ciência; e por fim falível, já que não é absoluto ou definitivo.

A pesquisa científica é definida como um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. Esta é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema (GIL, 2007).

O desenvolvimento da pesquisa científica é concretizado através do concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos. Este desenvolvimento envolve inúmeras fases, iniciando com a adequada formulação do problema sendo finalizada com a satisfatória apresentação dos resultados (GIL, 2007).

5.2 Classificação da Pesquisa

A partir da problemática e das questões apresentadas anteriormente, optou-se por desenvolver um estudo qualitativo, com caráter exploratório e como estratégia a pesquisa

construtiva. A unidade de análise é o processo de projeto sustentável no segmento de HIS em Fortaleza.

De acordo com Godoy (2005), a metodologia representa o caminho seguido pelo pesquisador para compreender seu objetivo de estudo. A metodologia qualitativa abrange vários tipos ou gêneros de pesquisa que levam à exploração de diferentes aspectos da realidade.

Morgan (2007), por sua vez, define o termo paradigma como uma visão implícita ou explícita da realidade, no qual o seu papel é desvendar as pressuposições centrais que caracterizam e definem uma visão de mundo, de modo que se torne possível aprender o que há de comum nas perspectivas dos teóricos, cujos trabalhos poderiam, em caso contrário, parecer distintos e de alcance amplo. Silva e Roman Neto (2007) vem os paradigmas como uma teoria ampliada, formada por leis, conceitos, modelos, analogias, valores e regras para a avaliação de teorias e formulações de problemas.

Considerando os paradigmas como visões da realidade social, Burrell e Morgan (1979) argumentam que a teoria social, em geral, e a teoria das organizações, em particular, podem ser divididas em quatro amplas visões de mundo, que são representadas em diferentes conjuntos de pressuposições metateóricas sobre a natureza da ciência, a dimensão subjetiva-objetiva e a natureza da sociedade, como pode ser observado na Figura 5.1 abaixo:

Figura 5.1 - Paradigmas e escolas relacionadas de análise organizacional

Fonte: Adaptado de Morgan (2007)

Cada um desses quatro paradigmas: humanista radical, estruturalista radical, interpretativista e funcionalista, representa uma rede de escolas de pensamento inter-relacionadas, diferenciadas em abordagens e perspectivas, mas que compartilham pressupostos comuns e fundamentais sobre a natureza da realidade de que tratam (MORGAN, 2007).

O paradigma adotado, englobando a abordagem geral de pesquisa, é o funcionalista, pois se baseia na pressuposição de que a sociedade tem existência concreta e real e um caráter

sistêmico orientado para produzir um estado de coisas ordenado e regulado. A pesquisa focaliza, ainda, o entendimento do papel dos seres humanos na sociedade, visto que os mesmos possuem um comportamento contextualmente atado a um mundo real de relacionamentos sociais concretos e tangíveis (SILVA; ROMAN NETO, 2007).

O estudo possui a abordagem qualitativa como enfoque metodológico, que, de acordo com Godoy (1995), caracteriza-se por ter questões ou focos de interesses amplos, que vão se definindo à medida que o estudo se desenvolve. Envolve, portanto, a obtenção de dados descritivos sobre pessoas, lugares e processos interativos pelo contato direto do pesquisador com a situação estudada, procurando compreender os fenômenos segundo a perspectiva dos sujeitos, ou seja, dos participantes da situação em estudo.

Segundo Creswell (2007), a pesquisa qualitativa ocorre no ambiente real em estudo, sem o controle das variáveis pelo pesquisador, a pesquisa não parte de ordem e sequência pré-determinadas, o problema é discutido a partir da interpretação do pesquisador sobre os dados observados. Os pesquisadores não utilizam instrumentos de coleta ou análise de dados pré-concebidos. As fases de coleta, análise e comunicação de dados acontecem de forma simultânea, caracterizando uma análise de dados indutiva, e a pesquisa captura o significado que os participantes dão ao problema.

Godoy (1995) afirma ainda que apesar da diversidade entre os trabalhos qualitativos, alguns aspectos definem este tipo de pesquisa:

- Possuem o ambiente natural como fonte direta de dados e o pesquisador como instrumento fundamental;
- É essencialmente descritiva, tanto no processo de obtenção dos dados quanto na disseminação dos resultados, consideram que todos os dados da realidade são importantes e devem ser examinados;
- Os pesquisadores estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados ou produto da pesquisa;
- A preocupação essencial do pesquisador é o significado que as pessoas dão às coisas e à sua vida;
- Utilizam o enfoque indutivo na análise de seus dados.

Na pesquisa qualitativa o processo de condução é portanto indutivo, sendo assim, o pesquisador coleta e organiza os dados com o objetivo de construir conceitos, pressuposições ou teorias, em vez de, dedutivamente, derivar hipóteses a serem testadas. A análise indutiva dos dados leva a identificação de padrões recorrentes, temas comuns e categorias (GODOY, 2005).

Quanto ao objetivo da pesquisa, o presente estudo se caracteriza por ser do tipo exploratório, que tem como objetivo tornar o problema mais explícito, isto é, proporcionar uma maior familiaridade com o mesmo, visando assim o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, flexível, possibilitando a consideração dos mais variados aspectos, relativos ao fato estudado (GIL, 2009).

5.3 Estratégia de Pesquisa

Segundo Creswell (2007), o pesquisador traz para a escolha de um projeto de pesquisa suposições quanto a alegações de conhecimento. Além disso, operando em um nível mais aplicado, estão as estratégias de investigação que fornecem uma direção específica para procedimentos em um projeto de pesquisa.

O presente trabalho trata da parametrização dos requisitos de sustentabilidade no processo de concepção de projetos de habitações de interesse social para a realidade da cidade de Fortaleza. Diante desse contexto, optou-se pela pesquisa construtiva (*construction research* ou *design research*) como referência para a estratégia de pesquisa.

Segundo Lukka (2003), a abordagem da pesquisa construtiva consiste em um procedimento para a produção de construções inovadoras, destinado a resolver os problemas enfrentados no mundo real e contribuir para a teoria da disciplina no qual a mesma é aplicada.

Koskinen et al. (2011) afirmam que na pesquisa construtiva, os pesquisadores fazem protótipos, produtos e modelos para codificar o seu próprio entendimento de uma situação particular e para prover uma imagem concreta do problema e descrição do estado preferencial proposto. A criação destes artefatos é realizada por um processo de imaginação disciplinar, pois artefatos fazem tanto revelações como materializações de futuros possíveis.

Os estudos de *design* exploram os novos materiais e participam ativamente na intenção de construir o futuro na forma de imaginação disciplinada em vez de limitar sua pesquisa em analisar o presente e o passado. Por essas razões, Koskinen et al. (2011) preferem falar de *contructive design research*, em vez de *design research*, no qual a construção, ou artefato, seja ela produto, sistemas, espaço ou mídia, se tornam o centro das atenções e o meio chave da construção do conhecimento.

Na pesquisa construtiva todos os artefatos humanos, tais como: modelos, diagramas, planos, estruturas organizacionais, produtos comerciais e projetos de sistemas de informação são considerados construções. E nesta estratégia é enfatizado que estas construções sejam inventadas e desenvolvidas e não descobertas (LUKKA, 2003).

Lukka (2003) define como suas principais características:

a) Foco em problemas do mundo real, cujas soluções sejam relevantes na prática;
b) A geração de uma construção inovadora com o intuito de resolver um problema inicial do mundo real;
c) Implementação da construção desenvolvida para testar sua aplicabilidade prática;
d) Cooperação entre pesquisador e profissionais em caráter de equipe, possibilitando aprendizagem baseada na experiência;
e) Referência explícita a um conhecimento teórico anterior;
f) Atenção particular à reflexão de descobertas práticas, retornando à reflexão teórica.

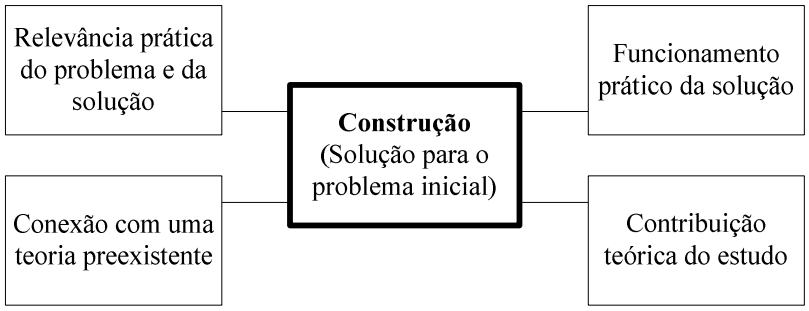
Um elemento essencial da abordagem construtiva é vincular o problema e sua solução ao conhecimento teórico acumulado. A inovação e o funcionamento da solução devem ser demonstrados também (KASANEN et al., 1993). Hevner et al. (2004, apud BONATTO, 2010), por sua vez, descrevem que o exercício de criar um artefato inovador permite que o pesquisador compreenda melhor o problema e, assim, a posterior viabilidade da solução encontrada.

A presente pesquisa tem como objetivo a proposição de um artefato, que é o desenvolvimento de uma metodologia para concepção de projetos sustentáveis de habitação de interesse social em Fortaleza.

A inserção dos requisitos de sustentabilidade ambiental no processo de elaboração de projetos habitacionais de baixa renda incide sobre um problema real e de relevância prática no contexto de provisão habitacional, uma vez que visa a contribuir para a obtenção da evolução na qualidade dos projetos, permitindo a melhoria de futuros empreendimentos. No desenvolvimento da proposta buscou-se parametrizar os requisitos em etapas de elaboração de projetos sustentáveis de habitação de interesse social, considerando as reais necessidades dos usuários, com a inserção das características observadas na gramática desenvolvida por Mororó (2012), resultando na automatização de projetos, vinculando, assim, ao conhecimento teórico e a customização desse processo para um ambiente BIM, com uso do *software* Archicad.

Desta forma, nas características descritas por Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), esquematizam os elementos envolvidos na pesquisa construtiva fazendo uma demonstração do processo de reflexão dos aspectos teóricos e práticos conjuntamente, tanto na relevância do problema inicial, quanto na contribuição da solução final (construção):

Figura 5.2 - Principais elementos envolvidos na estratégia da pesquisa construtiva



Fonte: Kasanen, Lukka e Siitonen (1993)

A fim de compreender a adequação do estudo aos princípios da pesquisa construtiva, na Figura 5.3, é descrito um comparativo entre os principais elementos determinados por Lukka com os elementos da pesquisa.

Figura 5.3 - Principais elementos da pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

Lukka (2003) classifica ainda a pesquisa construtiva em relação aos dois tipos principais de contribuições teóricas: a própria construção desenvolvida, baseada na sua utilidade para a organização-alvo, representando uma contribuição ao conjunto do conhecimento até então existente; e a aplicação e desenvolvimento do conhecimento teórico existente durante a realização do estudo, através da compreensão holística das relações entre conceitos.

Segundo Schramm (2009), uma importante característica da pesquisa construtiva é que não apenas os casos de sucesso de implementação podem ser considerados teoricamente relevantes, mas os projetos que, por uma ou outra razão, falham sob o ponto de vista prático podem ainda ter relevância teórica importante do ponto de vista acadêmico.

Outra importante questão a ser abordada é a crítica quanto a simplificação, que segundo Morin (2007, apud ROMCY, 2012) é característica da ciência tradicional, que representa a necessidade de ordenar os fenômenos através de operações que, apesar de necessárias à inteligibilidade, correm o risco de levar a uma “inteligência cega”. Desta forma,

a utilização da simplificação, ou seja, reduzir o complexo ao simples, pode resultar na destruição de conjuntos e totalidades, isolando os seus objetivos do seu meio e separando as disciplinas.

Assim, quando trata-se de uma abordagem sistêmica, como pode ser entendido o processo de projeto, é fundamental considerar o pensamento complexo e as múltiplas dimensões da realidade. No entanto, é relevante recordar, que este não é completo e nem tampouco alcança a eliminação da simplicidade. Assim, entende-se que o pensamento simplificado é, em algumas ocasiões, necessário, principalmente quando é importante compreender as partes em si (LIMA et al., 2011).

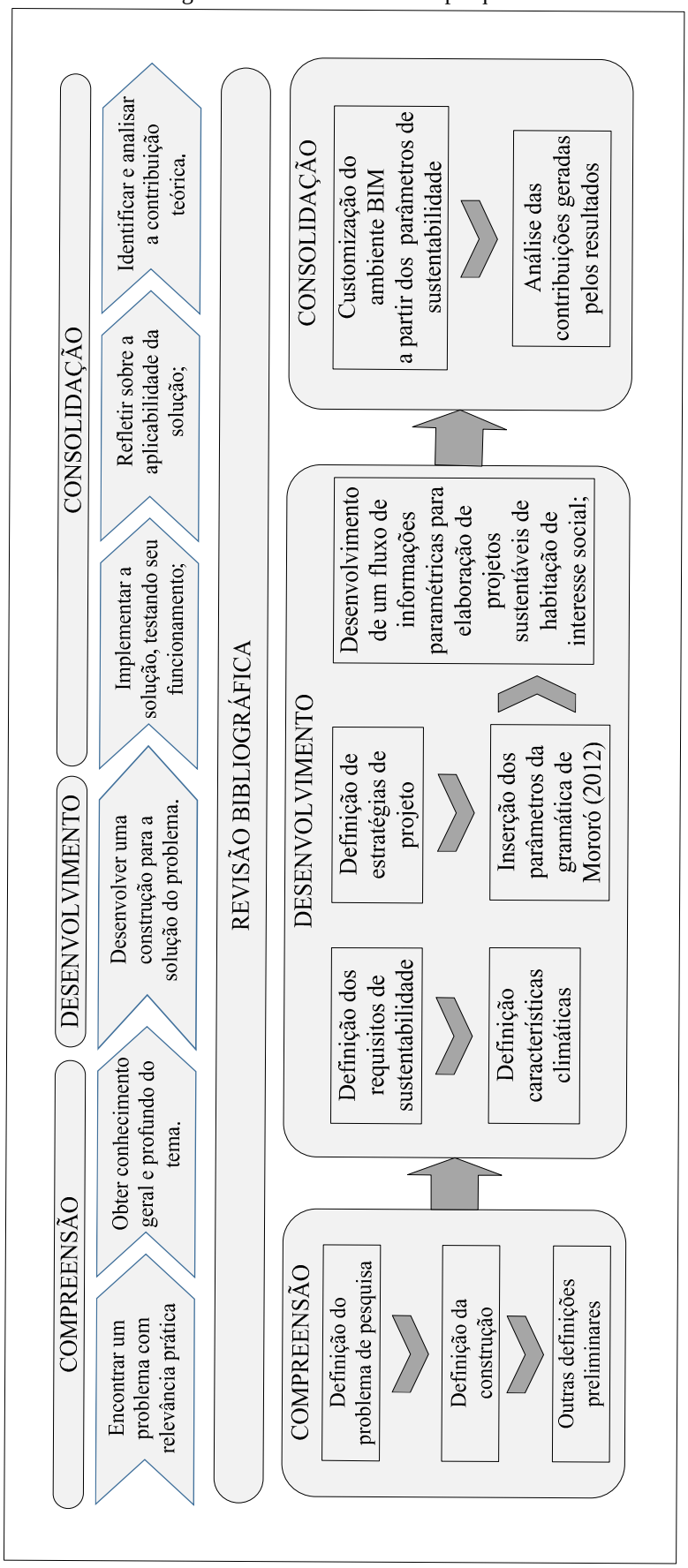
5.5 Delineamento da Pesquisa

O delineamento da pesquisa foi feito baseado nos passos característicos do processo da pesquisa construtiva descritos por Kasanen, Lukka e Siitonen (1993), listados a seguir:

a) Encontrar um problema com relevância prática e potencial para a pesquisa;
b) Obter uma compreensão profunda do tema;
c) Desenvolver a construção para resolver o problema;
d) Implementar e testar a solução;
e) Examinar o escopo da aplicabilidade da solução;
f) Expor as conexões teóricas e contribuições da solução.

Os passos foram agrupados em três etapas: compreensão, desenvolvimento e consolidação, sendo que a revisão bibliográfica foi realizada durante todo o processo. As etapas podem ser observadas na Figura 5.4:

Figura 5.4 - Delineamento da pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora

5.5.1 Compreensão

A primeira etapa da pesquisa, a compreensão, iniciou-se com a descoberta de um problema do mundo real a ser estudado, considerando sua relevância prática e teórica, além de estudos nos principais temas abordados na pesquisa, buscando à obtenção de conhecimento e domínio necessários para dar início à investigação.

Assim, esta etapa da pesquisa compreendeu:

- O levantamento teórico inicial que continuou presente ao longo de toda a pesquisa;
- Definição do problema de pesquisa;
- Definição da construção, para solução do problema inicial;
- Outras definições preliminares necessárias para continuidade da pesquisa na etapa de desenvolvimento.

Este levantamento teórico incluiu os temas abordados na investigação: sustentabilidade na arquitetura, processo de projetos paramétricos e a problematização das questões habitacionais, que teve continuidade ao longo de toda pesquisa, através de revisão bibliográfica. Para isto consultou-se: livros técnicos, manuais, periódicos, anais de eventos, teses e dissertações e legislações municipais.

Tendo considerado os tópicos anteriormente mencionados no trabalho e o objetivo geral da pesquisa, foi definido como construção a criação de um fluxo de informações parametrizadas considerando os requisitos de sustentabilidade socioambiental.

Com isso, pôde-se observar a necessidade de algumas definições preliminares para a construção do artefato: fonte dos requisitos de sustentabilidade ambiental; metodologia para nortear a elaboração de projetos sustentáveis; um meio de incluir o âmbito da sustentabilidade social no processo e, por fim, a definição do *software* a ser utilizado na etapa final de consolidação.

A definição dos requisitos de sustentabilidade ambiental partiu dos manuais das metodologias de avaliação ambiental, pelos seguintes motivos: a escolha baseou-se na revisão de literatura que descreve as certificações ambientais como principal ferramenta de inserção das questões de sustentabilidade em projetos, além da facilidade de compreensão pela forma de avaliação no formato de *check lists*. Dentre as certificações existentes optou-se utilizar os critérios do selo casa azul, pois trata-se de uma certificação ambiental voltada não somente para o contexto das habitações de interesse social, mas para a realidade brasileira.

Decidiu-se ainda pela consideração da metodologia de Krygiel e Nies (2008) como norteador do processo de desenvolvimento de projetos sustentáveis, que apresenta etapas bem definidas de características a serem consideradas para garantia do desenvolvimento de projetos de edificações sustentáveis.

Como já exposto anteriormente, a sustentabilidade deve ser considerada em três âmbitos: ambiental, social e econômico. A sustentabilidade ambiental foi considerada com os requisitos das certificações descritos acima, já para a consideração da sustentabilidade social, decidiu-se inserir características encontradas no trabalho de Mororó (2012) que buscou compreender a real necessidade dos usuários e seus hábitos, através do desenvolvimento de uma gramática da forma, resultante da observação de habitações autoconstruídas em um conjunto habitacional na cidade de Fortaleza, Planalto do Pici.

Para a escolha do *software* a ser utilizado na etapa de consolidação, no qual o fluxo de informações foi customizado em um ambiente BIM, levou-se em consideração a disponibilidade de acesso gratuito para fins acadêmicos (versão educacional) e conhecimento técnico do *software* por parte da equipe envolvida na pesquisa.

5.5.2 Desenvolvimento

A etapa de desenvolvimento da pesquisa envolveu cinco passos: definição dos requisitos de sustentabilidade, definição das características climáticas da cidade de Fortaleza, definição de estratégias de projeto a partir da definição do clima para alcançar conforto no projeto das edificações, consideração dos parâmetros definidos na gramática de Mororó (2012) e, por fim, o desenvolvimento de um processo paramétrico de projetos sustentáveis de habitação de interesse social.

A definição dos requisitos de sustentabilidade ambiental foi feita a partir da seleção dos critérios do manual do selo ambiental casa azul que apresentavam potencial de tradução como estratégia de projeto. Foram analisadas as categorias abordadas pela certificação, seguidas dos critérios selecionados a serem inseridos no processo que foi desenvolvido, juntamente com o respectivo objetivo a ser alcançado com a inclusão deste critério na elaboração de projetos e, por fim, a definição de em que etapa do processo (fluxo de informação) determinado critério deverá influenciar e ser considerado.

Com os dados climáticos disponibilizados pelo estação meteorológica do departamento de engenharia agrícola da Universidade Federal do Ceará pôde-se elaborar gráficos e estudar a realidade do clima da cidade de Fortaleza. Para a definição das

características climáticas foram elaborados gráficos de temperatura, umidade do ar, ventos e radiação solar. A classificação do clima foi definida a partir das características descritas no trabalho de Romero (2000).

Encontrada as características climáticas da cidade de Fortaleza, buscou-se definir estratégias para o clima encontrado. Assim, foi elaborada a carta psicrométrica da cidade para definição de estratégias de projeto a serem utilizadas para melhorar as condições de conforto na elaboração de projetos.

Definidas as questões de sustentabilidade ambiental, passou-se a compreensão dos requisitos sociais a serem inseridos no processo que foram retirados do trabalho de Mororó (2012), determinado na etapa anterior, compreensão. Neste passo da etapa de desenvolvimento da pesquisa foram determinadas as informações a serem parametrizadas para inserção no processo.

Por fim, pôde-se desenvolver um fluxo de informações paramétricas para elaboração de projetos sustentáveis de habitação de interesse social. Neste processo, foram inseridas todas as etapas anteriormente citadas, e em cada etapa deste fluxo são descritos dados de entrada, restrições e os respectivos dados de saída. É importante destacar que durante esta etapa da pesquisa houve o envolvimento do grupo multidisciplinar de pesquisadores envolvidos no projeto FINEP.

5.5.3 Consolidação

Na terceira etapa da pesquisa buscou-se atingir o quarto passo do processo de uma pesquisa construtiva: implementar a solução, testando seu funcionamento. Para isto, foi feita uma customização do processo paramétrico de projetos sustentáveis de habitações de interesse social para o ambiente BIM e para este passo da etapa de consolidação contou-se com o auxílio de um programador, pesquisador envolvido no projeto FINEP em que a pesquisa está inserida.

Este passo consistiu na tradução dos parâmetros desenvolvidos na etapa anterior para a plataforma BIM na interface do aplicativo do *software* ArchiCAD da empresa *Graphisoft.*

Então, por fim, foi feita uma análise das contribuições geradas pelos resultados encontrados na pesquisa, para isso refletiu-se sobre a aplicabilidade da solução desenvolvida a partir do artefato, construção, além de identificar-se as possíveis contribuições teóricas.

6 RESULTADOS

Neste capítulo foram apresentados os resultados da pesquisa. Primeiramente descritos os requisitos de sustentabilidade ambiental baseados nos critérios do selo casa azul, foram selecionados dez critérios a serem inseridos no processo. A segunda parte contou com uma caracterização climática da cidade de Fortaleza, com a análise de dados de temperatura, umidade, ventos e radiação solar. Foram também avaliados os objetivos e influências no processo de elaboração de projetos do uso das estratégias de ventilação e iluminação natural. Foi desenvolvido um fluxo com informações paramétricas para concepção de projetos sustentáveis de HIS com etapas sequencias e por fim foi apresentado a introdução desse fluxo no ambiente BIM, com a criação de um plug-in no Archicad.

6.1 Requisitos de sustentabilidade ambiental

Uma série de benefícios foram expostos anteriormente com a construção de edifícios sustentáveis. Atualmente, pode-se alcançar um edifício de energia zero, ou com necessidades energéticas muito reduzidas a partir da incorporação de tecnologias renováveis, porém Ehrat e Fagundes (2013) fizeram o seguinte questionamento: “qual o real retorno ambiental do investimento em um edifício de energia zero num ambiente desordenado, com problemas muito mais básicos, habitacionais, sociais ou de saneamento?” ou seja, de que adianta enxergar a sustentabilidade através do uso de vidros de alto desempenho, persianas automáticas e condicionadores de ar com sistemas inovadores, enquanto soluções bem mais simples e baratas, como: utilização de lâmpadas econômicas, instalação de vaso sanitário com alternância no fluxo de água, conservação de recursos materiais e como grande diferencial, práticas sociais com ações educacionais e de capacitação, beneficiariam um universo muito maior.

Assim, uma das questões fundamentais levantadas nesta pesquisa é um possível ponto de equilíbrio entre a produção de edifícios sustentáveis e a provisão de habitações adequadas para todos. Quanto ao aspecto da sustentabilidade optou-se pelo uso de critérios sugeridos no selo casa azul, visto esta metodologia ser uma estratégia governamental de incentivo à produção de edifícios sustentáveis, no qual são avaliados critérios não só da realidade brasileira, mas principalmente de habitações populares.

Essa escolha foi ainda baseada no segundo item, entendendo o tipo de construção, da metodologia de Krygiel e Nies, exposta anteriormente. A mesma alerta para a importância

na escolha de estratégias de projeto apropriadas para a tipologia de construção em que se está trabalhando, pois a falha na compreensão da real necessidade dos usuários, pode resultar em tecnologias mal aplicadas e custos maiores.

A partir de uma leitura cuidadosa do guia CAIXA de sustentabilidade ambiental foram selecionados dez critérios, distribuídos entre as seis categorias abordadas no selo, com potencial para tradução em requisitos de projeto a serem inseridos no fluxo de informações paramétricas. Destes critérios, buscou-se compreender os seus respectivos objetivos e em que fase do fluxo eles deveriam ser considerados. São assim expostos um por um, destacando suas importâncias e considerações e por fim, foi elaborado um fluxograma com o resumo dos critérios selecionados.

Qualidade urbana

A qualidade e infraestrutura do entorno são de grande importância para a implantação de edificações sustentáveis. Este é um problema recorrente dos empreendimentos de habitação de interesse social no Brasil, que ocorre em decorrência da procura de terrenos com grandes áreas e a um baixo custo.

Os princípios de qualidade urbana referem-se, principalmente, ao bom dimensionamento da trama urbana. Esta categoria do selo casa azul tem preocupação fundamental em reduzir a ocupação do solo por usos construtivos, permitindo sua utilização para fins mais nobres e que minimizem impactos socioambientais. Atualmente, o que prepondera no Brasil é a adaptação do terreno escolhido a um projeto preconcebido, ao invés da elaboração de projetos segundo orientações urbanísticas definidas pelas características particulares da área selecionada. Esta realidade é notável nos empreendimentos de interesse social, tendo em vista que os terrenos normalmente disponíveis estão nas vertentes mais inclinadas, em que soluções superficiais tendem a envolver um volume grande de cortes e aterros, ou em áreas situadas nos limites urbanos, desprovidas da infraestrutura necessária (CAIXA, 2010).

Porém, nessa pesquisa, visto a grande complexidade de informações existentes na questão habitacional, limitou-se a estudar exclusivamente as características de projeto da unidade habitacional, ou seja, as características da qualidade urbana, que avaliam o entorno da construção, não foram analisadas no processo de elaboração de projetos.

Projeto e conforto

Nesta categoria, como o próprio nome enfatiza, os critérios são focados nos aspectos relacionados ao planejamento e à concepção do projeto do empreendimento, considerando-se, principalmente, os aspectos relativos à adaptação da edificação às condições climáticas, às características físicas e geográficas locais, bem como a previsão de espaços na edificação destinados a usos e fins específicos. Por esta razão, como busca-se critérios da certificação que possam ser traduzidos em estratégias de projeto, nesta categoria foram selecionados o maior número de critérios, cinco no total.

De acordo com a CAIXA (2010), diferentes condições climáticas exigem estratégias de projeto diferentes para obter a melhoria do conforto humano. Assim, para o desenvolvimento do projeto é necessário o conhecimento das características climáticas do local, tais como: ventos, temperatura, umidade, orientação solar e disponibilidade de iluminação natural conforme a latitude do local em que será implantado o projeto. Consideradas estas características, deve-se projetar a forma, a orientação da edificação, o dimensionamento das aberturas, as proteções solares, o uso de cores e a eleição dos materiais a serem usados para proporcionar maior conforto térmico aos usuários com menor consumo de energia.

- **Paisagismo**

O primeiro critério considerado, paisagismo, tem como objetivo auxiliar no conforto térmico e visual do empreendimento, mediante regulação de umidade, sombreamento vegetal e uso de elementos paisagísticos.

O selo exige neste critério obrigatório o uso de sombreamento como técnica de resfriamento passivo nos locais em que seja necessário sombreamento para paredes ou janelas, ou seja, consiste principalmente em não permitir que a radiação solar direta penetre no ambiente durante as horas de maior aquecimento do dia. Indica assim, que o paisagismo pode ser utilizado por meio da vegetação ou de componentes da própria edificação, como teto jardim, pérgulas horizontais ou verticais, venezianas, brises externos e outros protetores solares. É aconselhado também o uso de espécies vegetais nativas, adequadas ao clima local e ao uso da edificação.

Quanto a análise da eficácia no uso de paisagismo para sombreamento, o selo aconselha demonstração gráfica considerando-se a carta solar, as estações do ano e as horas do dia consideradas, ou até simulação da insolação através do uso de maquetes computacionais, porém não especifica nenhum valor para avaliação. Desta forma, este critério foi considerado na etapa de dimensionamento das proteções solares das habitações.

- **Flexibilidade de projeto**

A certificação sugere o critério de flexibilidade de projeto buscando permitir o aumento da versatilidade da edificação, por meio de modificação de projeto e futuras ampliações, adaptando-se às necessidades do usuário.

No projeto devem ser previstas futuras ampliações ou modificações, levando-se em conta as implicações que possam ocorrer, de forma a facilitar a sua implantação. Para este efeito, devem ser consideradas as implicações estruturais, os sistemas hidráulico e elétrico, bem como a ventilação e iluminação natural dos ambientes a ampliar e modificar (CAIXA, 2010).

A flexibilidade do projeto foi garantida com o uso das características da gramática da forma de Mororó (2012) inseridas na etapa de implantação e compartimentação do fluxo de informações para elaboração de projetos sustentáveis de HIS. A priorização do uso do banheiro no fundo da habitação, por exemplo, demonstra essa preocupação. Isto ocorre porque Mororó (2012) pôde observar no conjunto habitacional estudado que o banheiro apresenta-se como um limitante para a progressão da habitação.

Outra evidência da preocupação com a flexibilidade de projeto está na etapa de cobertura e eleição de materiais, com a escolha da laje estrutural para a coberta, proporcionando assim uma possibilidade de crescimento vertical da habitação sem o custo adicional da estrutura.

- **Desempenho térmico – Vedações**

Este critério procura proporcionar ao usuário melhores condições de conforto térmico, conforme as diretrizes gerais para projeto correspondentes à zona bioclimática do local do empreendimento, controlando-se a ventilação e a radiação solar que ingressa pelas aberturas ou que é absorvida pelas vedações externas da edificação.

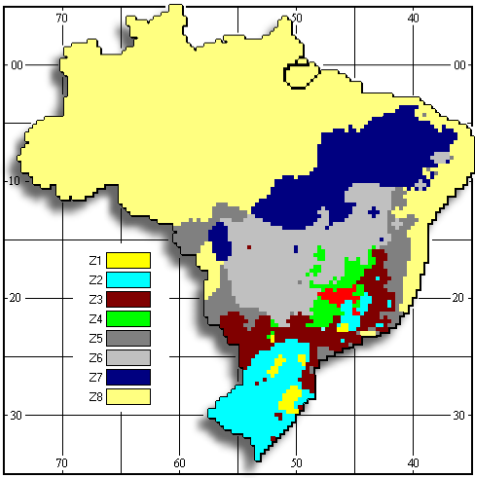
Dentre as recomendações técnicas descritas no selo para este critério obrigatório, orienta-se que os materiais utilizados nas habitações devem responder às diferenças climáticas presentes no país. Para isto, as características das paredes e da cobertura, e os revestimentos usados na envoltória devem ser selecionados de acordo com as necessidades de cada zona bioclimática, visando atender a cada necessidade de conforto inerente ao clima em que se encontra o empreendimento.

As características deste critério foram embasadas nas normas de desempenho térmico da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 15220 - Desempenho térmico

de edificações; e NBR 15575 - Edificações habitacionais – Desempenho, que fornecem parâmetros para a correta especificação de paredes e coberturas, de acordo com cada zona bioclimática. Assim, são descritas cinco tabelas no guia que devem ser atendidas.

A primeira tabela do guia define qual a Zona Bioclimática (ZB) está a cidade em que pretende-se construir. Como nessa pesquisa restringiu-se a cidade de Fortaleza, foi assim definida a ZB da cidade a partir dos dados disponíveis da NBR 15220, Figura 6.1:

Figura 6.1 - Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: Anexo A da NBR – 15220

Definiu-se então Fortaleza na ZB 8 e a partir desta informação foram orientadas todas as outras estratégias de projeto deste critério. Em sequência, na segunda tabela definiu-se os padrões de transmitância e capacidade térmica, em função da absortância térmica, para as paredes externas, paredes internas e cobertura:

Tabela 6.1 - Desempenho térmico – vedações

Zona Bioclimática	PAREDES EXTERNAS		PAREDES INTERNAS	COBERTURA
	Transmitância Térmica	Capacidade Térmica	Capacidade Térmica	Transmitância Térmica (U)
8	$U \leq 3{,}7$ se $\alpha < 0{,}6$ ou $U \leq 2{,}5$ se $\alpha \geq 0{,}6$	sem exigências	sem exigências	$U \leq 2{,}30$ FV se $\alpha \leq 0{,}4$ ou $U \leq 1{,}5$ FV se $\alpha > 0{,}4$

* U = transmitância térmica (W/(m²K))
* FV = fator de ventilação

Fonte: Adaptado de CAIXA, 2010

Para o cumprimento dos parâmetros estabelecidos nesta tabela, será necessário calcular a transmitância térmica das paredes externas e da cobertura da edificação, cujos valores são definidos nas etapas de cobertura e eleição dos materiais.

A terceira tabela do selo, representada aqui pela Tabela 6.2, aponta como deve ser feito o acabamento das paredes externas das habitações de acordo com as tipologias sugeridas no selo, dispostas no ANEXO 2, A definição destas exigências também foram consideradas nas etapas de eleição de materiais.

Tabela 6.2 - Desempenho térmico - vedações – paredes

Zona Bioclimática	PAREDES EXTERNAS	PAREDES INTERNAS
	Transmitância Térmica + capacidade térmica	Capacidade Térmica
8	Paredes que atendam aos critérios da Tabela 2. Como exemplo paredes tipo **a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, o** (ver tabela 4), com caiação, argamassa de revestimento ou pintara de cor clara e parede Tipo **k, l, m, n** (ver Tabela 4) com argamassa de revestimento ou pintura de cor escura	sem exigências

Fonte : Adaptado de CAIXA (2010)

São então definidas as porcentagens de aberturas nos cômodos em relação a área de cada ambiente, para a ventilação e iluminação, assim como exigências de sombreamento e definições de especiações das coberturas, com a combinação de seleção de materiais e cores a serem utilizadas, a partir das tipologias expostas no ANEXO 3:

Tabela 6.3 – Desempenho térmico – vedações – aberturas e coberturas

Zona Bioclimática	ABERTURAS					COBERTURAS
	Ventilação			Iluminação	Sombreamento	Transmitância Térmica
	Sala	Quartos	Cozinha			
8	Abertura ≥ 20%	Abertura ≥ 15%	Abertura Grande ≥ 15%	Abertura ≥ 15%	Obrigatório proteção nos dormitórios e nas salas quando adotada porcentagem de ventilação somente por área de janela e vidro e que permita abertura total da área para iluminação.	Coberturas que atendam aos critérios da Tabela 2 com cores claras (absortância < 0,4) (branca, amarelo claro). Como exemplo: tipo a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, (ver Tabela 5) ou coberturas que atendam aos critérios da Tabela 2 com cores medias e escuras (absortância > 0,4) com isolante térmico. Como exemplo: Coberturas Tipo b, c, g, h, i, com manta aluminizada (ver Tabela 5).

Fonte : Adaptado de CAIXA (2010)

As porcentagens de abertura foram consideradas na etapa de definição das aberturas, as exigências de sombreamento foram consideradas na etapa de proteções solares e

as informações de transmitância térmica, consideradas na etapa de cobertura e eleição de materiais.

O selo ainda destaca que os elementos de proteção solar devem ser adequados à orientação arquitetônica no que diz respeito ao tipo, se horizontal, vertical, misto, inclinados ou móveis. E que as dimensões das fachadas arquitetônicas devem, na medida do possível, ser adequadas às intenções de insolação locais. No caso de Fortaleza (ZB 8), as dimensões das fachadas leste e oeste devem possuir menores superfícies, pois recebem maior carga térmica no verão que as demais fachadas.

- **Desempenho térmico – Orientação ao sol e ventos**

O atendimento deste critério está fundamentado em proporcionar ao usuário condições de conforto térmico mediante estratégias de projeto, conforme a zona bioclimática do local do empreendimento, considerando-se a implantação da edificação em relação à orientação solar, aos ventos dominantes e à interferência de elementos físicos do entorno, construídos ou naturais.

A documentação para indicação de atendimento deste item está no projeto de implantação e arquitetura com indicação dos itens atendidos. As estratégias adotadas no projeto devem ser justificadas em face de implantação, geometria solar, localização das aberturas e demais componentes, mostrando a insolação do local, a direção e frequências dos ventos predominantes, elementos físicos do entorno e demais parâmetros climáticos que se encontrem disponíveis, como temperatura e umidade, bem como, através do projeto, uso de cartas solares, máscaras, ou mediante simulação computacional, se necessário (CAIXA, 2010).

Este critério está embasado em duas exigências, a ventilação cruzada permanente e o sombreamento de fachadas.

Assim a edificação deve ser implantada, de modo a garantir a ventilação cruzada permanente nos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios). Para alcançar este critério obrigatório o selo indica o uso de bandeirolas com veneziana sobre as portas e janelas e forros ventilados.

Segundo as características de detalhamento das estratégias de condicionamento térmico descritas na NBR 15220 (ABNT, 2003), a ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o

entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos. Estas características foram consideradas na etapa definição das aberturas.

A segunda recomendação deste critério é o uso de sombreamentos nas fachadas e aberturas para a zona no qual se encontra a cidade de Fortaleza. O selo adverte que a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir que os cômodos de permanência prolongada não estejam voltados para a face oeste; ou deve ser garantido o sombreamento das fachadas no caso de existência de cômodos de permanência prolongada voltados para a face oeste. Para alcançar as exigências o selo indica a implantação de brises, varandas, beirais, pergolados, vegetação, anteparos, marquises ou outros recursos. Estas características foram consideradas nas etapas de implantação e proteções solares.

- **Ventilação e iluminação natural de banheiros**

Este critério é sugerido pelo selo casa azul a fim de oferecer ventilação e iluminação natural em ambientes que, muitas vezes, não são considerados como prioridade dentro destes requisitos. Objetiva a melhoria na salubridade do ambiente, evitando problemas causados pela umidade nos banheiros, além da redução do consumo de energia, poupados pela dispensa do uso de aparelhos exaustores e sistemas para ventilação e iluminação artificial.

O atendimento deste critério é simplesmente a implantação de uma janela voltada para o exterior da edificação com área mínima de 12,5% da área do ambiente. Esta característica foi considerada juntamente com as porcentagens de aberturas dos outros cômodos, já descritos anteriormente, na etapa de definição das aberturas.

Todos os outros critérios desta categoria, Projeto e conforto, que não foram selecionados como estratégia de projeto referem-se a análise da habitação em sua relação com a vizinhança, ou abrangem sugestões sustentáveis considerando um conjunto habitacional, tais como: suporte para soluções alternativas de transporte ou inclusão de equipamentos de lazer.

Eficiência energética

As altas porcentagens de consumo de energia elétrica absorvidas pelas edificações no Brasil, são percepções primordiais no consumo de recursos e impactos gerados pela construção civil no país. Assim, para o desenvolvimento de projetos mais sustentáveis, dentro da realidade brasileira, os mesmos devem buscar reduzir o consumo de eletricidade e ao mesmo tempo aumentar o uso de fontes renováveis de energia, levando-se em conta a relevância da

eficiência energética das edificações como um dos principais critérios para o desenvolvimento de projetos e edificações mais sustentáveis.

Dentre os critérios abordados nesta categoria, a maioria são sugestões que não afetariam na concepção arquitetônica das habitações, como o uso de lâmpadas de baixo consumo, dispositivos economizadores em áreas comuns, elevadores e eletrodomésticos eficientes. Os sistemas de aquecimento também foram desconsiderados um vez que a cidade de Fortaleza não possui estações com baixas temperaturas, assim, o único critério que poderia ser considerado são as fontes alternativas de energia.

- **Fontes alternativas de energia**

Este critério tem o objetivo principal de proporcionar o menor consumo de energia por meio da geração e conservação por fontes renováveis.

Como foi destacado na metodologia de Krygiel e Nies a escolha da fonte de energia renovável vai depender das características de cada lugar, pois onde a energia eólica pode ter grande potencial, a energia solar pode ser inviável. Desta forma, a incorporação de fontes alternativas de energia irá depender não só da análise dos recursos disponíveis no local, mas de uma avaliação do empreendimento por meio de estudos de viabilidade destas tecnologias, que por sua vez, por conta dos seus elevados custos, podem se tornar inviáveis na realidade das habitações populares.

Dentre as opções de fontes renováveis o selo sugere a energia solar, com painéis solares fotovoltaicos, a energia eólica, com uso de aerogeradores e a produção a partir de biomassa, óleos vegetais, madeira e resíduos agrícolas.

Após a escolha da fonte mais adequada para o tipo de construção, para o dimensionamento dos sistemas, deve ser feita uma estimativa do consumo elétrico da habitação e determinada a parcela que deseja-se gerar. Para cada escolha, algumas considerações no projeto devem ser analisadas, por exemplo, o uso de painéis fotovoltaicos poderá influenciar as informações da cobertura da edificação.

Conservação de recursos materiais

A construção de edifícios depende de um fluxo constante de materiais, que abrangem todo o ciclo de vida de uma construção, desde as primeiras etapas de limpeza do terreno, no qual são feitos cortes e aterros, nas atividades de uso, manutenção, com operações de correção de patologias, até a demolição, com grande geração de resíduos. Krygiel e Nies em

sua metodologia destacam que a escolha dos materiais a serem utilizados na construção das edificações deve ser feita buscando utilizar a menor quantidade possível de recursos e adotar os materiais mais eficientes.

Assim, uma série de critérios são sugeridos para atender esta categoria, porém a maioria deles são características a serem consideradas na etapa de construção da habitação e não na elaboração do projeto, como é o caso do uso de fôrmas e escoras reutilizáveis, concreto com dosagem otimizada, ou até a gestão de resíduos de construção e demolição. Portanto, foram selecionados apenas dois critérios: coordenação modular e componentes industrializados ou pré-fabricados.

- **Coordenação modular**

Este critério tem o objetivo fundamental de reduzir as perdas de materiais pela necessidade de cortes, ajustes de componentes e uso de material de enchimento; aumentar a produtividade da construção civil e reduzir o volume de RCD.

A partir da seleção dos materiais a serem utilizados nas vedações, pode-se elaborar plantas de elevação de alvenaria a serem projetadas de acordo com os conceitos de coordenação modular.

Observando pelo ponto de vista da sustentabilidade, a coordenação modular reduz o consumo de materiais, pois, ao utilizar conceitos de padronização com tolerância dimensional e de montagem, dispensa a realização de cortes de peças, que geram desperdícios e resíduos. A padronização de dimensões permite um ganho de escala e a intercambiabilidade de produtos de diferentes fabricantes, beneficiando consumidores.

Desta forma, as características deste critério sustentável serão considerados na etapa de eleição de materiais.

- **Componentes industrializados ou pré-fabricados**

O uso de componentes industrializados, assim como a ferramenta da coordenação modular, colaboram para a redução do consumo de recursos naturais. Isto ocorre pela redução das perdas de materiais e de geração de resíduos.

Dentre os materiais que podem ser incorporados ao edifício, o selo sugere desde pré-moldados em concreto armado até sistemas de painéis de placas cimentícias, de gesso acartonado, *light steel frame,* ou madeira de plantação. Mais uma vez não são definidas

quantidades ou níveis para avaliação da incorporação do critério. Entende-se então, que o uso de qualquer material industrializado, mesmo que em quantidade muito reduzida, poderia garantir o atendimento deste critério.

Gestão de água

A água é um recurso indispensável para a garantia da saúde pública e à manutenção da vida, razão da grande importância de sua conservação tanto em quantidade como qualidade. Desta forma, a gestão da água nas edificações é primordial para um uso mais sustentável deste insumo, controlando assim os riscos de escassez, poluição e ainda os riscos de inundação. Essa categoria abrange, fundamentalmente, o suprimento de água potável, a gestão de águas pluviais e o esgotamento sanitário.

- **Aproveitamento de águas pluviais**

Assim como as fontes alternativas de energia, o aproveitamento de águas pluviais visa a redução do consumo. Esta água armazenada pode ser utilizada nas bacias sanitárias, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos e veículos e espelhos d'água.

Para atendimento deste critério de livre escolha deve ser projetado um sistema de aproveitamento de águas pluviais independente do sistema de abastecimento existente na habitação, para realização da coleta, armazenagem, tratamento e distribuição de água não potável. Neste caso o selo limita a quantidade a ser reduzida no consumo de água potável em 10%.

Este critério dependerá também das condições climáticas do local, com a análise das precipitações da cidade, além de estudos de viabilidade financeira das estratégias para a realidade da tipologia de edificações em que se está projetando e assim serão definidas as características as serem introduzidas no projeto.

- **Áreas permeáveis**

Este critério tem o objetivo fundamental de manter o ciclo da água com a recarga do lençol freático, prevenir o risco de inundações em áreas com alta impermeabilização do solo e amenizar a solicitação das redes públicas. As taxas de permeabilidade, na realidade, já são definidas no Plano Diretor Participativo de Fortaleza com a definição das características

urbanísticas que devem ser consideradas. O que o selo propõe é acrescentar 10% ao exigido pela legislação local e esta característica foi considerada na etapa de área de construção.

O cálculo do coeficiente de impermeabilização do solo deve ser obtido pela relação entre a superfície impermeável e a superfície total do terreno e aplicados os seguintes coeficientes: superfícies totalmente impermeabilizadas, tais como coberturas, calçadas e vias (0,9); vias pavimentadas com componentes de juntas largas (0,6); vias de macadame sem alcatrão (0,35); caminhos em cascalho ou brita (0,2); superfícies arborizadas (0,05).

Práticas sociais

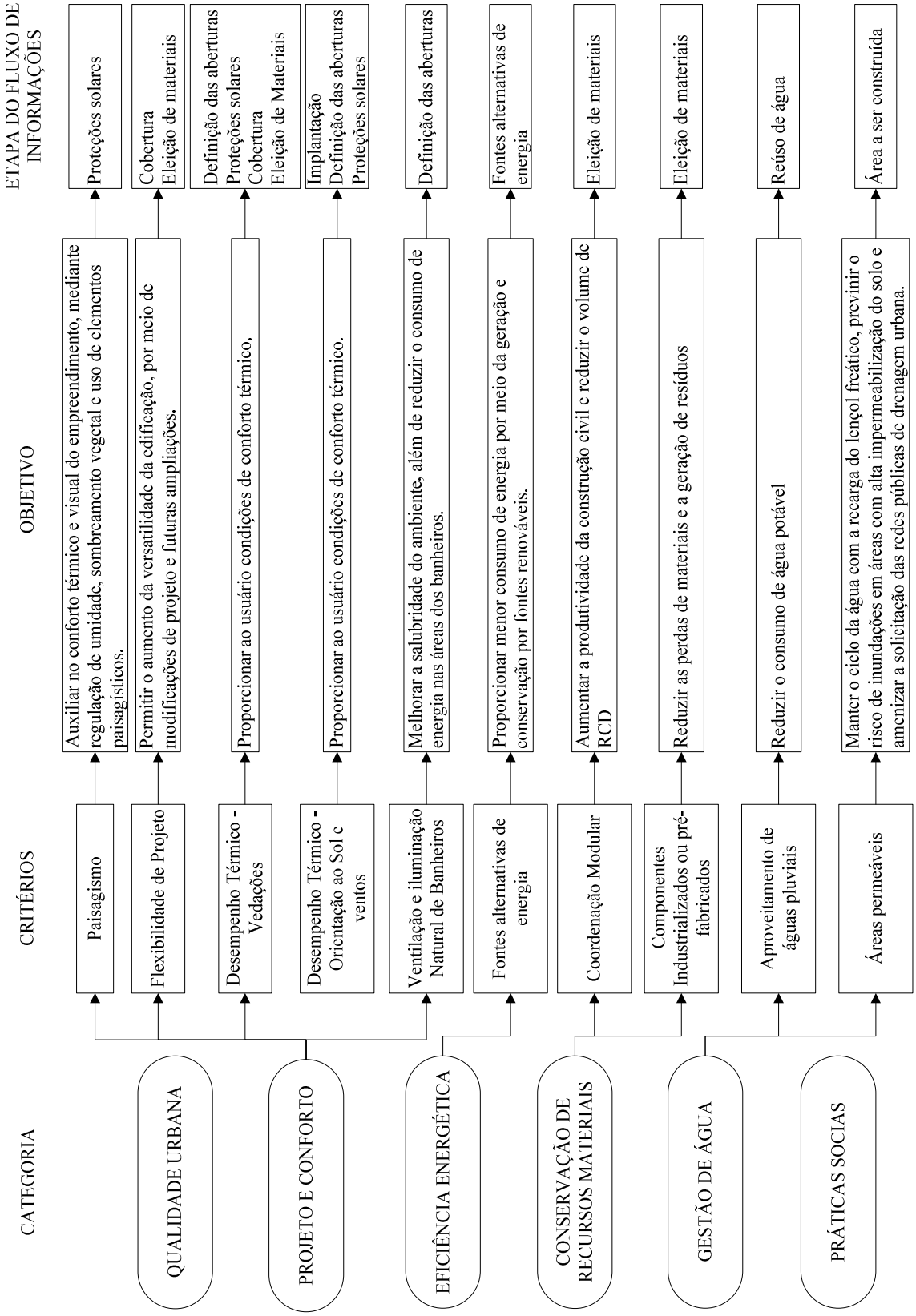
Esta categoria tem grande importância na sustentabilidade das edificações, pois essas ações visam à ampliação da conscientização ambiental, além de contribuir para a redução de algumas desigualdades sociais, visto que além dos construtores, projetistas e trabalhadores, os próprios usuários do empreendimento, tem papel fundamental na responsabilidade quanto à sua sustentabilidade.

Vale ressaltar, que esta categoria é também um diferencial do selo casa azul em relação a vários outros, uma vez que esta certificação, deixa de ser apenas um fornecedor de bens e serviços e passa a ser um agente de transformação social, que contempla na sua atuação também as questões socioambientais.

Entretanto, os critérios desta categoria que acarretam tantos benefícios socioambientais, não influenciam também na elaboração de projetos, pois são todos eles ligados a educação, capacitação e inclusão de pessoas no ambiente da sustentabilidade.

Na Figura 6.2, foi descrito um resumo com os dez critérios abordados, seus respectivos objetivos e as etapas nas quais serão considerados no fluxo de informações paramétricas.

Figura 6.2 - Critérios selecionados selo casa azul



Fonte: Elaborado pela autora

6.2 Caracterização climática de Fortaleza

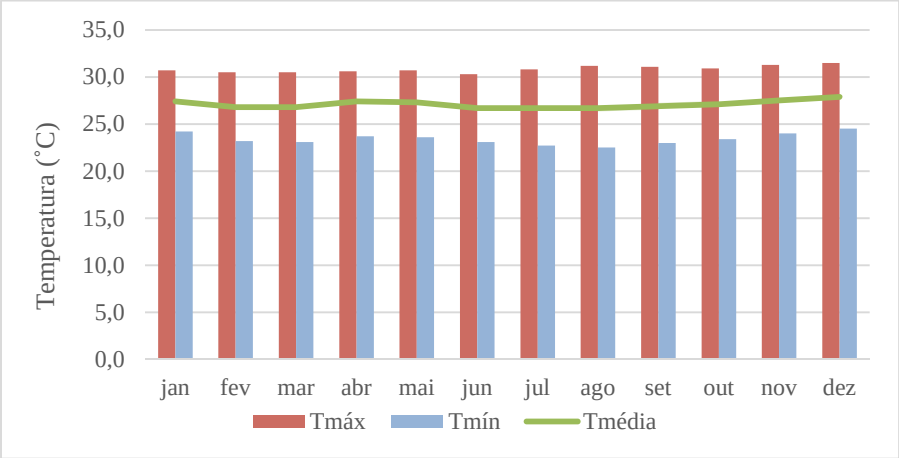
A primeira questão que se coloca como ponto de partida para o desenvolvimento de um projeto, seja de edifício, seja de um espaço urbano é: onde o mesmo será executado? Como é o clima do lugar? É muito diferente projetar em latitudes próximas ao Equador terrestre, entre o Equador e os trópicos, ao sul do trópico de capricórnio ou ao norte do trópico de câncer e essa diferença acontece em função do clima.

Seguindo as orientações da metodologia de Krygiel e Nies de entendimento do clima, foram elaborados gráficos climatológicos da cidade de Fortaleza com dados do último ano (2012) disponibilizados pela estação meteorológica do Campus do Pici.

Para poder estabelecer as estratégias que levam a decisões no projeto arquitetônico, deve-se conhecer a evolução das variáveis climáticas mais importantes: a temperatura, a umidade relativa, os ventos e a radiação solar.

O primeiro parâmetro climático analisado foi a variação da temperatura ao longo dos meses, Figura 6.3:

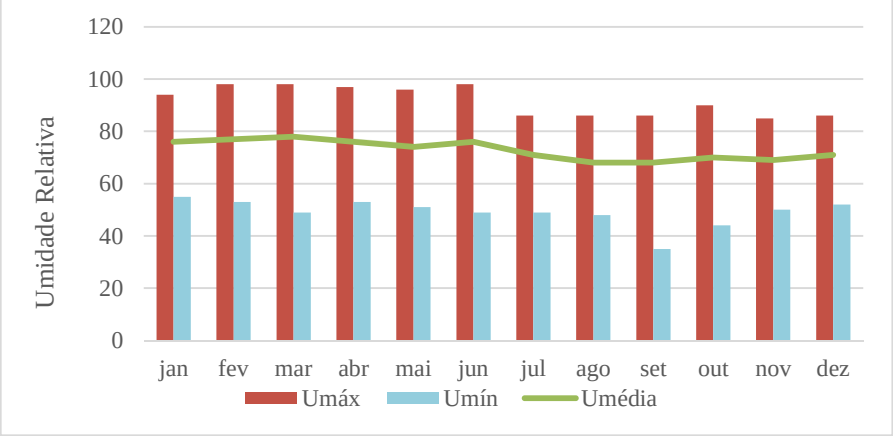
Figura 6.3 - Variação anual de temperatura



Fonte: Elaborado pela autora

O tratamento dos dados climáticos de temperatura deverá orientar o projeto quanto aos períodos do ano de maior desconforto. No entanto, pode-se perceber que a temperatura na cidade de Fortaleza não sofre grandes variações. A temperatura média, durante o ano de 2012, variou entre 26,7 ˚C e 27,9 ˚C. Da mesma forma, as temperaturas máximas e mínima durante o ano também seguem uma pequena variação. O mesmo caso ocorre na análise da umidade relativa aferida durante os meses do ano, Figura 6.4:

Figura 6.4 - Variação anual de umidade relativa



Fonte: Elaborado pela autora

A umidade relativa média, entre os meses de janeiro a dezembro do ano de 2012, variou entre 68 e 78%. Portanto, o comportamento da temperatura e umidade da cidade de Fortaleza não apresentou grandes variações, ou seja, as estratégias de projeto deverão seguir orientações para uma cidade de clima quente e úmido.

A partir da análise dos dados climáticos disponibilizados, a classificação do clima, quente-úmido, foi orientada pelas características de Romero (2000), descritas anteriormente. Fortaleza apresenta pequenas variações de temperatura durante o dia; alto teor de umidade relativa do ar; localização geográfica entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, duas estações no ano, verão e inverno, com pequena variação de temperatura entre elas; e ventos de direção dominante sudeste, que serão apresentados posteriormente.

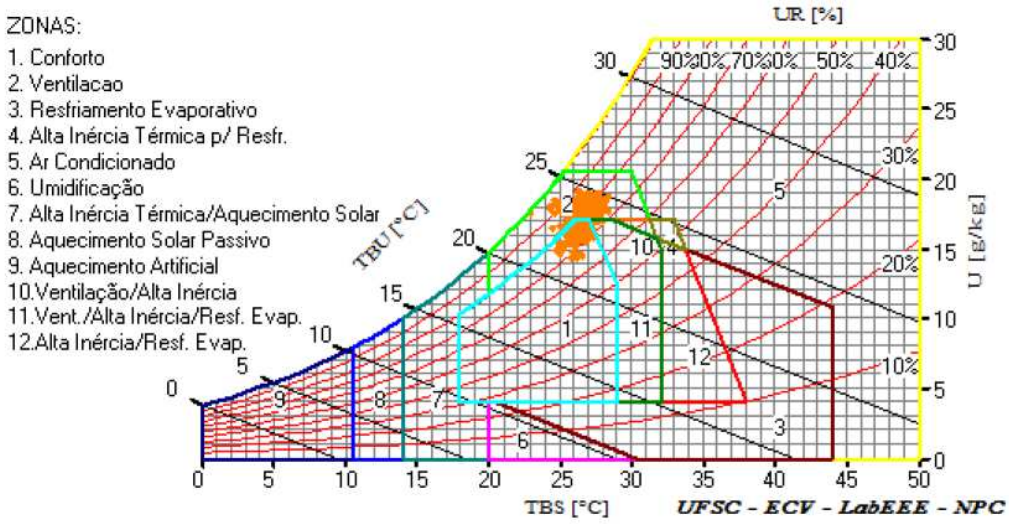
Assim, os projetos de edifícios nesta região quente deverão priorizar o fornecimento de condições interiores confortáveis, minimizando o consumo de fontes de energia não renováveis convencionais.

Nas regiões quentes, a necessidade de diminuir a refrigeração de um edifício através de uma arquitetura apropriada requer a priorização de meios para minimizar a carga solar e o ganho de calor conduzidos durante o dia através do envelope do edifício.

De acordo com Givoni (1994) em regiões quentes o verão é o pior período do ano, por esta razão, as características de projeto deverão ser orientadas pelo clima deste período. No caso da cidade de Fortaleza, não haverá grandes mudanças neste período, visto as pequenas variações que ocorrem durante o ano. O projeto deve portanto visar a diminuição das temperaturas internas, permitindo a circulação da ventilação natural.

Foi ainda orientado para análise e otimização das estratégias de projeto o uso do gráfico psicrométrico, ou carta bioclimática, Figura 6.5:

Figura 6.5 - Carta Psicrométrica da cidade de Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do software Analysis BIO

Esse gráfico foi elaborado com o auxílio do software Analysis BIO, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina.

A carta psicrométrica é a relação entre os parâmetros climáticos mensais e o conforto humano. Na carta são desenhadas zonas que ampliam a de conforto, sugerindo as estratégias a usar no projeto arquitetônico, a fim de se obter conforto térmico dentro dos espaços construídos. Pôde-se perceber que as características de Fortaleza encontram-se, prioritariamente, nas zonas 1 e 2. Uma ampliação da zona de conforto, a zona 2, seria possível com o uso de ventilação cruzada dentro do ambiente ocupado.

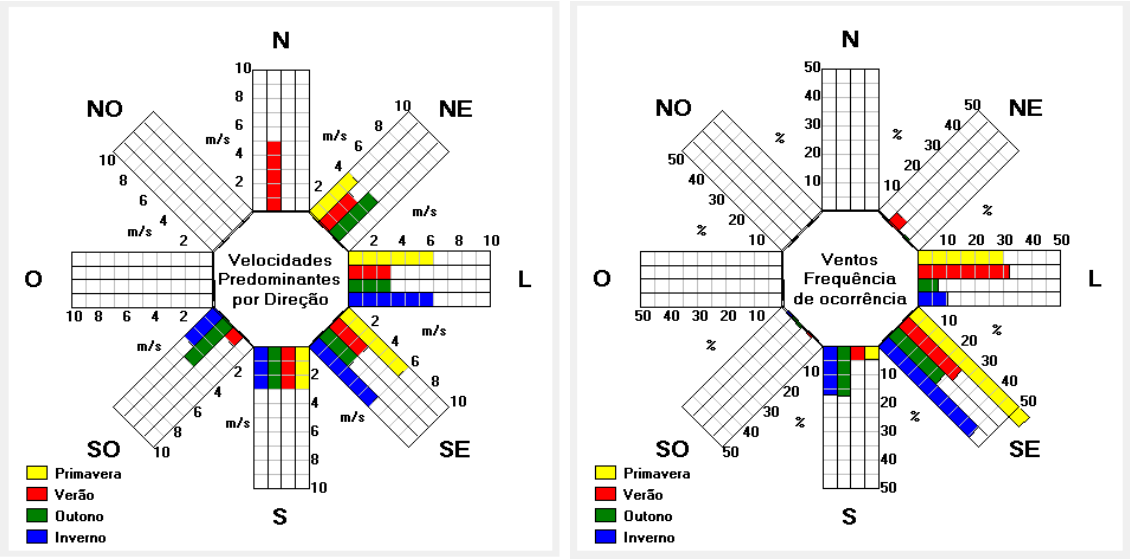
Segundo Givoni (1994), em climas quente e úmido a ventilação é a maneira mais eficaz de minimizar o efeito fisiológico da alta umidade. Nas regiões com característica de pequena variação da temperatura diurna, uma redução significante das temperaturas internas durante o dia, em relação a temperatura externa, se torna impossível sem um adequado sistema de resfriamento. A estratégia de projetar edifícios com maiores áreas de envoltória permitem uma melhor ventilação cruzada, pois possuem mais áreas de fachada e, consequentemente, mais direções para capturar os ventos.

Uma vez que o edifício já possua a ventilação cruzada, durante as horas do dia a sua temperatura interna tende a seguir a variação exterior. Nesse caso, o fluxo de calor através do envelope é pequeno e as grandes áreas de superfície não afetam significativamente a temperatura interna durante o dia. Por outro lado, durante as horas da tarde e da noite, quando os ventos geralmente diminuem, envelopes com maiores áreas permitem o resfriamento mais rápido.

Assim, conclui-se que para se projetar uma edificação na cidade de Fortaleza, as duas maiores preocupações devem ser quanto aos ventos, busca de estratégias para ventilação cruzada, através da ventilação natural, e quanto a questão da insolação, estratégias para possibilitar a iluminação natural, porém preocupando-se obrigatoriamente com as cargas térmicas características da região.

Quanto fala-se de ventos, é necessário o conhecimento de três dados meteorológicos para a elaboração de projetos: a frequência, direção e velocidade do vento. Para determinação destes fatores utilizou-se o software Sol-AR, também desenvolvido pelo LabEEE, Figura 6.6:

Figura 6.6 - Velocidades e frequência dos ventos da cidade de Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autoria com auxílio do software Sol-AR

Pode-se perceber uma maior frequência dos ventos nos períodos de inverno e primavera, que ocorreram do mês de junho a dezembro no hemisfério sul. Quanto a predominância da direção dos ventos ocorreu no sentido sudeste. As maiores velocidades dos ventos também ocorreram nos mesmo períodos do ano.

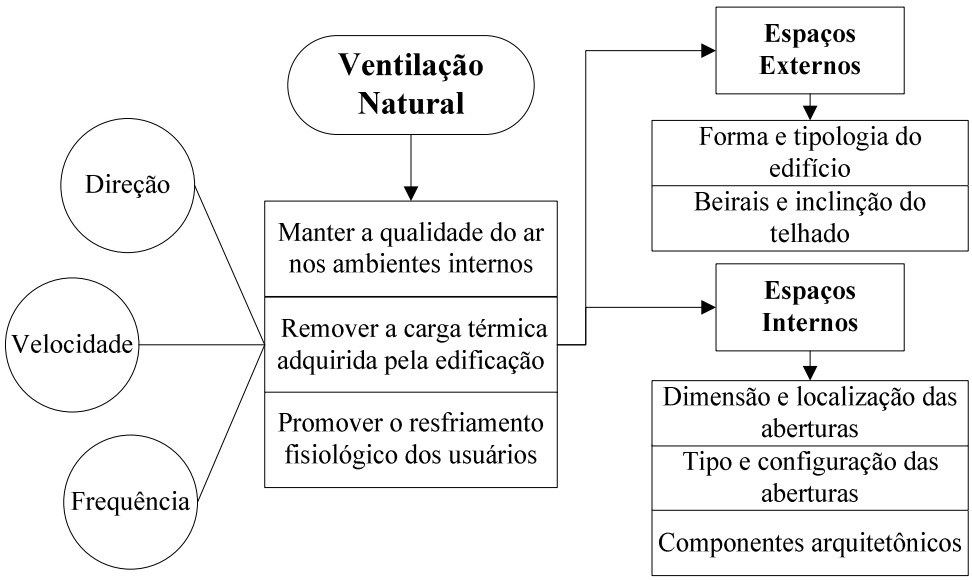
Em regiões quente e úmidas o fornecimento efetivo de ventilação cruzada sob a direção local do vento é um fator majoritário para nortear a orientação do edifício. Tendo em

vista, a importância primordial da ventilação natural em climas quentes e úmidos, a relação do prédio com o vento deverá ser um fator muito importante ao determinar a localização dos quartos principais e da salas durante a etapa de elaboração de projetos.

A região estudada, quente e úmida, que encontra-se em baixa latitude e possui ventos vindo principalmente do sentido sudeste, sofre um conflito quanto a escolha entre a melhor orientação para o aspecto solar, sul e norte, e a otimização da orientação solar. Este conflito pode ser resolvido com alguns detalhes no projeto.

A escolha de utilização da ventilação natural no projeto de edificações tem os seguintes objetivos: manter a qualidade do ar nos ambientes internos, auxiliar na remoção da carga térmica adquirida pela edificação e promover o resfriamento fisiológico dos usuários, como pode ser observado na Figura 6.7:

Figura 6.7 - Características da ventilação natural



Fonte: Elaborado pela autora

Para a utilização adequada do uso da estratégia de ventilação natural nas edificações é necessário o conhecimento de algumas características climáticas do vento, já descritas anteriormente. Essas servirão de base para a implantação da estratégia que irá influenciar o projeto do edifício tanto nos espaços externos, quanto nos espaços internos.

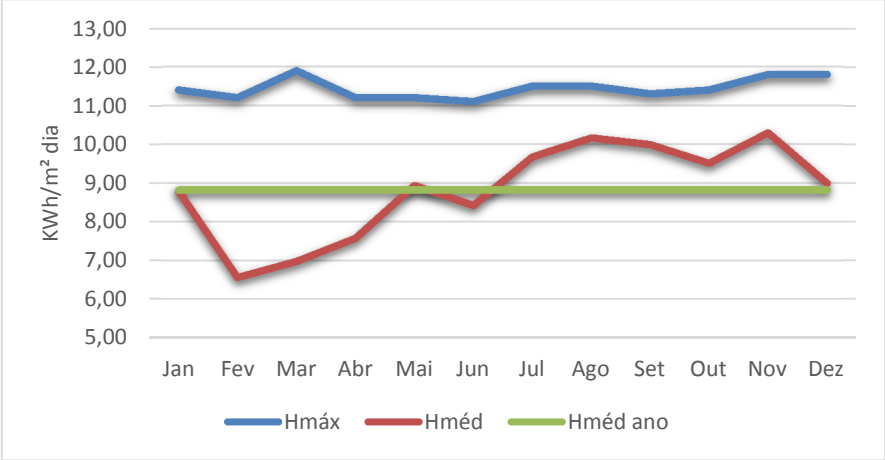
A garantia da ventilação cruzada na edificação influenciará a habitação em sua forma, na definição da cobertura, no dimensionamento e localização das aberturas, além de componentes arquitetônicos, tais como, divisórias e proteções.

Com certeza, minimizar a penetração solar através das paredes e a absorção solar na superfícies das paredes e da cobertura é também muito importante em regiões úmidas, mas quando o conflito está entre o vento e o sol, a ventilação deverá ser o fator primordial. As

questões de insolação podem depois ser resolvidas com o uso de proteções solares e escolha de cores. As plantas ao redor do prédio podem também ser muito efetivas em regiões úmidas, isto porque podem proteger tanto aberturas como as paredes.

No clima de Fortaleza, a principal causa de desconforto térmico é o ganho de calor produzido pela absorção da energia solar nas superfícies das edificações. Este desconforto é gerado pela radiação solar que ingressa pelas aberturas e pela energia absorvida na superfície das paredes externas. Resumo dos dados climático de energia solar, Figura 6.8:

Figura 6.8 - Variação da energia solar no ano



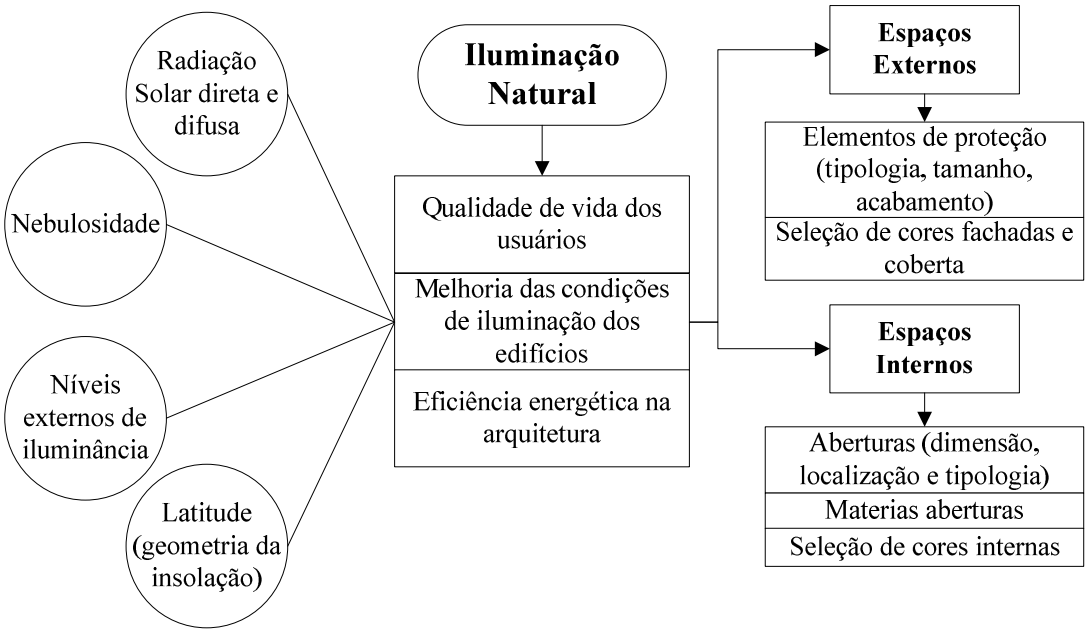
Fonte: Elaborado pela autora

A penetração da energia solar no verão através de grandes aberturas, utilizadas nos climas quente e úmidos, pode elevar a temperatura interna do prédio acima da temperatura exterior. Isso causa um estresse térmico que irá, por conseguinte, aumentar a carga de refrigeração do prédio. Os problemas de insolação indireta através das paredes deverão ser solucionados com uma série de estratégias, principalmente o uso adequado de materiais nas paredes e no teto, com elevada resistência térmica.

Uma parede branca ou coberta por vegetação é efetivamente exposta a um pequeno nível de radiação mesmo quando trata-se das fachadas leste ou oeste. Similarmente, janelas localizadas para a direção leste e oeste, equipadas com persianas operáveis podem ser protegidas do sol enquanto o prédio toma vantagem desse vento que vem do leste e oeste para ventilação.

Apesar dos problemas enfrentados pela radiação solar, pode-se também tirar proveito desta característica climática na cidade de Fortaleza com o uso da estratégia de iluminação natural, Figura 6.9:

Figura 6.9 - características da Iluminação natural



Fonte: Elaborado pela autora

Assim como na ventilação, a aproveitamento da radiação para iluminação natural deve ser orientado pelo conhecimento de algumas características climáticas e influenciará aos espaços internos e externos da edificação.

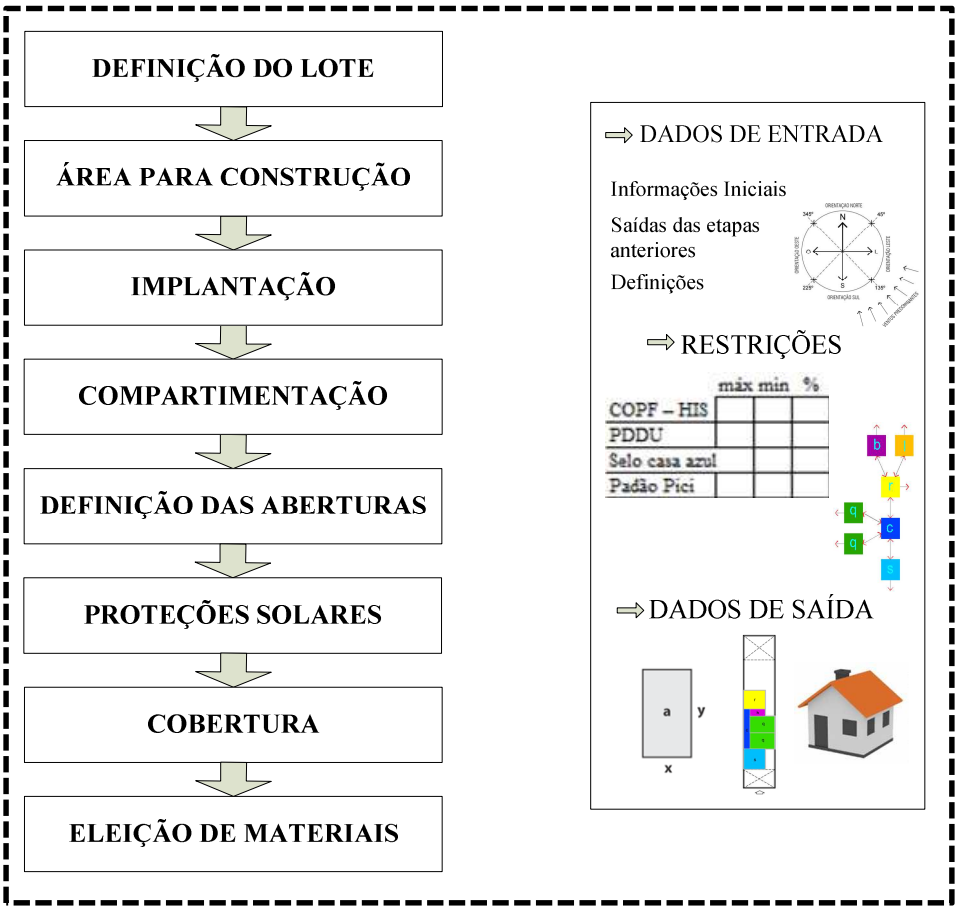
O uso da luz natural pode proporcionar benefícios para a saúde humana, pois o olho humano se adapta melhor a luz natural que a artificial. A luz artificial não é capaz de reproduzir as cores da luz natural e ainda existe a questão da sensação psicológica do tempo, ou seja, a iluminação variando com as horas do dia.

Dentre as maiores influências no projeto causadas pela escolha do uso de iluminação natural na habitação, está a análise das proteções solares da edificação, a seleção de cores das áreas internas e externas e a definição das aberturas.

6.3 Fluxo de informações paramétricas

Nesta fase do trabalho buscou-se o atendimento do quinto objetivo da pesquisa: desenvolvimento de fluxo de informações paramétricas para elaboração de projetos sustentáveis de habitação de interesse social. Para isto, dividiu-se o processo em oito etapas apresentadas na Figura 6.10:

Figura 6.10 – Etapas fluxo de informações paramétricas



Fonte: Elaborado pela autora

Cada etapa do processo foi alimentada por **dados de entrada**, que são compostas por definições e informações iniciais e, muitas vezes, simplesmente, pelo resultado da etapa anterior; **restrições**, que representam parâmetros condicionantes, ou limitantes para criação do objeto; e por fim **dados de saída**, que o próprio nome já declara, são as informações, ou desenhos gerados em cada etapa especificamente.

As restrições elaboradas em cada etapa do processo são fruto da análise de padrões descritos no Código de Obras da Prefeitura de Fortaleza (COPF) para casas e para Habitação de Interesse Social (COPF-HIS); dos parâmetros urbanístico do município de Fortaleza definidos no Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza (PDPFOR); nas especificações mínimas elaboradas pela CAIXA para construção de casas do programa MCMV; dos critérios de sustentabilidade sugeridos na metodologia do selo casa azul e dos padrões observados no conjunto habitacional autoconstruído do Planalto Pici na cidade de Fortaleza (MORORÓ, 2012).

A inclusão dos parâmetros encontrados na pesquisa de Mororó (2012), consiste na consideração de uma sustentabilidade social dentro do processo de elaboração de projetos de

habitações populares, no qual busca-se envolver, através da análise das moradias do Planalto Pici, no projeto de edifícios, a real necessidade e condições de moradia da população de baixa renda da cidade de Fortaleza.

A referida autora parte de alguns questionamentos para o desenvolvimento da pesquisa: Quais os ambientes que compõem a casa? como os espaços se articulam? quais seus usos e sua organização no interior das moradias? Na busca de respostas foram elaborados desenhos, levantamentos e registros fotográficos das habitações, além de entrevistas com os moradores, procurando conhecer os usos e os modos de organização dos espaços internos das casas, para entender as relações entre os espaços, como estes se articulam. Identificou os ambientes, atribuindo-lhes nomes em coerência com o uso do dia a dia, buscou-se encontrar a forma como eles se inter-relacionam e através da reprodução em plantas-baixa das casas, foram registradas as posições e as dimensões de cada ambiente. Identificou-se ainda nos desenhos, a existência de aberturas, dimensão e posição dos vãos. As características observadas e relatadas na pesquisa de Mororó foram introduzidas ao longo de cada etapa do fluxo de informações.

Este fluxo de informações, ou processo de concepção arquitetônica, trata-se da fase de criação do projeto, na qual o arquiteto deverá concretizar a solução arquitetônica capaz de responder a toda uma problemática previamente estruturada, traduzindo os anseios do empreendedor, dos usuários e outras definições, nesta pesquisa as questões ambientais. Apresenta uma forte característica de ciclos decisórios, através dos quais o arquiteto cria alternativas e decide sobre os diversos elementos que compõem o objeto arquitetônico, fazendo-o evoluir até a concretização da versão definitiva.

O maior desafio da pesquisa consiste em transformar essas definições, ou necessidades, em parâmetros para facilitar e automatizar etapas do processo de concepção arquitetônica. Assim, foi analisada cada etapa, compreendendo sua importância e definindo parâmetros dispostos em seus respectivos dados de entrada, restrições e dados de saída.

6.3.1 Definição do Lote

Esta é a etapa sugerida para iniciar o processo de elaboração de projetos sustentáveis de HIS. De acordo com Zambrano, Bastos e Fernandez (2008) existem aspectos anteriores à concepção que são fundamentais para que esta possa ser desenvolvida em toda sua potencialidade no sentido da sustentabilidade, entre as quais está a análise do terreno, pois uma eficiente escolha do terreno é de extrema importância para a concepção de adequados projetos.

Assim, após a escolha do local onde será implantado a edificação, algumas características deste terreno deverão ser levantadas.

Dados de entrada

Como dados de entrada para iniciar o processo são necessárias as informações de testada, profundidade e área do lote. Além das características dimensionais do terreno deverão ser qualificadas todas as fachadas do terreno, que poderão ser classificadas em: Fachada Frente (Ft), quando houver uma via de acesso passando por este lado do lote; Fachadas Fundo (Fd), que indicam o fundo do terreno; e Laterais (Lt). Por fim será necessário também a informação de georeferência do terreno, indicando a orientação do sentido norte em relação ao terreno.

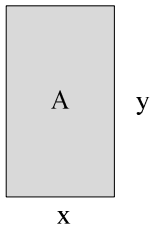
Restrições

Como restrições tomou-se os valores de testada mínima igual a 5,0m e área mínima do terreno de 125,0 m² descritos no COPF para residências e também exigidos pela CAIXA para construção de casas populares térreas.

Dados de saída

O primeiro resultado ou dado de saída desta etapa será o desenho do lote composto das dimensões de testada, profundidade e área, como na Figura 6.11:

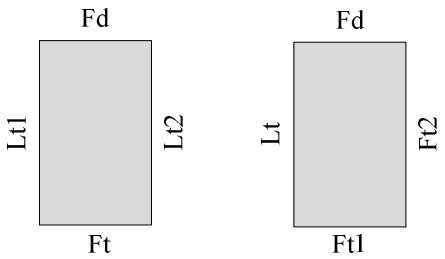
Figura 6.11 - Dimensões do terreno



Fonte: Elaborado pela autora

Quanto aos tipos de fachada classificadas nos dados de entrada, deverá ser então gerada uma imagem com a descrição de cada lado. O desenho gerado poderá abranger uma das duas opções de tipologias:

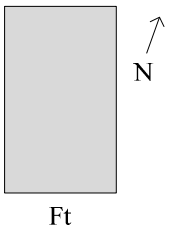
Figura 6.12 - Tipologias de fachadas



Fonte: Elaborado pela autora

A primeira seria a representação dos terrenos de meio de quadra e a segunda quando elege-se um terreno de esquina. Por fim a informação da indicação da fachada frontal a ser implantado o edifício e a indicação do norte em relação ao terreno.

Figura 6.13 - Resultado definição do lote



Fonte: Elaborado pela autora

6.3.2 Área para Construção

Nesta etapa pretende-se estabelecer a área possível para construção da edificação após estabelecimento dos recuos obrigatórios da legislação municipal de Fortaleza, além de parâmetros urbanísticos de taxa de ocupação, e consequentemente, taxa de permeabilidade do terreno, que está diretamente relacionada com a possibilidade de infiltração de águas pluviais. Estas áreas permeáveis tem como principal objetivo manter, tanto quanto possível, o ciclo da água com a recarga do lençol freático, prevenir o risco de inundações em áreas com alta impermeabilidade do solo e amenizar a solicitação das redes públicas de drenagem urbana (CAIXA, 2010).

Assim, dentre os benefícios socioambientais que podem ser adquiridos com o uso de áreas permeáveis, entende-se que esta prática pode promover a manutenção do equilíbrio natural do balanço hídrico nas áreas edificadas.

Dados de entrada

Os dados de entrada desta etapa compreendem as informações da tipologia do lote definidas na etapa anterior, com os tipos de fachada de acordo com a passagem de vias ou não.

Essas informações serão necessárias para definição das larguras mínimas dos recuos de cada tipo de fachada, estando a especificação da área de inserção do lote da cidade de acordo com as zonas definidas no Plano Diretor Participativo de Fortaleza. Nesse plano são definidos os princípios da Política Urbana para da cidade de Fortaleza, baseados em: funções socioambientais da cidade; função social da propriedade; a gestão democrática da cidade; e a equidade.

São diretrizes da política de habitação e regularização fundiária a democratização do acesso à terra urbana e à moradia digna a todos os habitantes da cidade e, em especial, à população de baixa renda, com melhoria das condições de habitabilidade, acessibilidade, preservação ambiental, qualificação dos espaços urbanos e oferta de serviços públicos (FORTALEZA, 2009).

A macrozona de ocupação urbana corresponde às porções do território caracterizadas pela significativa presença do ambiente construído, a partir da diversidade das formas de uso e ocupação do solo e se subdivide nas seguintes zonas: Zona de Ocupação Preferencial (ZOP); Zona de Ocupação Consolidada (ZOC); Zona de Requalificação Urbana (ZRU); Zona de Ocupação Moderada (ZOM); Zona de Ocupação Restrita (ZOR); e Zona da Orla (ZO).

É essencial ainda destacar, que de acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo do município de Fortaleza, descrito em seu anexo 8.1 (Normas relativas a adequação do usos ao sistema viário): aos dois primeiros pavimentos são permitidos encostar nas laterais, respeitados os recuos de frente e fundos, a taxa de ocupação, o índice de aproveitamento, a taxa de permeabilidade da zona e as condições mínimas de ventilação e iluminação dos compartimentos. Neste caso o nível da laje de cobertura não poderá ultrapassar a cota de 7,00m (sete metros), contados do nível mais baixo do passeio por onde existe acesso.

Diante disso, nesta etapa necessita-se definir em qual zona está inserido o terreno onde será implantado o edifício.

Restrições

Nesta etapa são descritas as larguras mínimas dos recuos para os três tipos de fachadas definidas anteriormente, que corresponde a: 3,0 m de recuo para as fachadas frontais (Ft), 1,5 m para as fachadas laterais (Lt) e 4,0 m para as fachadas de fundo (Fd).

Foi elaborado um banco de dados, Tabela 6.4, com os parâmetros urbanísticos de cada zona descritas no plano diretor: Taxa de Permeabilidade (TP), Taxa de Ocupação (TO), testadas, profundidades e áreas mínimas para os lotes. À taxa de Permeabilidade foi acrescido

10% do valor exigido pela legislação local, requisito este referente ao critério de áreas permeáveis, da categoria de gestão da água, dos critérios do selo casa azul.

Tabela 6.4 - Parâmetros Urbanísticos para cidade de Fortaleza

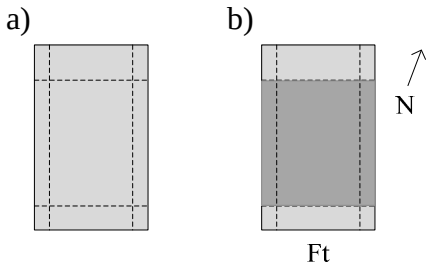
Zona	Taxa de Permeabilidade	Taxa Ocupação	Área mín.	Testada mín.	Profundidade
ZOC	33%	60%	125,00	5,00	25,00
ZOP 1	33%	60%	125,00	5,00	25,00
ZOP 2	33%	60%	125,00	5,00	25,00
ZRU 1	33%	60%	125,00	5,00	25,00
ZRU 2	33%	60%	125,00	5,00	25,00
ZOM 1	44%	50%	150,00	6,00	25,00
ZOM 2	44%	50%	150,00	6,00	25,00
ZOR	44%	45%	150,00	5,00	25,00
ZO 1	33%	50%	125,00	5,00	25,00
ZO 2	22%	50%	125,00	5,00	25,00
ZO 3	28%	60%	125,00	5,00	25,00
ZO 4	22%	60%	125,00	5,00	25,00
ZO 5	22%	60%	125,00	5,00	25,00
ZO 6	33%	60%	300,00	12,00	25,00
ZO 7	44%	50%	200,00	8,00	25,00

Fonte: Elaborado pela autora

Dados de saída

Como dados de saída primeiro tem-se o desenho do lote com os recuos definidos nas restrições independente da zona onde se encontra o terreno, como mostra a Figura 6.7 (a). É gerado também nesta etapa o *shape* com a área passível de construção, considerando que a mesma pode estar colada em uma das laterais, ou até mesmo nas duas, com a indicação de suas dimensões e áreas, Figura 6.14 (b):

Figura 6.14 - Resultados área para construção



Fonte: Elaborado pela autora

6.3.3 Implantação

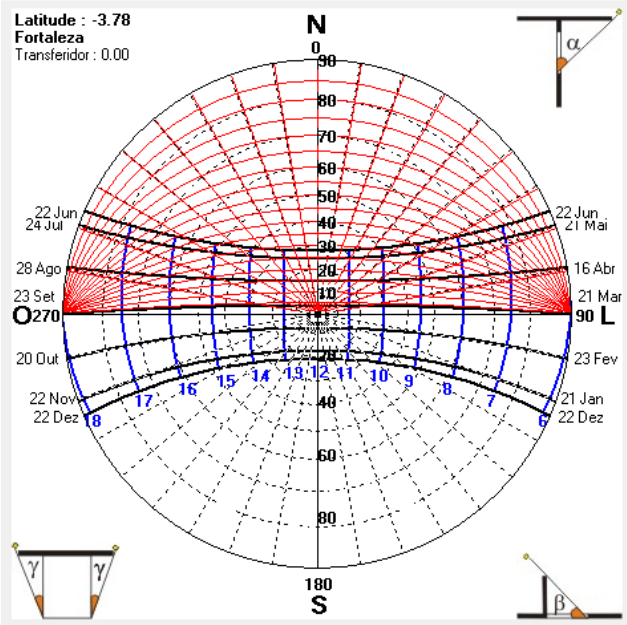
Todas as informações necessárias sobre as características climáticas estão relacionadas com a posição de localização do projeto sobre a terra, assim a primeira informação a ser levantada quando se vai projetar um edifício é a latitude e longitude do local do projeto.

Definiu-se assim, que a cidade de Fortaleza se encontra em uma latitude de 03º 43' 02" Sul e longitude 38º 32' 35" Oeste. A partir destas informações para estabelecer as restrições desta etapa do processo necessita-se conhecer quais as orientações de fachadas que recebem maior incidência de calor e como se comporta a ventilação predominante da cidade de Fortaleza.

Sendo assim, considerou-se o critério desempenho térmico –orientação do edifício ao sol e ventos, do selo casa azul, que diz que o projeto deve ser elaborado com a capacidade de proporcionar ao usuário condições de conforto térmico mediante estratégias de projeto, conforme a zona bioclimática do local do empreendimento, considerando-se a implantação da edificação em relação à orientação solar e aos ventos dominantes. O selo ainda sugere que as estratégias adotadas no projeto devem ser justificadas em face de implantação, geometria solar, localização de aberturas e demais componentes, mostrando a insolação do local, a direção e frequências dos ventos predominantes, elementos físicos do entorno e demais parâmetros climáticos que se encontrem disponíveis, como temperatura e umidade, bem como o uso de cartas solares.

Para a latitude da cidade de Fortaleza, com o auxílio do *software* SOL-AR, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina, encontra-se a seguinte configuração da carta solar, Figura 6.15:

Figura 6.15 - Carta Solar da cidade de Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do software SOL-AR

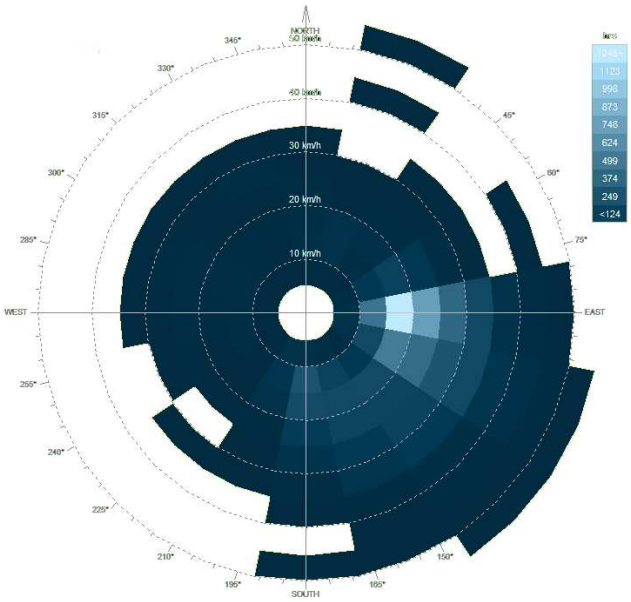
Conforme visto no item 4.2.1.1 Clima, definiu-se que para esta latitude que se encontra a cidade de Fortaleza, as superfícies que mais recebem calor em ordem de maior

intensidade a menor são: o teto, ou a coberta; as fachadas oeste e leste; e as fachadas norte e sul.

Segundo o selo casa azul considerando as características da carta solar da cidade de Fortaleza, a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir que os cômodos de permanência prolongada, salas e dormitórios, não estejam voltados para a face oeste, ou se não for possível, garantir o sombreamento destas fachadas, que será discutido posteriormente na etapa de proteções solares.

Quanto a questão da ventilação, foi analisado o conhecimento conjugado das informações relativas à frequência, direção e velocidade dos ventos, rosa dos ventos, com o auxílio do software ECOTECT, como pode ser observado na Figura 6.16:

Figura 6.16 - Rosa dos ventos da cidade de Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do *software* ECOTECT

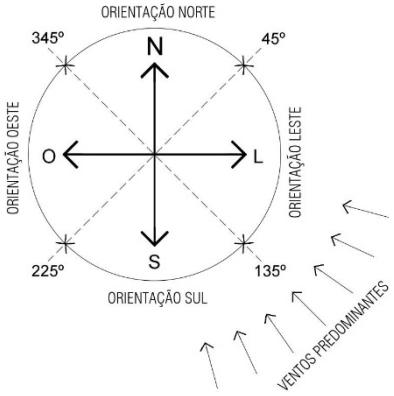
O conhecimento conjugado é útil para identificar a existência de certas direções associadas com velocidades reduzidas ou elevadas, serve ainda para avaliar as melhores orientações para as aberturas do edifício, em função da associação entre predominância e velocidade dos ventos. Observa-se assim, a predominância dos ventos no sentido sudeste na cidade de Fortaleza.

É imprescindível também para definir a implantação da edificação em relação a um lote o conhecimento da orientação da fachada frontal do edifício, que irá nortear as estratégias de posicionamento da edificação, ou seja, o conhecimento do azimute do terreno.

Dados de entrada

Os azimutes solares são representados por linhas irradiadas do centro, e, por convenção, o Norte fica a 0˚, o leste fica a 90˚, o sul a 180˚ e o oeste a 270˚, até fechar em 360˚, sempre positivo, no sentido horário. Para a parametrização da informação de entrada do azimute, definiu-se que as edificações com a fachada frontal com orientação entre 345˚ e 45˚ serão consideradas Norte, as fachadas com azimute entre 45˚ e 135˚ serão consideradas Leste, entre 135˚ e 225˚ são fachadas de orientação sul e entre 225˚ e 345˚ fachadas de orientação oeste. Aliado às orientações das fachadas inseriu-se a direção predominante da ventilação para cidade de Fortaleza, sudeste, como pode ser observado na Figura 6.17:

Figura 6.17 - Dados de entrada implantação



Fonte: Elaborado pela autora

Restrições

Como restrições desta etapa, têm-se as conclusões quanto à análise entre priorização de recuos laterais no mesmo sentido da predominante incidência dos ventos e redução das fachadas com maior incidência de insolação. O uso de recuos laterais dos dois lados da edificação poderia gerar melhores condições de conforto e aumentar as possibilidade de estratégias de projeto, porém esta situação torna-se quase impossível quando trata-se da questão das habitações populares, por conta das limitações das dimensões dos terrenos.

A fachada frontal da edificação foi adotada a com menor largura, no caso dos terrenos de esquina, como foram definidas duas Ft.

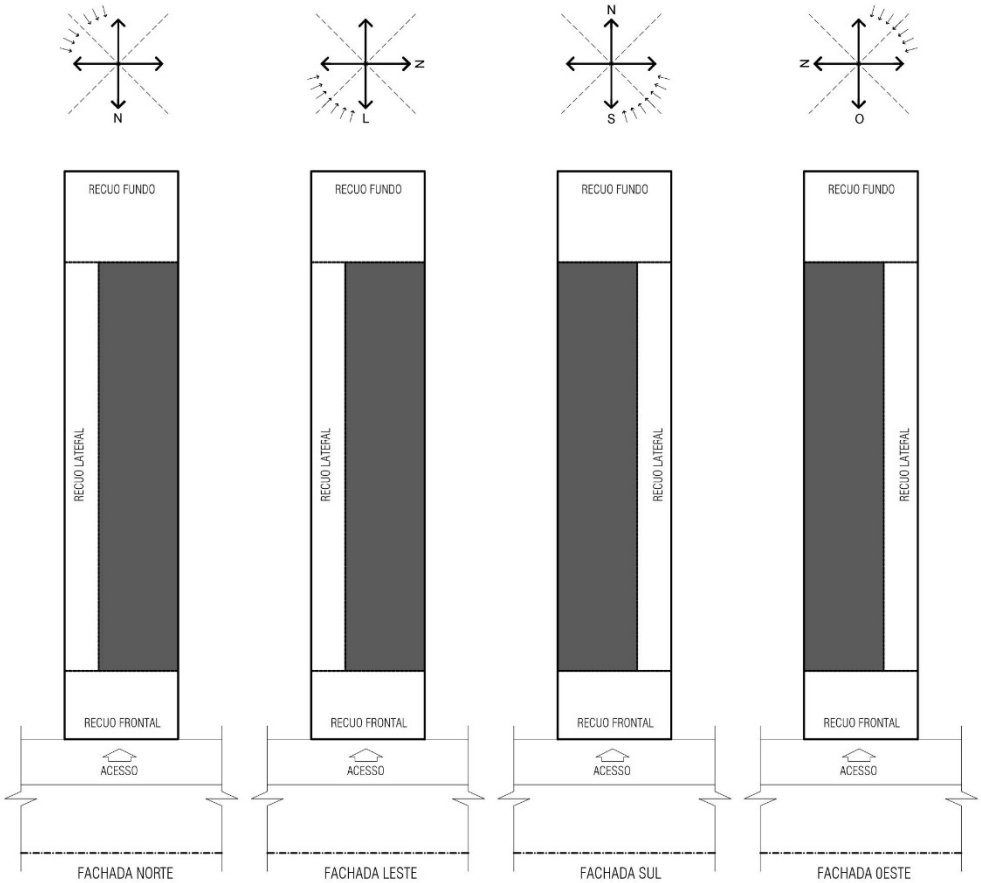
Assim, define-se para edificações com a fachada frontal orientada para direção norte, utilizar recuo lateral prioritariamente ao lado leste; nos edifícios com acesso pela fachada leste, o recuo deve ser locado ao sentido sul; os edifícios com recuo frontal sul recebem o recuo lateral na orientação leste; e por fim os edifícios com acesso pela fachada oeste também devem

ser implantados priorizando o recuo lateral na fachada sul. Todas estas restrições podem ser observadas na Figura 6.18.

Dados de saída

Nesta etapa os dados de saída limitam-se ao desenho da mancha com a área possível para construção, com a indicação do recuo lateral de acordo com os parâmetros das condições climáticas definidas, a orientação do terreno e sua respectiva área e dimensões, seguindo as orientações da Figura 6.18:

Figura 6.18 - Orientação do recuo lateral



Fonte: Elaborado pela autora

6.3.4 Compartimentação

Definida a orientação do edifício em relação ao lote, etapa de implantação, necessita-se definir quais os cômodos que irão compor o projeto da habitação, suas dimensões, como funcionará a disposição desses cômodos dentro do projeto do edifício, as relações entre eles e como se comportam as ligações entre os ambientes (estudo de compartimentação das habitações).

Seguindo o fluxo de análises das habitações, que partiu do lote e adentrou às moradias, esta etapa do processo avalia suas partes menores, os cômodos, os espaços em seus dimensionamentos e condições de conforto espacial. Os dados obtidos são analisados de forma paralela entre as tipologias habitacionais, realidade encontrada na maioria das casas do Planalto Pici, e os indicadores legais.

A estrutura funcional da moradia se altera conforme a unidade cresce, dado os desdobramentos nas especializações que os espaços recebem progressivamente. Mororó (2012) sintetizou os ambientes da realidade encontrada nas habitações em três setores: Zona servida (Zs), zona de dormir (Zd) e zona de estar (Ze), isto para o pavimento térreo, antes da verticalização, como de descritos na Figura 6.19:

Figura 6.19 - Distribuição do zoneamento funcional das unidades habitacionais

Fonte: Mororó (2012)

Esta distribuição proposta compreende 100,0% das unidades multifamiliares levantadas pela referida autora para casas térreas. Assim, fundamentado na realidade encontrada nas casas do Planalto Pici, definiu-se que as habitações devem seguir o padrão da zona servida ao fundo do lote, a zona de estar fazendo contato com a rua, a zona de dormir entre as duas, na faixa intermediária do lote.

A zona servida neste caso abrange o ambiente da cozinha, sala de refeições, banheiro e lavanderia; a zona de dormir é composta pelos quartos, que nas casas levantadas verificou-se a tendência de até dois quartos, nas unidades térreas, compreendendo 90,6% das unidades; e na zona de estar, podem ser encontradas a sala de estar, garagem, um espaço de transição ou até uma área livre, dependendo de cada habitação, mas na maioria das casas é composta por apenas um cômodo, sala de estar.

A localização do banheiro ocorre predominantemente na zona servida, com apenas uma unidade em 75,5% das habitações, porém também pode estar na zona de dormir, entre os dois quartos, por exemplo. O uso prioritário do banheiro no fundo da habitação, está em que, este ambiente comporta-se como um limitante para o crescimento da habitação, visto que a ocupação do lote é iniciada pela frente, garantindo assim a totalidade de posse do terreno e que a progressão da implantação ocorre com a substituição dos espaços, ou seja, no crescimento da casa os cômodos vão acompanhado a evolução, por exemplo, o primeiro cômodo antes da

reforma era a sala de estar, este cômodo irá ocupar o espaço de um quarto, para possibilitar a construção de um espaço de transição ou de uma garagem.

Portanto, os cômodos foram definidos a partir do parâmetro encontrado no Planalto Pici, das especificações mínimas do programa minha casa minha vida da CAIXA para casas (ANEXO 1) e das especificações do COPF-HIS. A maior diferença entre os cômodos está na sala de refeições, que para à CAIXA é um ambiente conjunto a sala de estar e para o COPF-HIS é um ambiente isolado, porém na realidade do Planalto Pici foi identificada a sala de refeições em conjunto com a cozinha das habitações.

Segundo Mororó (2012) na cozinha, além da função de preparo dos alimentos, na maioria dos casos também se desenvolvem as atividades de refeição. Tal fato foi constatado pela presença de mesa para refeição, prioritariamente nestes espaços, e não na sala de estar, como sugerido pelas especificações da CAIXA. Nos casos em que as refeições recebem localização específica, como considerado no COPF-HIS, esta permanece adjacente à cozinha com separação promovida por balcões ou paredes com grandes aberturas.

Figura 6.20 - Ambiente cozinha/refeição

Fonte: Banco de dados da pesquisa de campo de Mororó (2012)

Por esta razão, para definição da compartimentação da habitação, considerou-se a sala de refeições e a cozinha um único cômodo, caracterizado por serviço.

Foram então definidos sete cômodos a serem implantados nos projetos sustentáveis de HIS: sala de estar, quartos 1 e 2, refeições, lavanderia, banheiro e circulação.

Dados de entrada

Como dados de entrada para esta etapa tem-se os desenhos da etapa anterior e a definição das representações dos ambientes da habitação:

Figura 6.21 - Definição dos cômodos

LEGENDA		CÔMODO
s	→	SALA
q	→	QUARTO 01 e 02
c	→	CIRCULAÇÃO
r	→	REFEIÇÕES
b	→	BANHEIRO
l	→	LAVANDERIA

Fonte: Elaborado pela autora

Restrições

A primeira restrição para a compartimentação está em definir as características de cada ambiente. Para isto tomou-se como base o código de obras da prefeitura de Fortaleza para residências comuns e o COPF-HIS, as especificações mínimas da CAIXA para MCMV e os padrões encontrados no Planalto Pici, chegando-se um padrão a ser utilizado, como pode ser observado na Tabela 6.5:

Tabela 6.5 - Comparativo de parâmetros dos ambientes

	COPF			COPF - HIS			CAIXA			PADRÃO PICI				PARÂMETRO UTILIZADO				
	Área mín (m2)	Menor lado (m)	Portas (m)	Área mín (m2)	Menor lado (m)	Portas (m)	Área mín (m2)	Menor lado (m)	Portas (m)	Área mín (m2)	Área máx (m2)	Larg. mín (m)	Larg. máx (m)	Área mín (m2)	Área máx (m2)	Larg. mín (m)	Larg. Máx (m)	Portas (m)
Sala de estar	10,0	2,5	0,8	10,0	2,5	0,8	*	2,4	0,8	10,0	13,0	2,5	3,5	10,0	13,0	2,5	3,5	0,8
Lavanderia	2,5	1,5	0,8	-	-	-	*	1,2	0,8	4,0	8,0	1,0	2,0	4,0	8,0	1,5	2,0	0,8
S. Refeições	6,0	2,0	0,8	5,0	1,8	0,8	*	2,4	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	0,8
Cozinha	5,0	1,8	0,8	4,0	1,8	0,8	*	1,6	0,8	7,0	12,0	2,0	3,0	9,0	12,0	2,0	3,0	0,8
1° e 2° quartos	8,0	2,0	0,7	7,5	2,5	0,7	*	2,4	0,8	7,0	10,0	2,5	3,0	7,5	10,0	2,5	3,0	0,8
Banheiro	1,5	1,0	0,6	1,5	1,0	0,6	*	1,5	0,8	2,0	3,0	1,0	1,5	2,0	3,0	1,0	1,5	0,8
Pé direito cômodos	2,5			2,5			2,5							2,5				
Pé direito banheiros	2,2			2,2			2,3							2,2				

Fonte: Elaborado pela autora

Foram definidas áreas mínimas e máximas, larguras mínimas e máximas, larguras das portas e o pé direito a ser inserido no projeto.

Não foram escritas áreas mínimas da CAIXA, pois o material não estabelece área mínima de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da

habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes.

Na área do ambiente refeições foram somadas as áreas dos ambientes cozinha e sala de refeições do COPF-HIS para comparação com o valor encontrado no Planalto Pici.

O COPF para residências só foi utilizado para informações a respeito da lavanderia, pois não há qualquer especificação no COPF-HIS e percebeu-se uma grande importância deste ambiente nas casas do Planalto Pici.

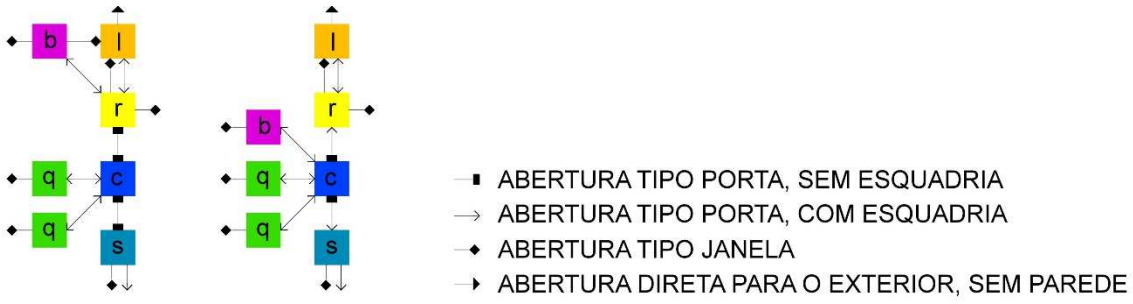
O valor considerado no parâmetro a ser utilizado tanto das áreas mínimas como largura mínima, foi o maior entre a legislação, as especificações da CAIXA e os resultado do Planalto Pici, para que sejam atendidas as necessidades mínimas da população. Por exemplo, a área mínima do banheiro segundo o código de obras é de 1,5 m², porém dentre as 96 casas mapeadas no Planalto Pici, chegou-se a um padrão mínimo de banheiros com 2,0 m², logo a área mínima considerada foi de 2,0 m². Já as áreas máximas foram especificadas pelo padrão das habitações autoconstruídas.

Quanto as portas, o programa MCMV por questões de acessibilidade padronizou todas as portas da habitação popular com 0,80 m e assim foi considerado também no padrão.

É importante destacar, analisando a tabela comparativa, que em termos dimensionais as unidades autoconstruídas do Planalto Pici respondem satisfatoriamente aos requisitos exigidos, apresentando valores que geralmente superam as restrições mínimas propostas nas legislações. Sendo assim, esta análise poderá contribuir para uma reflexão sobre as necessidades funcionais mínimas da população em estudo, oferecendo subsídio para a proposição de projetos habitacionais, assim como a proposição de legislação que indiquem parâmetros adequados a estes projetos.

A segunda restrição foi a definição de como os espaços se articulam dentro da habitação, que foi definido a partir das observações relatadas por Mororó (2012) que procurou conhecer os usos e os modos de organização dos espaços internos das habitações autoconstruídas. Assim, encontrado um hábito no uso e na organização dos espaços internos das habitações, foram definidos dois padrões, estabelecendo-se as relações entre os ambientes, como pode ser observado na Figura 6.22:

Figura 6.22 - Relação entre os cômodos



Fonte: Elaborado pela autora

Os ambientes podem estar ligados por aberturas tipo porta com esquadrias que é o que ocorre do exterior à entrada da casa pela sala de estar, do ambiente circulação aos quartos e ao banheiro, quando houver esta ligação, do ambiente serviço para o banheiro e para a lavandeira que é um ambiente externo, ou seja, sem paredes de vedação. Podem haver também ligações de vãos sem o uso de esquadrias que é o caso da sala de estar para a circulação e desta para o serviço. Todos os ambientes internos, com exceção da circulação possuem obrigatoriamente aberturas por janelas para o exterior, que serão definidas na etapa seguinte. E por fim a abertura direta sem parede que ocorre na única área externa da casa, a lavanderia.

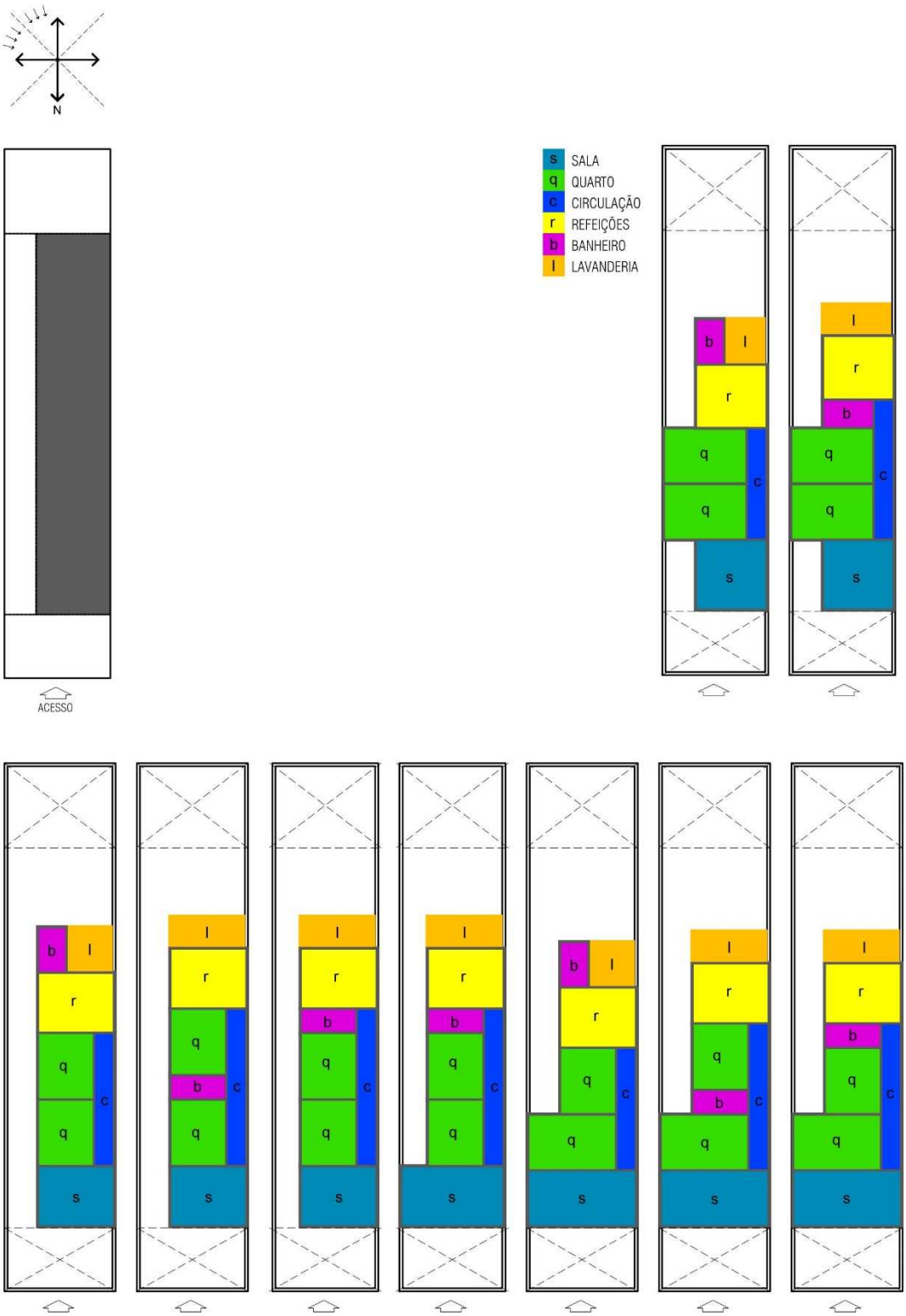
Na terceira restrição, por sua vez, definiram-se estudos com algumas possibilidades de compartimentação das habitações. Este desenhos partem das informações da implantação da edificação, com os lados prioritários de recuo, bem como pela direção predominante dos ventos.

Assim como na etapa de implantação, os resultados desta etapa são dispostos de acordo com as quatro possibilidades de orientação da fachada frontal da edificação e divididos em duas opções de testada do lote considerando a opção mais restritiva, ou seja, lote com testada mínima de 5,00 m, ou lote a partir de 5,25 m, largura necessária para que seja utilizado um recuo lateral por conta das dimensões mínimas da habitação.

Quando possível, o uso dos recuos laterais são prioridade no desenho da habitação para que seja garantida melhoria no conforto e facilitada a obtenção da ventilação cruzada permanente entre os cômodos.

Para a fachada norte determinou-se onze desenhos como pode ser observado na figura 6.23:

Figura 6.23 - Compartimentação para fachada norte



Fonte: Elaborado pela autora

Os dois primeiros são as opções encontradas para os lotes com a testada mínima de 5,0 m. As dimensões dos ambientes são determinadas a partir da possibilidade de recuo de 1,5 m e das restrições de largura e áreas mínimas dos cômodos.

Exemplo: dimensões da sala de estar, para um terreno com testada de 5,0 m, considerando um recuo de 1,5 m, tem-se uma possibilidade de largura interna para sala de 3,2 m. Como esse valor é maior que a largura mínima definida no padrão, calcula-se a outra dimensão pela área mínima, ou seja, para uma área mínima obrigatória de 10,0 m², a outra dimensão será de no mínimo 3,15 m.

Neste caso, pôde-se perceber a impossibilidade de se trabalhar um recuo lateral por toda a extensão do terreno causada pelas exigências de área e larguras mínimas dos quartos.

Assim, nos sete desenhos, na parte inferior é adotado um terreno com 5,25 m, isto porque, é a largura necessária para um desenho composto por uma circulação com largura interna mínima de 0,8 m, quartos com largura interna mínima de 2,5 m e recuo com 1,5m. Este valor 5,25 m de testada é então um limitante, ou seja, a partir de 5,25 m uma gama de outras possibilidade podem surgir.

Desta forma, os desenhos 3, 4 e 5 seguem a mesma lógica dos desenhos 1 e 2, considerando um recuo mínimo de 1,5 m é possível uma largura mínima da sala de estar de 3,45 e necessário a outra dimensão de 2,9 m, para garantia de área mínima de 10,0 m².

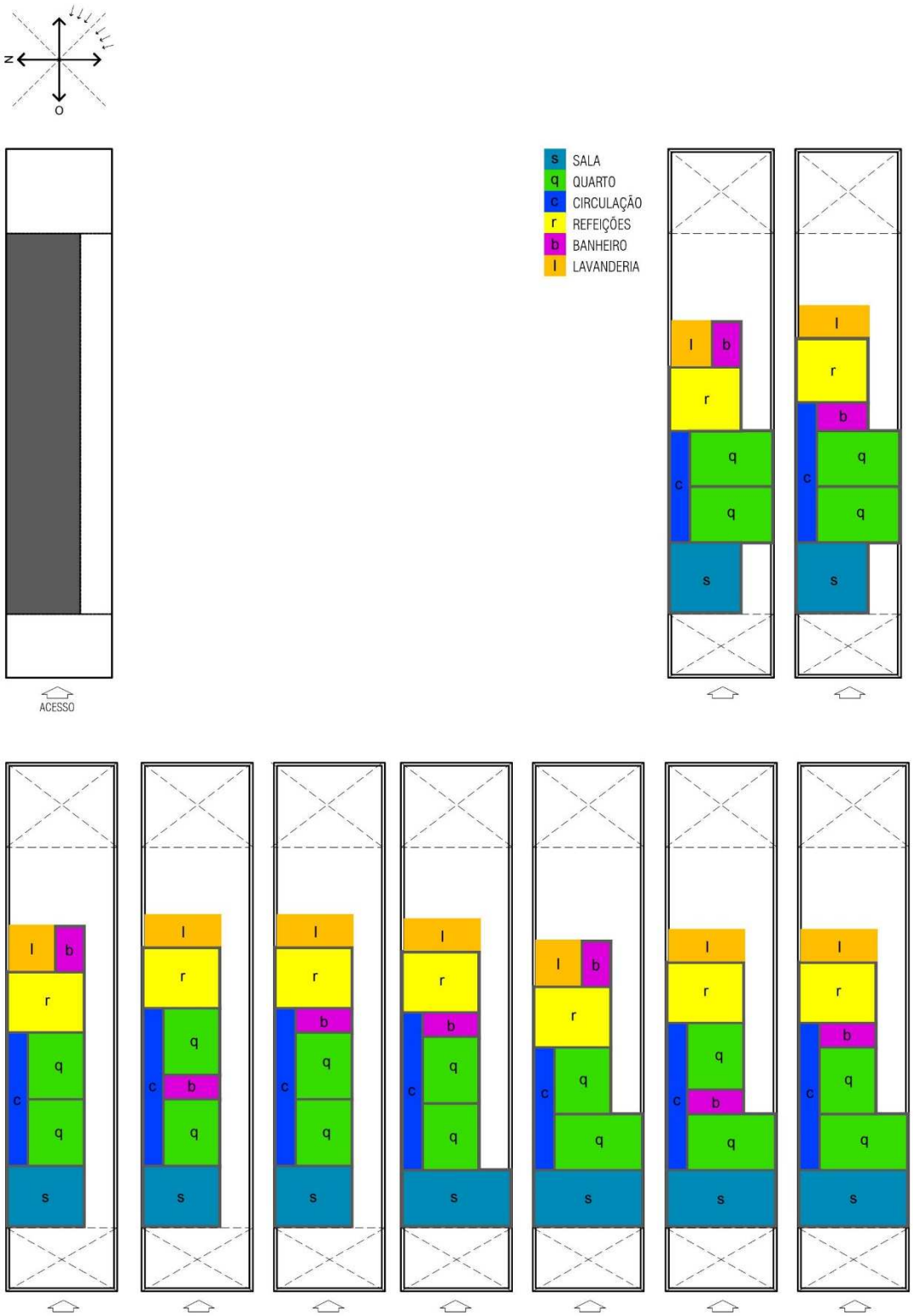
Nas opções 6, 7, 8 e 9 foi proposto um desenho com a parte frontal da edificação sem recuo lateral. Esta limitação da parte frontal se dá pelo sentido do vento sudeste, predominante na cidade de Fortaleza, definido anteriormente. Neste caso, a restrição das dimensões dos cômodos é definida pela largura mínima do ambiente, para depois ser verificado o valor da área do ambiente quanto aos máximos e mínimos definidos no padrão.

A circulação terá sempre uma dimensão lateral mínima de 0,8 m e comprimento necessário para ligar a sala de estar ao ambiente de refeição que estará sempre nos fundos da casa.

Assim como foi definida a compartimentação dos ambientes quando o azimute inserido classifica a fachada frontal para orientação norte, o mesmo será considerado na definição do comportamento da disposição, dimensionamento e relações entre os cômodos para as outras três opções de orientação, fachadas frontal oeste, leste e sul.

Na fachada oeste, com recuo predominante na fachada lateral sul, por conta do sentido dos ventos e incidência solar para a cidade de Fortaleza, as possibilidade de arranjo dos ambientes no lote são semelhantes à fachada norte. Comportam-se como um espelho uma da outra, como pode ser observado na Figura 6.24:

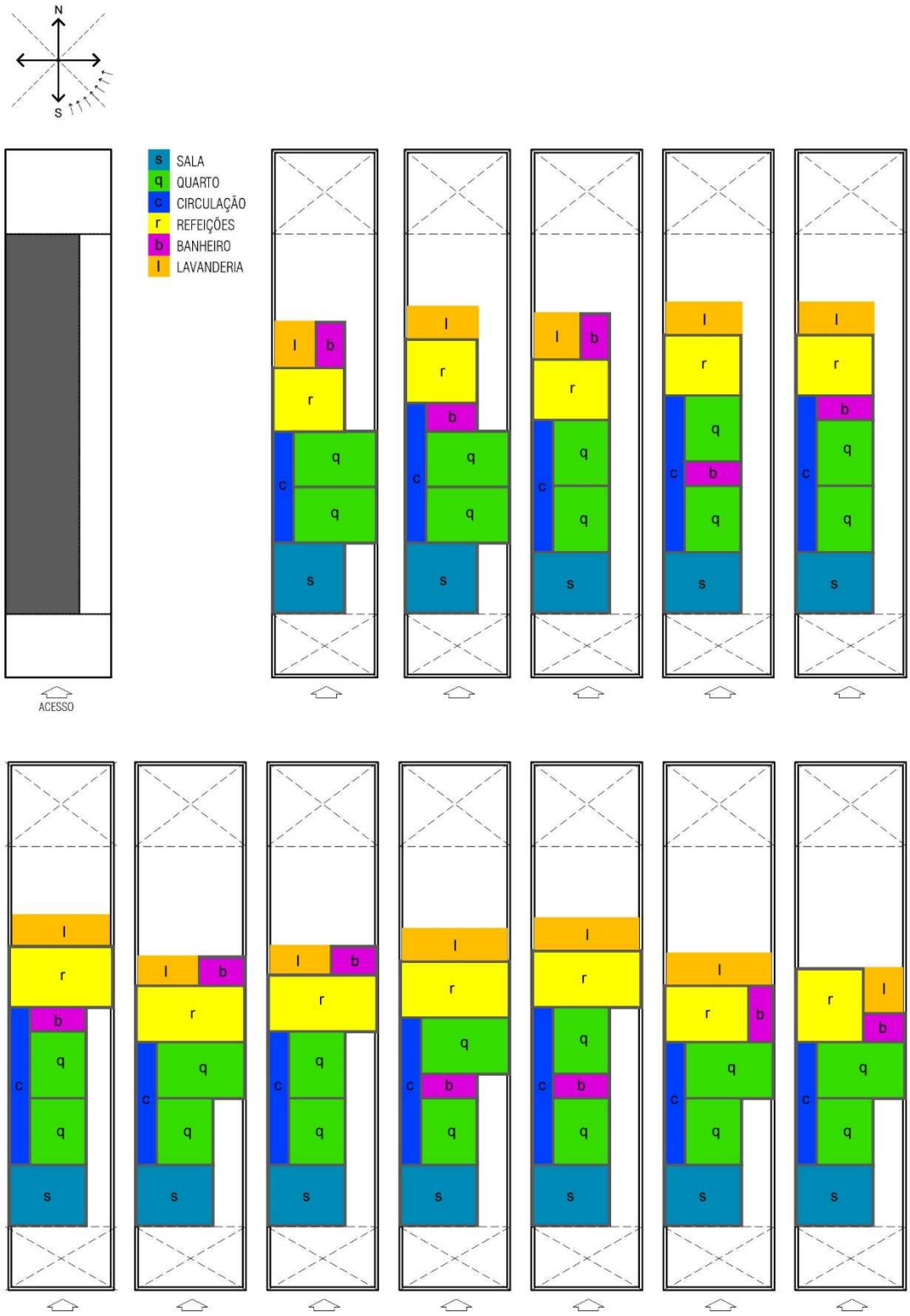
Figura 6.24 - Compartimentação para fachada oeste



Fonte: Elaborado pela autora

Já nas fachadas frontais com orientação sul, as possibilidade para terrenos a partir de 5,25 m são maiores, por conta do sentido predominante sudeste da ventilação, Figura 6.25:

Figura 6.25 - Compartimentação para fachada sul

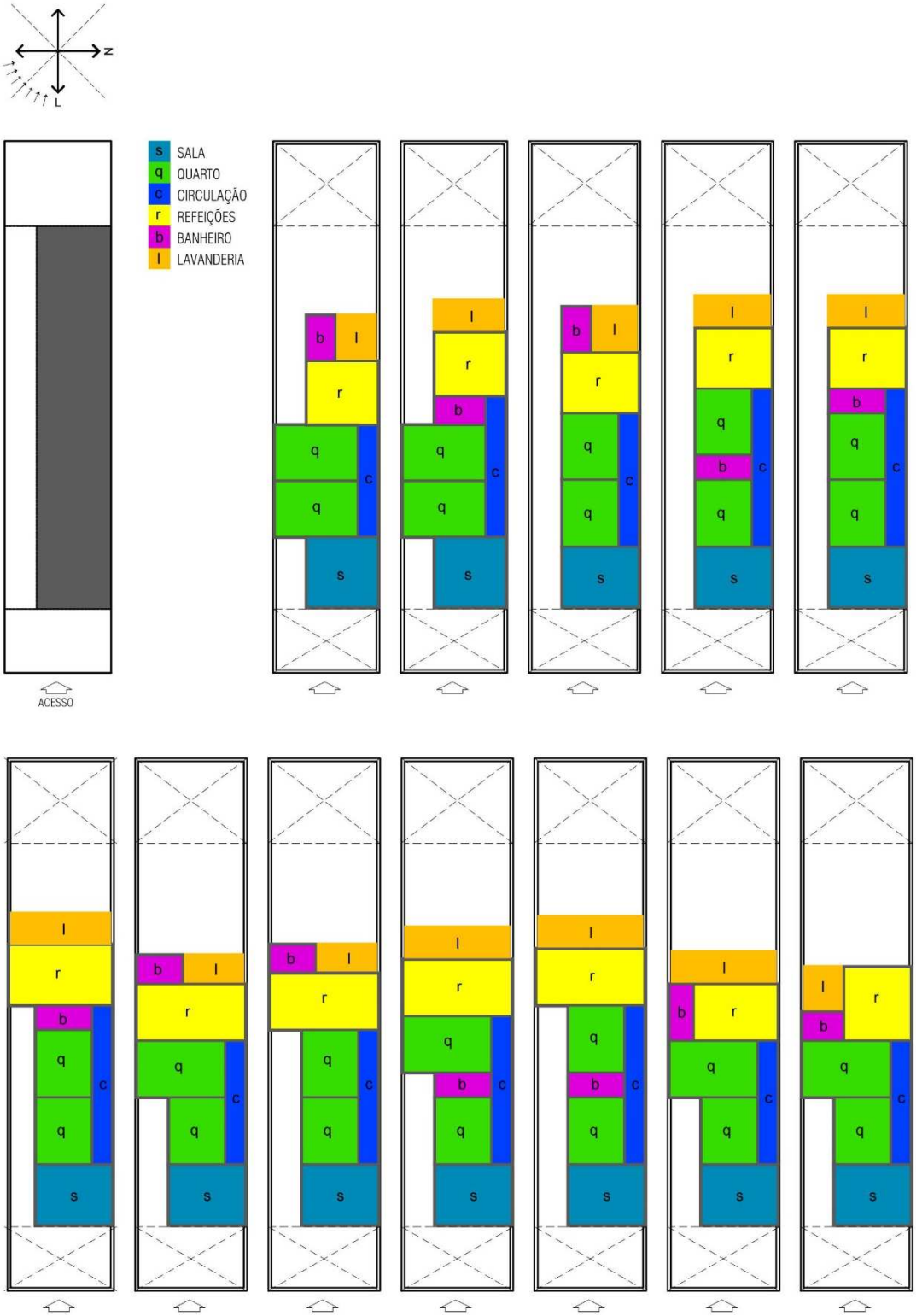


Fonte: Elaborado pela autora

O que ocorre é que a parcela que pode ser colada dos dois lados do lote e ainda permitir as aberturas para o exterior de todos os cômodos, com exceção a circulação, é o fundo da habitação, como pode ser observado. O mesmo ocorre nas fachadas frontais leste, que como

nas fachadas norte e oeste, aparece como um espelho das fachadas frontais sul, como pode ser observado na Figura 6.26:

Figura 6.26 - Compartimentação para fachada leste



Fonte: Elaborado pela autora

Dados de saída

A ideia desta etapa é gerar uma série de possibilidades de desenhos de compartimentação da habitação para que o projetista possa, a partir de análises ou exercícios de tomada de decisão, escolher uma melhor configuração e esta ser transferida para a próxima etapa de definição das aberturas.

6.3.5 Definição das Aberturas

As aberturas de uma edificação possuem grande influência na determinação da qualidade energético-ambiental do espaço construído, isto ocorre, porque estes elementos regulam a captação da radiação solar, seja em forma de luz ou calor, do vento, do ruído, dos odores e da poluição em geral, além de possibilitar a integração visual entre os ambientes interior e exterior (FONTENELLE, 2012).

Na análise de uma edificação, a posição das aberturas é fundamental para a circulação do ar através dos ambientes, devendo ser considerada a posição de maior permanência do usuário nos diferentes espaços para que a ventilação atinja a altura do mesmo. O controle da ventilação e radiação solar que ingressa pelas aberturas deve ser realizado a fim de proporcionar ao usuário melhores condições de conforto térmico, de acordo com as diretrizes gerais para o projeto correspondentes à zona bioclimática do local do empreendimento.

No entanto, entende-se que o projeto das aberturas é uma tarefa bastante complexa, visto que é necessário se trabalhar com diversos parâmetros, tais como: dimensão, tipologia, posição na fachada, sombreamento, orientação e materiais de composição; no qual deve-se conciliar aspectos funcionais e formais, além de uma série de requisitos relacionados ao bem-estar dos usuários, ao consumo energético e ao ciclo de vida da edificação (FONTENELLE, 2012).

Deste modo, nesta etapa do desenvolvimento do processo de elaboração de projeto, limitou-se a atender às exigências de dimensionamento, isto é, porcentagem de abertura em relação à área dos cômodos, com sugestões de tipologias a partir do padrão encontrado no trabalho de Mororó (2012).

O COPF determina a necessidade de aberturas para áreas externas de acordo com a característica de cada cômodo. Verificou-se, no entanto, que nas casas levantadas estes índices encontram-se muito aquém dos propostos. Os ambientes que possuem contato com o meio externo, em geral são os espaços de transição e garagens, que permitem de forma indireta a ventilação e iluminação para as salas, nos casos em que esta não é primeiro cômodo da casa. O ambiente serviço apresenta uma percentagem maior de abertura para o exterior, quando o lote

permite uma área livre no fundo. Este contato, em geral, é provido por uma porta, que permanece aberta ou semiaberta durante a maior parte do dia.

Por esta razão, a discussão das aberturas para entrada de iluminação e ventilação dos cômodos além de fundamental para garantir conforto e bem estar dos usuários, é também essencial para a realidade das habitações populares, pois na grande maioria das casas observadas no Planalto Pici, Mororó (2012) pôde observar a falta destas aberturas nos cômodos internos da habitação, principalmente nos quartos que encontram-se predominantemente na faixa intermediária do lote, dado a exiguidade na largura do lote, que impossibilita a inserção de recuo lateral. Este hábito pode gerar problemas relativos à salubridade e ao conforto ambiental, visto que estes ambientes não possuem contato com o meio externo. Os moradores utilizam algumas estratégias para que o cômodo não esteja totalmente fechado, como pode ser observado nas Figuras 6.27:

Figura 6.27 - Soluções de conforto Planalto Pici

Fonte: Banco de dados da pesquisa de campo de Mororó (2012)

Estas soluções, no entanto, podem gerar incômodos em relação à privacidade, além de não garantir as condições básicas necessárias de conforto. Deve ainda ser considerado que nesta segunda opção, no momento em que o morador optar pela verticalização, surgirá a necessidade de encostar a alvenaria na laje para apoiar as paredes no pavimento superior, e nesta situação ficam impedidas até a adoção das aberturas zenitais.

As definições das aberturas abrangem características para janelas e portas da habitação. Para o dimensionamento foram consideradas exigências quanto a iluminação e ventilação e as informações necessárias para alimentação do processo estão dispostas em dados de entrada, restrições e dados de saída.

Dados de entrada

O dado de entrada desta etapa do processo é simplesmente a planta gerada, ou escolhida na etapa anterior, Compartimentação. Nesta planta serão introduzidas as aberturas da habitação.

Restrições

As restrições desta etapa foram desenvolvidas a partir das sugestões do critério Desempenho térmico – Vedações, do selo casa azul e das exigências do Código de Obras da Prefeitura de Fortaleza para HIS, chegando assim, em uma padrão que será utilizado no processo proposto. Este padrão foi definido com o maior valor, ou seja, o mais limitante entre os dois.

Tabela 6.6 - Definição do padrão de aberturas

	SELO CASA AZUL			**C.O.P.F - HIS**			**PADRÃO UTILIZADO**		
	Ventilação (%)	Iluminação (%)	Ventilação permanente	Ventilação (%)	Iluminação (%)	Ventilação permanente	Ventilação (%)	Iluminação (%)	Ventilação permanente
Sala de estar	20,0	15,0	X	17,0	8,0		20,0	15,0	X
Lavanderia	-	-		-	-		-	-	
S. Refeições	20,0	15,0	X	17,0	8,0		20,0	15,0	X
Cozinha	15,0	15,0		17,0	8,0		17,0	15,0	
1° e 2° quartos	15,0	15,0	X	17,0	8,0		17,0	15,0	X
Banheiro	12,5	12,5		13,0	7,0		13,0	12,5	

Fonte: Elaborado pela autora

Além deste padrão definido algumas outras restrições são necessárias para determinação da definição das aberturas. Para isso foram estabelecidas restrições analisando cada cômodo, separadamente, e descrevendo considerações para portas e janelas.

SALA

A sala possui uma exigência de 20% de abertura para iluminação e 15% de abertura para entrada de ventilação na habitação. Observando os padrões encontrados no Planalto Pici, optou-se pelo uso de portas com venezianas, porque além de considerar a realidade encontrada na população permite a entrada de iluminação e ventilação, melhorando as condições de conforto do ambiente, como apresentado nas Figuras 6.28:

Figura 6.28 - Detalhe portas e janelas de madeira com venezianas

Fonte: Banco de dados da pesquisa de campo de Mororó (2012)

Além da tipologia encontrada, pôde-se observar uma priorização da porta de entrada da casa, ou seja, porta da sala de estar, alinhada com a circulação da casa.

Outro interessante padrão encontrado na realidade das habitações autoconstruídas do Planalto Pici, foram as grades agregadas às portas de entrada e do ambiente de serviço, como pode ser observado na Figura 6.29 abaixo:

Figura 6.29 - Detalhe uso de grades nas portas

Fonte: Banco de dados da pesquisa de campo de Mororó (2012)

Esta estratégia utilizada pela população permite entrada de iluminação e ventilação pela totalidade da área da porta e ainda garantindo a segurança necessária a habitação. No caso da figura a direita, observa-se que o uso da grade na porta da cozinha, que não possui janelas para o exterior, supriu a necessidade de aberturas para ventilação e iluminação do cômodo.

Janelas: da mesma maneira que as portas, nas janelas também foram observadas o uso de opções com venezianas. Assim definido o uso de janelas de abrir com possibilidade de abertura total, aproveitando-se a entrada de luz e ventilação.

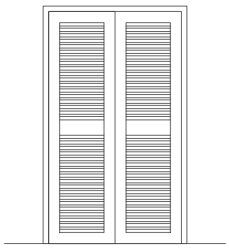
Define-se também as características de Janelas Baixas, com um peitoril de 0,90m e altura de 1,20m.

Assim, resume-se as restrições das portas e janelas da sala de estar:

Portas:

Dimensão: Altura 2,10m e largura 1,20 com venezianas, como especificada na Figura 6.30:

Figura 6.30 - Detalhe porta sala de estar



Fonte: Elaborado pela autora

Fachada: fachada externa orientada com a testada do lote;

Posição: Portas alinhadas pela circulação, distante 0,10m da parede (boneca).

Janelas:

Dimensão:

- 20% da área do ambiente, menos a abertura referente as venezianas da porta (0,8 m²);
- Característica das Janelas Baixas, largura será definida pelo restante de área necessária para alcançar a restrição;
- Larguras em módulos de 5 cm.

Fachada:

- Com recuo: janela na parede do recuo, lateral.
- Sem recuo: janela na mesma parede da porta, fachada frontal.

Posição:

- Com recuo: Janelas centralizadas nas paredes
- Sem recuo: Janela é centralizada entre o final da porta e a parede.

<u>COZINHA</u>

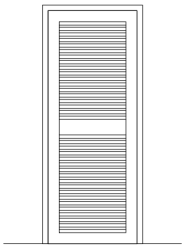
A cozinha, como já mencionado anteriormente, foi aliada a sala de refeição, por conta do padrão observado na gramática de Mororó (2012). Assim, o valor da porcentagem de abertura para este ambiente foi adotado o mais exigente entre a sala de refeição e a cozinha, ou seja, 20% para permitir iluminação e 15% para a ventilação. Da mesma forma que na sala,

optou-se pelo uso de portas com venezianas no ambiente de refeição. As restrições para este ambiente são:

Portas:

Dimensão: Altura 2,10 m e largura 0,8 m com venezianas, como desenho abaixo:

Figura 6.31 - Detalhe porta sala da cozinha para área da lavandeira



Fonte: Elaborado pela autora

Fachada: na parede de acesso a lavanderia;

Posição: Portas alinhadas pela circulação, distante 0,10m da parede (boneca).

Janelas:

Dimensão:

- 20% da área da ambiente, menos a abertura referente as venezianas da porta (0,65 m²);
- Característica das Janelas Baixas, largura será definida pelo restante de área necessária para alcançar a restrição;
- Larguras em módulos de 5 cm.

Fachada:

- Com recuo: janela na parede do recuo, lateral.
- Sem recuo: janela na mesma parede da porta.

Posição:

- Janelas centralizadas nas paredes;
- Janelas abertas quando necessário para a lavanderia.

<u>BANHEIRO</u>

Para aberturas do banheiro faz-se necessário a definição das características das Janelas Altas, com peitoril de 1,70 m e altura de 0,4 m.

Portas:

Dimensão: Altura 2,10 m e largura 0,8 m;

Fachada:

- Quando o banheiro estiver ligado a cozinha/refeição a porta de acesso do ambiente será pela cozinha/refeição;
- Quando o banheiro estiver ligado a circulação, a porta de acesso será para a circulação.

Posição: Portas distante 0,10 m da parede (boneca).

Janelas:

Dimensão:

- 13% da área da ambiente.
- Característica das Janelas Altas, largura será definida pelo restante de área necessária para alcançar a restrição;
- Larguras em módulos de 5 cm.

Fachada:

- Localizada na menor fachada posicionada de preferência para lado externo, ou quando necessário para a lavanderia.

Posição:

- Janelas centralizadas nas paredes;

<u>QUARTOS</u>

Portas:

Dimensão: Altura 2,10 m e largura 0,8 m;

Fachada: Ligadas ao circulação;

Posição: Distante 0,10m da parede (boneca).

Janelas:

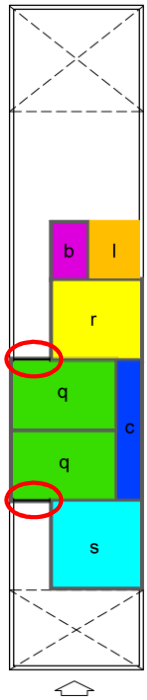
Dimensão:

- 17% da área do ambiente;
- Característica das Janelas Baixas, largura será definida pelo restante de área necessária para alcançar a restrição;
- Larguras em módulos de 10 cm.

Fachada:

- Com recuo: janela na parede do recuo, lateral;
- Recuo parcial: janela posicionadas para o exterior, como mostra a Figura 6.32 abaixo:

Figura 6.32 - Detalhamento posicionamento das aberturas



Fonte: Elaborado pela autora

Posição:

- Janelas centralizadas nas paredes;

CIRCULAÇÃO

Aberturas para a sala e cozinha/refeição sem esquadrias com largura mínima de 0,80 m.

Dados de saída

Desenhos com todas as aberturas da edificação dimensionadas para as porcentagens que garantem entrada de iluminação e ventilação natural dentro dos cômodos, que serviram de dados de entrada para a próxima etapa, no qual serão definidas as proteções solares necessárias para estas aberturas.

6.3.6 Proteções Solares

A latitude de um local, associada à época do ano, vai determinar o ângulo de incidência dos raios solares com relação ao plano do horizonte do lugar e quanto maior for a latitude, menor será a quantidade de radiação solar recebida. Elementos incorporados à própria construção também podem “mascarar” porções de céu – desde beirais de telhados, marquises, varandas, sacadas, outras partes da própria construção e até dispositivos quebra-sol, existentes com o único objetivo de proteção solar.

Os sistemas de proteção solar, *brise-soleil*, ou quebra-sol, podem ser fixos ou móveis. Os sistemas que proporcionam maiores reduções de calor são os externos, principalmente os que têm aquelas características de cor clara na superfície externa, material isolante térmico e acabamento de baixa emissividade térmica na face voltada para a janela, envidraçada ou mesmo parede opaca, pois o sombreamento de vedos opacos também é um eficiente recurso no controle de calor solar.

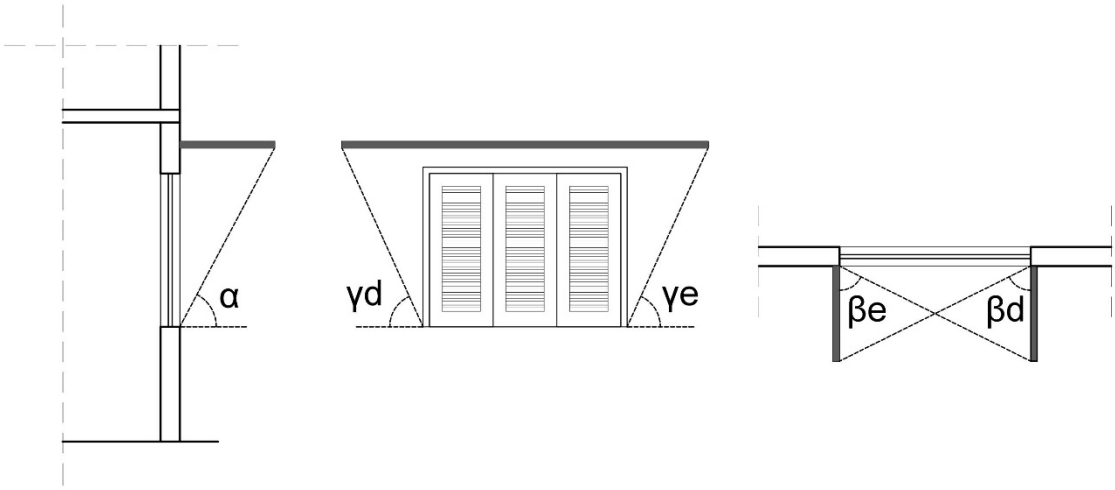
Segundo Frota (2004), os passos requeridos para se projetar um *brise-soleil* são:

1. Verificar a latitude do lugar onde será construído o edifício;
2. Tomar a carta solar referente a esta latitude;
3. Ter, na planta, a posição do norte verdadeiro (ou geográfico);
4. Determinar, para cada orientação de fachada vertical, conforme a posição com relação ao norte, a metade da carta solar relativa ao céu visível por essa fachada, de acordo com o azimute;
5. Conhecimento de todas as obstruções que possam ter no entorno da edificação, tais como: construções, árvores ou qualquer outro volume que obstrua a visão;
6. Definir em qual período a incidência de sol é indesejável, para delimitar, na Carta Solar, a porção de céu ocupada pelo sol no período;
7. Fazer uma primeira análise da região da carta a ser mascarada, de modo a compreender-se qual tipo de proteção é mais aplicável.

Se tem-se uma região do céu mais próximo ao zênite, a proteção deve ser feita com um elemento horizontal e se esta região estende-se igualmente para a esquerda e para a direita da normal a cada umbral da janela, define-se como deve-se comportar a placa horizontal. No caso das proteções horizontais devem-se determinar os ângulos α, γe e γd, definindo-se assim a área a ser mascarada e a partir deles, o desenho do quebra-sol que proporcione a proteção desejada.

O mesmo raciocínio pode levar a situações em que o quebra-sol adequado deva ser vertical e, neste caso, os ângulos βe e βd também deverão ser definidos, a partir da escolha dos horários a serem protegidos. Os ângulos das proteções podem ser observados na Figura 6.33:

Figura 6.33 - Detalhe dos ângulo das proteções solares



Fonte: Elaborado pela autora

Seguindo os passos sugeridos pela referida autora, a latitude de Fortaleza já foi encontrada com valor de 3,78 sentido sul; a carta solar para esta latitude já foi apresentada anteriormente na figura 6.15 (etapa de implantação); a posição do norte também já foi restrita em etapas anteriores; quanto às metades da carta solar relativa às fachadas, necessitou-se considerar todas as quatro possibilidade, para fachadas norte, sul, leste e oeste, visto que, irão existir todas estas opções nas possibilidades de projeto apresentadas anteriormente na etapa de compartimentação. Em relação às obstruções desconsideraram-se as condições do entorno das edificações neste estudo, por conta da tentativa de parametrização das informações. Não se conhece assim, as condições específicas de entorno para um determinado terreno, porém foi considerado o muro que contorna toda a edificação.

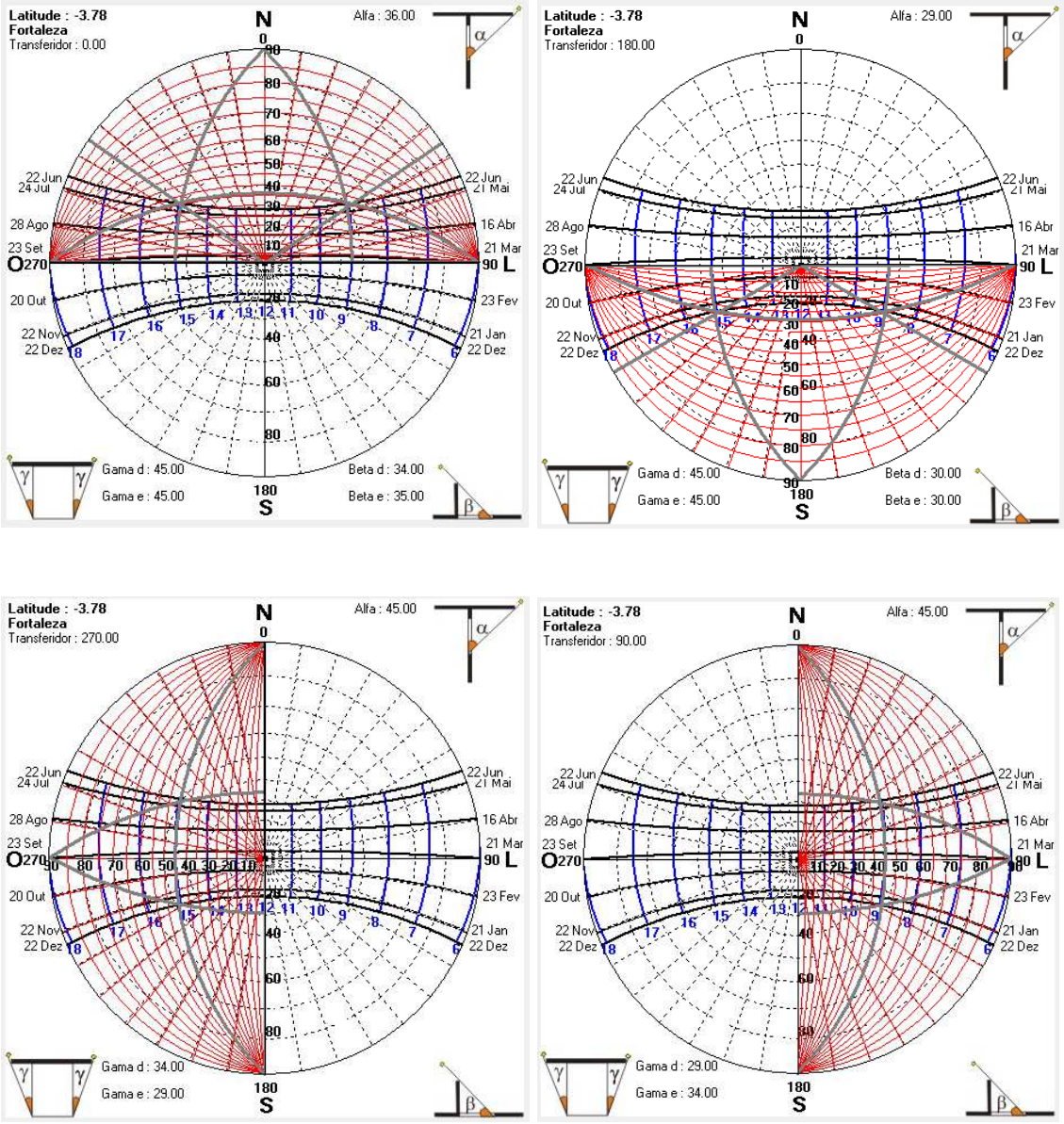
A vegetação também tem importante papel no efeito da radiação solar e na consequente temperatura do ar de um lugar. Sabe-se que a fotossíntese se faz com a absorção de luz. A vegetação absorve cerca de 90% da radiação visível, 60% na região do infravermelho e reflete ou transmite através de suas folhas o restante do espectro da radiação. Também na umidade a vegetação tem seu papel, com o processo de evapotranspiração. A forma mais natural de sombra é uma árvore (FROTA, 2004).

Assim, nesta etapa sugere-se o requisito de sustentabilidade do uso de vegetação como proteção solar, traduzido do critério de paisagismo do selo casa azul, que obriga o uso de vegetações, de preferência nativas, para auxiliar no conforto térmico e visual do empreendimento, mediante regulação de umidade, sombreamento vegetal e uso de elementos paisagísticos.

Em sequência para dimensionar os dispositivos de proteção solar para aberturas em fachadas verticais, já determinada a metade da carta que corresponde à metade da abóbada celeste visível por essa fachada é necessário agora definir em que período do dia, em diversas datas do ano, é necessário ou se deseja proteção contra o sol direto, sombreamento.

Então, a seguir, são determinadas as características geométricas, ângulos formados com os limites da janela, a proteção solar deve ter para proporcionar o sombreamento requerido como pode ser observado na Figura 6.34, para cada uma das orientações:

Figura 6.34 - Metades da carta solar da cidade de Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autora com auxílio do *software* SOL-AR

Analisando as quatro situações de orientação das fachadas, definiu-se para as fachadas norte e sul a maior necessidade de proteções verticais, e para as fachadas leste e oeste proteções horizontais.

O selo casa azul determina no critério de desempenho térmico – orientação ao sol e ventos, que o sombreamento é recomendável nas fachadas e aberturas para a zona 8, onde está inserida a cidade de Fortaleza. Deve ser garantido o sombreamento das fachadas no caso de existência de cômodos de permanência prolongada, salas e dormitórios, voltados para a face oeste. Este sombreamento pode ser alcançado com a utilização de brises, varandas, beirais, pergolados, vegetação, anteparos, marquises ou outros recursos. Acrescenta ainda no critério desempenho térmico – vedações, que para cidade nas zonas bioclimáticas 8, é obrigatório uso de proteção solar nas aberturas dos dormitórios e das salas quando adotada porcentagem de ventilação somente por área de janela e vidro e que permita abertura total da área para iluminação, ou seja, neste outro critério as proteções para quartos e sala independe da orientação da abertura.

Entretanto as exigências quanto ao uso de proteções solares nos cômodos descritas no selo casa azul, são dispostas de maneira muito superficial, visto que não definem como deve ser esta proteção, parcial ou total, em que horários do dia ela deve proteger a entrada de sol pelas aberturas, ou seja, as informações do selo não são suficientes para a definição do dimensionamento das aberturas.

O dimensionamento da proteção está diretamente relacionado com a extensão horária de proteção definida, isto porque, quanto maior o tempo que deseja-se proteger, maior também será a proteção necessária para garantir este sombreamento, muitas vezes tornando-se inviável não só pelas dimensões, mas pelos custos acarretados nestas construções. Assim, definiu-se como período de proteção entre às 9h e 15h. Para este período, com o auxílio do *software* SOL-AR, pôde-se definir os ângulos para as quatro fachas como pode ser observado na Tabela 6.7:

Tabela 6.7 - Ângulos para proteções solares

		FACHADA NORTE	FACHADA SUL	FACHADA LESTE	FACHADA OESTE
ÂNGULOS	α	36˚	29˚	45˚	45˚
	γ_d	45˚	45˚	29˚	34˚
	γ_e	45˚	45˚	34˚	29˚
	β_d	34˚	30˚	-	-
	β_e	35˚	30˚	-	-

Fonte: Elaborado pela autora

Dados de entrada

Os dados de entrada desta etapa limita-se a planta selecionada na etapa de compartimentação com o desenho das aberturas em todos os ambientes internos, com exceção da circulação que não possui aberturas para o exterior.

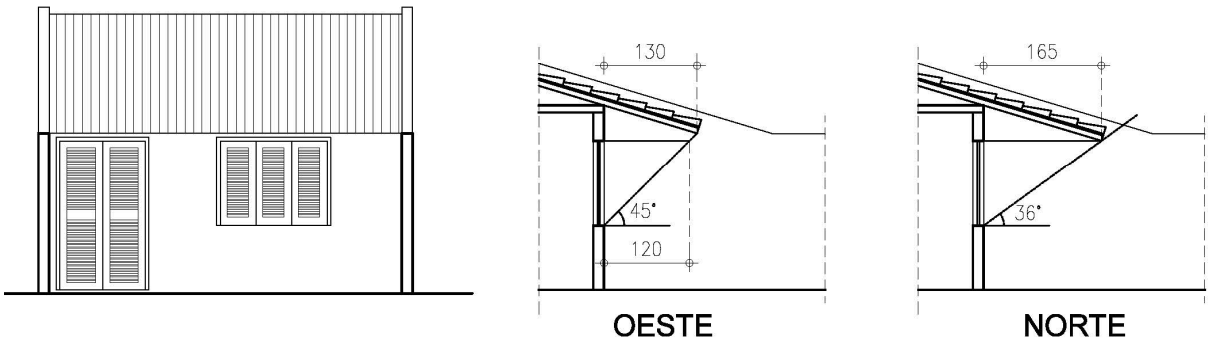
Restrições

Para definição das restrições tomaram-se os dois critérios do selo casa azul como requisitos de projeto: Inserção de proteções solares para garantia do sombreamento das fachadas, no caso dos ambientes sala de estar e quartos voltados para a face oeste. E uso obrigatório de proteção solar nas aberturas dos quartos e da sala de estar.

Para isso, foi necessário uma análise das possibilidades de disposição dos ambientes da etapa de compartimentação, buscando conhecer as orientações que podem ser encontradas os cômodos de permanência prolongada, quartos e sala de estar.

Primeiro analisando a sala de estar, como este ambiente é a porta de entrada as habitações ele pode estar orientado em qualquer uma das quatro opções, porém baseando-se pelas piores situações de desconforto neste ambiente, tem-se quando ele está colado nos dois muros, consequentemente com a porta principal e a abertura por janela locados na mesma fachada, serão as orientações norte e oeste. Neste caso devem ser utilizadas proteções solar não só na abertura, mas como na fachada como um todo, assim, propõe-se o prolongamento da cobertura, beiral para garantir o sombreamento, como pode ser observado na Figura 6.35:

Figura 6.35 - Beirais para fachadas oeste e norte



Fonte: Elaborado pela autora

Considerando os ângulos calculados com as metades das cartas solares para estas duas opções, encontrou-se que o comprimento do beiral necessário para proteção com o horário estabelecido para a fachada oeste foi de 1,30 m, já para a fachada norte necessitar-se-ia de um prolongamento de 1,65 m, assim, adotou-se o maior comprimento, ou mais restritivo e foi

estabelecido como restrição de projeto que todas as fachadas frontais devem ter um prolongamento de beiral de 1,65 m, para sombreamento.

Agora para análise das aberturas, avaliou-se em quais orientações de fachada poderiam existir janelas dos quartos e da sala de estar, concluindo-se que estas aberturas podem estar nas quatro possibilidade de fachadas, então, buscou-se definir quais eram os comprimentos das proteções solares em todas as fachadas a partir dos ângulos solares definidos anteriormente e para isso foi elaborado as seguintes tabelas 6.8:

Tabela 6.8 - Dimensionamento das proteções solares

a)

VARIÁVEIS	MEDIDAS
H_j (m)	1,20
A	45
PH (m)	**1,20**

b)

VARIÁVEIS	MEDIDAS
A_s (m²)	10,00
H_j (m)	1,20
L_j (m)	1,00
β (˚)	30
PV (m)	**1,73**

Fonte: Elaborado pela autora

Considerando-se que para as fachadas leste e oeste devem-se ser implantadas proteções solares horizontais, definiu-se o comprimento destas fachadas (PH), avaliando o posicionamento delas rente à altura da janela, para padronização dos resultados. É importante ressaltar, que quanto mais distante da janela a proteção, maior teria que ser o comprimento da proteção. Para as fachadas norte e sul, avaliou-se um uso de proteções verticais (PV).

Assim, para as aberturas das fachadas leste dos quartos e sala de estar, como pode ser observado na Tabela 6.8 (a), para um ângulo α igual a 45˚, necessitar-se-ia de uma proteção horizontal de 1,20 m. Além desta análise, necessita-se também conhecer o comprimento que a proteção precisaria ter, ou seja, as distância em relação ao ângulo γ, no caso das proteções para fachada leste, precisar-se-ia passar além da largura da janela, 2,20 m do lado direito e 1,80 m do lado esquerdo.

Para as aberturas situadas ao sul, precisar-se-ia de uma proteção vertical, assim definido um ângulo β tanto da esquerda, como da direita de 30˚, para uma proteção rente a janela, considerando uma área da sala, por exemplo, de 10,0 m² (área mínima) e uma altura da janela padronizada de 1,2 como descritos na Tabela 6.8 (b), necessitar-se-ia de uma proteção vertical com largura de 1,73m.

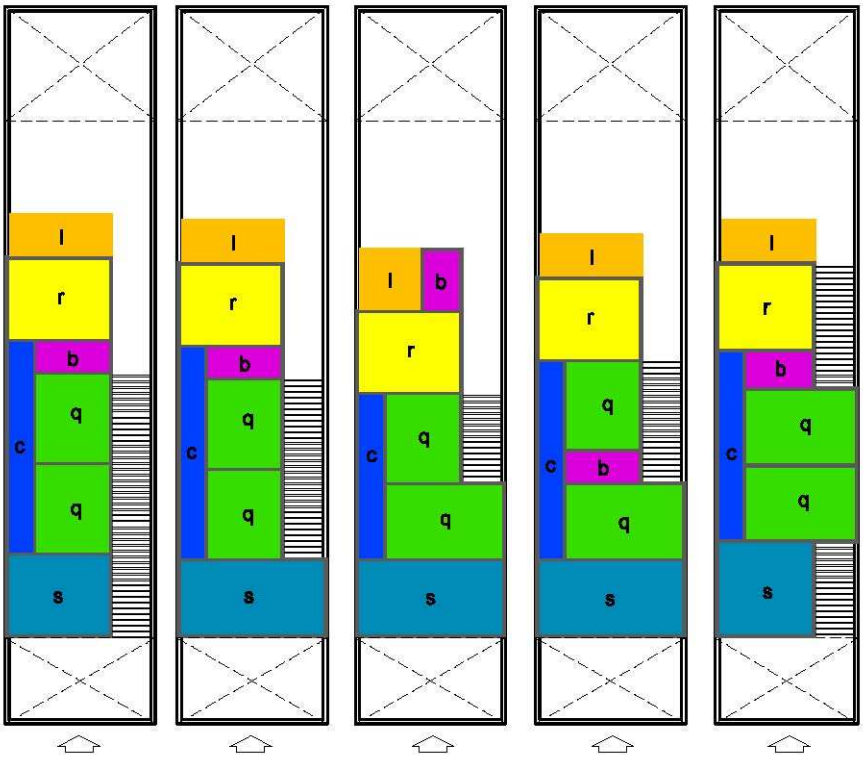
Assim como a definição das aberturas, a escolha de proteções solares também são complexas, visto que uma série de variáveis teriam que ser consideradas para uma escolha mais adequada. Assim, visto que os valores encontrados são totalmente inviáveis para definição de uma simples alternativa de proteção, como colocação de uma marquise nas janela, isto porque,

considerando as limitações da dimensão dos terrenos e escolha de um recuo lateral de 1,5 m, seria impossível colocar uma proteção vertical com 1,73m, por exemplo, como foi calculado para opções das aberturas em fachadas sul.

Desta forma, conclui-se que, a partir dos ângulos calculados anteriormente as proteções solares precisam ser estudadas caso a caso, considerando não só a entrada de luz, mas as questões de ventilação, propriedades térmicas dos matérias utilizados, dentre outras considerações.

Assim, propõe-se nesta etapa para a proteção das aberturas dos quartos e sala de estar o uso de pergolados, localizados no recuo lateral dos lotes que irão auxiliar no sombreamento filtrando a entrada de luz e calor, como na Figura 6.36:

Figura 6.36 - Detalhe proteção solar através de pergolado



Fonte: Elaborado pela autora

Os desenhos ilustrados acima, esquematizam como devem ser inseridos os pergolados para proteção das janelas. No primeiro, quando é utilizado um recuo lateral em toda a extensão do terreno a proteção parte da sala até o segundo quarto. No segundo, terceiro e quarto, o pergolado encontra-se no recuo obrigatório por conta das janelas dos quartos, protegendo somente até o final da parede dos quartos e por fim, no último caso é protegida a janela da sala de estar e para proteção da janela do segundo quarto, optou-se por estender o pergolado até o final do ambiente refeição, isto ocorreu, pois, a largura mínima do banheiro é

apenas 1,0 m e pode haver o caso desta janela está orientada para oeste, que seria a opção mais crítica, então, baseando-se pelas análises anteriores, esta largura não seria suficiente para garantir o sombreamento da abertura do quarto, além de garantir também a proteção da janela do ambiente serviço.

Dados de saída

Como dados de saída desta etapa, tem-se o desenho a definição do beiral com 1,65 m, na fachada frontal das edificações e desenho dos pergolados protegendo as janelas dos dois dormitórios e da sala de estar.

6.3.7 Cobertura

A cobertura de uma edificação é uma estrutura que se define pela forma, observando as características de função e estilo arquitetônico das edificações. As coberturas têm como função principal a proteção das edificações contra a ação das intempéries, considerando o atendimento das funções utilitárias de impermeabilidade, leveza, isolamento térmico e acústico; estéticas, forma, aspecto harmônico com a linha arquitetônica e dimensão dos elementos; e econômicas, custo da solução, durabilidade e facilidade na manutenção dos elementos.

Dados de entrada

Como dado de entrada desta etapa tem-se o desenho do projeto com todos os cômodos, suas aberturas e respectivas proteções solares, bem como a informação da etapa anterior, de adotar um beiral na fachada frontal das edificações com comprimento de 1,65 m.

Restrições

Definiu-se o uso de uma cobertura com tipologia de duas águas, caracterizada pela definição de duas superfícies planas, com declividades iguais, unidas por uma linha central, a cumeeira. A cumeeira das casas estará locada no ponto central entre a parede inicial da edificação, na sala de estar, e a parede final da casa no sentido longitudinal, ou seja, no meio da laje do edifício. A inclinação do telhado adotada foi de i = 30% e definiu-se também o uso de beiral nas demais fachadas da edificação com dimensão de 0,60 m.

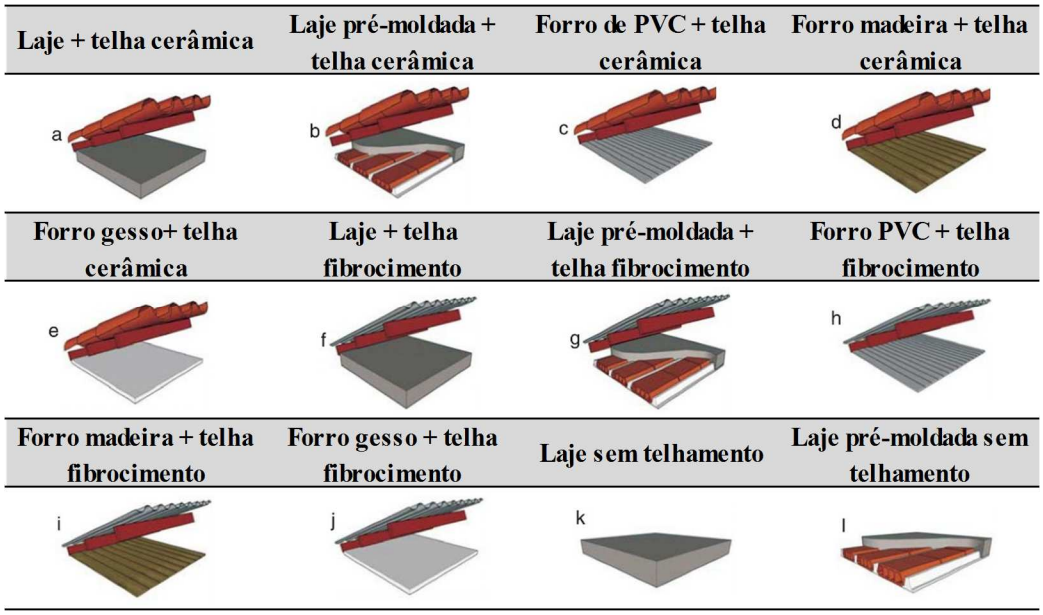
Para a definição da tipologia de fechamento das edificações, foram antecipadas algumas decisões quanto ao material a ser usado na cobertura das casas. Esta definição tomou como base os materiais exigidos nas especificações mínimas para MCMV da CAIXA, as

tipologias descritas no selo casa azul e os materiais utilizados nas casas autoconstruídas do Planalto Pici.

A CAIXA define que todas as coberturas das habitações populares devem ser construídas em telha cerâmica/concreto com forro ou em telha de fibrocimento (espessura mínima de 5mm) com laje, sobre estrutura de madeira ou metálica.

O selo casa azul sugere o uso de uma das tipologias descritas em seu manual, apresentadas a seguir na Figura 6.37:

Figura 6.37 - Tipologias de cobertura



Fonte: Adaptado de CAIXA (2010)

Porém duas questões devem ser levantadas das observações do Planalto Pici, primeiro que praticamente todas as casas do conjunto habitacional autoconstruído utilizam as telhas cerâmicas em suas coberturas. Este material já possui uma questão cultural para cidade de Fortaleza. A segunda questão a ser levantada é a verticalização das habitações. Conforme Mororó (2012) a construção do 2˚ pavimento nem sempre está nos planos da família quando da implantação da casa. A necessidade surge com o tempo, sendo determinada por diversos fatores, tais como necessidade de conforto, permanência dos filhos na casa após constituírem nova família e investimento para aluguel. A obra é possibilitada à medida que as condições financeiras melhoram.

As construções do segundo pavimento demandam um estágio de reformas no pavimento térreo para o reforço estrutural, mudança na cobertura para receber a laje e instalação da escada. Todas estas reformas causam vários transtornos e elevados custos para os usuários. Aliada a esta realidade considerou-se também nesta etapa do processo o critério de flexibilidade

de projeto do selo casa azul que, como critério de livre escolha, sugere que seja inserido nos projetos o aumento da versatilidade da edificação, por meio de modificações de projeto e futuras ampliações, adaptando-se às necessidades do usuário.

Uma outra crítica que vale ressaltar, é que dentre os materiais exigidos nas especificações mínima da CAIXA para MCMV, está a possibilidade do uso de telhas em concreto, porém já no selo casa azul, não consta nenhuma única opção de cobertura com uso desta telha, por esta razão ela não foi cogitada para análise das opções desta etapa.

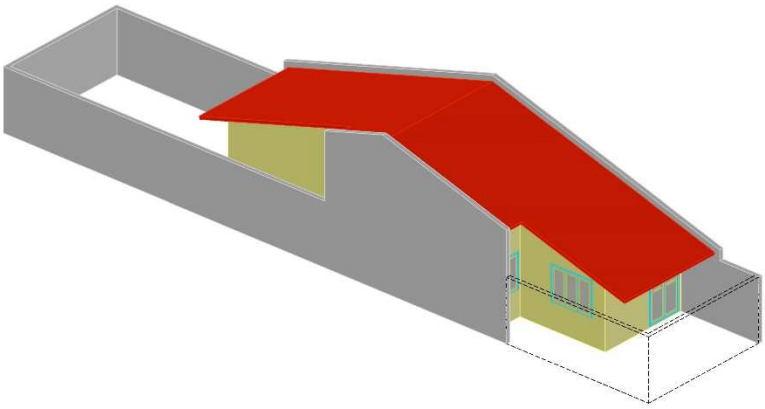
Apreendidas as necessidades de real mudança que ocorrem nas habitações com a verticalização, associadas ao requisito ambiental de flexibilidade, determina-se que no projeto da cobertura das habitações sempre será implantada uma laje, além da coberta em telha cerâmica, como é usualmente utilizado nas habitações populares, buscando assim aliar a sustentabilidade socioambiental nas edificações.

Visto esta determinação de composição das coberturas e as tipologias sugeridas pelo selo casa azul, fica restringido assim para a etapa de eleição dos materiais as tipologias (a) e (b) que abrangem a associação de laje e telha cerâmica.

Dados de saída

O resultado desta etapa, ou seja, o dado de saída, será o desenho da habitação com a representação das características definidas para a cobertura, como representado na Figura 6.38:

Figura 6.38 - Detalhe cobertura



Fonte: Elaborado pela autora

6.3.8 Eleição de Materiais

Pode-se dizer que um fator importante no aquecimento da superfície terrestre é o “acabamento”. Para uma determinada radiação solar incidente, em clima quente, a escolha

apropriada dos materiais da edificação pode fornecer uma variação favorável de temperatura das superfícies (FROTA, 2004), ou seja, os materiais utilizados na construção de um edifício regulam seu desempenho térmico, e consequentemente, influenciarão no conforto térmico de seus usuários.

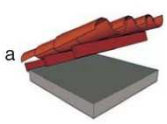
O conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de transferência de calor permite prever qual será a resposta de um prédio às variações do clima externo e, consequentemente, auxiliar na tomada de decisão quanto a quais materiais empregar num determinado clima, para facilitar uma situação de conforto térmico aos seus usuários (CORBELLA; YANNAS, 2010).

De acordo com os autores a escolha adequada dos materiais de construção deve ser feita com análises detalhadas realizadas com o auxílio de programas computacionais para estudar o desempenho térmico dos edifícios. Assim a definição dos materiais para a cobertura e para as vedações foi conseguida com as opções sugeridas no selo casa azul.

Nesta etapa alguns critérios do selo foram considerados. Primeiro o critério de desempenho térmico para vedações, que como exposto anteriormente, determina padrões de transmitância térmica para as paredes externas e para a cobertura. Assim para as paredes externas a transmitância térmica (U) deverá ser menor ou igual a 3,7 W/m²K se a absortância à radiação solar do material for menor que 0,6, ou para absortâncias maiores que 0,6, a transmitância deverá ser menor ou igual a 2,5 W/m²K. Os parâmetros da cobertura são, U menor ou igual a 2,30 W/m²K se a absortância for menor ou igual a 0,4, ou para os valores maiores de 0,4, a transmitância deverá ser menor ou igual a 1,5 W/m²K. A capacidade térmica dos materiais são foi levada em consideração, pois o selo não tem exigência a serem cumpridas na zona bioclimática que se encontra a cidade de Fortaleza.

Para composição das paredes externas e da cobertura tomou-se como base as tipologias descritas no selo. As tipologias da cobertura foram restritas na etapa anterior da coberturas as opções (a) e (b) com as seguintes informações de transmitância, Figura 6.39:

Figura 6.39 - Opções de tipologias de coberturas

Laje + telha cerâmica	**Laje pré-moldada + telha cerâmica**
	
U=2,05 W/(m²K)	**U=1,92 W/(m²K)**

Fonte: Adaptado de CAIXA (2010)

Considerando que a absortância da telha cerâmica é maior que 0,4, classificado assim como cores medias e escuras, o critério exige ainda o uso de um isolante térmico para estas opções de cobertura.

As quinze opções de tipologias para paredes externa dispostas no selo casa azul encontram-se no ANEXO 2. A critério exige ainda que nas opções a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, o seja aplicado caiação, argamassa de revestimento ou pintura de cor clara e as paredes do tipo k, l, m, n com argamassa de revestimento ou pintada de cor escura.

Outro critério incorporado a esta etapa é o de componentes industrializados ou pré-fabricados, o selo atenta para os benefícios socioambientais do uso destes materiais, estes podem elevar a produtividade, reduzir as incertezas de processo, reduzir o prazo da obra e ainda diminuir as perdas da construção. O selo revela ainda que, de maneira geral, os materiais básicos, que precisam ser preparados e misturados no canteiro, apresentam perdas mais altas do que os que já chegam prontos para uso.

E o terceiro critério que foi levantado nesta etapa é o uso da coordenação modular. Após escolhido os materiais para vedação das fachadas, o uso da ferramenta da coordenação modular deve ser implantada para auxiliar no aumento da produtividade, melhorando a qualidade e diminuindo os desperdícios das atividades de projeto e construção. Um estudo nesta área, pode-se ressaltar a pesquisa de Romcy (2012), que desenvolveu uma metodologia para a tradução dos princípios da Coordenação Modular em parâmetros aplicáveis ao BIM, visando à representação do sistema construtivo da alvenaria racionalizada em blocos cerâmicos.

Dados de entrada

Desenho com todas as definições descritas nas etapas anteriores.

Restrições

Analisando todos as considerações postas acima, determinou-se o uso da cobertura tipo (b) que compõe-se de laje pré-moldada com cerâmica, câmara de ar e telha cerâmica, esta opção além de possuir uma transmitância menor entre as duas opções, possui o material pré-moldado atendendo também o outro critério do selo casa azul. Quanto ao valor da transmitância desta opção (1,92 W/m²K) ser maior que o exigido (1,5 W/m²K) por conta da absortância da telha cerâmica, não significará problema já que será implantada uma manta de isolante térmico, assim melhorando a performance da cobertura.

Já para as paredes externas, considerando que a casa será pintada de branco, o valor da transmitância a ser atendido é de 3,7 W/m²K e para este valor todas as quinze opções

descritas no selo atenderiam as condições exigidas, assim fica por conta do projetista eleger qual o material mais adequado para habitação.

Dados de saída

Desenho da casa com todas as considerações descritas das oito etapas.

6.4 Caracterização ao ambiente BIM

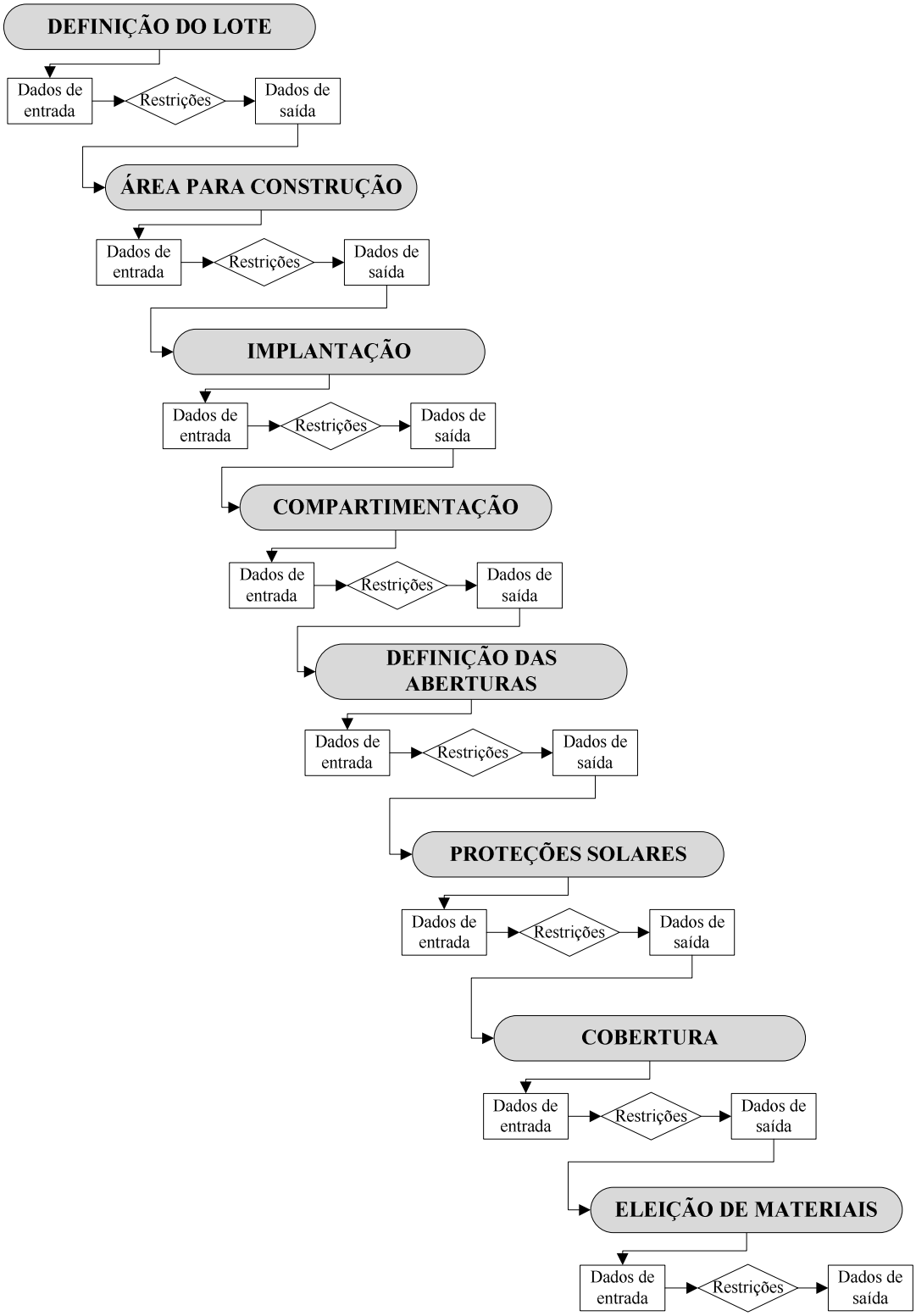
Esse fase da pesquisa compreende a etapa de consolidação descrita na metodologia, no qual buscou-se atender o último objetivo do trabalho. O processo de customização das informações paramétricas para um ambiente BIM, consistiu em tentar estender a funcionalidade do ArchiCAD. Para isso, foi adicionado uma nova interface de iteração com o usuário ao software, possibilitando a entrada e verificação de dados de acordo com as restrições determinadas anteriormente, consolidados em um plug-in. Esses dados são usados para a geração de um projeto sustentável de habitação popular, seguindo os etapas desde a definição do lote até a etapa de eleição de materiais, Figura 6.40:

A solução desenvolvida é um protótipo que teve como objetivo validar o processo de elaboração de projetos, automatizando algumas etapas. Vale ressaltar, que o plug-in desenvolvido poderia ser facilmente expandido para introdução de informações adicionais e etapas posteriores.

Quanto às tecnologias que foram utilizadas nessa etapa, o *software* ArchiCAD disponibiliza um Application Programming Interface (API), para que sejam desenvolvidos plug-ins. Esses são inicializados pelo *software* e complementam a interface gráfica do mesmo. Para o desenvolvimento do plug-in, foi utilizada a linguagem de programação C++. E para o desenvolvimento da interface gráfica, foi utilizada a biblioteca *Cocoa* com a linguagem *Objective-C* integradas ao código C++.

Nas etapa de implantação, compartimentação, definição das aberturas e cobertura foi utilizada a linguagem Ruby, essa opção deu-se, pois, é uma linguagem dinâmica, com gerenciamento automático de memória, sendo esta, mais flexível do que a linguagem C++. Isso possibilitou o desenvolvimento da gramática da forma, que serviu de base para as etapas de projeto. Os dados de saída do código Ruby foram integrados com o código em C++, que, utilizando a API do ArchiCAD, "materializou" o projeto utilizando elementos do software BIM (zonas, alvernarias, portas, janelas).

Figura 6.40 - Processo de concepção de habitações populares sustentáveis

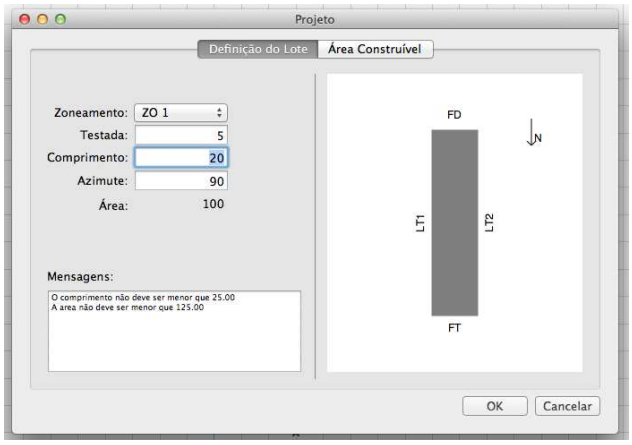


Fonte: Elaborado pela autora

Para demonstração dos resultados dessa etapa da pesquisa, optou-se por realizar uma simulação do processo, com a geração de um projeto, capturando-se imagens referentes as etapas concluídas.

Iniciou-se o processo com definição do lote, no qual foi simulado um terreno com medidas de 5,0 m de testada e 20,0 m de comprimento, Figura 6.41:

Figura 6.41 - Tentativa comprimento igual a 20,0m

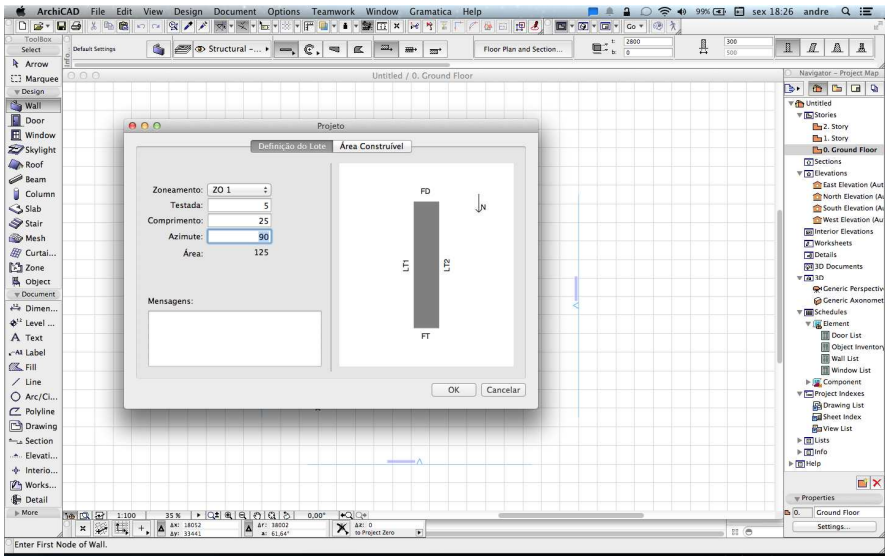


Fonte: Elaborado pela autora

Este primeiro teste foi realizado, para comprovar o funcionamento das restrições impostas na primeira etapa do processo. Na mensagem no lado esquerdo da figura, é orientado ao projetista que o comprimento não deverá ser menor que 25,0 m, assim como, a área mínima do terreno é de 125 m².

Então, passou-se a definir um terreno de meio de quadra com área de 125,0 m², Figura 6.42:

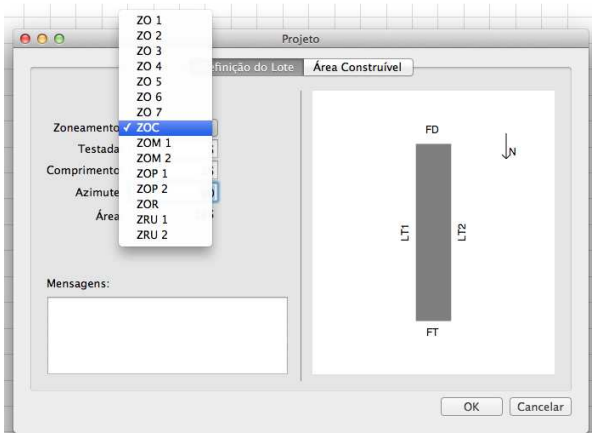
Figura 6.42: Resultados da etapa de definição do lote



Fonte: Elaborado pela autora

Em sequência do processo é necessário a definir em que zona, do macrozona de ocupação urbana corresponde às porções do território e o azimute do terreno para definição da orientação da fachada principal, Figura 6.43:

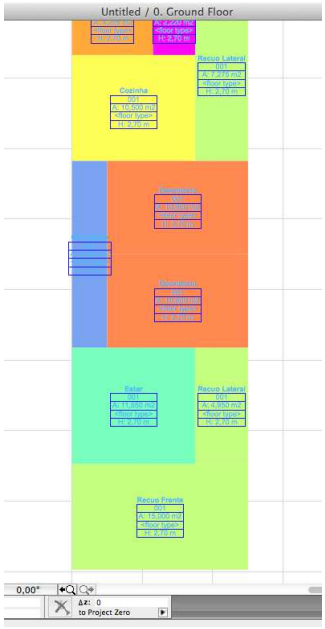
Figura 6.43 - Definição da zona do lote



Fonte: Elaborado pela autora

Com essas definições são concluídas as etapas de área para construção e implantação. Desta forma, o plug-in já possui todas as informações necessárias para geração de plantas baixas, com opções de projetos a serem selecionados, Figura 6.44:

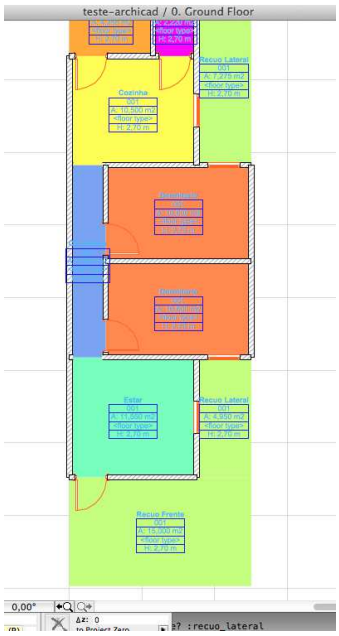
Figura 6.44 - Opção de planta baixa



Fonte: Elaborado pela autora

Cada opção de projeto possui os sete cômodos definidos anteriormente com suas respectivas áreas e dimensões, seguindo os padrões máximos e mínimos determinados. Definida a compartimentação da habitação e as relações entre os cômodos, partiu-se para a etapa de definição das aberturas da casa, Figura 6.45:

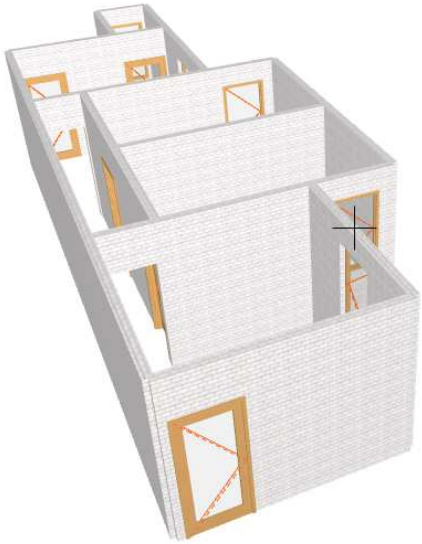
Figura 6.45 - Opção de planta baixa



Fonte: Elaborado pela autora

São então elevadas todas as paredes da habitação e definidas as dimensões das janelas e portas de cada ambiente seguindo, mais uma vez, os padrões definidos no desenvolvimento do fluxo de informações. Prepara-se assim para a definição da cobertura da habitação, Figura 6.46:

Figura 6.46 - Desenho da casa com portas e janelas



Fonte: Elaborado pela autora

7 CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais discorrendo sobre o atendimento aos objetivos lançados, as contribuições da pesquisa, bem como sugestões para trabalhos futuros.

As iniciativas para combater o problema do déficit de moradias, com os programas habitacionais, destacando-se o programa MCMV, aliado às iniciativas que abrem caminhos para formas possíveis na concessão de incentivos públicos ao setor de construção sustentável, com a criação do selo casa azul, já foram lançadas. Entretanto o que ainda parece faltar são políticas urbanas coesas e integradas, ou seja, a elaboração de um planejamento estratégico embasado em políticas urbanas integradas. Dentro de um contexto econômico favorável de um mercado aquecido e com financiamentos abundantes, no qual encontra-se o país atualmente, pode-se vislumbrar um caminho potencial para a construção de um cenário viável de democracia urbana e cidades mais sustentáveis.

A habitação como uma necessidade primária e permanente apresenta-se como chave para um futuro mais sustentável, porém requer algumas quebras de paradigmas na formação do projetista e no desenvolvimento da elaboração de projetos. Esta mudança cultural, necessária, deveria ser incentivada pelos agentes contratantes, estimulando os projetistas a um novo hábito, combatendo uma estrutura de mercado já consolidada.

Considerando a construção de habitações populares, os órgãos públicos poderiam iniciar este processo em médio ou longo prazo, exigindo a entrega de projetos certificados pelo selo casa azul através de editais de licitação pública, exercendo o papel de cliente, como já vem ocorrendo em outros países com o selo LEED, por exemplo.

Entende-se que o objetivo principal de um projeto residencial está na satisfação do seu usuário final. Contudo, não é o que vem ocorrendo na produção brasileira de HIS, pois, os usuários não participam do processo nem tão pouco do programa de necessidades. Esta insatisfação é percebida pelo grande número de intervenções posteriores realizadas pelos usuários.

Essa realidade é consequência da forma como é administrado todo o sistema de construção das habitações populares, no qual o agente executor está, na maioria das vezes, preocupado somente no cumprimento de prazos e preços estabelecidos com a captação de negócios e os projetos executados seguem apenas diretrizes mínimas estabelecidas pelo agentes promotores que estão focados na massificação e padronização de soluções.

Em face ao panorama apresentado e em consonância com o objetivo geral desta dissertação, desenvolver uma metodologia para concepção de projetos sustentáveis de habitação de interesse social, compreendeu-se que a melhor maneira de abordar a questão da sustentabilidade nas edificações é a partir do projeto, uma vez que a edificação final será o resultado de uma adequada abordagem do mesmo. Desta forma, na discussão sobre os instrumentos de auxílio ao projeto deve-se considerar sua adequação às especificidades do cenário brasileiro: ambientais, socioculturais, econômicas e suas características gerais observadas na construção civil, tanto em termos de tecnologias disponíveis, como nas características arquitetônicas.

Para uma arquitetura verdadeiramente sustentável e de qualidade, além de todas as propriedades usualmente requeridas (técnicas, estéticas e funcionais), o que importa é se foram assumidos como prioridades os aspectos realmente mais relevantes para o melhor desempenho daquela edificação. Sabe-se que as prioridades mudam em função das características do local, do povo e de sua economia. Prioridades corretas levarão à sustentabilidade do edifício e essa sustentabilidade perpassa desde aspectos qualitativos subjetivos até resultados quantitativos comprováveis, de desempenho e preservação ambiental, equidade social, respeito à tradição cultural e eficácia econômica.

Portanto, o produto final da arquitetura para a sustentabilidade ambiental, proposto nessa pesquisa, foi a síntese entre conceitos arquitetônicos, fundamentos do conforto ambiental, técnicas construtivas e a questões de eficiência energética. No entanto, o sucesso do desempenho ambiental e energético do edifício não pode ser garantido em nenhuma das etapas de projeto. Mesmo que sejam realizados estudos detalhados de simulação das condições ambientais, o gerenciamento de estratégias sustentáveis, juntamente com o cumprimento dos padrões de ocupação previamente definidos, bem como o comportamento e as expectativas dos usuários é que responderão pelo desempenho final do edifício.

A sustentabilidade inserida na metodologia proposta para concepção de projetos baseou-se na eficácia econômica, no qual as estratégias inseridas não consideram somente os menores custos, mas a adoção de estratégias que promovam os maiores benefícios ambientais e sociais; a equidade social, buscando garantir o atendimento às necessidades e aspirações da população de baixa renda, respeitando as culturas e grupos sociais; e a preservação ambiental, com a preservação de recursos naturais, com sugestões para otimização a racionalidade e a redução de danos ao meio ambiente e seus sistemas naturais.

A incorporação dos princípios de desenvolvimento sustentável influencia todo o macro processo do empreendimento. São necessárias mudanças na forma de projetar, ou seja,

envolve variações tanto em aspectos gerenciais do projeto como na concepção arquitetônica. Observou-se que a sustentabilidade do edifício deverá ser introduzida desde o momento inicial, a idealização do edifício, e depende de decisões comprometidas ao longo de todo o processo evolutivo do projeto.

A partir das considerações levantadas anteriormente, compreendeu-se a complexidade no desenvolvimento de um projeto. Pôde-se perceber na elaboração do fluxo de informações, que esse processo envolve atividades de criação e procedimentos de decisão, que visam definir os elementos componentes do objeto arquitetônico. O fluxo foi assim definido de maneira evolutiva, ao longo de etapas formalmente definidas.

Em cada etapa deste fluxo pôde-se perceber a necessidade de estudos, definições e detalhamentos do projeto. Seriam sistemas de informações, tipologias, modelos, cálculos, simulações e discussões, que são primordiais para garantir a qualidade do projeto. Assim, uma série de instrumentos de auxílio ao projeto para apoiar a resolução de assuntos específicos poderiam ser citados.

Estes instrumentos são indicados para estudos mais aprofundados de desenvolvimento e detalhamento de elementos específicos do projeto. Porém, a proposta deste trabalho está focada em uma etapa inicial, caracterizada por uma abordagem mais ampla, envolvendo múltiplos aspectos simultaneamente.

Acredita-se que é justamente nessa etapa inicial da evolução do projeto, quando ainda não se dispõe de muitas informações, que decisões projetuais ponderadas entre os atores envolvidos são mais estratégicas, pois definem aspectos que irão concorrer com maior importância para o desempenho futuro da edificação. São decisões relativas à implantação, à forma e à orientação que precisam ser tomadas, que se errôneas, poderão acarretar elevados custos para soluções de adaptação ou correção.

Os requisitos de sustentabilidade ambiental inseridos no fluxo foram retirados da certificação da Caixa, selo casa azul. O critérios dispostos no selo possuem uma boa abrangência nas etapas do processo de elaboração de projetos. Isto pôde ser observado pela implementação de requisitos em praticamente todas as etapas do processo.

Porém, a simples introdução dos critérios de sustentabilidade para meio da avaliação, pode não ser capaz de alcançar a sustentabilidade de forma mais adequada, pois alguns conhecimentos adicionais devem ser estudados e analisados juntamente com os critérios. Além disso, em alguns critérios, muitas vezes, faltam informações para definições de projeto, como foi destacado na questão das proteções solares que não indicam os horários do dia a ser

sombreados. Os meios de indicadores para alcance dos critérios, muitas vezes são pouco rigorosos e acabam levando a uma falsa sustentabilidade.

Por sua vez, os critérios sugeridos na certificação ambiental da Caixa são adequados quanto a realidade de habitações de interesse social. Para construção de um edifício sustentável, não necessariamente precisam ser utilizadas tecnologias inovadoras e metas para reduções drásticas de consumo, visto que estas podem tornar inviáveis economicamente este tipo de habitação. No selo casa azul, são sugeridas estratégias simples, tais como a racionalização do uso de materiais através do uso de pré-moldados e o desenvolvimento da coordenação modular.

Vale ressaltar, que apesar de não terem sido consideradas na pesquisa, pela limitação de se estudar somente o projeto, as questões sociais abordadas no selo casa azul, sexta categoria, práticas sociais, as mesmas tem papel fundamental na questão da construção de habitações populares, pois buscam conscientizar aos funcionários e futuros proprietários das casas a importância da sustentabilidade. Não basta ter uma construção com estratégias sustentáveis, é fundamental que os futuros usuários deem continuidade às questões inseridas.

Quanto a caracterização climática da cidade de Fortaleza, pôde-se concluir que os projeto para esta cidade de clima quente e úmido deverão ter duas preocupações básicas, a questão da insolação, por conta dos altos níveis de radiação solar durante todo o ano; e os ventos, que ocorrem predominantemente no sentido sudeste. A ventilação estará sempre em primeiro lugar nas estratégias arquitetônicas, quanto ao posicionamento da edificação. Os problemas de ganho de calor e radiação solar ingressos pelas grandes aberturas deverão ser controlados com o uso de proteções solares e eleição adequada de materiais e cores.

A ventilação cruzada é ferramenta obrigatória para as habitações populares em Fortaleza e para sua garantia sugere-se a utilização de *softwares* de simulação e análise detalhada de alternativas de projetos.

Acredita-se que a sustentabilidade social foi alcançada no processo a partir do uso das informações descritas por Mororó (2012). Não só as questões dimensionais dos ambientes, mas principalmente as características de relações entre os cômodos e disposição dos mesmo na extensão do terreno, foram um diferencial na proposta de concepção de projeto.

Pôde-se observar ainda, que a realidade das legislações quanto às áreas e larguras mínimas dos cômodos não estão muito diferentes da real necessidade encontrada nas habitações auto construídas. Porém, algumas considerações fundamentais devem ser implementadas na elaboração de projetos de HIS, garantindo além da satisfação do usuário, a possibilidade de posterior ampliação da habitação, visto que esta extensão da casa é bastante frequente. Assim,

o projeto deve ser pensado de forma a possibilitar esta ampliação de forma mais racional, com menor custos à população.

Quanto a proposta de testada mínima de 5,0 m para as habitações populares, considera-se este valor inadequado. Como foi discutido ao longo do fluxo de informações, na etapa de compartimentação, essa largura não permite o uso de um recuo lateral no lote, por conta das larguras mínimas da circulação e dos quartos.

Uma forte evidência para a necessidade do uso do recuo é que apenas nas opções de projetos com terrenos utilizando a largura mínima de 5,0 m, existirá obrigatoriamente janelas dos quartos voltadas para o oeste, direção não indicada para a realidade de Fortaleza. Isto ocorre nos projetos com a fachada principal orientada a leste e oeste, no qual um dos quartos, nas duas opções, deverá estar direcionado a oeste.

Baseado na grande importância do uso de recuos laterais para o melhor conforto ambiental, além de facilitar o uso de ventilação cruzada nos ambientes de longa permanência, propõe-se que não devam ser utilizados lotes com testadas menores que 5,25 m, largura mínima para utilização de recuo em toda a extensão da casa.

Através do desenvolvimento de cada etapa do trabalho, juntamente com o cumprimento dos objetivos específicos, considera-se que o objetivo geral da pesquisa foi atingido. Reconhece-se as limitações da proposta elaborada, compreendida por uma discussão inicial da concepção de projetos sustentáveis para habitações populares, porém percebe-se uma série de contribuições geradas pelos resultados da pesquisa.

Uma contribuição social é facilmente observada, com a inserção das características da realidade das habitações auto construídas na tentativa de melhorar a adequação e, consequentemente, a qualidade de vida da população. A metodologia proposta pretende agilizar o processo de elaboração de projetos, no qual as considerações de projeto poderiam ser facilmente modificadas, no caso de se trabalhar com uma população e cultura diferente.

Como contribuição científica entende-se principalmente a metodologia utilizada para abordagem da inserção da sustentabilidade na concepção de projetos. Nesse caso, os critérios de sustentabilidade do selo casa azul foram traduzidos em parâmetros e inseridos nas etapas do fluxo de informações como estratégias de projeto.

Em relação a contribuição tecnológica, a pesquisa possibilitou inovações no processo de concepção arquitetônica, no qual foi utilizado o ambiente BIM, consolidando os conhecimentos gerados na etapa de desenvolvimento da pesquisa, provando sua eficiência e eficácia, agilizando o processo de elaboração com a automatização das etapas.

Por fim, quanto as contribuições econômicas, a pesquisa buscou minimizar os impactos gerados pelas edificações em relação ao consumo de energia, água e recursos materiais com a implantação de estratégias sustentáveis. Foi também minimizado o tempo do processo de concepção de projetos com a metodologia proposta.

Partindo dos resultados encontrados com a metodologia proposta, acredita-se que muitos estudos ainda podem ser realizados a partir desta pesquisa, pois durante seu desenvolvimento foram encontradas algumas lacunas e oportunidades para trabalhos futuros:

- Ampliar a inserção da sustentabilidade introduzindo os critérios de energias renováveis e reuso de águas pluviais, estudando as melhores opções a partir da disponibilidade das características climáticas do local de estudo para determinação das modificações e estratégias a serem introduzidas no projeto;
- Inserir no processo de concepção arquitetônica as características dos projetos de instalações elétricas e hidros sanitárias, avaliando as modificações das estratégias quanto a economia de materiais e flexibilidade de projeto;
- Estudar métodos de tomada de decisão para escolha de projeto mais adequado nas opções fornecidas na etapa de compartimentação;
- Utilizar ferramentas para análise detalhada das etapas da metodologia, por exemplo, na definição das aberturas, o uso de softwares de simulação para dimensionamento, escolha de materiais e posicionamento mais favoráveis destas na habitação;
- Uma vez que este trabalho limitou-se a estudar a unidade habitacional, um série de outras características sustentáveis podem ser analisadas no entorno do edifício. Sugere-se assim a análise de um conjunto habitacional, considerando as influências da vizinhança no desempenho da habitação;
- Estudar detalhadamente os critérios sustentáveis de outras certificações ambientais a fim de complementar as questões sustentáveis no processo;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, Alex K.; ORNSTEIN, Sheila W. (Org) **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social,** São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2002.

ANDRADE, M. L. V. X., RUSCHEL, R. C.: MOREIRA, D.C. O processo e os métodos. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K.: MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRÍCIO, M. M. (orgs.) **O processo de projeto em arquitetura**: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, cap. 4.

ANDRADE, M. L. V. X., RUSCHEL, R. C.: MOREIRA, D.C. Building Information Modeling (BIM). In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K.: MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRÍCIO, M. M. (orgs.) **O processo de projeto em arquitetura**: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, cap. 21.

ANDRADE, M. L. V. X.; RUSCHEL, R. C. **BIM**: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências. In: SBQP 2009 Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído IX Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios 18 a 20 de Novembro de 2009 – São Carlos, SP – Brasil. Universidade de São Paulo.

ASIEDU, W. G., SCHEUBLIN, F. J. M., Van Egmond De Wilde, E. L. C. (2009). The Elements in Sustainable Construction Industry: Building Criteria and Indicators for Performance Assessment. **Proceedings** 3rd CIB International Conference on Smart and Sustainable Built Environments, Delft, Netherlands.

BAE,J; KIM,Y. Sustainable value on construction Project and application of lean construction methods. In: ANNUAL CONFERENCE ON LEAN CONSTRUCTION, 15. 2007, Michigan. **Proceedings**… Michigan: 2007.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental Empresarial**: conceitos, modelos e instrumentos. São Paulo: Editora Saraiva, 2004.

BIEKER, T., DYLLICK, T., GMINDER, C. and HOCKERTS, K. Towards a Sustainability Balanced Scorecard Linking Environmental and Social Sustainability to Business Strategy. **Proceedings** Conference of Business Strategy and the Environment, Leeds, UK, 2001.

BONDUKI, N. G. **Origens da habitação social no Brasil**: arquitetura moderna, Lei do Inquilinato e difusão da Casa Própria. São Paulo: Estação Liberdade, 2004.

BRANDLI, L.; KOHLER, R.; BRITO, F.; KOTLINSKI, J.; FRANDOLOSO, M. Avaliação do Indicador de Sustentabilidade em Edificações nas Cidades de Passo Fundo e Ijui, RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 5., 2007, Campinas. **Anais**... Campinas: 2007.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional**. Brasília, 2009.

CAIXA. **Selo Casa Azul**, boas práticas para habitações mais sustentáveis. São Paulo: Páginas e Letras, 2010.

CARDOSO, Antônio L.; RIBEIRO, Luis C. Q. R. Os municípios e as políticas habitacionais. In: ABIKO, Alex K.; ORNSTEIN, Sheila W. (Org) **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**, São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2002, cap.2.

CARDOSO, Daniel R. **Desenho de uma poiesis**: comunicação de um processo coletivo de criação na arquitetura. Tese de Doutorado (Doutorado em Comunicação e Semiótica). Pontificia Universidade Católica de São Paulo – PUC-SP, 2008.

CARVALHO, C. R.; FONSECA, R. W.; GALAFASSI, M.; CARTANA, R. P. Avaliação de eficiência energética de um edifício educacional no município de Palhoça utilizando o regulamento técnico da qualidade para edifícios comerciais, de serviços e públicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13, 2010, Canela. **Anais**...Canela, 2010.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os trópicos**: conforto ambiental. Rio de Janeiro: Revan, 2.ed., 2010.

CRESWELL, J. W. **Qualitative Inquire & Research Design**: choosing among five approaches. Lodon: Sage, 2007.

DENG, Y., LI, Z., QUIGLEY, J. M. Economic Returns to Energy-Efficient Investments in the Housing Market: Evidence from Singapore. Regional Science and Urban Economics, forthcoming, 2011.

DUARTE, José P. **Personalizar a habitação em série**: Uma Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira do Siza. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook**: a Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. New Jersey: JohnWiley & Sons, 2008.

FABRÍCIO, Márcio M..; MELHADO, Sílvio B. O processo cognitivo e social de projeto. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K.: MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRÍCIO, M. M. (orgs.) **O processo de projeto em arquitetura**: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, cap. 2.

FONSECA, I. C. L.; ALMEIDA, C. C. R.; LOMARDO, L. L. B.; MELLO, E. N. Avaliações de conforto ambiental e eficiência energética do projeto do prédio do Centro de Informações do Cresesb, no Rio de Janeiro. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 41-58, abr./jun. 2010.

FONTENELLE, M. R.; BASTOS, L. E. G. Desafios da integração dos princípios de sustentabilidade no projeto de arquitetura: a importância de adoção de métodos de auxílio à tomada de decisão. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2.,Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 10., 2011, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: 2011.

FOSSATI, M.; LAMBERTS, R. Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 59-69, abr./jun. 2010.

FREITAS, Carlos G. L.; FARAH, Flávio. Desenvolvimento de tipologias para habitações para encostas e de procedimentos de abordagem ambiental aplicáveis a empreendimentos habitacionais de interesse social. In: ABIKO, Alex K.; ORNSTEIN, Sheila W. (Org) **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social,** São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2002, cap.4.

FUNDAÇÃO CARLOS ALBERT VANZOLINI (FCAV); CERTIVÉA. **Referencial Técnico de Certificação Edifícios do setor de serviços** - Démarche HQE. Adaptação para o Brasil: versão 0 (provisória). São Paulo, 15/10/2007.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Centro de Estatística e Informações. **Déficit habitacional no Brasil**, 2007. Convênio PNUD/Ministério das Cidades, Belo Horizonte, 2007.

GIL, A. C. (2007). **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas.

GODOI, C. K.; MATTOS, P. L. C. L. Entrevista qualitativa: instrumento de pesquisa e evento dialógico. In: GODOI, C. K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. B. (orgs). **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais**: Paradigmas, estratégias e métodos. São Paulo: Saraiva, 2006, p. 429-460.

GODOY, A. S. Estudo de caso qualitativo In: GODOI, C. K.; BANDEIRA-DE-MELLO, R.; SILVA, A. B. (orgs). **Pesquisa qualitativa em estudos organizacionais**: Paradigmas, estratégias e métodos. São Paulo: Saraiva, 2006, p. 115-146.

GRILLO, José Carlos Soares. **Reabilitação ambiental de edifício público moderno**: O caso do Palácio Itamaraty. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, 2005.

HERNANDES, THIAGO ZALDINI. São Paulo, SP, 2006. 134 p. Dissertação (Mestrado de Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU). Universidade de São Paulo, 2006.

HORVATH, A. Construction Materials and the Environment. **Annual Review of Environmentand Resources,** v. 29, pp. 181-204, 2004.

INMETRO. **Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações**, 2008. Disponível em: <www.procelinfo.com.br>. Acesso em: 03 maio 2012.

KATS, G. H. The Cost and Financial Benefits of Green Buildings. **A Report to California's Sustainable Building Task Force**, out. 2003.

KILBERT, C. J. **Sustainable construction: green building design and delivery**, John Wiley, Hoboken, N.J, 2007.

KRYGIEL, Eddy; NIES, Bradley. **Green BIM**: successful sustainable design with building information modeling. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2008.

KORKMAZ, S.; MESSNER, J. I.; RILEY, D. R.; MAGENT, C. High-Performance Green Building Design Process Modeling and Integrated Use of Visualization Tools. **Journal of Architectural Engineering**, v. 16, n. 1, 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

LEÃO JÚNIOR, R. S. N.; BITTENCOURT, L. S. "Edifícios Inteligentes", Propaganda e Mercado Imobiliário da Cidade de Maceió-AL. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: 2008.

LEWIS, M. A. (2000) " Lean production and sustainable competitive advantage" University of Warwick, Coventry, UK. **International Journal of Operations & Production Management**. Vol. 20 No. 8. pp. 959-978.

MARICATO, E. **A produção capitalista da casa e da cidade no Brasil industrial**. São Paulo, Alfa-Omega, 1978.

MARQUES, F. M. **A importância da seleção de materiais de construção para a sustentabilidade ambiental do edifício.** Dissertação (Mestrado de Arquitetura). Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria de Habitação. **Programa Minha Casa Minha Vida (Lei 11.977/2009)**. Brasília, 2009.

MORORÓ, Mayra S.M. **Habitação Progressiva Autoconstruída:** caracterização morfológica com uso da gramática da forma. Fortaleza, CE, 2012, 163p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, 2012.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. Sustentabilidade e processos de projetos de edificações. **Gestão & Tecnologia de Projetos,** v. 4, n. 1, 2009.

MOTTA, S. R. F.; ANDERY, P. R. P.; AGUILAR, M. T. P. Um Modelo de Inserção da Sustentabilidade no Processo de Produção da Edificação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1., 2009, São Carlos, **Anais**... São Carlos, 2009.

NAHMENS, I., IKUMA, L. H., (2011). Effects of Lean on Sustainability of Modular Homebuilding. **Journal of Architectural Engineering.** doi:10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000054.

NERBAS, P. F.; KUHN, E. A. Desafios à inserção de requisitos de sustentabilidade ambiental em projetos-padrão para habitação de interesse social: o caso Casa Cerâmica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SUSTENTABILIDADE E HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 1., 2010. **Anais...** Porto Alegre, 2010.

OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. Gestão da água em edifícios do setor de serviços segundo o referencial técnico francês – HQE. In: ENCONTRO NACIONAL DE

TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., 2008, Fortaleza. **Anais**... Fortaleza: 2008.

OLIVEIRA, M. R.; FABRÍCIO, M. M. Projeto paramétrico e prototipagem rápida: casos em instituições internacionais. In: KOWALTOWSKI, D. C. C. K.: MOREIRA, D. C.; PETRECHE, J. R. D.; FABRÍCIO, M. M. (orgs.) **O processo de projeto em arquitetura**: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011, cap. 23.

OLIVEIRA, V. M.; MARTINS, M. F.; CÂNDIDO, G. A. O Ecodesign como Ferramenta de Gestão Ambiental aplicada ao Setor da Construção Civil: o caso de um Condomínio Horizontal com Proposta Sustentável em Campina Grande – PB. In: ENCONTRO DE ESTUDOS EM ESTRATÉGIA, 5., 2011, Porte Alegre. **Anais**... Porto Alegre: 2011.

PALERMO, C. MORAIS; COSTA, M.; FELIPE, C. **Habitação social: uma visão projetual**. In: IV Colóquio de Pesquisas em Habitação, 2007, UFMG.

PARDINI, A. F. **Contribuição ao entendimento da aplicação da certificação leed e do conceito de custos no ciclo de vida em empreendimentos mais sustentáveis no Brasil.** Dissertação (Mestrado Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura, Universidade Estadual de Campinas, 2009.

PEREIRA, Fernando O.R. etall. Características da habitação de interesse social na Região de Florianópolis: desenvolvimento de indicadores para melhoria do setor. In: ABIKO, Alex K.; ORNSTEIN, Sheila W. (Org) **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social,** São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2002, cap.7.

PROCELINFO. A tendência da eficiência energética. **PROCELINFO**, 2010. Disponível em: <www.procelinfo.com.br>. Acessoem: 03 maio 2012.

RAO, P.; HOLT, D. Do green supply chains lead to competitiveness and economic performance? **International Journal of Operations & Production Management.** Emerald Group Publishing Limited Vol. 25 No. 9. pp. 898-916, 2005.

ROMERO, Marcelo de A.; VIANNA, Nelson S. Procedimentos metodológicos para aplicação de avaliação pós ocupação em conjuntos habitacionais para a população de baixa renda: do desenho urbano à unidade habitacional. In: ABIKO, Alex K.; ORNSTEIN, Sheila W. (Org) **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social,** São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2002, cap. 8.

SALOMÃO, T.M..; CARDOSO, F.F.; SAIDEL, M.A. Metodologias de avaliação de eficiência energética em edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS., 5, 2009, Recife. **Anais...** Recife, 2009.

SCHEIDT, F. S. S.; SILVA, P. R.; SILVA, S. M. C. P.; HIROTA, E. H. Consideração de requisitos ambientais em empreendimentos habitacionais de interesse social: um estudo de caso. **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 10, n. 1, p. 91-106, 2010.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros**: diretrizes e base metodológica. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade Politécnica de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, 2003.

SOUZA, R. S. Evolução e condicionantes da gestão ambiental nas empresas. **Revista Eletrônica de Administração** (REAd), ed. esp. 30, v. 8, n. 6, nov./dez., 2002.

VEEMAN, T. S.; POLYTILO, J. The role of institutions in policy in enhancing sustainable development and conserving natural capital. **Environmental Development and Sustainability, Netherlands**, Vol. 5 No. 3. pp. 317-332, 2003.

WERNA, Edmundo; ABIKO, Alex; COELHO, Leandro. O novo papel do Estado na oferta de habitação e parcerias de agentes públicos e privados. In: ABIKO, Alex K.; ORNSTEIN, Sheila W. (Org) **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social,** São Paulo: Câmara Brasileira do Livro, 2002, cap. 3.

WORLD COMISSION ON ENVIROMENTAL AND DEVELOPMENT (WCED). **Our Common Future.** Oxford: Oxford University Press, 1987.

ZAMBRANO, L. M. A. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura.** Tese (Doutorado de Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

ANEXOS

Anexo 01 – Especificações mínimas de Projeto – Tipologia Casa

Anexo 02 – Tipologias – paredes, selo casa azul.

Anexo 03 – Tipologias – coberturas, selo casa azul.

ANEXO 01 – Especificações mínimas de projeto – Tipologia casa

CAIXA Ministério das Cidades GOVERNO FEDERAL BRASIL PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

Programa Minha Casa Minha Vida / FAR

Especificações Mínimas

Casa* (Para contratação com valor máximo de aquisição da unidade de acordo com o item 7.1 do Anexo I da Portaria N° 465, de 03 de outubro de 2011)

Projeto	Casa com sala / 1 dormitório para casal e 1 dormitório para duas pessoas / cozinha / área de serviço (externa) / circulação / banheiro.
DIMENSÕES DOS CÔMODOS (Estas especificações não estabelecem área mínima de cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto, evitando conflitos com legislações estaduais ou municipais que versam sobre dimensões mínimas dos ambientes)	
Dormitório casal	Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.
Dormitório duas pessoas	Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,80 m x 1,90 m); 1 criado-mudo (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações mínimo de 0,50 m.
Cozinha	Largura mínima da cozinha: 1,80 m. Quantidade mínima: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.
Sala de estar/refeições	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e Estante/Armário TV.
Banheiro	Largura mínima do banheiro: 1,50 m. Quantidade mínima: 1 lavatório sem coluna, 1 vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, 1 box com ponto para chuveiro – (0,90 m x 0,95 m) com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado, desnível máx. 15 mm; Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.
Área de Serviço	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52 m x 0,53 m) e 1 máquina (0,60 m x 0,65 m).
Em Todos os Cômodos	Espaço livre de obstáculos em frente às portas de no mínimo 1,20 m. Deve ser possível inscrever, em todos os cômodos, o módulo de manobra sem deslocamento para rotação de 180° definido pela NBR 9050 (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos.
CARACTERÍSTICAS GERAIS	
Área útil (área interna sem contar áreas de paredes)	36,00 m²
Pé direito mínimo	2,30 m nos banheiros e 2,50 m nos demais cômodos.
Cobertura	Em telha cerâmica/concreto com forro ou de fibrocimento (espessura mínima de 5mm) com laje, sobre estrutura de madeira ou metálica.
Revestimento Interno	Massa única, gesso (exceto banheiros, cozinhas ou áreas de serviço) ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento Externo	Massa única ou concreto regularizado para pintura.
Revestimento Áreas Molhadas	Azulejo com altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço.
Revestimento áreas comuns	Massa única, gesso ou concreto regularizado para pintura.
Portas e Ferragens	Portas internas em madeira. Admite-se porta metálica no acesso à unidade. Batente em aço ou madeira desde que possibilite a inversão do sentido de abertura das portas. Vão livre de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas. Previsão de área de aproximação para abertura das portas (0,60 m interno e 0,30 m externo), maçanetas de alavanca a 1,00 m do piso.
Janelas	Completa, de alumínio para regiões litorâneas (ou meios agressivos) e de aço para demais regiões. Vão de 1,50 m² nos quartos e 2,00 m² na sala, sendo admissível uma variação de até 5%.
Pisos	Cerâmica esmaltada em todo a unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15mm.
Ampliação da UH	Os projetos deverão prever a ampliação das casas.
PINTURAS	
Paredes internas	Tinta PVA.
Paredes de áreas molhadas	Tinta acrílica.
Paredes externas	Tinta acrílica ou textura impermeável.
Tetos	Tinta PVA.
Esquadrias	Em esquadrias de aço, esmalte sobre fundo preparador. Em esquadrias de madeira, esmalte ou verniz.
LOUÇAS E METAIS	
Lavatório	Louça sem coluna e torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Acabamento de registro de alavanca ou cruzeta.
Vaso Sanitário	Louça com caixa de descarga acoplada.
Tanque	Capacidade mínima de 20 litros, de concreto pré-moldado, PVC, granilite ou mármore sintético com torneira metálica cromada com acionamento por alavanca ou cruzeta. Acabamento de registro de alavanca ou cruzeta.
Pia cozinha	Bancada de 1,20 m x 0,50 m com cuba de granilite ou mármore sintético, torneira metálica cromada. Torneira e acabamento de registro de alavanca ou cruzeta.
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS / TELEFÔNICAS	
Número de pontos de tomadas elétricas	2 na sala, 4 na cozinha, 1 na área de serviço, 2 em cada dormitório, 1 tomada no banheiro e mais 1 tomada para chuveiro elétrico (mesmo em caso de aquecimento solar).
Número de pontos diversos	1 ponto de telefone, 1 ponto de antena e 1 ponto de interfone (em condomínios).
Número de circuitos	Prever circuitos independentes para chuveiro (dimensionado para a potência usual do mercado local), tomadas e iluminação.
Interfone	Instalar sistema de porteiro eletrônico em condomínios.
Geral	Tomadas baixas a 0,40 m do piso acabado, interruptores, interfones, campainha e outros a 1,00 m do piso acabado.

CAIXA Ministério das Cidades GOVERNO FEDERAL BRASIL PAÍS RICO É PAÍS SEM POBREZA

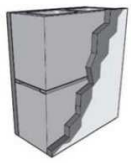
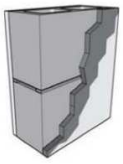
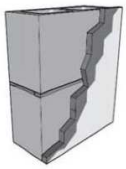
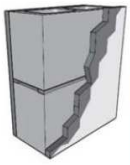
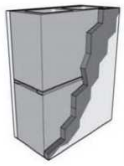
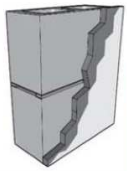
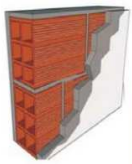
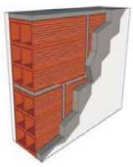
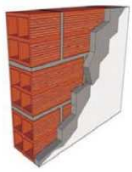
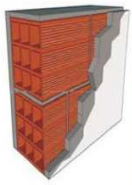
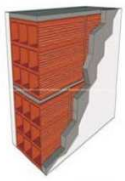
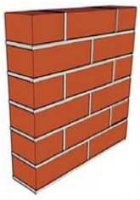
Programa Minha Casa Minha Vida / FAR

Especificações Mínimas

Casa* (Para contratação com valor máximo de aquisição da unidade de acordo com o item 7.1 do Anexo I da Portaria N° 465, de 03 de outubro de 2011)	
DIVERSOS	
Reservatório	Caixa d´água de 500 litros ou de maior capacidade quando exigido pela concessionária local. Para reservatório elevado de água potável, em condomínio, prever instalação de no mínimo 2 bombas de recalque com manobra simultânea.
Vagas	Vagas de garagem conforme definido na legislação municipal.
Cercamento do condomínio	Alambrado com baldrame e altura mínima de 1,80 m no entorno do condomínio.
Proteção da alvenaria externa	Em concreto com largura de 0,50 m ao redor da edificação.
Calçadas para circulação interna no condomínio	Largura mínima de 0,90 m.
Máquina de Lavar	Prever solução para máquina de lavar roupas (ponto elétrico, hidráulica e de esgoto).
Equipamento de lazer / uso comunitário	Obrigatório para empreendimentos em condomínio, com 60 UH ou mais, devendo prever recursos de, no mínimo, 1% da soma dos custos de infraestrutura e edificações. Considerado o valor destinado para este item, serão produzidos os equipamentos a seguir especificados, obrigatoriamente nesta ordem: centro comunitário; espaço descoberto para lazer/recreação infantil; e quadra de esportes.
	Em condomínio, obrigatória a execução de depósito de lixo e local para armazenamento de correspondência.
TECNOLOGIAS INOVADORAS	
	Aceitáveis as tecnologias inovadoras testadas e aprovadas conforme a Norma de Desempenho - NBR-15.575 e homologadas pelo SINAT ou que comprovarem desempenho satisfatório junto à CAIXA.
SUSTENTABILIDADE	
	Aquecimento solar nas unidades (item obrigatório em todas as regiões). Sistema aprovado pelo INMETRO.
	Medição individualizada de água e gás (ou sistema de botijão individualizado).
INFRAESTRUTURA	
	Pavimentação definitiva, calçadas, guias, sarjetas e sistema de drenagem.
	Sistema de abastecimento de água.
	Solução de esgotamento sanitário.
	Energia elétrica e iluminação pública.
ACESSIBILIDADE E ADAPTAÇÃO	
Áreas de uso comum	Deverá ser garantida a rota acessível em todas as áreas públicas e de uso comum no empreendimento. Orientações disponíveis na Cartilha de Acessibilidade a Edificações e Espaços e Equipamentos Urbanos, elaborada pela CAIXA.
Unidades adaptadas	Disponibilizar unidades adaptadas ao uso por pessoas com deficiência, com mobilidade reduzida e idosos, de acordo com a demanda, com kits específicos devidamente definidos. Na ausência de legislação municipal ou estadual que estabeleça regra específica, disponibilizar no mínimo 3% das UH.

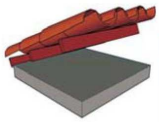
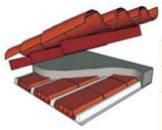
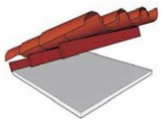
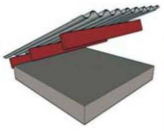
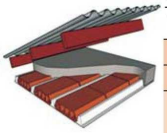
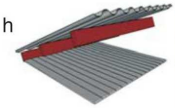
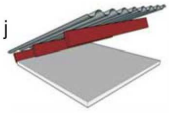
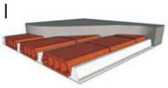
OBSERVAÇÕES	
	* Edificação residencial unifamiliar de um pavimento.

ANEXO 02 – Tipologias – paredes, selo casa azul.

Parede tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas	U [W/(m²K)]	CT [kJ/m²K]	α [-]	FCS [-]
a		Argamassa interna (2,5cm) Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.86	2.03	0.2 0.4 0.8	2.3 4.6 9.2
b		Gesso interno (2,0cm) Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.8	174	0.2 0.4 0.8	2.2 4.5 9.0
c		Sem revestimento interno Bloco de concreto (9,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	3.09	157	0.2 0.4 0.8	2.5 4.9 9.0
d		Argamassa interna (2,5cm) Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.76	265	0.2 0.4 0.8	2.2 4.4 8.8
e		Gesso interno (2,0cm) Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.7	235	0.2 0.4 0.8	2.2 4.3 8.6
f		Sem revestimento interno Bloco de concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.95	214	0.2 0.4 0.8	2.4 4.7 9.4
g		Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.59	145	0.2 0.4 0.8	2.1 4.1 8.3
h		Gesso interno (2,0cm) Bloco cerâmico (9,0 x 14,0 x 24,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.55	115	0.2 0.4 0.8	2.0 4.1 8.2
i		Sem revestimento interno Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.86	100	0.2 0.4 0.8	2.2 4.5 8.9
j		Sem revestimento interno Bloco cerâmico (9,0 x 9,0 x 24,0cm) Sem revestimento externo	3.12	41	0.2 0.4 0.8	2.5 5.0 10.0
k		Argamassa interna (2,5cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	1.98	156	0.2 0.4 0.8	1.6 3.2 6.3
l		Gesso interno (2,0cm) Bloco cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	1.89	122	0.2 0.4 0.8	1.5 3.0 6.1
m		Sem revestimento interno Bloco cerâmico (14,0 x 14,0 x 29,0cm) Argamassa externa (2,5cm) Pintura externa (α)	2.09	103	0.2 0.4 0.8	1.7 3.3 6.7
n		Sem revestimento interno Bloco cerâmico (14,0 x 9,0 x 24,0cm) Sem revestimento externo	2.49	55	0.2 0.4 0.8	2.0 4.0 8.0
o		Sem revestimento interno Tijolo maciço (10,0 x 6,0 x 22,0cm) Sem revestimento externo	3.7	149	0.2 0.4 0.8	3.0 5.9 11.8

Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – LabEEE/UFSC.

ANEXO 03 – Tipologias – coberturas, selo casa azul.

Cobertura tipo	Imagem	Descrição/Propriedades térmicas	U [W/(m²K)]	CT [kJ/m²K]	α [-]	FCS [-]
a		Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha cerâmica	2.05	238.5	0.2	1.6
					0.4	3.3
					0.8	6.6
b		Laje pré-moldada com cerâmica (12,0cm) Câmara de ar (> 5,0 cm) Telha cerâmica	1.92	113	0.2	1.5
					0.4	3.1
					0.8	6.1
c		Forro PVC (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha cerâmica	1.75	21.4	0.2	1.4
					0.4	2.8
					0.8	5.6
d		Forro madeira (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha cerâmica	2.02	26.4	0.2	1.6
					0.4	3.2
					0.8	6.4
e		Forro gesso (3,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha cerâmica (1cm)	1.93	37.3	0.2	1.5
					0.4	3.1
					0.8	6.24
f		Laje maciça (10,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento	2.06	232.8	0.2	1.6
					0.4	3.3
					0.8	6.6
g		Laje pré-moldada com cerâmica (12,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento	1.93	106	0.2	1.5
					0.4	3.1
					0.8	6.2
h		Forro PVC (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento	1.76	15.8	0.2	1.4
					0.4	2.8
					0.8	5.6
i		Forro madeira (1,0cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento	2.02	20.8	0.2	1.6
					0.4	3.2
					0.8	6.4
j		Forro gesso (3,0 cm) Câmara de ar (> 5,0cm) Telha fibrocimento	1.94	31.7	0.2	1.6
					0.4	3.1
					0.8	6.2
k		Laje maciça (10,0cm) Sem telhamento	3.73	220	0.2	3.0
					0.4	6.0
					0.8	11.9
l		Laje pré-moldada com cerâmica (12,0cm) Sem telhamento	3.33	95	0.2	2.7
					0.4	5.3
					0.8	10.7

Fonte: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina – LabEEE/UFSC.