

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO URBANO

LÍVIA FERREIRA DE FRANÇA

**SINGULAR E PLURAL: estudos de conforto ambiental à luz de arquitetura
bioclimática, eficiência energética e experiência espacial do usuário**

Recife

2018

LÍVIA FERREIRA DE FRANÇA

**SINGULAR E PLURAL: estudos de conforto ambiental à luz de arquitetura
bioclimática, eficiência energética e experiência espacial do usuário**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Urbano.

Área de concentração: Desenvolvimento urbano.

Orientador: Prof. Dr. Ruskin Marinho de Freitas.

Recife
2018

Catálogo na fonte
Bibliotecário Jonas Lucas Vieira, CRB4-1204

F814s França, Lívia Ferreira de
Singular e plural: estudos de conforto ambiental à luz de arquitetura bioclimática, eficiência energética e experiência espacial do usuário / Lívia Ferreira de França. – Recife, 2018.
184 f.: il., fig.

Orientador: Ruskin Marinho de Freitas.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Programa de Pós- Graduação em Desenvolvimento Urbano, 2018.

Inclui referências.

1. Arquitetura bioclimática. 2. Eficiência energética. 3. Experiência espacial do usuário. 4. Conforto ambiental. 5. Sustentabilidade. 6. Edificações públicas. I. Freitas, Ruskin Marinho de (Orientador). II. Título.

711.4 CDD (22. ed.) UFPE (CAC 2018-196)

LÍVIA FERREIRA DE FRANÇA

**SINGULAR E PLURAL: estudos de conforto ambiental à luz de arquitetura
bioclimática, eficiência energética e experiência espacial do usuário**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Urbano.

Aprovada em: 04/07/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ruskin Marinho de Freitas (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Fernando Diniz Moreira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr^a. Gianna Melo Barbirato (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Pierre Georges Joseph Fernandez (Examinador Externo)
École Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse

Esse trabalho é dedicado aos meus filhos e filha,
Luís Eduardo, Melissa e Pietro.

AGRADECIMENTOS

Pela realização desse trabalho, expresso minha gratidão, a princípio, à força Divina que me anima e impulsiona, com muito amor, aos incontáveis mensageiros de luz que conosco se preocupam, com sentimento de fraternidade, e aos meus pais e minha irmã, Gislaine, Luiz (no outro plano) e Íris, com enorme ternura.

A Ruskin Freitas, com sincero reconhecimento, aos demais professores e professoras do MDU e do PRODEMA/UFPE, com elevado apreço, a Renata Albuquerque, em menção a todos os servidores do MDU, com carinho, e aos colegas do MDU, com alegria.

À Reitora do IFPE, Anália Ribeiro, e à Diretora do DOPE/IFPE, Virgínia Gouveia, com respeito e admiração, e aos colegas servidores, professores, alunos e estagiários do IFPE, com grande entusiasmo.

A Ana Renata Santos, pelo incentivo inicial, a Juliana Andrade e Catarina Lacerda, pelas cuidadosas revisões, a Carolina Falcão, pelo resumo em língua inglesa, a Katiana Baraúna, pelo auxílio com as traduções, a Sebastião Câmara, pelo resumo em língua francesa, a Ana Elisabete Bezerra, Keyla Verônica Batista, Suzeli Pacheco e Débora Rejane Santos, pelos constantes incentivos, a todos com imensa amizade.

E ao meu marido e amigo de sempre, Péricles, sem palavras. Ou, melhor, com todas as melhores palavras!

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”

Coralina (2007, p. 163-164).

RESUMO

A arquitetura bioclimática utiliza os elementos climáticos e os recursos regionais, tecnológicos e culturais a favor das soluções para o condicionamento ambiental natural. Por sua vez, a eficiência energética tem a finalidade de fornecer determinado serviço com a menor utilização possível de energia, o que, nas edificações, significa o aproveitamento das características físicas da envoltória para o controle solar. No Brasil, entrou em vigor, em agosto de 2014, uma Instrução Normativa (IN 2) que instituiu a obrigatoriedade da etiquetagem de eficiência energética das edificações públicas federais. Assim, o objetivo precípuo dessa pesquisa é estudar a relação entre forma e eficiência energética, para avaliar as repercussões desses fatores na experiência espacial dos usuários no meio edificado. Essa pesquisa foi construída sob o método de investigação hipotético-dedutivo, por meio de pesquisa bibliográfica e documental, auxiliada por observação de casos e aplicação de formulários aos estudantes dos cursos superiores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – *Campus Recife*, nosso *locus* de pesquisa. Como objeto empírico de estudo, adotamos um proposto edifício de aulas do *Campus Recife*, destinado a esses estudantes, o qual foi investigado utilizando-se princípios bioclimáticos e, posteriormente, submetido à etiquetagem de eficiência energética. Com base nos resultados da investigação empírica e na análise das respostas obtidas dos estudantes, é possível compreender que fica muito clara a relação entre arquitetura bioclimática e eficiente e os aspectos materiais e imateriais do conforto ambiental, vindo ao encontro da nossa hipótese. Com os resultados obtidos a partir da pesquisa, que apontam para a necessidade da ampla retomada das estratégias passivas e da adoção de tecnologias sustentáveis, limpas e renováveis nas edificações, esperamos contribuir com as discussões acerca da importância da arquitetura estar adequada ao lugar e às questões de seu tempo.

Palavras-chave: Arquitetura bioclimática. Eficiência energética. Experiência espacial do usuário. Conforto ambiental. Sustentabilidade. Edificações públicas.

RÉSUMÉ

L'architecture bioclimatique utilise des éléments climatiques et des ressources naturelles, technologiques et culturelles au profit des solutions qui servent au conditionnement environnemental naturel. L'efficacité énergétique a elle-même la finalité de fournir un service utilisant la moindre quantité d'énergie possible, ce qui dans les édifices signifie valoriser les caractéristiques physiques des bâtiments pour contrôler l'apport solaire qui a un impact sur la dépense d'énergie. Au Brésil, une législation spécifique réglemente, depuis le mois d'août 2014, l'obligation d'étiquetage d'efficacité énergétique des édifices publics fédéraux. Donc, le but principal de cette recherche est l'étude de la corrélation entre la forme architecturale et l'efficacité énergétique, à fin de pouvoir connaître les répercussions de ces éléments sur l'expérience spatiale des utilisateurs des bâtiments. Cette recherche a été construite d'après l'utilisation de la méthode hypothético-déductive, par le moyen des recherches bibliographiques et documentaires, assistées par l'observation des cas et par l'application des questionnaires auprès des étudiants de l'enseignement supérieur de l'Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – *Campus Recife*, notre *locus* de recherche. Nous y avons utilisé comme objet d'étude empirique un nouveau bâtiment, proposé pour soutenir les activités de l'enseignement supérieur du *Campus Recife* du IFPE, lequel a été investigué sous les stratégies climatiques et après soumis au processus d'étiquetage de l'efficacité énergétique. Basés sur les résultats obtenus, nous pouvons affirmer que la relation entre l'architecture bioclimatique et efficace et les aspects matériels et immatériels du confort environnemental est claire, ce qui rejoint notre hypothèse. Étant donné que ces résultats mettent en relief la nécessité d'une large reprise des stratégies passives et de l'adoption de technologies durables et renouvelables dans les bâtiments, nous espérons, avec cette recherche, contribuer aux discussions sur l'importance de l'adéquation de l'architecture avec son lieu et les sujets de son temps.

Mots-clés: Architecture bioclimatique. Efficacité énergétique. Expérience spatiale des utilisateurs. Confort environnemental. Durabilité. Bâtiments publics.

ABSTRACT

Bioclimatic architecture uses the climatic elements as well as regional, technological and cultural resources, providing solutions for the natural environmental conditioning. On the other hand, energy efficiency aims to afford specific service by using the lowest rates of possible energy, which, in buildings, means the use of the physical characteristics of the envelope for solar control. In Brazil, a normative instruction (IN 2), established in August 2014, ensured energy efficiency labelling regarding federal public buildings. Against this backdrop, this research has as its main goal studying the relation between form and energy efficiency in order to evaluate the repercussions of these factors on the spatial experience of users in the built environment. This research was developed under the hypothetical-deductive research method, through bibliographical and documentary research and also case observation and application of forms among students of undergraduate courses of the Federal Institute of Education, Science and Technology of Pernambuco (IFPE) – *Campus Recife*, our research *locus*. Our empirical object of study was a hypothetical classroom building at *Campus Recife* for these students. This building was analyzed from the perspective of bioclimatic principles and later submitted to energy efficiency labeling. Considering the results of the empirical research and the analysis of the answers of students forms, we can argue that the relation between bioclimatic and efficient architecture and the material and immaterial aspects of the environmental comfort is very clear, meeting our thesis hypothesis. We can also emphasize the need for a wide resumption of passive strategies and the adoption of sustainable, clean and renewable technologies in buildings. Thus, we aim to contribute to the discussions regarding how architecture must be suitable to the place and the issues of its time.

Keywords: Bioclimatic architecture. Energy efficiency. Costumer spatial experience. Environmental comfort. Sustainability. Public buildings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O desenho do problema de pesquisa apresenta as relações entre as partes.....	19
Figura 2 – Perspectiva axonométrica do interior de uma casa em Yazd, Irã.	38
Figura 3 – Coletores de vento definem silhueta de Yazd.....	38
Figura 4 – Habitação Mwaan Ambul, povos Kuba, República Democrática do Congo.....	40
Figura 5 – Habitação Xinguana, Mato Grosso, Brasil.....	41
Figura 6 – Confecção de cobertura para habitação Marubo.....	41
Figura 7 – Interior da Sainte Chapelle (nave principal), em Paris (séc. XIII).....	43
Figura 8 – Engenho Olho D’Água, Ilhabela, São Paulo. Casa-grande e unidade industrial (moita) conjugados, contando com alpendres.	45
Figura 9 – Azulejos aplicados em fachada (à esquerda) e em interior de edifício colonial (à direita) do conjunto histórico de São Luís do Maranhão.	46
Figura 10 – Sanatório, Paimio, Finlândia (Alvar Aalto, 1928 – 1933).	48
Figura 11 – Casa em Middleton, EUA (Frank Lloyd Wright, 1944).	48
Figura 12 – Universidade de Ibadan, Nigéria (Jane Drew e Maxwell Fry, 1955).	49
Figura 13 – Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro (1937 – 1943). Fachada norte (à esquerda), e seus brises-soleils, em detalhe (à direita).	51
Figura 14 – Escola Alberto Torres, Recife (Luís Nunes, 1936).....	52
Figura 15 – MAM do Rio de Janeiro (Affonso Reidy, 1952-1967).....	53
Figura 16 – Palácio do Planalto, Brasília (Oscar Niemeyer, 1958-1960).	55
Figura 17 – Imagens da Catedral de Brasília (Oscar Niemeyer, 1959-1970), antes e depois da instalação dos famosos vitrais de Marianne Perretti.	56
Figura 18 – Edifício Acaiaca, Recife (Delfim Amorim e Lúcio Estelita, 1957).....	57
Figura 19 – Edifício Villa Mariana, Recife (Wandenkolk Tinoco, 1976). Fachada principal (à esquerda) e detalhe das quinas (à direita).....	59
Figura 20 – Centro de Proteção Ambiental de Balbina, Presidente Figueiredo, Amazonas (Severiano Porto, 1983).....	60

Figura 21 – Centro de Reabilitação Sarah Kubitschek Lago Norte, setor de hidroterapia, Brasília (Lelé, 1996-2003).....	61
Figura 23 – Casa Gilardi, Cidade do México (Luis Barragán, 1975).....	62
Figura 22 – Complexo de escritórios Ecil, Hyderabad, Índia (Charles Correa, 1965-1968).....	62
Figura 24 – Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou, Nouméa, Nova Caledônia (Renzo Piano, 1991-1998).	64
Figura 25 – Instituto do Mundo Árabe, Paris (Jean Nouvel, 1983 – 1989).	64
Figura 26 – Agência Federal do Meio Ambiente, Dessau, Alemanha (Matthias Sauerbruch, Louisa Hutton e arquitetos associados, 2001 – 2005).	65
Figura 27 – Residência Las Anitas, Santani, Paraguai (Solano Benítez, 2008).	66
Figura 28 – Escola secundária Schorge, Koudougou, Burkina Fasso, (Diébédo Kéré, 2016).	67
Figura 29 – Novo Campus do IMPA, Rio de Janeiro (Andrade Morettin Arquitetos, 2015. Obra ainda não iniciada).	68
Figura 30 – Ilustrações dos efeitos aerodinâmicos dos ventos.	77
Figura 31 – Praça dos Frades Cinzentos, Copenhague.....	78
Figura 32 – Gráfico do consumo de energia para sobrevivência de um indivíduo em diferentes estágios de desenvolvimento.	83
Figura 33 – Manchetes de jornal brasileiro sobre a crise do petróleo.	85
Figura 34 – Módulos solares fotovoltaicos instalados no Campus Recife.	93
Figura 35 – Situação global quanto à política de eficiência energética de edifícios em cada país.	95
Figura 36 – ENCE Geral de projeto.	98
Figura 37 – MinC e MMA, na Esplanada dos Ministérios, em Brasília. Fachada leste, envidraçada (primeira linha) e fachada oeste, com brises metálicos móveis (segunda linha).	100
Figura 38 – Restaurante universitário da UFSC, em Florianópolis – SC, etiquetado com classe A, em 2013.	102

Figura 39 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro de acordo com a NBR 15220-3.	110
Figura 40 – Localização do Campus Recife do IFPE, no bairro do Curado, ao lado de Várzea e Cidade Universitária – UFPE.	112
Figura 41 – Vista aérea do Campus Recife do IFPE e entorno.	114
Figura 42 – Imagens de edificações e espaços livres do Campus Recife.	116
Figura 43 – Implantação do conjunto edificado do Campus Recife, destacando o espaço destinado à nova edificação.	118
Figura 44 – Local de implantação do novo bloco e entorno.	119
Figura 45 – Exemplificação de cálculos de Fator de Altura e de Fator de Forma, FA ($A_{p\text{cob}}/A_{\text{tot}}$) e FF ($A_{\text{env}}/V_{\text{tot}}$), em diferentes condições.	123
Figura 46 – Exemplificação de ângulos de proteção vertical e horizontal de sombreamento, AVS (esq.) e AHS (dir.).	123
Figura 47 – Implantação do TIPO 1 (esq.) e do TIPO 2 (dir.) no local destinado ao novo edifício no Campus Recife.	126
Figura 48 – Nuvem de palavras da pergunta subjetiva 12.	153
Figura 49 – Nuvem de palavras da pergunta subjetiva 13.	155
Figura 50 – Nuvem de palavras da pergunta subjetiva 14.	157
Figura 51 – Espaços de convivência do Campus Recife do IFPE.	161
Figura 52 – Bioclimatismo, conforto e apropriação espacial no IQ/UNB.	164
Figura 53 – Bioclimatismo, conforto e apropriação espacial na FHE.	166
Figura 54 – Campus Jean Jaurès da Universidade de Toulouse.	169

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Respostas da pergunta 1 - <i>Conheço bem os princípios da sustentabilidade e acredito que eles estão hoje bem assimilados pela sociedade.....</i>	142
Gráfico 2 – Respostas da pergunta 2 – <i>Conheço bem os princípios da eficiência energética e acredito que eles estão hoje bem assimilados pela sociedade.</i>	143
Gráfico 3 – Respostas da pergunta 3 - <i>Considero importante que a arquitetura aplique os princípios da sustentabilidade.</i>	144
Gráfico 4 – Respostas da pergunta 4 - <i>Considero importante que a arquitetura aplique os princípios da eficiência energética.</i>	144
Gráfico 5 – Respostas da pergunta 5 - <i>Acredito que seja importante que a arquitetura considere a acessibilidade.</i>	146
Gráfico 6 – Respostas da pergunta 6 - <i>Acredito que seja importante que a arquitetura considere o clima e outros aspectos presentes no meio ambiente.</i>	147
Gráfico 7 – Respostas da pergunta 7 - <i>Acredito que seja importante que a arquitetura considere os níveis de conforto ambiental físico e psicológico dos usuários.</i>	147
Gráfico 8 – Respostas da pergunta 8 - <i>Acredito que exista relação entre a arquitetura pensada para o conforto ambiental e a possibilidade de experiências positivas dos usuários entre si no espaço.</i>	148
Gráfico 9 – Respostas da pergunta 9 - <i>Acredito que exista relação entre a arquitetura pensada para o conforto ambiental e a possibilidade de relacionamentos positivos dos usuários com o próprio espaço (apropriação espacial, satisfação com o ambiente).</i>	149
Gráfico 10 – Respostas da pergunta 10 - <i>Acredito que exista relação entre: 1- o modo como a arquitetura articula as cores, texturas e outras características dos materiais e 2 - o conforto ambiental físico e psicológico dos usuários do espaço.....</i>	150
Gráfico 11 – Respostas da pergunta 11 - <i>Acredito que exista relação entre: 1- o modo como a arquitetura articula a relação entre interior e exterior e 2 - o conforto ambiental físico e psicológico dos usuários do espaço.</i>	150

Gráfico 12 – Respostas da pergunta objetiva 12 – <i>Já teve a experiência de sentir-se positivamente estimulado (para estudar, para trabalhar) em um espaço e atribuiu isso a características do próprio espaço em questão?.....</i>	151
Gráfico 13 – Respostas da pergunta objetiva 13 - <i>Já teve a experiência de sentir-se desestimulado em um espaço e atribuiu isso a características do próprio espaço em questão?.....</i>	152

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
IFPE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
IN	Instrução Normativa
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PBE Edifica	Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROCEL Edifica	Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	BIOCLIMATISMO	24
2.1	Clima, conforto ambiental e arquitetura bioclimática	25
2.1.1	<i>Conceito e componentes do clima</i>	25
2.1.2	<i>Introdução ao Conforto Ambiental</i>	27
2.1.3	<i>Princípios e estratégias da arquitetura bioclimática</i>	32
2.2	Produções arquitetônicas e adequação climática	37
2.3	Bioclimatismo no meio urbano	70
3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	80
3.1	Energia, mudanças climáticas e sustentabilidade	80
3.2	Arquitetura e eficiência energética	88
3.2.1	<i>Etiquetagem de edificações: cenário em outros países e no Brasil</i>	93
3.2.2	<i>A sustentabilidade como mercadoria na indústria da construção civil</i>	103
4	OBJETO EMPÍRICO DE PESQUISA	108
4.1	Caracterização climática e parâmetros projetuais de Recife	108
4.2	O Campus Recife do IFPE – situação e novo bloco proposto	112
4.3	Aplicação da etiquetagem de eficiência energética	119
4.3.1	<i>Os métodos do RTQ-C</i>	120
4.3.2	<i>Aplicação do método prescritivo, resultados e parâmetros de eficiência</i>	125
5	EXPERIÊNCIA ESPACIAL DO USUÁRIO	132
5.1	Conforto ambiental, pertinência e permanência espacial	133
5.2	O que pensam os alunos	139
5.3	A observação nos aponta caminhos	159
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	170
	REFERÊNCIAS	173

1 INTRODUÇÃO

A produção humana do abrigo tem como premissa elementar a adequação ao contexto geográfico, traduzido por clima, topografia e recursos presentes no sítio. O desafio de adaptação regional ao clima tem sido matéria inerente à arquitetura desde eras primitivas, traduzindo as soluções em espaços não apenas habitáveis como também eficientes no uso dos recursos e capazes de proporcionar conforto ambiental (simultaneamente, um estado físico e psicológico) ao ser humano no ambiente construído.

A eficiência energética, por sua vez, começou a ser debatida durante a chamada crise mundial do petróleo, na década de 1970, e logo ganhou relevância internacional, pois várias ações foram desenvolvidas, em muitos países, com vistas a buscar alternativas para a questão energética, quando se percebeu a necessidade de se investir mais em fontes renováveis e em aplicação eficiente da energia.

Com esse intuito, no Brasil, foram instituídos diversos programas, destacando-se, em 1984, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A crise energética de 2001 afetou o fornecimento no país, fazendo surgir novas políticas. Então, em 2003, foi criado o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica), para ampliar o uso eficiente de iluminação, climatização e envoltória (o conjunto dos elementos que separam interior e exterior) nas edificações. Depois, em 2005, foi estabelecida a norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005), contendo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, e foi constituído um grupo técnico para, com base nesse zoneamento, definir os processos de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) dos edifícios.

A ENCE entrou em vigor em 2009, em caráter voluntário, sob a metodologia e os critérios de dois instrumentos: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). A etiqueta atesta os níveis de eficiência energética das edificações, que vão do A, mais eficiente, ao E, menos eficiente (INMETRO, 2010).

Em 2014, o Governo Federal, através da Instrução Normativa nº 2 (IN 2), de quatro de junho de 2014 (BRASIL, 2014a), tornou compulsória a etiquetagem, com classe A de eficiência, das edificações públicas federais, novas ou que recebam retrofit¹, que tenham área superior a quinhentos metros quadrados, tendo essa medida entrado em vigor sessenta dias

¹ “Retrofit é qualquer reforma que altere os sistemas de iluminação, condicionamento de ar ou a envoltória da edificação” (BRASIL, 2014a, p. 102).

após sua publicação, o que gerou uma nova demanda aos órgãos públicos federais e também aos arquitetos que planejam as obras públicas.

Partindo-se do pressuposto de que o surgimento de um novo instrumento regulamentador de projetos acarreta mudanças nos processos projetuais de arquitetura, entendemos que se faz necessário aos arquitetos e urbanistas conhecer o processo de obtenção da ENCE classe A, quando do planejamento de obras públicas federais, considerando os parâmetros do RTQ-C.

A compulsoriedade da etiquetagem no âmbito das edificações federais leva-nos a acreditar que essa obrigatoriedade deverá estender-se aos demais edifícios, tanto públicos quanto comerciais, de serviços e residenciais, em futuro próximo, a exemplo do que já ocorre em outros países, onde a etiquetagem de todas as edificações é uma exigência legal.

Os sistemas avaliados para a emissão da ENCE, à luz do RTQ-C, são: envoltória, iluminação e refrigeração. A envoltória afeta diretamente a carga térmica da edificação, repercutindo no cálculo dos demais sistemas e, portanto, na etiqueta de eficiência energética geral. A aplicação do RTQ-C, então, permite que se alcance a melhor eficiência energética, qualquer que seja o tipo ou partido arquitetônico definido pelos arquitetos para a envoltória.

A importância do papel da envoltória na edificação, todavia, vai muito além da eficiência energética, de acordo com o bioclimatismo, abordagem conceitual e projetual que parte do entendimento das características climáticas, geográficas, culturais e de outros condicionantes regionais como dados fundamentais na concepção arquitetônica, para uma resposta adequada ao lugar.

A filiação aos princípios do bioclimatismo na arquitetura significa a aplicação de atributos ligados ao conforto ambiental dos usuários, à correta escolha e melhor economia dos recursos empregados e à eficiência energética, resultando na produção de espaços edificados em paz com o sítio que os acolhe.

Bem entendemos que as edificações têm a função primeira de proteção climática e segurança geral do ser humano, mas acreditamos que essa função vai além da dimensão meramente física, pois a construção responde também às necessidades psicológicas. Os espaços podem oferecer possibilidade de as pessoas criarem com eles sentimento de segurança, identidade e pertencimento. Conforme Tirone e Nunes (2008), “esta sensação de pertença faz com que alteremos positivamente os nossos comportamentos relativamente a esses espaços e também para com as outras pessoas” (p.14), trazendo “oportunidades positivas de interação social” (ibidem, p.42).

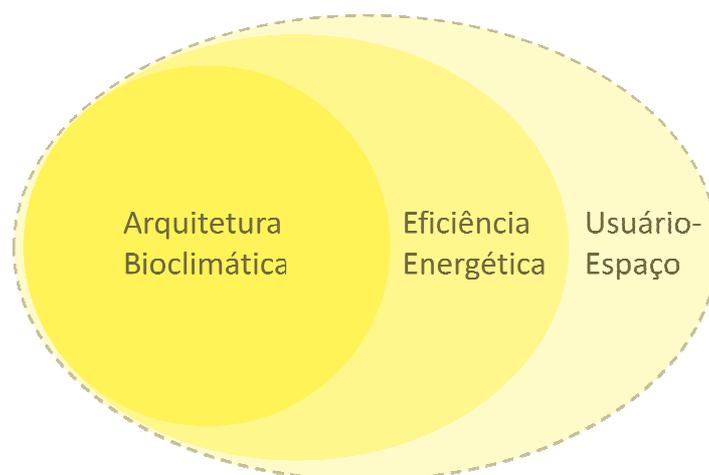
Pensamos que os espaços de qualidade, adequados às atividades humanas, são essenciais ao bem-estar e conseguem afetar o comportamento das pessoas em relação a esses espaços e aos demais usuários com os quais partilham as atividades. Acreditamos que, quando bem explorada, a experiência do usuário no espaço contribui para o relacionamento positivo entre usuário e espaço edificado e entre usuários no espaço edificado, influenciando, assim, na qualidade de vida das pessoas, de maneira singular e plural, simultaneamente. O meio edificado destinado à educação, por exemplo, deve ser capaz de expandir os limites do pensamento, enriquecendo a experiência educacional e a vida.

Se o espaço é adequado e atrativo para determinado grupo, as atividades ali desenvolvidas são estimuladas, sendo bastante provável que haja, por parte dos usuários, identificação com o lugar, tornando os espaços, ainda que públicos, como lugares próprios.

Em face desse entendimento, a problematização da presente pesquisa culmina no seguinte **questionamento central**: de que modo a arquitetura bioclimática e energeticamente eficiente poderia contribuir para enriquecer a experiência espacial em edifícios públicos, trazendo para o usuário níveis positivos de satisfação expressos na sua relação com o meio edificado e com os outros usuários no espaço?

Esse questionamento, de fato, é a pergunta central do problema de pesquisa dessa dissertação, que está representado na forma de desenho, com relação esquemática entre as partes, na **Figura 1**.

Figura 1 – O desenho do problema de pesquisa apresenta as relações entre as partes.



Fonte: elaborado pela autora.

Entende-se que o bioclimatismo na arquitetura, representado no desenho pela esfera amarela à esquerda, pode ter um campo ampliado através da eficiência energética, cuja etiquetagem quantifica e atesta o nível dessa qualidade da edificação. Essa é uma relação

usual e já explorada em trabalhos anteriores. Neste trabalho, pesquisamos de que modo a edificação bioclimática e energeticamente eficiente poderia contribuir com as relações entre usuários e o espaço edificado, desdobrando-se em outro campo expandido, o das experiências espaciais ricas de positivas interações usuário-espaço e usuário-usuário em edifícios públicos. A presente abordagem explora uma nova relação, indo além do usual.

Como **objeto empírico**, adotamos um novo edifício de aulas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE) – *Campus Recife*, nosso *locus* de pesquisa. O IFPE é uma Autarquia Federal que conta, atualmente, com dezesseis *campi* no Estado. A motivação para essa escolha parte de nossa experiência profissional na Instituição.

No âmbito das atividades do IFPE, o edifício de aulas, ou bloco de salas de aula, é, evidentemente, uma das edificações mais necessárias e, portanto, recorrentes. Estão previstas para os próximos anos novas obras na Instituição, incluindo novo bloco de aulas para os cursos de graduação e pós-graduação do *Campus Recife*, que é o maior *Campus* do IFPE.

Tendo essa nova edificação como objeto empírico, o foco da investigação fica mais claro e posto em evidência, por se tratar de bloco com programa funcional sintético. Para efeitos dessa pesquisa, o bloco considerado é tratado de maneira hipotética, uma vez que, no âmbito do planejamento de obras do Instituto, sua futura configuração está em vias de estudo.

Acreditamos que a aplicação dos princípios de bioclimatismo e da etiquetagem de eficiência energética pode contribuir para o alcance, para além da eficiência energética com etiqueta classe A, de uma arquitetura de maior qualidade, abrangente e harmônica, que responda adequadamente aos condicionantes do meio circundante, oferecendo conforto ambiental ao usuário e obtendo deste respostas positivas de interação espacial.

Em outras palavras, temos como **hipótese central** que: a arquitetura bioclimática e energeticamente eficiente aporta conforto ambiental e, assim fazendo, possibilita relações positivas do indivíduo (usuário) com o espaço e dos indivíduos entre si no espaço.

Havendo identificação com as características espaciais, o sentimento de pertencimento pode fazer com que as pessoas passem a se sentir corresponsáveis pelos espaços e por sua conservação, repercutindo positivamente nas suas relações espaciais e interpessoais em níveis que buscamos desvendar no desenvolvimento dessa pesquisa.

Dessa maneira, o **objetivo geral** da pesquisa é: estudar princípios de arquitetura bioclimática e investigar a relação entre forma e eficiência energética, com o obrigatório cumprimento do RTQ-C e a obtenção da ENCE classe A de edifício proposto para o *Campus Recife* do IFPE, para avaliar de que modo o emprego desses elementos na concepção arquitetônica poderia repercutir positivamente na experiência espacial dos usuários.

De modo a traçar uma rota metodológica para o alcance do objetivo geral, trabalhamos na pesquisa três **objetivos específicos**, quais sejam:

1. Apresentar o arcabouço teórico de referência do **bioclimatismo** e dos termos correlatos relevantes à sua contextualização, destacando a produção arquitetônica representativa dos princípios bioclimáticos;
2. Investigar a **eficiência energética** na arquitetura, trazendo suas bases teóricas e aplicando as metodologias do instrumento regulamentador, RTQ-C, ao objeto empírico para a obtenção da ENCE classe A;
3. Avaliar de que maneira o bioclimatismo e a eficiência energética poderiam contribuir com a **experiência espacial do usuário** em edifícios públicos.

Como fio condutor central do modo de pensar, apoiando o raciocínio principal, adotamos na pesquisa o **método hipotético-dedutivo**. Conforme afirmado por Karl Popper (apud MARCONI; LAKATOS, 2010), a pesquisa científica parte de um problema, ao qual são aplicadas possíveis soluções, as hipóteses, que devem ser posteriormente confrontadas.

Como resultado desses confrontos, denominados de falseamentos, as hipóteses (ou conjecturas) podem ser corroboradas² ou não. Se temos como hipótese central da presente pesquisa que *a arquitetura bioclimática e energeticamente eficiente aporta conforto ambiental e, assim fazendo, possibilita relações positivas do indivíduo (usuário) com o espaço e dos indivíduos entre si no espaço*, precisamos confrontar essa hipótese, para confirmá-la ou refutá-la, e o método adotado mostra-se apto a viabilizar esse objetivo.

De acordo com os objetivos específicos, essa pesquisa relaciona três principais eixos de fundamentação teórica, que são: arquitetura bioclimática, eficiência energética na arquitetura e experiência espacial do usuário no meio edificado. Cada um desses eixos tem seus componentes discutidos em um capítulo próprio, em atendimento a um objetivo específico, além do capítulo dedicado ao objeto empírico, que responde também ao segundo objetivo específico. Passemos, agora, a descrever a estruturação lógica do trabalho, com seus passos metodológicos.

O **Capítulo 2**, denominado de **Bioclimatismo**, apresenta o arcabouço teórico desse e de outros termos importantes para o seu entendimento, como clima e conforto ambiental.

² “O termo *corroboração* é o correto. Confirmar uma hipótese é utópico, pois teríamos de acumular todos os casos positivos presentes, passados e futuros. Coisa impossível. No entanto, diremos que a não-descoberta de caso concreto negativo corroborará a hipótese, o que, como afirma Popper, não excede o nível da provisoriedade: é válida, porquanto superou todos os testes, porém, não definitivamente confirmada, pois poderá surgir um fato que a invalide [...] Toda hipótese é válida conquanto não se recuse a submeter-se ao teste empírico e intersubjetivo de falseamento. Intersubjetivo, defende Popper, porque a objetividade não existe: *Direi que a objetividade dos enunciados científicos está no fato de que podem ser testados intersubjetivamente*, isto é, por meio da crítica (1975a: 44-5).” (MARCONI; LAKATOS, 2010, p. 99).

Destaca a produção arquitetônica representativa dos princípios bioclimáticos e os principais pontos do debate atual sobre bioclimatismo no meio urbano. As técnicas aplicadas são pesquisa bibliográfica e documental. A conceituação dos termos supracitados é feita à luz dos pesquisadores de referência, apresentados em seus respectivos contextos espaço-temporais.

O **Capítulo 3**, denominado de **Eficiência energética**, traz, de início, a evolução histórica e teórica do termo, atrelada aos fatos e conceitos que suscitaram sua emergência e desdobramentos. Traz, também, um panorama geral do tema eficiência energética nos processos projetuais de arquitetura, dos instrumentos adotados em alguns países, destacando o Brasil, e da participação do mercado da construção civil na implementação de soluções de sustentabilidade. As técnicas aplicadas nessa etapa são pesquisa bibliográfica e documental.

No **Capítulo 4**, dedicado ao **Objeto empírico de pesquisa**, apresentamos o clima do Recife e o *Campus* Recife do IFPE e propomos soluções arquitetônicas bioclimáticas para o novo edifício de aulas nessa Instituição, submetendo-as à aplicação de método de etiquetagem de eficiência energética do RTQ-C, para obtenção da ENCE classe A. Expomos a síntese da investigação, com destaque dos parâmetros mais significativos para os resultados obtidos.

No **Capítulo 5**, chamado de **Experiência espacial do usuário**, lançamos mão de teorias relacionadas à fenomenologia e à psicologia ambiental, em termos introdutórios, e ampliamos o conceito de conforto. São retomados os parâmetros bioclimáticos e de eficiência energética sintetizados no capítulo anterior, avaliando de que forma esses contribuem com a experiência positiva do usuário no espaço público edificado. As técnicas aplicadas são a pesquisa bibliográfica, a observação de casos e a experimentação empírica, por meio da aplicação de formulário aos alunos, enquanto futuros usuários do bloco proposto. O formulário tem grande relevância para os nossos objetivos, pois buscou extrair as impressões e expectativas sobre os temas abordados na pesquisa do ponto de vista dos usuários.

Por fim, nas **Considerações finais**, faz-se o fechamento do raciocínio de pesquisa, por meios do apanhado geral dos questionamentos, confrontos e resultados demonstrados e observados sobre o modo como as soluções de arquitetura bioclimática e energeticamente eficientes podem influenciar, ou mesmo determinar, a experiência positiva dos usuários no espaço edificado do IFPE – *Campus* Recife.

Consideramos que este estudo deverá ser capaz de abrir possibilidades para futuros avanços nos campos teórico e prático-profissional das áreas aqui pesquisadas, de maneira mais abrangente e extensível a outras edificações públicas, ligadas ou não ao ensino.

A seguir, apresentamos um quadro-síntese da estruturação da pesquisa (**Quadro 1**).

Quadro 1 – Síntese metodológica da pesquisa

OBJETIVOS	PROCEDIMENTOS	PRODUTOS	CAPÍTULOS
			1 INTRODUÇÃO
1. Apresentar o arcabouço teórico de referência do bioclimatismo e dos termos correlatos relevantes à sua contextualização, destacando a produção arquitetônica representativa dos princípios bioclimáticos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coleta de dados por meio de pesquisa bibliográfica e documental sobre clima, conforto ambiental e arquitetura bioclimática; ▪ Revisão de literatura sobre bioclimatismo na arquitetura e no urbanismo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Texto dissertativo de contextualização dos conceitos, com ilustrações e exemplificações. 	2 Bioclimatismo
2. Investigar a eficiência energética na arquitetura, trazendo suas bases teóricas e aplicando as metodologias do instrumento regulamentador, RTQ-C, ao objeto empírico para a obtenção da ENCE classe A.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coleta de dados por meio de pesquisa bibliográfica e documental sobre mudanças climáticas, sustentabilidade, eficiência energética na arquitetura, etiquetagem de edificações e mercado da construção civil. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Texto dissertativo de contextualização dos conceitos com ilustrações e exemplificações. 	3 Eficiência energética
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Caracterização climática e estratégias bioclimáticas indicadas para o clima de Recife; ▪ Apresentação do <i>Campus</i> Recife do IFPE e do programa funcional do novo edifício de aulas, com proposição de soluções bioclimáticas de envoltória arquitetônica; ▪ Apresentação do RTQ-C e seus métodos: de simulação e prescritivo. Aplicação do método prescritivo aos conjuntos de soluções projetuais, modificando de forma sistemática as variáveis e anotando os resultados de eficiência correspondentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Texto dissertativo de contextualização dos elementos e referências normativas; ▪ Modelagem digital e ilustrações das soluções etiquetadas; ▪ Quadros de resultados de etiquetagem das soluções analisadas; ▪ Síntese dos parâmetros projetuais para a classe A. 	4 Objeto empírico de pesquisa
3. Avaliar de que maneira o bioclimatismo e a eficiência energética poderiam contribuir com a experiência espacial do usuário em edifícios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coleta de dados por meio de pesquisa bibliográfica sobre experiência espacial, dimensões do conforto e conceito de lugar; ▪ Aplicação de formulários aos alunos futuros usuários do novo edifício; análise das respostas, avaliação e discussão dos resultados; ▪ Observação de outros casos – edificações exemplares. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Texto dissertativo de apresentação e debate dos conceitos; ▪ Gráficos resultantes das respostas do formulário; ▪ Texto argumentativo de avaliação de experiência espacial do usuário. 	5 Experiência espacial do usuário
			6 Considerações finais

2 BIOCLIMATISMO

Este capítulo aborda os conceitos ligados ao clima, ao conforto ambiental e ao bioclimatismo, adotados nessa pesquisa, em cumprimento ao objetivo específico 1. Inclui breve histórico de edificações significativas para o entendimento da arquitetura adaptada ao clima e elenca alguns princípios referenciados do bioclimatismo no meio urbano. De início, faremos a definição dos termos principais.

Bioclimatologia é a ciência que estuda as relações entre os seres vivos e o clima. Esta ciência faz parte da disciplina Ecologia, definida por Haeckel, em 1866 (apud FERNANDEZ, 2007), como o estudo da relação entre seres vivos e seu meio. Victor Olgyay³ foi o primeiro a utilizar o termo *bioclimático*, em 1963, quando publicou a Carta Bioclimática, nos Estados Unidos (será melhor explicada em 2.1.2), embora os princípios essenciais dessa arquitetura sejam os princípios mesmos da própria arquitetura, de forma geral, explorados desde sempre na história das construções, como veremos adiante por meio de exemplos.

Logo, o bioclimatismo enfatiza o ser humano e se assenta na relação entre este, o clima e os edifícios (DUBOIS, 2014). Seus princípios aplicados podem garantir o conforto ambiental físico dos usuários, sobretudo em seus aspectos térmico e lumínico, por meio de estratégias passivas, gerando também economia de recursos e energia. A questão do lugar se faz fortemente presente, ocupando papel de destaque no bioclimatismo.

Sendo assim, iniciaremos nossa abordagem pelas definições de clima, conforto ambiental e estratégias bioclimáticas, em 2.1, apresentando, em seguida, em 2.2, edificações construídas ao longo da história que permitem a compreensão da importância do clima e dos recursos naturais para a produção arquitetônica. Por fim, no último subcapítulo, 2.3, abordaremos, em linhas gerais, o conceito de bioclimatismo no meio edificado e sua relevância no desenvolvimento urbano.

³ Na década anterior, Victor já havia feito os primeiros estudos nesse sentido, juntamente com seu irmão Aladar Olgyay. Victor Olgyay (1998, p.01) expressa-se da seguinte maneira sobre seu entendimento da relação entre vida e meio ambiente, logo na introdução de seu trabalho: "Desde o momento em que a vida aparece entre os aspectos mais recônditos das leis naturais, se encontra, para bem ou para o mal, regida por essas normas que a obrigam a um ajuste mínimo com a sua origem natural. O assentamento é neutro; este pode ser um ambiente amável ou cruel, mas todas as espécies vivas devem adaptar sua fisiologia através da seleção natural ou da mutação, ou encontrar defesas apropriadas para enfrentar os impactos ambientais".

2.1 Clima, conforto ambiental e arquitetura bioclimática

Devido à grande relevância para a compreensão dos demais termos da pesquisa, o primeiro termo que iremos abordar será o conceito de clima.

2.1.1 *Conceito e componentes do clima*

Inicialmente, importa distinguir os termos clima e tempo. Enquanto o tempo é a média das condições atmosféricas específicas em um lugar, o clima é síntese da variabilidade dos padrões do tempo nesse lugar, generalizados durante um período longo (AYOADE, 1991). O clima inclui as condições extremas e a probabilidade de ocorrência e de frequência de certas condições de tempo em cada lugar. O clima varia ao longo do espaço da Terra, como consequência de seu formato e repartição dos continentes e oceanos, e o tempo (atmosférico) varia ao longo do tempo (cronológico) (FREITAS, 2005a).

Os dados do tempo atmosférico de uma região, registrados durante uma série histórica de, pelo menos, o período de 30 anos, constituem o que se denomina de uma normal climatológica. Para determiná-la, utilizam-se os dados principalmente de temperatura do ar e precipitação pluvial, gerando-se os gráficos de temperatura média anual, temperaturas médias do mês mais quente e do mês mais frio, precipitação pluvial média anual, máximas de verão e de inverno, e o mês de maior e de menor precipitação.

No Brasil, temos duas instituições principais que fornecem os dados meteorológicos, bases para estudos de formação e variabilidade climática, sendo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O CPTEC, por exemplo, fornece as previsões meteorológicas das cidades brasileiras atualizadas a cada hora, por meio dos dados obtidos nas estações meteorológicas e nas imagens de satélite, tais como temperaturas, probabilidade de chuva, umidade relativa do ar, índice ultravioleta, previsão oceânica e intensidade e direção dos ventos. As informações podem ser reunidas sob a forma de diversos gráficos diários ou em um único meteograma, que contém a previsão do tempo para os próximos 10 dias em determinada localidade.

Existe uma considerável quantidade de sistemas de classificação climática no planeta. Uma das mais conhecidas é a de Köppen, de 1928, que é baseada no pressuposto de que a vegetação natural de uma região é a melhor forma de manifestação de um clima (apud

ROLIM et al, 2007). Köppen dividiu os climas da Terra em cinco zonas básicas de clima, a saber: **A** – Climas tropicais chuvosos; **B** – Climas secos; **C** – Climas temperados chuvosos e moderadamente quentes; **D** – Climas frios com neve-floresta e **E** – Climas polares.

Cada uma das cinco zonas é subdividida por meios de características adicionais de temperatura e precipitação pluvial, totalizando assim 24 tipos climáticos. A classificação de Köppen não é isenta de críticas, mas é amplamente aceita por sua simplicidade de utilização (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). Posteriormente, outros climatologistas também desenvolveram suas próprias classificações, de modo a adaptá-las às suas regiões de interesse, com base na metodologia de Köppen e de outros climatologistas clássicos.

Assim, temos vários sistemas de classificação climática, com diferentes potenciais e limitações. A classificação climática de Köppen é universalmente aceita e adequada para os estudos de clima e conforto (OLGYAY, 1998), sendo por esse motivo a que iremos adotar nessa pesquisa. De acordo com a classificação climática de Köppen, Recife tem clima “As”, no qual o “A” indica área de clima tropical e o “s” indica o regime de chuvas caracterizado por chuvas de inverno e estação seca no verão⁴.

Os elementos que caracterizam o clima variam, sensivelmente, de autor para autor. Consideramos que os mais relevantes para estabelecer a diferenciação entre os climas são: radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar, pluviosidade e ventilação. Há alguns fatores naturais que geram e condicionam os climas, o que também varia razoavelmente entre os especialistas. Listamos, abaixo, os que consideramos serem os principais fatores naturais que influenciam a formação dos climas, acompanhados dos resumos de suas ações:

- Latitude: quanto maior a latitude, menor a temperatura, devido à posição cada vez mais inclinada com a qual o sol atinge a Terra nas altas latitudes, mais afastadas do Equador;
- Altitude: quanto maior a altitude, menor a temperatura e menor a umidade relativa do ar, pois o ar vai ficando cada vez mais rarefeito, à medida que a altitude aumenta, existindo nos lugares altos menos partículas físicas para armazenar calor e água e refletir a radiação solar. Além disso, a reirradiação que a Terra lança, devolvendo ao ambiente os efeitos da radiação solar, é mais intensa nas zonas próximas às suas superfícies ao nível do mar;
- Maritimidade e continentalidade: quanto mais perto do mar e de outras grandes massas d’água, maior a velocidade do vento, maior a umidade

⁴ Falaremos melhor do clima do Recife de acordo com a classificação de Köppen mais adiante, no Capítulo 4.

relativa do ar e, em consequência desta, menor a amplitude térmica (variação entre a maior e a menor temperatura de um dia, mês ou ano), fazendo com que o calor do dia se mantenha à noite, pois o vapor d'água em suspensão confere mais estabilidade e menos variabilidade de temperatura, uma vez que a água tem alto calor específico. Em regiões de umidade relativa do ar baixa dá-se o contrário, os dias são mais quentes e as noites são mais frias.

- Massas vegetais: quanto maior a presença de vegetação em uma área, maior a umidade e menor a temperatura do ar e a temperatura de superfície, influenciando, ainda, na direção e na velocidade dos ventos.

No contexto de cada disciplina, o conceito de clima pode mudar, em escalas de abordagem macro, meso e microclimática. Os climas naturais se referem às escalas macro e mesoclimáticas. Os climas urbanos, à escala microclimática (FREITAS, 2005a).

Os climas naturais são geralmente encontrados em áreas de reserva ambiental ou nas periferias dos grandes centros urbanos. Não à toa, as estações meteorológicas têm por padrão localizar-se justamente em ambientes naturais do município, para que as medições dos dados não sofram adulterações provenientes dos elementos urbanos, pois alguns fatores antrópicos interferem nos elementos climáticos, os quais serão apresentados adiante, no item 2.3.

O conhecimento dos elementos climáticos, bem como da influência dos fatores naturais e antrópicos sobre o clima, possibilita que as intervenções arquitetônicas e urbanas sejam pensadas de modo a garantir o conforto e minimizar os impactos socioambientais negativos delas decorrentes. O estudo do conforto muito interessa aos objetivos dessa pesquisa e será a seguir introduzido.

2.1.2 Introdução ao Conforto Ambiental

A definição de conforto possui uma imensa gama de possibilidades, de aspectos e de aplicações. Sumariamente, conforto pode ser compreendido e percebido como a sensação de ter suas próprias necessidades atendidas, suficiência, bem-estar, bem como pode ainda ser mensurado, classificado e normatizado (FREITAS, 2005b).

As exigências quanto ao conforto variam no tempo e no espaço, entre diferentes sociedades, conforme características climáticas, aspectos culturais, grau de avanço tecnológico e enfoque disciplinar. De acordo com certos estudos específicos, o conforto vai do alívio à transcendência, da ausência de sofrimento ao prazer, do sentido de bem-estar ao do

conforto como consolo. São, assim, abordagens objetivas e subjetivas que se põem a estudar o conforto. Schmid (2005) define conforto como um conjunto composto por valores, possuindo diversos contextos ou, como diríamos, dimensões, conforme se observa:

Inclui saber-se abrigado e vestido conforme o clima e o tempo; protegido contra as intempéries e a invasão (**contexto ambiental**); visível e audível quando necessário; respeitado no seu repouso; livre de obrigações e portanto, relaxado (**contexto sócio-cultural**). Seguro de que o abrigo é estável e permanente. Conforto pressupõe, ainda, que o indivíduo se saiba capaz de mover-se, satisfazer uma vontade, produzir e modificar o ambiente e, por fim, sentir-se especial, com sua identidade reafirmada pelo ambiente (**contexto psico-espiritual**) (SCHMID, 2005, p. 49 e 50; grifos nossos).

O **conforto ambiental** é aquele que considera os fatores físicos do ambiente, tais como a temperatura, o som, a luz, os odores, enquanto variáveis determinantes tanto do nível de bem-estar quanto da expressividade da experiência humana (SCHMID, 2005).

Salientamos a defesa de que o conforto não deve ser tratado de maneira mecanicista, apesar de ser objeto do cumprimento de normas e de poder ser mensurado por métodos empíricos e computacionais, hoje dominados. Também não deve ser tratado como domínio de especialistas nem como vertente adotada por alguns arquitetos, como nicho. Defendemos, antes, assim como outros autores, que o conforto seja sempre pensado de maneira integrada às demais dimensões da arquitetura, pois é um valor inerente. Não se trata, de forma alguma, de simplesmente evitar-se o desconforto físico nas edificações. Dito isso, passemos às classificações gerais do conforto ambiental.

Apesar da variedade de interpretações e classificações do conforto ambiental na arquitetura e no urbanismo, podemos dividi-lo, para efeito de estudos, em suas dimensões psicológicas e físicas. As dimensões psicológicas do conforto ambiental envolvem questões relacionadas à satisfação do usuário com o espaço e sua identificação com o lugar, assuntos que serão abordados mais adiante, no Capítulo 5.

As dimensões físicas (ou fisiológicas) do conforto ambiental envolvem todos os sentidos, classificando-se em conforto térmico (ou higrotérmico), visual ou lumínico, acústico, conforto olfativo e palatal (de qualidade do ar) e de qualidade ergonômica. Neste tópico, assim como em todo o nosso trabalho, trataremos, sobretudo, do conforto ambiental físico em seu aspecto térmico, mas considerações também serão feitas, eventualmente, sobre os demais requisitos de conforto ambiental físico.

O conforto térmico depende de quatro grandezas físicas: a temperatura do ar e as temperaturas das superfícies, ambas medidas em graus Celsius (°C); a umidade do ar, que

pode ser absoluta, medida em g/m^3 , ou relativa, medida em porcentagem (%); e a velocidade do vento, medida em m/s ou em km/h e ainda em nós ou em pés.

O conforto visual, ou lumínico, é a medida da quantidade ou intensidade da luz (em Lux), bem como de sua qualidade. Existem iluminâncias recomendadas para cada tipo de atividade humana a ser desempenhada. Já o conforto acústico é a aferição do nível de som ou de ruído (som indesejado), expresso em decibéis (dB).

O conforto olfativo e palatal mede a composição química do ar interior e sua concentração de poluentes. Depende do volume de ar por usuário nos ambientes, da taxa de renovação de ar (trocas promovidas pela ventilação) e do grau de toxicidade de substâncias químicas voláteis (de tintas e outros materiais). Tanto os edifícios estanques, sem suficientes trocas de ar, quanto os totalmente dependentes de sistemas mecânicos de condicionamento (que podem se tornar focos de contaminação) padecem da má qualidade do ar interior. Até mesmo a textura de certos revestimentos pode interferir na qualidade do ar interior, se constituir-se em potencial captadora e acumuladora de bactérias e ácaros (TIRONE; NUNES, 2008). Assim, o conforto olfativo relaciona-se à salubridade dos ambientes.

Verifica-se que a gama de áreas envolvidas com o conforto ambiental físico mantém relação de interdependência entre si, de modo que qualquer interferência em uma das variáveis desencadeia reações de causa e efeito nas demais. Essas grandezas interrelacionam-se e sofrem influência direta da concepção arquitetônica, sendo objeto de numerosas normativas específicas aplicáveis a edificações.

No tocante ao conforto térmico, os indivíduos têm necessidade de manter seu equilíbrio corporal higratérmico, realizando suas atividades fisiológicas com o mínimo esforço de adaptação e dispêndio de energia metabólica por parte dos mecanismos autorreguladores do corpo. Os limites fisiológicos determinam o conforto térmico, uma vez que acima ou abaixo de determinadas temperaturas as funções metabólicas ficam comprometidas. Para que haja sensação de conforto térmico, faz-se necessário que o calor dissipado pelo corpo seja exatamente aquele de que o indivíduo necessita, havendo variações de uma pessoa para outra em função de características físicas e outras, adiante mencionadas.

Como o ser humano precisa manter a temperatura corpórea constante, em torno de 37°C , o calor interno deve compensar as trocas com o meio. Do ponto de vista energético, para o indivíduo estar em conforto, é necessário que o equilíbrio térmico, resultado dos fluxos de calor entre o ambiente e o corpo humano, seja nulo. Observa-se que materiais arquitetônicos e formas urbanas interferem, diretamente, sobre as trocas térmicas e, conseqüentemente, sobre o conforto. (FREITAS, 2005b, p. 728).

Há quatro tipos de trocas térmicas entre corpo e ambiente, de acordo com Roaf, Crichton e Nicol (2009), que são: a convecção, perda ou ganho de calor entre a superfície do corpo e o ar (que leva em conta as roupas); a radiação, trocas de calor do corpo com as superfícies do entorno (temperatura radiante); a condução, perda ou ganho de calor por contato direto do corpo do indivíduo com as superfícies do entorno, piso e paredes (em geral, contribui pouco com as trocas térmicas); e evaporação, perda térmica dada pela evaporação da umidade da pele (leva em conta umidade e velocidade do ar próximo ao corpo).

Olgay (op.cit.) estudou primeiro as relações e adaptações entre arquitetura, clima e conforto humano, na década de 1960, delineando a zona de conforto para indivíduos em repouso, com vestimentas leves. O resultado dos estudos foi a Carta Bioclimática, um gráfico que relaciona a temperatura de bulbo seco e a umidade relativa do ar, mostrando a zona de conforto – entre 21,1°C e 27,8°C, com umidade relativa entre 15 e 75% – e as medidas corretivas necessárias para cada tipo de desconforto, como ventos (em m/s), para combater a umidade elevada, radiação solar (em kcal/h), contra as baixas temperaturas e umidade evaporativa (cm³/kg) para compensar o calor seco.

Os métodos de cálculo tinham suas limitações e a Carta Bioclimática de Olgay sofreu aprimoramentos posteriores por parte do próprio autor e de vários outros, haja vista os estudos originais conterem mais dados referentes à América do Norte. Givoni (apud DUMKE, 2007) foi um dos que trataram do tema a fundo, desde o final da década de 1960, apresentando, em 1992, índices de conforto térmico segundo os quais a faixa de conforto situar-se-ia entre 18° e 29°C. Fora desse intervalo, segundo ele, têm-se o desconforto térmico, seja por frio ou por calor, levando a estresse térmico, se sob diferença muito pronunciada.

A abrangência dessas zonas ou faixas de conforto térmico depende de fatores biofísicos, como idade, peso, taxa metabólica, além de outros fatores como aclimação, nível de esforço das atividades desenvolvidas, adequação das vestimentas, estilo de vida e tecnologias disponíveis. Então, diferentes índices de conforto térmico já foram desenvolvidos por muitos autores, aproximadamente três dezenas deles, de acordo com Frota e Schiffer (2001), resultando em variados métodos, acompanhados das respectivas indicações das medidas corretivas a serem adotadas para a obtenção de temperatura mais confortável.

Basicamente, duas vertentes de raciocínio foram estabelecidas nas pesquisas sobre índices de conforto térmico: a primeira é a corrente racional, pretendendo a obtenção de valores considerados universais, desenvolvendo experimentos laboratoriais com voluntários; a segunda, denominada corrente adaptativa, que acredita nas diferenças de aclimação das pessoas distribuídas nas diferentes regiões do globo, compreendendo que o próprio clima

possui dinâmicas distintas e ritmos específicos em cada região do planeta e a cada instante (DUMKE, 2007; SORRE, 2006, apud SOUZA; NERY, 2012). Estudos originais sobre o modelo adaptativo foram publicados, na década de 1970, por Humphreys e Nicol (apud DE DEAR, 2011), que relacionaram as temperaturas de conforto mencionadas por usuários às temperaturas médias do ar predominantes no momento da pesquisa.

Hoje, acredita-se que a aclimação seja um importante fator a ser considerado e que índices desenvolvidos para locais de clima tropical, por exemplo, não funcionariam a contento quando aplicados para locais de clima frio, ou temperado, e vice-versa. Os estudos de climatologia vêm ao auxílio desse problema, ao considerarem os dados da realidade de uma região, medidos ao longo do tempo, de maneira bastante contextual.

Conforme os estudos de Freitas (2005b), além das questões fisiológicas, a delimitação da zona de conforto sofre também influências relativas às adaptações psicológicas e à tolerância dos indivíduos aos extremos que causam incômodo, estabelecendo, assim, sua preferência entre o frio e o calor, entre a luz e a escuridão, entre o som e o ruído. O autor exemplifica, afirmando que em clima temperado, por exemplo, os indivíduos podem sentir-se confortáveis expostos a uma temperatura entre 14 e 18°C, ao passo que os habitantes de locais de clima quente e úmido só irão sentir o mesmo conforto com temperaturas em torno de 25°C.

O ser humano tem a capacidade de adaptar-se aos climas mais adversos do planeta, mas o bom relacionamento do edifício com o contexto geográfico e climático em que se instala é fundamental para o conforto e a salubridade, oferecendo aos usuários, ou não, condições de desenvolverem suas tarefas com bom rendimento e maior produtividade. Na concepção e execução das edificações, a aplicação do conceito de conforto ambiental é essencial para que os espaços tenham adequação às atividades humanas, sendo determinante para a capacidade de concentração e criatividade nos ambientes de estudos ou de trabalho, por exemplo, onde muitas pessoas passam a maior parte do tempo.

Por isso, o desconforto é indicativo da necessidade de interação com o espaço, mudando diretamente sua relação com o clima. De acordo com estudos realizados pela Universidade de Cambridge, Reino Unido (apud TIRONE; NUNES, 2008), sabe-se que a tolerância das pessoas às condições ambientais de temperatura e umidade relativa é maior, tanto maior é a possibilidade de se intervir pessoalmente nessas condições, seja abrindo ou fechando janelas e brises, mudando-se de um lugar para outro no espaço ou, ainda, ligando um aparelho como o ar condicionado ou o aquecedor. Os usuários podem também ajustar suas expectativas de conforto para que estas correspondam às capacidades de um edifício (DE DEAR, op. cit.).

Segundo a norma técnica internacional ASHRAE Standard 55-2013 (ASHRAE, 2013), o conforto térmico é definido como o estado mental que expressa a satisfação do ser humano com o aspecto térmico do ambiente que o envolve, ou seja, trata-se de um fenômeno psicológico, ligado à percepção pessoal, como resposta ao ambiente físico.

Esse aspecto também foi comprovado por pesquisa do Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Pernambuco – Lacam/DAU/UFPE, na qual foram levantados dados de conforto térmico em diferentes pontos de bairros do Recife, mediante a realização de medições de variáveis climáticas *in loco* e a aplicação de questionários a usuários dos espaços urbanos (FREITAS; AZERÊDO; FREITAS, 2017). Os resultados, além das conclusões objetivas alcançadas sobre percepção térmica, apontam os componentes psicológicos e individuais da percepção de conforto, vindo ao encontro de nossos objetivos.

Destacamos que os laboratórios de conforto ambiental das universidades federais brasileiras atuam de maneira extremamente importante para a produção de pesquisas científicas nos temas de estudos do clima e conforto, bioclimatismo e eficiência energética. Alguns deles trabalham em rede, a R3E – Rede de Eficiência Energética em Edificações – formada por doze laboratórios de universidades brasileiras em todas as regiões do país⁵.

A aplicação das estratégias passivas de regulação térmica, em diálogo com o clima, permite oferecer ao usuário condições excelentes de conforto térmico, com economia de energia. Para que possamos compreender as estratégias passivas de adaptação climática das edificações e como elas se originam das características dos diferentes climas, reforçando as qualidades de conforto que o clima aporta e buscando minimizar os desconfortos, passaremos agora a estudar os princípios e estratégias da arquitetura bioclimática.

2.1.3 *Princípios e estratégias da arquitetura bioclimática*

A arquitetura bioclimática pode ser entendida como aquela que é concebida para dotar os ambientes construídos de maior capacidade de permitir que os usuários usufruam de conforto ambiental (térmico e lumínico, sobretudo), pela adoção, na fase de concepção dos edifícios, de soluções e estratégias passivas de regulação térmica, baseando-se,

⁵ São elas: UFRN, UFAL, UFF, UFMG, UNB, UFPEL, UFV, UNICAMP, UFSC, UFMS, UFC, UFPA. As metodologias adotadas pelo próprio RTQ-C, assim como pelo RTQ-R, tiveram como base as pesquisas do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mediante convênio com a Eletrobras. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/node/26>> e em: <<http://www.pbeedifica.com.br/node/28>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

principalmente, na orientação solar e na escolha dos materiais e formas da edificação. Algumas das melhores maneiras de se promover adequação do ambiente construído ao clima consistem em controlar a entrada de radiação solar, umidade e ventilação através:

- Do modo de **implantação e orientação**: as edificações recebem mais radiação solar pelo norte, no hemisfério sul, e pelo sul, no hemisfério norte, havendo ainda a variação de incidência solar leste-oeste ao longo do dia;
- Da **forma** (relativamente ao grau de compactidade): as formas compactas conservam mais energia térmica, enquanto as formas alongadas a perdem com mais facilidade;
- Das **dimensões, orientação e proteção das aberturas**: as aberturas determinam enormemente os ganhos térmicos de uma edificação, podendo vir a determiná-los até mais que o grau de compactidade da forma. As aberturas determinam também a entrada de ventos e umidade;
- Das **propriedades dos materiais das vedações e seus revestimentos** (relativamente ao isolamento ou permeabilidade): as propriedades específicas dos materiais e das cores representam a porcentagem de energia térmica que eles absorvem e a velocidade com que permitem a passagem desse calor através de si para o interior da edificação;
- Do emprego da **vegetação**: as plantas absorvem a radiação solar em seus processos fisiológicos, utilizando parte daquela energia que viria a se tornar calor lançado no ambiente e, assim, contribuem para reduzir a temperatura do ar e das superfícies à sua volta.

As escolhas de concepção e construtivas determinam a capacidade do edifício de se resfriar passivamente no verão e proteger-se do frio no inverno. Basicamente, o que se quer é evitar as perdas térmicas no frio, conservando o calor no interior das construções, e impedir a entrada de mais carga térmica no calor. Esse é o motivo pelo qual as estratégias bioclimáticas são nascidas do clima e do lugar, adaptadas a cada contexto.

Antes da descoberta e utilização da eletricidade, foram empregadas fontes de energia como lenha, óleos e gases a serem queimados, como forma de gerar calor para aquecimento de ambientes (e para cocção). Quanto ao resfriamento, nos climas quentes, entravam em cena técnicas como sombreamento e ventilação (importantes em climas quentes e úmidos) e sombreamento e resfriamento evaporativo (adequados aos climas quentes e secos).

Essas são, em linhas gerais, o que chamamos de estratégias bioclimáticas, ou estratégias passivas de regulação térmica, utilizadas desde os primeiros assentamentos

humanos até os dias de hoje, nas construções vernaculares (aqui entendidas como próprias de uma terra, realizadas espontaneamente, sem a presença de arquitetos), e também nas produções eruditas. Vejamos algumas dessas estratégias de maneira mais acurada.

Em países de clima muito frio, as casas são compactas e com aberturas reduzidas e desviadas da direção dos ventos, para evitar as perdas térmicas para o exterior mais frio. Nos iglus, localizados em climas polares, a utilização do gelo nas espessas paredes permite o aproveitamento das propriedades de isolamento térmico desse material, tornando possível manter o interior com uma temperatura de 15°C, enquanto o exterior esteja em torno de -45°C (OLGYAY, 1998).

Nos lugares de climas desérticos, quentes e áridos, de alta radiação solar e grandes variações térmicas entre os dias e as noites, adotam-se, do mesmo modo, construções com paredes espessas, de grande capacidade térmica, que vão retardar a transferência de calor durante o dia, acumulando-o para liberá-lo no interior à noite, quando faz frio. A ideia básica é diminuir as superfícies expostas ao sol, por isso são comuns as soluções construtivas em agrupamentos, proporcionando sombras umas às outras e maior isolamento térmico.

Nesse tipo de clima, os ventos, sempre quentes, não são bem vindos, por também diminuir a umidade do ar, que já é baixa, daí serem pequenas as aberturas, sendo comuns e recomendados, também, os pátios internos sombreados e protegidos dos ventos secos, que filtrem, ainda, a iluminação natural por meio de superfícies exteriores refletoras, de cores claras (MASCARÓ, 1983). Materiais comuns nas construções dessa natureza são a pedra, o barro, o adobe e o tijolo, que possuem boas propriedades de isolamento por inércia térmica.

Por sua vez, nos locais de clima tropical quente e úmido, as edificações têm por desafio controlar a excessiva radiação solar e permitir constantemente a ventilação para dissipar a umidade e baixar a temperatura. As aberturas devem ser amplas e protegidas do sol e da chuva. Devido a essa necessidade de circulação dos ventos, as construções devem manter certo distanciamento entre si e fazer uso da vegetação para sombrear o entorno e refrescar as brisas. As vedações devem ser finas, leves, para permitirem as rápidas trocas térmicas e não conservarem umidade (VAN LENGEN, 2014). Em climas assim, as coberturas desempenham papel fundamental, mais que as paredes, sendo responsáveis pelo sombreamento farto que deve existir, pela exaustão do ar quente interior e pelo escoamento das águas decorrentes das chuvas frequentes e, para isso, devem ser inclinadas. Os materiais comuns das construções vernaculares nesse clima são a madeira e as palhas das palmeiras.

Nos climas temperados, as condições de temperatura e umidade são menos rigorosas, o clima natural é mais favorável ao conforto humano e há menores exigências de

condicionamento térmico (OLGYAY, op. cit.), tendo então as construções mais liberdade e variedades expressivas. A correta orientação e atenção às aberturas devem favorecer tanto o menor ganho térmico no verão quanto a acumulação de calor no inverno. Essa última é a função das paredes trombe, acumuladoras de calor, muito usadas nas fachadas sul em países temperados localizados no hemisfério norte. Há maior ou menor necessidade de proteção contra ventos e chuvas, dependendo da região.

Como vemos, as estratégias bioclimáticas devem nascer do próprio clima, como forma de controle e proteção dos seus elementos, visando ao conforto humano. Em essência, trata-se da permeabilidade seletiva, isto é, a capacidade que os edifícios terão de selecionar o quanto de calor, de frio, de ar (que pode estar poluído ou quente e ser indesejado) e de luz natural exterior irá penetrar no interior, capacidade que não deve ser negligenciada na concepção de qualquer edificação. Quando isso acontece, a envoltória deixa de cumprir seu intransferível papel de mediação entre interior e exterior.

As estratégias e as técnicas passivas trabalham com a ideia de que as construções devem ser pensadas para promover um diálogo eficiente entre clima interior e clima exterior, para que seja possível alcançar níveis adequados de conforto ambiental de maneira natural ao longo do ano, embora devamos salientar que existem potenciais limitações e obstáculos.

A busca pelo conforto térmico de edificações tanto no inverno como no verão pode representar objetivos conflitantes, dependendo do lugar (ADOLPHE, 1995). Os materiais e formas que favorecem o aquecimento de uma edificação no inverno podem complicar seu resfriamento no verão, em certos climas.

De maneira semelhante, a necessidade de ventilação natural para resfriamento interior pode prejudicar o conforto acústico e a qualidade do ar dos ambientes, a depender do entorno da edificação. Assim, aspectos como conforto acústico, poluição, privacidade e segurança apresentam-se como desafios à resolução do condicionamento térmico natural (CORBELLA; YANNAS, 2009). Limitações existem e, às vezes, é necessário fazer escolhas.

No entanto, um dos grandes obstáculos, hoje, à implementação massiva das construções que utilizam técnicas passivas de conforto ambiental talvez seja a cultura, cada vez mais crescente, da adoção dos sistemas artificiais de condicionamento, largamente utilizados nos edifícios destinados ao trabalho e ao lazer, como os grandes centros empresariais e comerciais. Nestes, as complexidades podem fazer frente aos princípios de condicionamento natural, quando comparados às residências, onde o uso bioclimático parece ser mais facilmente aceito e buscado pelas pessoas, embora não de forma massificada.

Vivenciamos um momento em que, aparentemente, as exigências de conforto e comodidade da sociedade, de maneira geral, parecem estar muitos patamares acima das solicitadas até há algumas décadas, quando os sistemas de ar condicionado e outras tecnologias não eram tão desenvolvidos. Se hoje esses sistemas estão economicamente mais acessíveis e energeticamente mais eficientes, também é certo que a população mundial continua a aumentar e o consumo de energia só cresce.

Além disso, a despreocupação com o estudo da adequação climática que se verifica em muitas construções contemporâneas, somando-se à prática comum de adoção de soluções climaticamente descontextualizadas, tem como resultado o aporte de grande carga térmica para os interiores, que passam a exigir mais dos sistemas, aumentando seu consumo.

Percebe-se que cada decisão projetual pode resultar em contribuição e melhoria ou em agravamento das características de um lugar, do ponto de vista do desempenho ambiental das edificações. Importante salientarmos que a aplicação dos princípios bioclimáticos não significa custos de construção mais elevados, ao contrário, tem a ver com escolha tecnológica e compromisso com os requisitos a atender (MASCARÓ; MASCARÓ, 2005).

O acúmulo de conhecimento científico, desde os anos de 1960, consolidou a área de arquitetura bioclimática. O esforço de registrar de maneira crítica as produções havidas na cultura ocidental, no sentido do bioclimático, vem do entendimento de que os arquitetos devam conhecer os fundamentos dessa arquitetura e os avanços realizados nesse domínio, para poderem “melhor gerir as interações entre a dimensão climática e os outros componentes do projeto” (FERNANDEZ, 2007, p.11, tradução nossa).

Por isso, a seguir, esboçamos uma linha do tempo das construções em variados lugares, tanto vernaculares quanto eruditas, enfatizando nelas o caráter de adequação regional e as estratégias climáticas passivas visando ao conforto ambiental, principalmente térmico, mas também lumínico. Buscamos abordar, ainda, os materiais e técnicas construtivas de cada produção, em relação à disponibilidade encontrada no meio natural e damos ênfase à cronologia brasileira (e, nesta, da pernambucana) da temática.

2.2 Produções arquitetônicas e adequação climática

A aplicação da observação e dos conhecimentos sobre clima para controlar as interferências dos eventos extremos nas atividades humanas remonta a primitivas eras. Fornecer abrigo contra o clima é a razão fundamental para a existência das edificações, tendo sido estas produzidas de forma vernacular (ou espontânea) por séculos⁶.

Se o clima era quente e abafado, propício a que a vida cotidiana se desse em boa parte do tempo ao ar livre, os interiores das construções podiam ser bastante elementares. Se, ao contrário, o rigor do frio ou do calor seco obrigava a um modo de vida abrigado tanto quanto possível, a arquitetura podia tornar-se introvertida, ensimesmada.

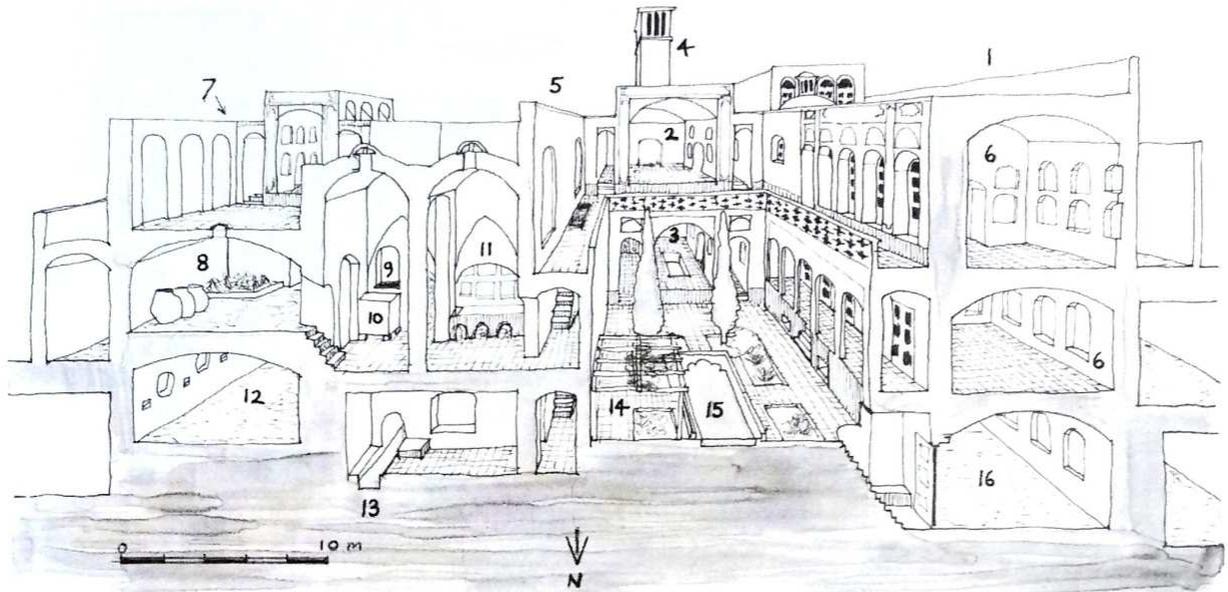
Ao longo da história, os níveis adequados de conforto interior nas edificações foram obtidos pela exploração e emprego correto dos materiais de construção e suas propriedades termofísicas, aliados às dinâmicas climáticas dos locais, tanto nos climas amenos quanto nos extremos, do clima polar ao desértico, passando pelos climas temperado, tropical e equatorial.

Ainda nos dias atuais, coexistem diferentes formas de adaptação climática, nas mais diversas condições. Mesmo soluções simples, como as tendas de peles de animais, podem ser suficientes para oferecer abrigo adequado às pessoas, inclusive nos climas mais áridos, como os desertos da Arábia Saudita ou as tundras do Círculo Ártico (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009). Regiões como essas, consideradas inabitáveis (extremamente frias ou quentes), são geralmente áreas periféricas, que não sustentariam a vida durante o ano inteiro, habitadas, ainda hoje, por tribos nômades, que se deslocam ciclicamente em busca de calor ou de frio. A estratégia da migração foi também empregada, nos séculos XVIII e XIX, pelas altas classes europeias, que passavam suas férias de verão no campo e o inverno nas cidades.

As migrações intramuros de populações permanentemente assentadas também representam estratégias para se lidar com o clima e evitar os extremos. Em cidades como Yazd, no deserto central do Irã, há edificações em tijolo (algumas com mais de 600 anos) que contam com sofisticados projetos de climatização passiva, dentro das quais as pessoas se deslocam, migrando entre recintos, como forma de se adaptar a verões terrivelmente quentes e invernos extremamente frios (vide **Figura 2** e **Figura 3**, a seguir).

⁶ Segundo Roméro e Reis (2012), a construção de edifícios, constituídos por paredes e coberturas, data de cerca de onze milênios atrás, mas utilizamos a energia elétrica há apenas 130 anos em seu uso final de iluminação e há 110 anos no uso final de condicionamento. Ou seja, a eletricidade faz parte de 1% do período da história das construções, o mais recente, de modo que, nos 99% anteriores, sobrevivemos graças aos recursos naturais e à arquitetura adaptada ao clima.

Figura 2 – Perspectiva axonométrica do interior de uma casa em Yazd, Irã.



Os itens numerados representam: 1. Cobertura, onde a família dorme no verão; 2. *Talar*, sala de estar de verão; 3. Subsolo com espelho d'água para tardes de verão; 4. Coletor de vento; 5. Parede voltada para o oeste, quente sem cômodos por trás; 6. Sala de estar; 7. Pátio interno para hóspedes; 8. Depósito; 9. Poço; 10. Tanque; 11. Cozinha; 12. Estábulos; 13. *Ganat*, canal subterrâneo; 14. Pérgola; 15. Lago artificial do jardim; 16. Poço profundo para tardes de alto verão. Fonte: Roaf, Crichton e Nicol (2009, p.59).

Figura 3 – Coletores de vento definem silhueta de Yazd.



Fonte: Melnik (s.d.).

Essas casas beneficiam-se de grande domínio do planejamento do condicionamento térmico natural. Utilizam os recursos de inércia térmica, pelo emprego de pesadas paredes de tijolos termoacumuladoras, calefação e refrigeração passivas. Há salas envidraçadas para o

inverno voltadas para o sul (de maior incidência solar no hemisfério norte) e outras salas sombreadas para o verão, sem incidência direta de sol e contando com ventilação cruzada proveniente de coletores de vento localizados nas coberturas. Os solos, profundos e frescos, também são explorados, bem como a cobertura, para se dormir sob as estrelas nas noites quentes:

Os cômodos do último pavimento acompanham muito mais rapidamente as temperaturas instáveis da atmosfera, enquanto aqueles recintos enterrados no solo estão conectados à temperatura do solo, estável e com uma variabilidade térmica muito menor, e respondem às mudanças de temperatura média sazonal, em vez das mudanças de temperatura que podem ocorrer em questões de minutos nos ambientes abertos das coberturas de Havelli, na Índia, por exemplo. (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009, p. 58).

O recurso de edificações subterrâneas, com ambientes dispostos ao redor de pátios enterrados, foi também utilizado na China e na Tunísia, na busca por temperaturas mais amenas e constantes, que compensassem as grandes variações externas. As condições de adaptação climática dessas construções são, em variados casos, dignas de apontamento.

Na arquitetura vernacular, é curioso notar que determinadas técnicas perpassam gerações e séculos, guardando parentesco com as técnicas de outros lugares, por vezes muito distantes, mas de características climáticas semelhantes. Outro traço comum das construções vernaculares, nas diferentes culturas e épocas, é o emprego de materiais locais (muitos dos quais não resistem ao tempo), como o barro, o adobe, a madeira, as palhas, o junco, o bambu, bem como a leitura precisa da geografia do lugar e a simplicidade em meio à escassez.

Esse tipo de arquitetura é quase sempre uma amostra, na forma de abrigos, dos recursos naturais disponíveis em dada região (TEIXEIRA, 2017), entre eles o clima, que molda as vegetações. Bem certo que a produção do abrigo é uma manifestação cultural, não apenas um resultado climático, que se refere ainda às possíveis restrições tecnológicas e econômicas⁷, o clima sempre representa parte fundamental das soluções vernaculares.

No continente africano, há uma diversidade considerável de climas e culturas, aos quais responde uma impressionante variedade de habitações. Em regiões do sul africano, por exemplo, como na República Democrática do Congo, de clima tropical quente e úmido, algumas soluções de habitação valem-se de vedações de materiais tramados em fibras de palmeira, permitindo a aeração e a iluminação, mas resguardando a privacidade. Vemos a seguir, na **Figura 4**, um exemplo dessa técnica.

⁷ Nas construções vernaculares, “a tecnologia é autóctone, primitiva, rudimentar, quando comparada à tecnologia formal” (TEIXEIRA, 2017).

Figura 4 – Habitação Mwaan Ambul, povos Kuba, República Democrática do Congo.



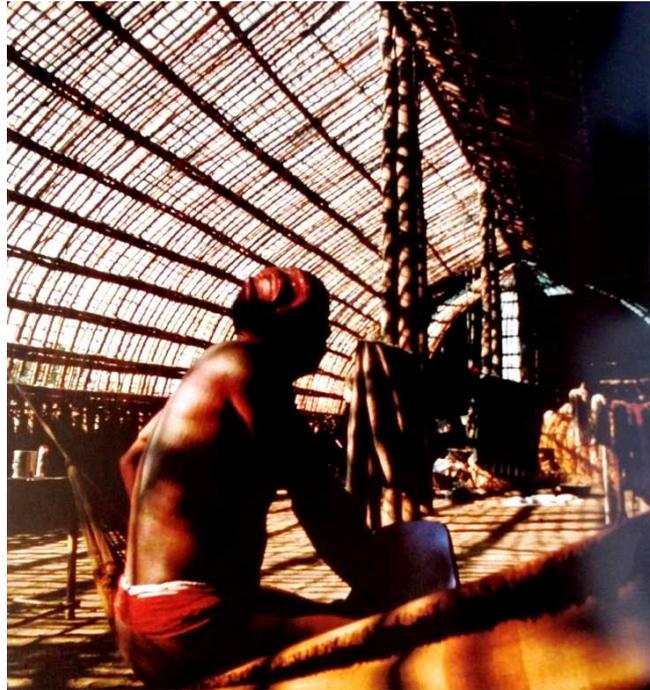
Fonte: Turconi (s. d.).

No Brasil, as tradicionais habitações indígenas, as ocas, sempre foram executadas conforme a disponibilidade dos materiais locais. Seu formato, em planta baixa, varia conforme a tribo, havendo planta circular, elíptica, semi-elíptica retangular ou poligonal. As estruturas, porém, são sempre peças de madeira roliça, de grande durabilidade e resistência, com dimensões conforme a função desempenhada pela peça, seja esteio, viga, caibro ou ripa (DERENJI, 2002).

Para a cobertura, utilizam-se palhas das folhas de palmeiras como ubim, bacaba, açai, inajá, dependendo do local de assentamento e das espécies disponíveis na região (ibidem). Além do emprego dos materiais locais, o que favorece a aclimação, também as coberturas abobadadas das ocas permitem bom condicionamento ambiental.

Os materiais de fechamento, tramados, são leves e de baixa capacidade térmica, fornecendo sombra. Toda a oca é ventilada por frestas, permitindo ventilação cruzada, e a elevação da cobertura isola o ar quente (que sobe) dos recintos de permanência (vide exemplos na **Figura 5** e na **Figura 6**, na página seguinte).

Figura 5 – Habitação Xinguana, Mato Grosso, Brasil.



Fonte: Derenji (2002, p.46)

Figura 6 – Confeção de cobertura para habitação Marubo.



Fonte: Derenji (2002, p.55)

Assim como as moradias indígenas, temos como exemplos de construções vernaculares aclimatadas, no Brasil, os mucambos⁸, as palafitas em madeira do Amazonas e as casas de taipa cobertas por folhas de babaçuais do Maranhão, cujas técnicas ainda resistem.

⁸ Sobre as condições de aeração e insolação dos mucambos, descreve Gilberto Freyre (1981): “melhor aboletado estava decerto o pessoal de muitos dos mucambos. Alguns mucambos tinham por cobertura, como as primeiras palhoças de índios descobertas nas praias pelos portugueses, duas ou três camadas de sapé. Boa proteção contra a chuva e até contra o calor” (p. 180). Afirma ainda o autor que a palhoça indígena houvera recebido influência dos mucambos africanos e da choupana europeia, no início do período colonial.

No campo das construções eruditas, que utilizam as tecnologias construtivas e os conhecimentos mais avançados de cada época, nem sempre é tarefa fácil encontrarmos menção na literatura sobre quais meios foram empregados para controle do clima e alcance do conforto. Muitos autores mantêm seu foco sobre as considerações estilístico-compositivas dos exemplares arquitetônicos apresentados, salvo quando o clima representa um impositivo extremo. Schmid (op. cit.) elucida que a preocupação com o conforto, que parece natural, nem sempre existiu e que até o final do séc. XVIII o termo praticamente não era usado para se referir a edificações. O aprimoramento da ideia de conforto foi-se dando no início do séc. XIX, a partir da Europa, afirma o autor. Isso ajuda a explicar a relativa escassez de comentários sobre essa preocupação nas arquiteturas precedentes ao séc. XX.

Outra questão que nos acode, para explicar isso, pode ser o fato de que a arquitetura erudita liga-se, geralmente, à ideia de poder, seja este econômico ou intelectual, religioso ou secular, tendo à sua disposição a abundância de recursos. Em contrapartida, a arquitetura espontânea, ou vernacular, ocupa-se da vida cotidiana, dos indivíduos anônimos de todo lugar, lidando, frequentemente, com a escassez, que direciona a se fazer mais com menos.

Ao longo da história, as características do meio natural sempre foram levadas em conta. Entretanto, esse era um fator que pesava mais na arquitetura vernacular do que na erudita, à qual interessavam outros fatores além do conforto ambiental (MASCARÓ, 1983), dentre os quais podemos citar as questões políticas, econômicas, culturais e simbólicas, que concorriam para o resultado arquitetônico. Além disso, em certos climas há menos rigores, como já vimos, o que permite mais liberdade e variedades construtivas e compositivas, com baixas restrições derivadas do clima a repercutirem decisivamente na expressão formal arquitetônica. Já em lugares com amplitudes térmicas muito altas ou com temperaturas extremas o clima torna-se decisivo nas escolhas construtivas.

A despeito, porém, dessa relativa escassez de boas fontes bibliográficas que discorram sobre soluções arquitetônicas influenciadas pela ideia de conforto na história da arquitetura erudita, vejamos alguns exemplos. Na Roma antiga, havia sofisticados sistemas de aquecimento artificial, usados para climatizar o interior de edificações públicas de banhos, as termas, cujos ambientes eram conhecidos por *frigidarium*, *tepidarium* e *caldarium*, com três temperaturas distintas, do frio ao quente, estes últimos aquecidos por fornalha, o *hypocaustum*. Os processos construtivos das termas eram extremamente detalhados, envolvendo os materiais utilizados nos revestimentos e suas propriedades físicas. Roma desenvolveu também uma lei que regulava o ato de edificar, denominada *Heliocaminus*, que visava a assegurar o direito das pessoas de ter acesso à melhor insolação nas suas construções.

No período gótico, surgido na França, a partir do séc. XII, a utilização das estruturas em arcobotantes nas catedrais permitiu reduzir a carga das alvenarias e, assim, abrir mais e maiores vãos de janelas⁹. O maior aproveitamento da iluminação natural a partir daí foi evidente, também permitido pelos avanços técnicos do vidro. Nas catedrais góticas, a luz natural virou definidora de espaços, com forte componente simbólico. Na *Sainte Chapelle*, em Paris, notamos que não há paredes na nave principal, apenas estruturas e vitrais (**Figura 7**).

Figura 7 – Interior da *Sainte Chapelle* (nave principal), em Paris (séc. XIII).



Fonte: Lívia França (2018).

No período renascentista (séc. XV e XVI), houve o redescobrimiento e resgate de técnicas construtivas esquecidas desde o período romano. A invenção da imprensa (por Gutenberg, em 1450) tornou possível a impressão e circulação de exemplares dos escritos dos

⁹ No Gótico, as janelas deixaram de se assemelhar a buracos nas paredes (MASCARÓ, 1983) para se tornarem elementos em destaque nas edificações, em oposição às soluções anteriores da Idade Média europeia, onde prevaleciam as formas simples, sólidas e austeras, em geral mais fechadas ao exterior, como consequência das paredes autoportantes.

arquitetos tratadistas¹⁰. Assim, os valores tidos em conta, na época, estavam ligados à composição, à proporção, à matemática das formas e à representação bidimensional do projeto em plantas e elevações, com valorização da razão e das artes, sem, contudo, serem deixados de lado os aspectos referentes ao meio natural. Em *De re aedificatoria* (ALBERTI, 1553) há vários trechos dedicados à preocupação com os elementos climáticos, descrevendo maneiras de se construir visando à proteção das coberturas contra a chuva, o sol (“tempestades e outras reais calamidades que as estações trazem”, *ibid.*, p. 04), recomendando que as edificações devessem ter aberturas para receber a luz e os ventos, quando desejados.

Já no século XVII, a arquitetura da Holanda marca-se pelo caráter próprio, profundamente doméstico, e pela valorização dos ambientes das casas por meio da farta iluminação natural. A luminosidade dos ambientes internos foi ressaltada em muitas pinturas de Johannes Vermeer (1632 – 1675), representando cenas do cotidiano e da intimidade de anônimos, que se passavam, quase sempre, ao lado de amplas janelas, mostrando ambientes claros e arejados. Devido à latitude da Holanda, fazem sentido os grandes vãos das janelas verticais, para se obter mais luz de uma abóbada celeste naturalmente menos luminosa.

No período do Brasil colonial e imperial (entre os séc. XVI e XIX), encontramos as fortalezas, os engenhos, com suas capelas, casas-grandes e senzalas, as casas de câmara e cadeia, a arquitetura das ordens religiosas e os sobrados, produções arquitetônicas formais (termo usado por GOMES, 2002) que também podemos chamar de eruditas, aqui construídas pelos portugueses e outros povos europeus chegados, como franceses e holandeses. De acordo com Gilberto Freyre (1981), esses tipos mais nobres, a princípio, “foram um pouco mucambos” (p.180), tendo sido cobertos de sapé, no século XVI, no início do colonialismo¹¹.

A já mencionada dificuldade em se encontrar fontes de pesquisa que discorram mais detalhadamente sobre clima e conforto dá-se também sobre a arquitetura colonial brasileira. Muitas fontes de registro e análise das produções dessa época analisam-nas tão somente à luz dos aspectos compositivos, em termos de sua filiação ou não aos estilos classicistas trazidos dos países europeus, mas com pouca ou nenhuma menção aos aspectos climáticos, considerando-se também a imensidão do território brasileiro, de tantos climas.

Não obstante, podemos citar algumas estratégias de aclimação e utilização de meios locais adotadas na arquitetura colonial brasileira que a diferenciaram da produzida no

¹⁰ Leon Battista Alberti escreveu *De re aedificatoria* em 1452, que foi publicado em 1485; Andrea Palladio escreveu *I quattro libri dell'architettura* em 1570. Houve também a impressão e veiculação dos escritos de Vitruvius, da Roma Antiga do séc. I d.c, como o *Libri decem* e outros, que se deu em 1486.

¹¹ “Até que em 1590 aparecem casas cobertas de telha [...] com o decorrer dos anos, a gente abonada foi cada vez se diferenciando mais da pobre pelo tipo menos vegetal da casa” (FREYRE, 1981, p. 180-181).

velho mundo (senão na existência do elemento, ao menos na sua forma ou escala de utilização), como a presença das coberturas em telha vã, por onde o ar quente proveniente do cozimento poderia escapar; dos beirais, que lançavam fora as águas das chuvas; dos alpendres, depois convertidos em varandas; do uso da pedra de cantaria, do tijolo e da telha de barro, materiais obtidos localmente.

Os alpendres foram um dos principais recursos de adequação dessas construções ao clima tropical, tendo evoluído junto com as diferentes construções ou tipologias no Brasil¹². Até hoje o alpendre, ou varanda, continua a ser um elemento marcante na nossa cultura e um excelente recurso para sombrear edificações, constituindo espaços de transição entre exterior e interior onde a permanência aprazível é possível (vide **Figura 8**).

Figura 8 – Engenho Olho D’Água, Ilhabela, São Paulo. Casa-grande e unidade industrial (moita) conjugados, contando com alpendres.



Fonte: Gomes (2002, p.79)

Convém mencionar que conforto sempre significou também usufruto de privilégios. Podemos afirmar isso com base em muitos exemplos, mas citaremos aqui as edificações destinadas ao negro escravo no Brasil colonial: as senzalas dos engenhos e os porões dos sobrados, com todo o seu calor e sem ventilação.

¹² “No período colonial, as varandas resultantes do prolongamento do telhado das moradias rurais eram chamadas de alpendre pela função de sombrear a construção [...] mas também podiam ser denominadas de corredor quando embutidas no corpo da fachada, como nas habitações paulistas dos bandeirantes [...] Quando surgem os primeiros núcleos urbanos, as varandas situadas nas fachadas externas dos sobrados eram muitas vezes identificadas como galeria: galeria mouresca por serem fechadas com muxarabiês [sic] [...] no início do século XIX, tais fechamentos foram retirados e as varandas com guarda-corpo de ferro dos sobrados oitocentistas passaram a ser denominadas de sacadas ou de balcões [...] Já com a presença do porão alto trazido pelo neoclassicismo, era comum a presença de amplos alpendres que ligavam a casa com os jardins laterais ou que a circundavam” (BRANDÃO, 2012).

Os patriarcas desfrutavam de conforto. Os alpendres das casas-grandes e os balcões dos sobrados eram do homem branco. Às mulheres, moças e crianças da casa restavam as escuras e úmidas alcovas, quando muito, o interior dos muxarabis. Isso nos aporta indícios para a compreensão da dimensão experiencial do espaço construído nesse período, fortemente determinada por questões de cultura e de poder.

Nos séc. XVII e XVIII, o emprego dos azulejos decorativos, importados de Portugal, marca não apenas a expressão estética do casario colonial urbano e dos claustros das igrejas, como também confere proteção das fachadas à umidade e à precipitação, em cidades de clima quente e úmido como Recife, Olinda e São Luís (**Figura 9**), além de favorecer, por seu material cerâmico, a manutenção da temperatura interna amena.

Figura 9 – Azulejos aplicados em fachada (à esquerda) e em interior de edifício colonial (à direita) do conjunto histórico de São Luís do Maranhão.



Fonte: Livia França (2010).

No séc. XIX, foram executados inúmeros exemplares da arquitetura do ferro no Brasil, composta por edifícios pré-fabricados importados da Europa. Dessa arquitetura se fez um rentável mercado naquela época, com os fabricantes europeus interessados em vender, fabricando catálogos dos seus produtos, e a elite brasileira em formação interessada em adquirir os gostos e estilos da Europa. Além disso, o ferro fundido prestou-se a bem suportar a umidade e até a maresia do nosso clima.

Um dos tipos arquitetônicos mais característicos dessa arquitetura trazidos para o país foram os mercados públicos. Muitos deles eram abertos e lidaram bem com os climas do Brasil. Entre os exemplares fechados, Gomes (op. cit.) cita que o Mercado de São José, no Recife, de origem francesa e que foi montado aqui em 1875, foi o único mercado público característico da arquitetura do ferro no Brasil que sofreu alterações em seu projeto original para se adaptar às condições climáticas regionais:

Esse mercado foi projetado no Recife, mas inspirado no de Grenelle, em Paris. O empreiteiro que ganhou a licitação da obra procurou Vauthier, que havia residido no Recife de 1840 a 1846, para que esse engenheiro acompanhasse a fabricação das peças em ferro. Vauthier não se limitou às tarefas que o construtor lhe havia confiado e, conhecedor do clima do Recife, recomendou modificações no projeto, a saber: redução para 1/3 da superfície total de esquadrias em veneziana de vidro, devido à intensidade da luz solar do Recife, bem maior do que a de Paris, e substituição das telhas de ferro por telhas cerâmicas, pois as primeiras, por ocasião de chuvas torrenciais, provocariam um ruído insuportável para os usuários do mercado (GOMES, 2002, p. 169).

O séc. XX, ao tempo em que aporta ao mundo o movimento moderno, representativo do ideal do progresso material e da superação dos desafios sociais a partir da arquitetura, permitiu o avanço do conforto em termos mais físicos, na ergonomia (desenho de mobiliário pensado para o corpo humano), na iluminação natural (*la fenêtre en longueur*, a janela em fita, de Le Corbusier, permitida pela planta e fachada livres¹³), na proteção solar. O moderno nos traz variados exemplos da busca por realizar a arquitetura como resposta espacial aos condicionantes naturais, entre eles o clima. Diversos arquitetos modernistas desenvolveram sua própria maneira de lidar com os aspectos geográficos.

Alvar Aalto, arquiteto finlandês, foi um destes. Aalto aliou as inovações tecnológicas trazidas pelo modernismo à tradição finlandesa de apreciação da natureza e dos materiais naturais, como a madeira e a pedra, e produziu também alguns textos de crítica ao caráter demasiado funcionalista do modernismo, defendendo a dimensão humana na arquitetura. Em seu projeto do sanatório para tuberculose, em Paimio (Finlândia), a setorização dos ambientes favoreceu não somente a funcionalidade, tornada modelo para edifícios do gênero, como também o acesso às melhores condições oferecidas pelo clima, como a exposição dos enfermos ao sol e ao ar, medida importante no clima temperado frio da Finlândia e facilitada pela presença de terraços a isso destinados, localizados na fachada sul, mais ensolarada no hemisfério norte e, ainda assim, contando com elementos de controle solar (**Figura 10**).

¹³ Em contrapartida ao ganho em iluminação natural, há críticas aos aspectos térmicos resultantes das soluções preconizadas por Corbusier. Roaf et al (2009) afirmam que, dos cinco pontos da arquitetura moderna, em muitos climas, somente o terraço-jardim poderia contribuir com o conforto. Os pilotis não seriam bons, pois desconectam o edifício do contato com a estabilidade da terra, expondo sua “sexta face” à variabilidade do ar.

Figura 10 – Sanatório, Paimio, Finlândia (Alvar Aalto, 1928 – 1933).



Fonte: Lozie (2015).

Nos Estados Unidos, as contribuições de Frank Lloyd Wright no sentido do diálogo com a natureza e seu componente climático (FERNANDEZ, 2007) levaram ao desenvolvimento do que se denominou de corrente organicista do movimento moderno, na década de 1940. Na casa para Katherine e Herbert Jacobs, em Middleton (Wisconsin, Estados Unidos), de clima temperado frio, a preocupação com a proteção contra os ventos frios do norte levou Wright à utilização de um talude como refúgio a esses ventos, enquanto do outro lado da planta, semicircular, foi criada uma espécie de solário, de panos envidraçados protegidos em um pátio-jardim interior para o lado sul, mais ensolarado (**Figura 11**).

Figura 11 – Casa em Middleton, EUA (Frank Lloyd Wright, 1944).



Fonte: Butler (s. d.).

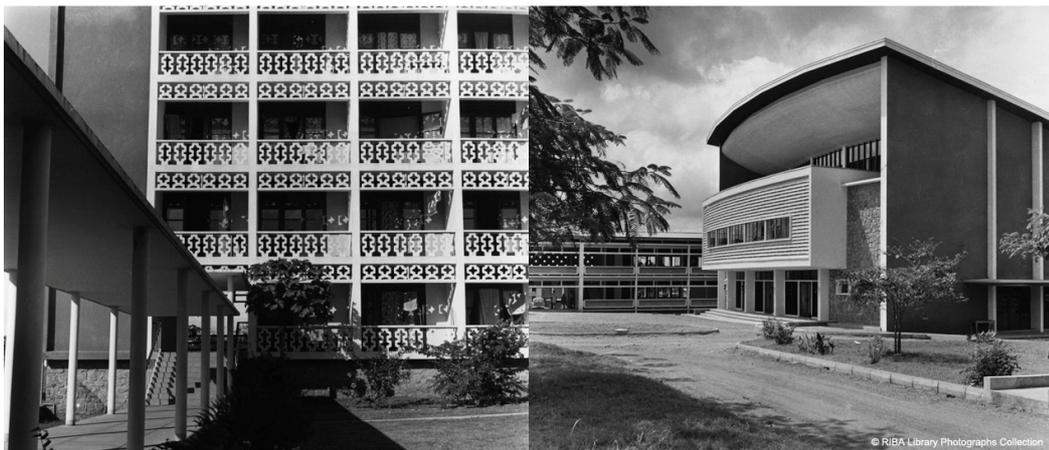
Embora o termo modernismo organicista se refira antes aos aspectos formais que aludiam ao local de inserção, que propriamente ou necessariamente à qualidade do conforto

climático, merece destaque também nesse sentido. Lembremos que a vertente dominante do modernismo, oposta à orgânica, foi a racional formalista, diretamente ligada às experiências alemãs de Walter Gropius e de Mies van der Rohe e conhecida por Estilo Internacional¹⁴.

Le Corbusier teve seu percurso, de início, marcado pela racionalidade advinda do entusiasmo com os novos materiais e suas possibilidades técnicas e estéticas e, posteriormente, amadurecido pelo apuro na interpretação do sentido geográfico e simbólico de lugar. A oportunidade de concretizar seu ideal de uma unidade de habitação, em Marselha (1946 – 1952), resultou em um planejamento racional, mas profundamente impregnado pela envolvente, incluindo o clima (temperado quente mediterrâneo), de modo que os *brises-soleils*¹⁵ (ou quebra-sóis) ajudaram aí a definir o partido. Corbusier também se deparou com impositivos climáticos mais desafiadores quando trabalhou no projeto para a cidade de Chandigarh, na Índia, na década de 1950, em (atribulada) parceria com seu primo Pierre Jeanneret e com o casal de arquitetos ingleses Jane Drew e Maxwell Fry.

Drew e Fry fizeram parte dos pioneiros do modernismo na Grã-Bretanha e, também, desenvolveram projetos em lugares de clima quente, como a África Ocidental, o Oriente Médio, o Sri Lanka, as Ilhas Maurício, Cingapura, além da Índia, o que os levou a escreverem dois livros sobre arquitetura tropical. No projeto do *Campus* da Universidade de Ibadan (**Figura 12**), na Nigéria, eles souberam aproveitar as melhores brisas para ventilação cruzada, por meio da correta implantação dos blocos, e utilizaram elementos de proteção solar.

Figura 12 – Universidade de Ibadan, Nigéria (Jane Drew e Maxwell Fry, 1955).



Fonte: Lannoy (s. d.).

¹⁴ Estilo Internacional foi o título da exposição feita em 1932, no Museu de Arte Moderna de Nova York, por Philip Johnson e Henri-Russell Hitchcock, apresentando os trabalhos de Le Corbusier, Gropius, Mies, entre outros. O termo, que não agradou a alguns arquitetos, como Gropius, passou a designar o estilo de arquitetura moderno que foi reproduzido em muitos lugares do mundo, de características ambientais e culturais as mais variadas, muitas vezes, com severos prejuízos ambientais, sobre os quais ainda falaremos.

¹⁵ “O *brise-soleil* descende das inúmeras formas de filtragem da luz, e também do olhar, desenvolvidas pela arquitetura das cidades mediterrâneas, fortemente marcada pela presença árabe” (BARBOSA; PORTO, 2005).

No Brasil, o caminho da busca pelo moderno foi levando para a construção e fortalecimento de uma identidade arquitetônica nacional. Para muitos autores, Lúcio Costa foi o catalisador dos questionamentos e reflexões investigativas e formais em que se ampara o modernismo brasileiro, vinculando as tradições construtivas da arquitetura vernacular luso-brasileira (estudadas a fundo por ele) ao fazer moderno internacional e dando grande importância à “constante mesológica” (COMAS, 2002).

A preocupação com a proteção solar, por exemplo, fez-se presente em vários exemplares da arquitetura moderna nacional, vindo a caracterizá-la em grande medida, percebendo-se aí a influência do clima nas soluções compositivas.

A incorporação de elementos de proteção ao sol, ou de soluções arquitetônicas que favorecem a circulação de ar para amenizar o calor, legitimam o modernismo nos trópicos. Os brise-soleil, versões modernas dos muxarabis, e as largas varandas, vão dar às obras modernas nos países de clima quente características diferenciadas das obras do modernismo heróico na Europa. Como o Brasil foi um dos primeiros a adotar a arquitetura moderna, esses componentes são freqüentemente identificados como “brasileiros” (CAVALCANTI; LAGO, 2005).

O marco de consolidação desse impulso é a construção do edifício sede do Ministério da Educação e Saúde (MES), no Rio de Janeiro – RJ (1937–1943), atual Palácio Gustavo Capanema, de caráter monumental e governamental, icônico exemplar do movimento moderno brasileiro. A equipe de arquitetos brasileiros, destacando-se nela Lúcio Costa e Oscar Niemeyer¹⁶, tendo como consultor Le Corbusier¹⁷, desenvolveu o projeto com grande integração plástica e funcional dos elementos que foram pensados para a amenização climática (clima tropical litorâneo, ou Atlântico, quente e úmido), como o terraço-jardim de Bule Marx, os *brises-soleils* e os painéis em azulejos de Cândido Portinari.

Os brises, nesse projeto, são em fibrocimento, alveolados e móveis, de controle manual, fixados a uma grade cartesiana em concreto que os emoldura, afastados das janelas, permitindo a circulação de ar. Essa retícula é responsável pelo jogo compositivo que anima e protege a fachada norte (**Figura 13**). O espaço de pilotis no acesso e o terraço-jardim do volume horizontal favorecem o conforto no clima quente e úmido e possibilitam os encontros e o convívio social, agregando qualidade à experiência do usuário no espaço urbano.

¹⁶ A equipe de arquitetos foi composta por Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, Carlos Azevedo Leão, Jorge Machado Moreira, Affonso Eduardo Reidy e Ernani Vasconcelos.

¹⁷ O franco-suíço era o mais influente arquiteto daquela época no mundo, embora tivesse então poucas obras de grande porte executadas, e encontrou, justamente no Brasil, condições políticas favoráveis à implementação de seus ideais de arquitetura. A influência de Le Corbusier no nascimento e consolidação da arquitetura moderna brasileira é extremamente debatida por muitos autores, ora exaltada, ora relativizada (COMAS, 2002), mas constantemente relacionada ao aspecto de se tomar partido dos recursos naturais do sítio na utilização da linguagem dos novos materiais.

Figura 13 – Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro (1937 – 1943). Fachada norte (à esquerda), e seus *brises-soleils*, em detalhe (à direita).



Fonte: Lívia França (2009).

Essa característica da arquitetura brasileira, de interpretar propriamente a linguagem moderna internacional, foi e ainda é mencionada e reconhecida mundialmente. O Brasil exerceu importante papel na arquitetura do séc. XX, alcançando grande influência no meio arquitetônico internacional, causando na esfera da crítica especializada grande surpresa, perplexidade, incredulidade. O MES tornou-se um marco mundial¹⁸, mas não foi um exemplo isolado no país; havia toda uma geração de arquitetos de muito talento a investigar e desenvolver soluções modernas climáticas e sua própria expressão disso.

Contemporaneamente à pioneira equipe do MES capitaneada por Lúcio Costa, o arquiteto Luís Nunes foi também pioneiro, consolidando a modernidade em Pernambuco. Nunes deu-nos, com seu grupo de trabalho no Recife, numerosos exemplares de arquitetura que, embora filiados, em termos compositivos, ao estilo moderno internacional – sobretudo o alemão, a princípio, e depois com mais nítidas influências corbuserianas (MARQUES; NASLAVSKY, 2007) – eram adaptados ao clima local e utilizavam com criatividade os elementos construtivos regionais disponíveis.

São exemplos disso a Usina higienizadora de leite (1934), a Escola Alberto Torres (1936) (**Figura 14**) e o antigo Pavilhão de verificação de óbitos da Faculdade de Medicina

¹⁸ “Essas fachadas envidraçadas que marcam o estilo americano para o público em geral, na realidade não foi nada americano, mas uma coisa européia e aplicada pela primeira vez no Brasil, na América do Sul, em escala monumental” (COSTA, LÚCIO apud CAVALCANTI; LAGO, 2005).

(1937), hoje sede do Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB-PE). Sabemos que o Rio de Janeiro e o Recife têm clima semelhante, tropical litorâneo quente e úmido, e que, portanto, seria natural a coincidência de certas soluções climáticas entre si. Todavia, no Recife, Nunes e equipe aportam novidades realmente próprias a essas produções.

Figura 14 – Escola Alberto Torres, Recife (Luís Nunes, 1936).



Fonte: Péricles Tabosa (2018).

O cobogó¹⁹ é tido por muitos como nossa solução para o equilíbrio da intensa luminosidade com a necessidade de sombreamento e ventilação abundantes, no clima quente e úmido de Recife. Sobre a utilização desse elemento vazado na arquitetura pernambucana, escrevem Marques e Naslavsky (2007, p.96):

Invenção pernambucana adequada ao calor de nosso clima, permitindo a aeração constante, o cobogó desempenhou um importante papel na arquitetura regional e foi largamente utilizado, tornando-se, na verdade, o elemento vazado mais difundido entre nós, símbolo da modernização e substituto do *brise-soleil*.²⁰

Após a fase de pioneirismo do modernismo no Brasil (décadas de 30 e 40), veio a fase de maturidade (décadas de 40 a 60), tendo como principais representantes os arquitetos Oscar Niemeyer, Lúcio Costa, Affonso Eduardo Reidy, os irmãos Roberto, Rino Levi, Oswaldo Bratke, Lina Bo Bardi, Vilanova Artigas, Paulo Mendes da Rocha e outros arquitetos atentos às questões atuais da arquitetura de seu tempo e aos impositivos locais,

¹⁹ Três engenheiros patentearam o cobogó, em 1930, em Recife, o português Amadeu Oliveira Coimbra, o alemão Ernesto August Boeckmann e o brasileiro Antônio de Góis, batizando o elemento com o nome formado pela primeira sílaba dos sobrenomes de cada um. Esse elemento vazado é, até os dias atuais, muito utilizado em diversas produções brasileiras.

²⁰ Salientamos, todavia, que as autoras expõem sua visão diferente daquela dominante e reforçam o caráter de inventividade e pioneirismo da equipe de Pernambuco, em esfera nacional, ao afirmarem que “como assinalamos acima, associar a pernambucanidade da arquitetura ao cobogó empobrece o esforço criativo de acompanhamento da vanguarda, evidenciado na obra da equipe de Nunes. Nós vimos o modernismo nascer, no Recife, de outro modo, diverso do que tem sido contado, na maioria das vezes. Neste sentido, mais do que uma crítica, o presente texto é um convite a rever a riqueza daquele momento” (MARQUES; NASLAVSKY, 2007).

climáticos e culturais. Algumas das produções desse período que revelam preocupação com as adaptações ao conforto climático podem ser representadas por obras como o edifício sede da ABI (Marcelo e Milton Roberto, Rio de Janeiro, 1943), o conjunto residencial Pedregulho (Affonso Reidy, Rio de Janeiro, 1947), o conjunto residencial Parque Guinle (Lúcio Costa, Rio de Janeiro, 1948 – 1954), o Museu de Arte Moderna do Rio de Janeiro – MAM²¹ (Affonso Reidy, 1952-1967; **Figura 15**), a FAU da USP (Vilanova Artigas e Carlos Cascardi, São Paulo, 1969), dentre inúmeras outras obras que marcam as produções da escola carioca e da escola paulista, cada uma à sua própria maneira, mesmo porque Rio e São Paulo têm climas distintos.

Figura 15 – MAM do Rio de Janeiro (Affonso Reidy, 1952-1967).



Fonte: Lívia França (2009).

Uma ressalva deve ser feita, agora, em relação ao uso do concreto e do vidro, materiais modernos. O concreto é um material que tem maior taxa de transferência de calor que o tijolo cerâmico, por exemplo, pois, sendo aquele mais denso que este, maior é também sua condutividade térmica (BEZERRA, 2003). Isso significa que o concreto transfere calor rapidamente, tendo desempenho térmico pior do que o do tijolo cerâmico ou o do adobe, gerando, em relação a estes outros materiais, construções mais quentes no verão e mais frias no inverno (proporcionalmente à área de superfícies em concreto expostas ao sol).

O vidro, de forma semelhante, permite que o calor se transfira ainda mais rapidamente do exterior para um ambiente interno e vice-versa, resultando em rápido aquecimento do interior, quando recebendo radiação solar direta, e perdas rápidas de carga

²¹ No MAM, a atenção ao controle térmico caminha ao lado da expressividade tectônica do concreto aparente. Medições de temperatura realizadas por Corbella e Yannas (2009) demonstraram que os recursos térmicos naturais do MAM são muito eficientes.

térmica à noite ou no inverno. As boas soluções utilizando esses materiais, sobretudo no clima tropical, foram aquelas que souberam dosá-los²².

Os altos edifícios envidraçados tornaram-se, em muitas partes do mundo, símbolo de prestígio e poder econômico, abrigando, frequentemente, as sedes de grandes corporações, desde o modernismo até os tempos atuais. Para Schmid (2005), o efeito do Estilo Internacional do modernismo sobre o conforto foi devastador, ao preconizar a “iconização” de produtos, como os “edifícios em caixas de vidro”. Ele assim se expressa sobre isso:

De fato, surgidas em países de clima frio, em edifícios de escritórios feitos estufa que se tornavam agradáveis durante o dia, as caixas atravessavam fronteiras para ser adotadas, a despeito de diferenças culturais e climáticas, até mesmo em regiões tropicais. Sob temperaturas do ar duas ou três dezenas de graus acima do local de origem, acabam provocando enorme consumo de energia para o condicionamento do ar (p. 52).

Feitas essas ponderações, continuamos a abordar os aspectos de adaptação do modernismo nacional, trazendo ao debate Oscar Niemeyer e sua contribuição para aos aspectos investigativos das soluções pautadas no clima, principalmente nas suas obras compreendidas entre as décadas de 1940 e 1990, que evidenciam melhor os atributos da arquitetura moderna brasileira. Destacamos sua arquitetura em Brasília, onde percebemos a influência do clima, da paisagem e do sentido de lugar na construção das soluções, marcadas pela interpretação regional e pela ampliação formal do vocabulário moderno.

Essas soluções são evidenciadas nos palácios governamentais, a exemplo do Palácio do Planalto. Neste, os amplos planos de concreto branco, formando beirais e terraços de dimensões generosas, refletem a radiação solar e evitam a insolação excessiva sobre os planos de vidro, os quais, por sua vez, captam para o interior a iluminação natural e o azul intenso da abóbada celeste de Brasília, que tem clima tropical de altitude, com duas estações bem definidas: quente e úmida (o período chuvoso) e seca. Ressaltamos também a solução, muito recorrente em Niemeyer e derivada do clima, que é a presença dos espelhos d’água, elementos de umidificação do ar excessivamente seco de Brasília e, ainda, a concepção da estrutura como peça escultórica, enquadrando paisagens (**Figura 16**).

²² No edifício do Abrigo do Exército de Salvação, em Paris (1929-1933), Le Corbusier concebeu, juntamente com Pierre Jeanneret, uma fachada de vidro hermeticamente fechada e, posteriormente, foi necessária a instalação de um sistema de ventilação, pois algumas salas, no verão, atingiam as temperaturas de uma estufa (GÖSSEL; LEUTHÄUSER, 1996, p. 188).

Figura 16 – Palácio do Planalto, Brasília (Oscar Niemeyer, 1958 -1960).



Fonte: Livia França (2013).

Na Catedral de Brasília, as condições de clima e conforto fizeram-se sentir de maneira imperativa, mas não antes do uso posto à prova. Quando da sua inauguração, em maio de 1970, os famosos vitrais coloridos da Catedral não existiam e seus fechamentos se davam somente pelo dossel de vidros transparentes fixados entre os dezesseis pilares em formato de hipérbole (estes com acabamento ainda na cor natural do concreto aparente), que vencem o vão total de setenta metros de diâmetro calculado por Joaquim Cardozo. Entretanto, o espaço não resultou confortável. O excesso de luminosidade causava ofuscamento nos celebrantes e em todas as pessoas e o calor era imenso no interior durante eventos diurnos. Buscando solução para os problemas de conforto, Oscar convidou a artista Marianne Perretti para desenvolver um vitral para a Catedral:

A artista tem o desafio de buscar soluções para os problemas de calor e de excessiva luminosidade [...] e de criar uma obra que pudesse harmoniosamente se integrar à arquitetura já consagrada mundialmente, com espírito religioso, em plena modernidade e em perfeito diálogo com o espaço (texto registrado na exposição do processo de confecção e restauração dos vitrais, exibida na Catedral. Data da visitação: 24 de maio de 2018).

Segundo Perretti, Niemeyer havia comentado com ela, desde a inauguração da Catedral, que, um dia, haveria de ter nela um vitral e a artista confessa não ter imaginado, naquela ocasião, que seria ela mesma quem viria a criá-lo. Após o convite de Oscar, e como condição para aceitá-lo, Marianne sugere a pintura dos pilares de branco no interior, ideia aceita por Niemeyer, que gosta tanto do resultado plástico e da leveza da solução que decide adotar o branco também no exterior. Os vitrais em tons de verde e azul, executados entre 1987

e 1989, e a cor branca dos pilares não somente amenizaram o problema da radiação solar, como também trouxeram um novo simbolismo ao lugar²³ (**Figura 17**).

Figura 17 – Imagens da Catedral de Brasília (Oscar Niemeyer, 1959-1970), antes e depois da instalação dos famosos vitrais de Marianne Perretti.



Fonte: da primeira linha, exposição na Catedral de imagens das décadas de 1960 e 1970; da segunda linha, Lívia França (2018).

Destacamos a produção de Lina Bo Bardi, arquiteta ítalo-brasileira questionadora, que rompeu barreiras entre a cultura erudita e a popular e “manejou com igual maestria grandes e singelas construções. Foi dos poucos a incorporar soluções vernaculares a uma interpretação modernista” (CAVALCANTI; LAGO, 2005). Sua importante produção também testemunha as adequações regionais do movimento moderno, tanto em São Paulo, como nas restaurações históricas em Salvador (estas em parceria com João Figueiras Lima, Lelé).

Dando continuidade aos trabalhos iniciados por Nunes e equipe nos anos 30, a arquitetura moderna em Pernambuco firma-se nos anos de 1940 e 1950, influenciada pela escola carioca e embasada na atuação dos arquitetos Acácio Gil Borsoi, carioca, e Delfim

²³ Após alguns anos, as condições dos vitrais tornaram-se perigosas devido à ação do tempo. Havia muitas peças trincadas pelo sol e pelo frio, com risco de estilhaço iminente. Entre 2010 e 2011, a Catedral teve seus vitrais restaurados, utilizando-se de “novas tecnologias de restauro e vidros mais resistentes às variações térmicas do cerrado, além de outros benefícios agregados ao material para aumentar o tempo de conservação do espaço” (texto registrado na exposição da Catedral. Data da visita: 24 de maio de 2018).

Amorim, português, que tiveram fundamental papel na conformação dessa arquitetura: “Borsoi adaptou princípios modernos da escola carioca às condições climáticas e construtivas da região e propôs soluções engenhosas que se tornaram paradigmas da arquitetura residencial local” (HOLANDA; MOREIRA, 2008).

Borsoi e Amorim ensinaram na Escola de Belas Artes de Pernambuco e, posteriormente, no curso de arquitetura da UFPE, formando as gerações seguintes de arquitetos em Recife. O italiano Mário Russo também realizou importante produção em Recife, assim como Heitor Maia Neto. Borsoi, Amorim, Russo e Heitor Maia Neto, todos professores, disseminaram as ideias inerentes do fazer arquitetônico contextualizado, estavam em constante aprimoramento e abertos à assimilação de novas motivações que pudessem reforçar a busca pela arquitetura adaptada ao local, enquanto expressão plástica e funcional.

Os azulejos cerâmicos foram bastante explorados em Recife nos anos de 1950, principalmente graças a Delfim Amorim. Nessa época, não havia no Brasil produção industrial de larga escala de revestimentos para proteção de fachadas (COSTA, 2012), o que o levou a buscar solução para isso na tradição portuguesa e brasileira desse material. O problema da umidade, sem sobreaquecimento das superfícies, ficava assim solucionado.

No edifício Acaiaca (**Figura 18**), de 1957, exposto aos efeitos da maresia na Av. Boa Viagem, Delfim utilizou, pela primeira vez, o azulejo aplicado a extensos panos de superfície, revestindo lá toda a fachada. Nesse edifício, um ícone do modernismo em Pernambuco, o arquiteto empregou a solução de peitoril ventilado²⁴, um recurso de ventilação cruzada para resfriamento passivo do interior, mesmo com as janelas fechadas e durante a chuva.

Figura 18 – Edifício Acaiaca, Recife (Delfim Amorim e Lúcio Estelita, 1957).



Fonte: Livia França (2018).

²⁴ A solução de peitoril ventilado foi criada pelo arquiteto Augusto Reinaldo (HOLANDA, 2010, p. 31).

O Acaiaca representa o começo da busca pela adaptação do novo conceito de moradia em altura no Recife às condições climáticas locais. Notemos que as soluções aí não estavam ainda completamente desenvolvidas para o enfrentamento das condições climáticas adversas, visto que não houve preocupação com o sombreamento das janelas e com sua proteção contra as chuvas. O peitoril ventilado também não dispunha de mecanismo de controle de abertura, ficando permanentemente aberto, constituindo-se um ponto vulnerável.

Os professores citados formaram discípulos em cujas obras se evidenciam a continuidade da preocupação climática e a adesão à linguagem moderna, caracterizando a chamada escola de Recife ou escola pernambucana. Esses arquitetos revelam sensível interpretação de sítio e cultura regionais, aliada à utilização do vocabulário moderno, tendo colocado Recife, então, duplamente como referência: do moderno e do bioclimático. As soluções arquitetônicas então elaboradas para a tropicalidade úmida de Recife se fazem presentes como constantes, que podemos assim elencar:

- Orientação dos ambientes de maior permanência evitando-se a forte insolação, que aporta calor e luminosidade em excesso, aliada à utilização da vegetação como fornecedora de sombras à edificação e como elemento integrador entre interior e exterior;
- Coberturas em lajes inclinadas, protegidas ou não por telhas cerâmicas diretamente apoiadas, que avançam em beirais largos para sombreamento de paredes e terraços. Era comum a elaboração de refinados detalhes de cobertas, fechamentos e arremates, de modo a evitar a infiltração das chuvas;
- Brises como elementos de proteção e marcação das fachadas e uso de vedações leves e vazadas de elementos pré-moldados, além de azulejos e cerâmicas para revestimento e proteção contra as intempéries;
- Ventilação cruzada e exaustão natural por meio do pé direito elevado, de aberturas corretamente dimensionadas e posicionadas, do cobogó, do peitoril ventilado, das venezianas e das treliças em madeira, detalhadamente desenhados e muitas vezes exclusivos para cada projeto.

As produções pernambucanas desse período têm como exemplares destacáveis o edifício sede da SUDENE (Maurício Castro, 1968) o edifício sede da CELPE (Vital Pessoa de Melo e Reginaldo Esteves, 1972), o edifício sede da CHESF (Maurício Castro e Reginaldo Esteves, 1975) e muitos outros edifícios institucionais, edifícios verticais de apartamentos e inúmeras casas. No edifício residencial Villa Mariana, no Recife (**Figura 19**), vemos a solução de janelas recuadas e protegidas por jardineiras suspensas, empregada pelo arquiteto

Wandenkolk Tinoco na concepção das fachadas, configurando um de seus “edifícios-quintais” (MOREIRA; FREIRE, 2011), que muito contribuíram com a arquitetura climática no Recife. O arquiteto recomenda, no filme *Wandenkolk* (2015), que as edificações tenham características apropriadas ao clima, que proporcionem qualidade de vida, o que, no clima tropical, se traduziria por lugares amenos, sombreados, com aberturas para permitir os ventos.

Figura 19 – Edifício Villa Mariana, Recife (Wandenkolk Tinoco, 1976).
Fachada principal (à esquerda) e detalhe das quinas (à direita).



Fonte: Livia França (2018).

O professor Armando de Holanda, em seu *Roteiro para construir no Nordeste* (2010), recomenda esses mesmos princípios, denominados de: criar uma sombra, recuar as paredes, vazar os muros, proteger as janelas, abrir as portas, continuar os espaços, construir com pouco, conviver com a natureza e construir frondoso. É uma cartilha simples e prática, de excelente didática, que encerra todos os princípios e estratégias passivas de conforto ambiental para o clima de Recife. Fazemos ressalva, contudo, ao título do *Roteiro para construir no Nordeste*, pois as recomendações que ele contém só são aplicáveis com justeza ao clima tropical quente e úmido, porém o Nordeste inteiro não goza desse mesmo clima.

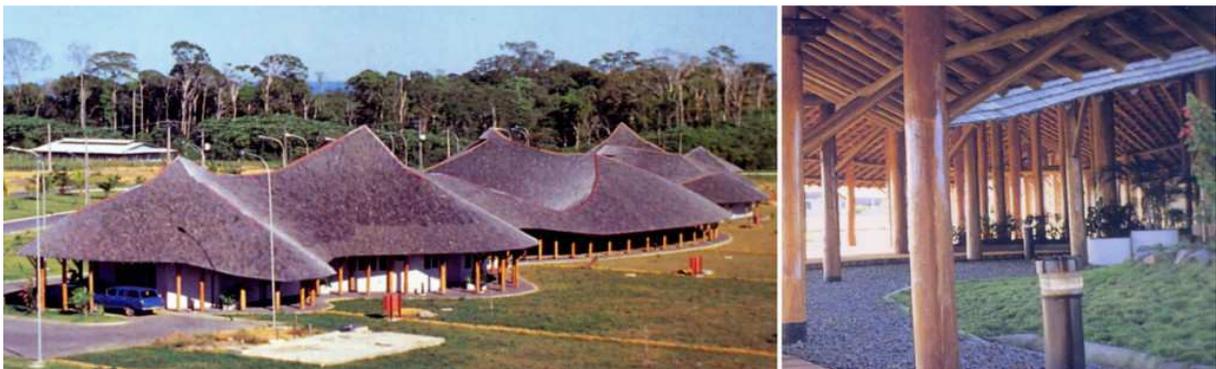
Ressaltamos, novamente, a importância da produção moderna pernambucana e brasileira para o avanço da arquitetura feita pensando no clima. Contudo, fazemos menção ao fato de que nem todas as soluções modernas para o conforto climático resultaram racionais, quanto à economia dos recursos. Em determinados edifícios modernos do Recife, por exemplo, os *brises-soleils* foram dimensionados da mesma forma para atendimento de todas

as fachadas, com orientações diversas, e o que resulta disso é que ora não houve a suficiente proteção solar e o esperado conforto, ora os elementos ficaram superdimensionados.

De modo geral, porém, o dado climático era fator que conduzia à forma na arquitetura moderna nacional. Em boa parte dos casos, tomava-se partido do clima e do lugar para valorizar o ambiente construído. O dado climático era tido não somente como elemento a ser considerado para a obtenção de conforto, mas também como fator determinante na composição plástica e na configuração funcional, rebatendo-se diretamente na volumetria das edificações e resultando em qualidade.

Em Manaus – AM, a produção arquitetônica de Severiano Mário Porto (nascido em Uberlândia, MG, e formado no Rio de Janeiro) representa o esforço interpretativo dos condicionantes impostos pelo clima da Amazônia (equatorial, ou tropical quente e úmido), “percorrendo caminhos alternativos que não deixam de ser tributários da herança moderna” (COSTA; SILVA FILHO, 2007). Nesse caso, a utilização de recursos regionais não era mera escolha, mas decorrência natural das opções disponíveis, uma vez que outros materiais tinham que vir de fora e aportar de barco, demorando tempos para chegar, a depender da região. A esses materiais, aliou-se o domínio técnico de Severiano e o resultado foi plasticamente expressivo e climaticamente adequado. Alguns de seus projetos mais significativos foram o Campus da Universidade do Amazonas (1970-1980), a Sede da SUFRAMA (1971) a Sede da TELAMAZON (1979) e o Centro de Proteção Ambiental de Balbina, AM (1983; **Figura 20**).

Figura 20 – Centro de Proteção Ambiental de Balbina, Presidente Figueiredo, Amazonas (Severiano Porto, 1983).



Fonte: Conselho de Arquitetura e Urbanismo, Amazonas (s. d.).

No cenário nacional da segunda metade do séc. XX e primeira década do séc. XXI, temos a obra do carioca João Figueiras Lima, Lelé, pautada na adequação climática e na investigação da técnica construtiva apoiada nos elementos pré-fabricados, primeiro em concreto, depois em argamassa armada e finalmente em aço. A busca exaustiva pela

racionalização das construções bioclimáticas, visando à popularização das soluções, conferiu a Lelé maturidade na capacidade de resolução de problemas e inventividade ímpares. Lelé valorizava a inserção harmoniosa e coletiva do ser humano no meio natural, preocupando-se com as questões sociais, a que ele dedicou sua vida (GUERRA; MARQUES, 2015).

A repercussão dos elementos de ventilação e iluminação natural, como os sheds, na plástica de suas edificações soa honesta e muito expressiva, sendo referência em construções desse tipo. Sua obra-prima são os hospitais da rede Sarah Kubitschek, realizados em Salvador, Brasília (**Figura 21**), Rio de Janeiro e outras cidades, que possuem ambientes verdadeiramente bioclimáticos, tratados ao natural, visando ao conforto não somente físico, mas também psicológico dos pacientes, contrariando a predominante lógica mecanicista de climatização de ambientes de hospital.

Figura 21 – Centro de Reabilitação Sarah Kubitschek Lago Norte, setor de hidroterapia, Brasília (Lelé, 1996-2003).



Fonte: Kon (2018).

Voltando ao contexto internacional, trazemos o trabalho de Luis Barragán, no México, na segunda metade do séc. XX, que se mostrou atento às referências modernas e sensível às tradições vernaculares, na reinterpretação das técnicas locais representadas pelas típicas aldeias mexicanas. Na obra de Barragán, são recorrentes os elementos singelos que lhe dão singularidade, como as paredes sólidas em estuque bruto, branco ou pigmentado, as aberturas que filtram e colorem a luz natural (vide exemplo na **Figura 22**) e os pátios abertos ao céu, protegidos por planos ortogonais, propícios ao clima da cidade do México (temperado chuvoso e moderadamente quente).

Figura 22 – Casa Gilardi, Cidade do México (Luis Barragán, 1975).



Fonte: Casebere (2017).

O indiano Charles Correa, desde a segunda metade do séc. XX, até hoje, também realiza interpretações dos elementos regionais e climáticos em diálogo com a linguagem moderna. Correa utiliza-se frequentemente de estratégias passivas para o condicionamento térmico, como orientação, proteção de esquadrias, ventilação cruzada e outras, em diferentes climas pelo mundo onde realizou projetos. No complexo de escritórios Ecil, na cidade indiana de Hyderabad, de clima seco de estepe, a necessidade de climatização artificial foi reduzida, a luz natural foi aproveitada e as interferências sonoras exteriores foram controladas pela adoção de correta implantação, orientação e sombreamento (**Figura 23**).

Figura 23 – Complexo de escritórios Ecil, Hyderabad, Índia (Charles Correa, 1965-1968).



Fonte: imagens de divulgação do sítio do arquiteto²⁵.

²⁵ Disponível em: <<http://www.charlescorrea.net/>>. Acesso em: 04 set. 2018

Alguns estudiosos utilizam o termo regionalismo para se referirem às reações contra a uniformidade do modernismo, o qual foi em muitos países, como vimos, reinterpretado e adaptado, respondendo ao mesmo tempo a condicionantes locais, como clima e topografia, e a tradições construtivas autóctones. No ensaio chamado *Sobre um Regionalismo Crítico* (que exerceu grande influência nos arquitetos, bem como reações críticas também), publicado em 1983, Kenneth Frampton²⁶ levantou questões culturais e políticas, relacionadas com os problemas de identidade, como o caráter excessivamente tecnológico das construções modernas e as limitações impostas ao desenho urbano, clamando, então, para que a arquitetura assumisse uma postura de retaguarda, que para ele significaria resistência cultural e utilização prudente da técnica universal (FRAMPTON, 1987; FIGUEIRA, 2014).

Frampton reconheceu, de maneira retrospectiva, nuances de interpretação regional do moderno presentes em certos arquitetos. Encontramos esses valores, como vimos, em Alvar Aalto, Frank Lloyd Wright, Oscar Niemeyer, Luis Barragán e Charles Correa, assim como em Álvaro Siza (português), Balkrishna Doshi (indiano), Alberto Campo Baeza e Josep Lluís Sert (espanhois), Mário Botta (suíço), entre outros, que desenvolveram sua própria fusão entre o moderno e as tradições regionais e vernaculares, não só em seus países de origem como em outras partes do mundo, como foi o caso de Antonin Raymond, arquiteto tcheco-americano que introduziu a arquitetura moderna na Índia e no Japão, onde trabalhou por muito tempo.

O período conhecido como pós-modernismo, iniciado a partir da década de 1960, quando o ideal moderno começou a perder sua hegemonia, é composto por diversos caminhos que a arquitetura tomou, como o historicismo, o *high-tech* (tecnicismo), o desconstrutivismo, dentre outros. Destes, mencionamos o ecologismo, ligado tanto ao regionalismo quanto ao tecnicismo, que se desenvolve no final do séc. XX e início do séc. XXI. Alguns representantes dessa vertente são os arquitetos ingleses Norman Foster e Ian Ritchie e os italianos Renzo Piano e Richard Rogers (este naturalizado britânico).

No projeto do Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou (**Figura 24**), localizado na Nouméa, Nova Caledônia (na Oceania, de clima temperado moderadamente quente, com presença de ventos fortes e abalos sísmicos), Renzo Piano utilizou dez formas parecidas, semelhantes a conchas ou casulos, feitos em madeira laminada, aço e vidro, buscando juntar métodos tecnológicos àqueles originais e tradicionais do lugar, para valorização da cultura *Kanak* local, utilizando-se da ventilação natural para o conforto térmico.

²⁶ O termo Regionalismo Crítico que Frampton utiliza havia sido cunhado, no início dos anos 1980, pelos arquitetos e críticos Alexander Tzonis e Liane Lefaivre, os quais, por sua vez, sofreram influência dos estudos de Lewis Mumford, feitos nos anos de 1940.

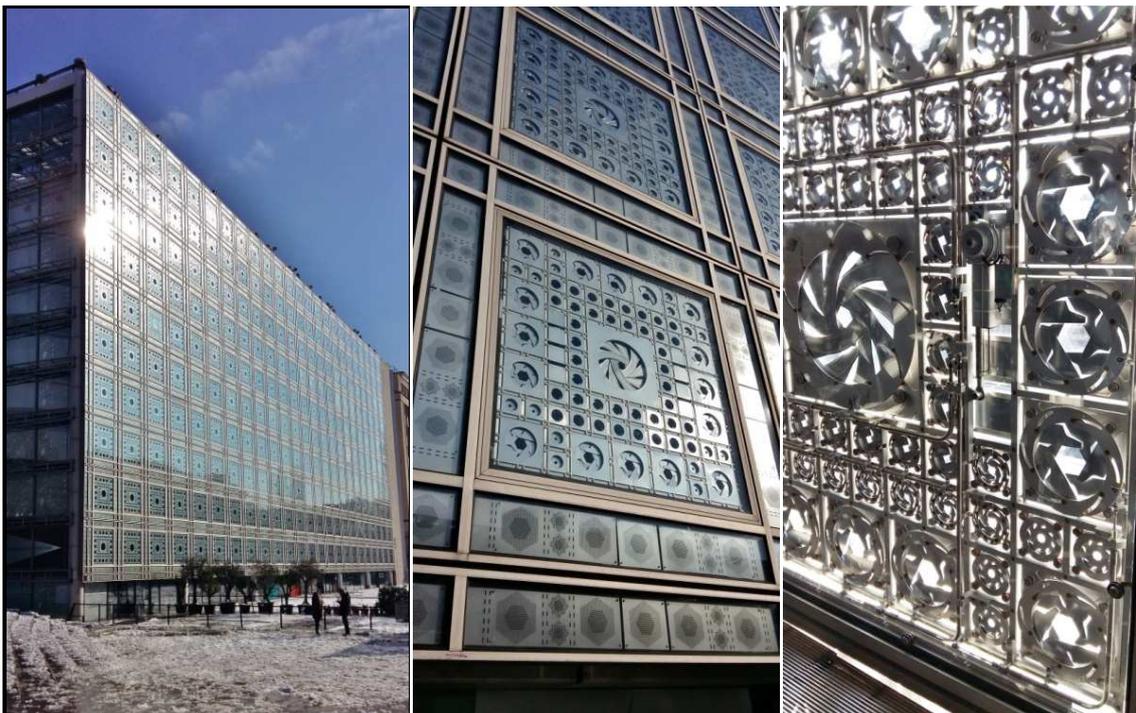
Figura 24 – Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou, Nouméa, Nova Caledônia (Renzo Piano, 1991-1998).



Fonte: Mitri (2009).

Entre os exemplares de viés mais tecnicista, está o Instituto do Mundo Árabe (Figura 25), em Paris (clima temperado continental), de Jean Nouvel, que utiliza mecanismos de controle solar instalados em toda a fachada sul, formados por duzentos e quarenta módulos com vinte e sete mil diafragmas eletrônicos, regulados por células fotossensíveis que se abrem e se fecham com o sol, para aproveitamento da luz natural com resguardo da integridade do acervo exposto. A solução, em função e em forma, aparenta uma versão contemporânea dos muxarabis árabes. Após quase três décadas de funcionamento, essa tecnologia que reage às mudanças do ambiente, embora apresentando algumas falhas de precisão, continua funcional.

Figura 25 – Instituto do Mundo Árabe, Paris (Jean Nouvel, 1983 – 1989).



Vista da fachada sul (esq.), detalhe externo dos módulos de diafragmas (centro) e detalhe interior dos mecanismos que compõem o sistema (dir.). Fonte: Lívia França (2018).

Nos dias atuais, a alta tecnologia tem sido empregada, globalmente, na produção arquitetônica. Muitos exemplares, com linguagem plástica “universal”, parecem não ter qualquer compromisso com o local de implantação, bem podendo fazer parte do acervo construído de qualquer grande cidade do mundo. Determinados arquitetos, em contrapartida, põem a mais avançada tecnologia a favor da interpretação dos condicionantes ambientais e climáticos de uma região. Mas é importante perceber que tomar como ponto de partida projetual a condição climática, não necessariamente, significa economia de energia e recursos ou condicionamento ambiental passivo, haja vista o caráter de luxo de alguns projetos contemporâneos ou o conforto obtido à custa de enormes gastos energéticos.

O escritório de arquitetura Sauerbruch Hutton, com sede em Berlim, tem feito projetos cujo foco, afirmam os arquitetos, é o aproveitamento de recursos e das características do clima natural e a economia de energia, para a construção de edifícios mais sustentáveis. A sede da Agência Federal do Meio Ambiente (**Figura 26**), na cidade de Dessau, Alemanha (clima temperado quente, com elevada pluviosidade), faz uso de estratégias passivas e ativas de redução do consumo energético e de geração renovável de energia, tratou e aproveitou antigos equipamentos urbanos existentes no local de implantação e integrou ao programa novos espaços e ambientes de uso público. Os arquitetos acreditam que determinadas escolhas, como o efeito cromático adotado (escolha que se observa em muitos projetos desse escritório), são feitas para estimular os sentidos, enriquecendo a experiência espacial.

Figura 26 – Agência Federal do Meio Ambiente, Dessau, Alemanha (Matthias Sauerbruch, Louisa Hutton e arquitetos associados, 2001 – 2005).



Fonte: imagens de divulgação do sítio dos arquitetos²⁷.

²⁷ Disponível em: < <http://www.sauerbruchhutton.de/index.php?lang=en#projekte>>. Acesso em: 04 set. 2018

Assumindo outra vertente, menos tecnológica, tem-se destacado contemporaneamente o trabalho de arquitetos preocupados com as questões prementes de nosso tempo, que desenvolvem pesquisas no campo da sustentabilidade das construções com originalidade e menores custos. Nesse sentido, é notável a produção do arquiteto paraguaio Solano Benítez, que, ajudado por seus mestres de obra, adapta suas investigações e inovações tectônicas a tradições construtivas latino-americanas (GONZÁLEZ ORTIZ, 2010).

Nas obras de Benítez, é marcante o uso do tijolo, material antigo, universal e popular, como aproveitamento do recurso disponível localmente, porém usado de forma completamente singular, inteiro ou partido irregularmente, formando vedações vazadas, cascas, planos plissados ou mesmo vigas e pilares, causando surpresa e estranhamento (CAMERIN, 2016). A disposição desses elementos que criam contrastes de grande expressividade plástica vem também da intenção de controle da entrada de luz e calor solares, gerando sombreamentos e espaços semi-externos, inseridos no clima subtropical e reforçando os valores ambientais do Paraguai²⁸. Vê-se a aplicação desses princípios em uma de suas obras mais conhecidas, a residência Las Anitas, no Paraguai (**Figura 27**, a seguir).

Figura 27 – Residência Las Anitas, Santani, Paraguai (Solano Benítez, 2008).



Fonte: Prata (s. d.).

O arquiteto africano, instalado em Berlim, Diébédo Francis Kéré, também demonstra sensível percepção dos condicionantes locais em suas obras. O arquiteto procura fazer ligações culturais, com abordagens distintas em cada local, preocupando-se em aliar contexto,

²⁸ “A pesquisa arquitetônica de Solano Benítez, levada a cabo num contexto político e econômico difícil, com questões de ordem prática objetivamente complexas, destaca-se dos processos de produção ditados pela globalização e revela uma qualidade espantosa” (Mario Botta, apud Jodidio, 2013).

meio e técnica, e busca manter vivas as técnicas construtivas tradicionais africanas, em meio à atual tendência de perda das mesmas, frente à influência europeia. Nos projetos em sua terra natal, Burkina Fasso (África Ocidental, clima tropical quente e seco) e em outros países africanos, Kéré emprega mão de obra e materiais locais e técnicas vernaculares, tendo como resultado linguagem contemporânea, condicionamento térmico natural e o envolvimento dos usuários nos processos construtivos. A escola secundária Schorge, na cidade de Koudougou, Burkina Fasso (**Figura 28**), por exemplo, tem iluminação, ventilação e exaustão facilitadas pelos coletores de vento e pelos telhados suspensos, sombreamento de espaços semi-exteriores e pátio de convivência protegido do vento e da poeira²⁹. Nas paredes, foi utilizada uma pedra local, chamada laterita, material com boa massa térmica que, logo após ser extraído do solo, pode ser cortado como tijolo e, em seguida, endurece em contato com o ar.

Figura 28 – Escola secundária Schorge, Koudougou, Burkina Fasso, (Diébédo Kéré, 2016).



Fonte: imagens de divulgação do sítio do arquiteto³⁰.

²⁹ Kéré defende os valores imateriais da arquitetura, que repercutem na experiência espacial e na vida das pessoas que a utilizam. Sobre a escola, ele comenta “um dos objetivos mais importantes do projeto é servir como um catalisador de inspiração para os alunos, o corpo docente e os membros da comunidade do entorno. A arquitetura [...] é um testemunho de como os materiais locais, em combinação com a criatividade e o trabalho em equipe, podem ser transformados em algo significativo, com efeitos profundos e duradouros” (Disponível em: <<http://www.kere-architecture.com/projects/lycee-schorge-secondary-school/>>. Acesso em: 07 maio 2018).

³⁰ Disponível em: <<http://www.kere-architecture.com/projects/lycee-schorge-secondary-school/>>. Acesso em: 07 maio 2018>.

No Brasil, verifica-se a mesma dinâmica mundial, em que os projetos apresentam maior ou menor engajamento com as causas socioambientais, com maior ou menor participação das tradições construtivas e dos componentes tecnológicos, dosados pelos arquitetos, mas fortemente determinados pelas condições em que se operam as contratações.

Citamos, por fim, o projeto para o novo Campus do Instituto de Matemática Pura e Aplicada (IMPA), uma Organização Social vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e ao Ministério da Educação (MEC)³¹, que tem programa funcional composto por auditórios, gabinetes para pesquisadores e alunos, biblioteca, salas de aula e dormitórios (vide **Figura 29**). O projeto, que será localizado no bairro do Jardim Botânico, zona sul do Rio de Janeiro, com obra prevista para iniciar este ano e finalizar em 2021, foi reconhecido por uma fundação internacional especializada como sendo de baixo impacto para o meio florestal e urbano onde se insere e considera o clima e o entorno na proposição das soluções, tais como implantação suspensa para preservação da topografia, fauna e flora, tetos-jardins e gestão racional de água e energia.

Figura 29 – Novo Campus do IMPA, Rio de Janeiro (Andrade Morettin Arquitetos, 2015. Obra ainda não iniciada).



Fonte: imagens de divulgação do sítio dos arquitetos³².

³¹ Disponível em: <<https://impa.br/>>. Acesso em: 30 maio 2018.

³² Disponível em: <<http://www.andrademorettin.com.br/projetos/impa/>>. Acesso em: 07 maio 2018.

Constatamos que os caminhos da arquitetura contemporânea mundial são múltiplos e marcados pela heterogeneidade, pois incorporam e mesclam diversas linguagens, além do mais, muitas abordagens e graus de tecnologia são hoje possíveis. A arquitetura encontra-se globalizada, com todas as consequências benignas ou nefastas advindas desse fato. Vê-se a utilização do repertório tecnológico, mais ou menos integrante de abordagens regionalistas, coexistindo o moderno, o pós-moderno, o neo-moderno e, ainda, o minimalista, o *high-tech*, o desconstrutivista, o regionalista e outros (BRAGA; AMORIM, 2009).

Braga e Amorim (2009) estudaram a arquitetura contemporânea, em especial, os exemplares que receberam premiação de concursos internacionais de construções sustentáveis recentes, na busca por compreender se haveria algum estilo arquitetônico comum às construções tidas como exemplo de bioclimatismo. As autoras chegaram à conclusão de que a arquitetura bioclimática atual segue os mesmos estilos da arquitetura contemporânea em geral, não havendo diferenças formais entre elas. Ou seja, não seria o estilo arquitetônico adotado um elemento definidor da presença ou não de soluções bioclimáticas. Antes, a variedade estilística atual até mesmo favoreceria a produção bioclimática, segundo essas autoras, devido à maior liberdade de que gozam hoje os arquitetos, na escolha pela filiação ou não a determinada vertente estilística.

Pelo que foi visto, por meio dessa breve revisão da produção do ambiente construído adaptada ao clima e ao meio, que não se pretendeu exaustiva, mas minimamente representativa, acreditamos que fica claro que as estratégias de adequação climática e regional não se configuram como um partido ou estilo arquitetônico, mas sim como princípios aplicáveis a toda arquitetura, desde que se tenha como premissa proporcionar conforto ao usuário no ambiente construído, economia de recursos e respeito às características geográficas e culturais de um local e que considere colocar o ser humano em harmonia com a natureza circundante. Em nossa hipótese de pesquisa, ora desenvolvida, pensamos que, além desses atributos, a arquitetura bioclimática pode aportar importantes contribuições ao campo da experiência espacial, favorecendo as atitudes positivas perante o edifício, o lugar, o outro.

Os princípios bioclimáticos são comuns a cada tipo de clima, mas, quando aplicados, tornam-se próprios, singulares. Embora o princípio seja o mesmo, variando conforme a característica climática que se necessita controlar e o efeito que se deseja obter, dele derivam soluções plurais, e, para cada local, corresponde um projeto, devendo-se evitar os modelos.

Todo arquiteto confere a cada critério projetual uma carga de importância. As soluções da envoltória são sempre o resultado de interpretação pessoal, formal e funcional do programa, com maior ou menor atenção dada aos condicionantes ambientais e culturais da

região. Parece-nos, porém, que o discurso e as práticas projetuais atuais de muitos arquitetos concentram-se ainda nos aspectos formais, enquanto a análise ambiental recebe muito menor atenção. Em muitos casos, os aspectos imateriais do lugar são considerados, enquanto capazes de repercutir na concepção plástica, no entanto o clima e o conforto restam esquecidos.

Nesse sentido, entendemos que, por si só, a abordagem bioclimática não é capaz de garantir qualidade para a produção da arquitetura, bem como não o é capaz de fazê-lo nenhum critério que se adote isoladamente, seja funcional, configuracional ou formal-compositivo. Mas defendemos que sem o bioclimatismo, tampouco, pode-se pensar em atingir as mais excelentes qualidades arquitetônicas.

2.3 Bioclimatismo no meio urbano

Embora a presente pesquisa não se concentre nos problemas das cidades, acreditamos que precisam ser mencionados os princípios gerais ligados ao condicionamento ambiental urbano, tendo em consideração que uma cidade considerada bioclimática não seria o mero conjunto formado pelas edificações bioclimáticas dessa cidade (FERNANDEZ, 2007).

Neste subcapítulo, abordamos, em linhas gerais, os principais desafios urbanos atuais, a dialética gerada no debate sobre as densidades populacionais ideais das cidades, debate esse mediado pelas questões climáticas adjacentes. Abordamos, ainda, a influência da forma e do traçado urbanos no conforto ambiental dos usuários, a formação dos climas urbanos e a importância das cidades como consumidoras de energia no mundo atualmente. Nesse enfoque, os temas conforto ambiental e consumo energético são indissociáveis.

As cidades são enormes consumidoras de energia. A vida nas cidades corresponde à realidade de mais da metade da população mundial, conforme afirmam inúmeros autores na atualidade. Assim, dizemos que não há como ignorar, atualmente, que o futuro da vida no planeta será fortemente determinado pelo futuro das cidades.

De acordo com Richard Rogers (2001) as “pegadas ecológicas” das cidades, ou seja, toda área que serve como fornecedora de recursos para os centros urbanos ou como local para destino de seu lixo, já cobriam (em fins do séc. XX) todo o planeta, causando diminuição das reservas disponíveis e degradação ambiental. O autor argumenta que os processos lineares de produção, mais poluidores, deviam ser substituídos por modelos de metabolismo circular, que proporcionam redução de consumo e reaproveitamento de recursos, menor nível de poluição e diminuição dos gastos energéticos. Em suma, o que Rogers (ibid.) sustenta é que o modelo de

idades densas – que havia sido abandonado por tornar-se sinônimo de baixa infraestrutura e degradação socioambiental das cidades industriais do século XIX na Europa – deveria ser retomado e reinterpretado, gerando cidades compactas, com forte complexidade social, de usos e de funções sobrepostas. Ele salienta que questões político-econômicas estabelecem os critérios de planejamento das cidades e que o zoneamento, em oposição aos usos mistos, tem por base as conveniências do mercado, servindo aos interesses tanto dos investimentos públicos como privados, muito mais que à qualidade de vida dos habitantes³³.

O modelo de cidades densas, ou compactas, seria uma oposição ao modelo urbano disperso, que parte do zoneamento funcional e da menor concentração de habitantes, que resulta em cidades menos densas, que necessitam de mais área para seu assentamento. Esse último é baseado nas cidades-jardim e nas *new towns* (cidades novas inglesas), características do contexto europeu de fins do séc. XIX, pensadas como sendo o modelo de cidade saudável e moderna, ideal para enfrentar os problemas das cidades industriais degradadas. No início do século XX, duas vertentes desenvolveram-se, como resposta ao desafio das cidades industriais superpovoadas: o modelo das cidades-jardim e o do desenvolvimento urbano com base nas características das cidades tradicionais, este que foi o adotado por muitas cidades na Europa.

O modelo de cidades-jardim foi adotado de forma entusiasmada nos Estados Unidos, nos anos 1920, conforme afirma Jane Jacobs (2011), criticando os que valorizaram a empreitada e que ela chama de “descentralizadores” (Lewis Mumford, Clarence Stein, Henry Wright e Catherine Bauer). Em seu livro, *Morte e vida de grandes cidades*, de 1961, Jacobs (2011) escreveu sobre a existência de cidades mortas, sem vivências dos espaços públicos, no contexto das cidades modernas dos Estados Unidos. A autora discorre sobre os espaços públicos e seus usos combinados, que, segundo ela, atrairiam mais pessoas, dando vida aos ambientes, descrevendo a rua como um espaço social.

As críticas aos modelos dispersos de cidade dirigem-se, sobretudo, aos grandes gastos com instalação de infraestrutura básica e à enorme ocupação do solo necessária para o seu espraiamento, que ocasiona maiores problemas ambientais e mais consumo energético,

³³ A despeito de seu ecologismo ao escrever *Cidades Para Um Pequeno Planeta* (ROGERS, 2001), Rogers manifestou-se contrário a uma decisão da agência britânica responsável pelo ambiente construído que, por sua vez, opôs-se à construção de um edifício alto projetado por Renzo Piano, o *shard of glass*, caco de vidro, que por fim, veio a ser construído em Londres, em 2012, como a torre mais alta da Europa, com 305m de altura. Sobre isso, Rogers afirmou “barrar um empreendimento gigantesco porque algumas pessoas acham que a esfera pública não é tão bem tratada como deveria é um erro crasso [...] **eu não creio que todos os edifícios altos precisem de espaços públicos**” (ROGERS, apud ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009, p. 264, com grifo nosso). A defesa de Rogers pela verticalização, nesse caso, coincide com a defesa do adensamento urbano, havendo de fato coerência com seu discurso ecológico. A questão que fica, porém, é se a construção de arranha-céus estaria mesmo contribuindo com uma maior qualidade ambiental urbana ou se isso refletiria, antes, a defesa de interesses particulares, dele e de outros arquitetos, que tem projetado edifícios cada vez mais altos e caros.

em comparação aos modelos de cidades compactas. A cultura ligada aos automóveis particulares, assim como outras formas de consumo urbano não racionais, requisita a ampliação cada vez maior das redes de infraestrutura urbana, a impermeabilização do solo e o espalhamento das cidades sobre áreas de paisagem rural, terras produtivas e florestas.

Nas cidades mais adensadas, ao contrário, as circulações são facilitadas e podem ser feitas a pé, de bicicleta ou de transporte público e nelas a infraestrutura instalada solicitada é menor, visto que a multiplicidade de usos aproxima os habitantes. As cidades compactas têm outras qualidades destacáveis, pois promovem os encontros, contatos sociais e interações entre os indivíduos e, ainda, estimulam a prática esportiva.

Para Jan Gehl (2015), a possibilidade de que as cidades tenham grandes áreas restritas aos pedestres é que possibilita os usos diversificados e a vida urbana com qualidade. Dos anos sessenta para cá, desenvolveram-se em muitas cidades estudos e instrumentos de planejamento urbano que focam a atenção nesses fluxos, para promover o uso efetivo e humano dos espaços públicos urbanos. Esse período coincide também com as reivindicações estudantis e feministas das décadas de 1960 e 1970, que se davam justamente nos espaços públicos pelo mundo, pressionando mudanças (GEHL; SVARRE; 2018). Desde os anos de 1980, a busca por mais sustentabilidade no meio urbano, com a redução dos danos ambientais e a promoção da qualidade urbana, também media o debate.

Acioly e Davidson (1998) argumentam que os planejadores urbanos lidam com o dilema da forma urbana ideal para as cidades do século XXI, incluindo tamanho e formas de crescimento, girando em torno da questão:

Serão as cidades compactas, densamente ocupadas e verticalizadas como Hong Kong, New York, Tóquio, Cairo ou São Paulo a solução do futuro para a humanidade? Ou serão as cidades lineares, amenas, “verdes”, tranquilas e menos densas tal como Brasília, Los Angeles e as novas cidades Inglesas e Egípcias, um padrão a ser seguido para o futuro urbano de nosso planeta como já é o caso de diversos projetos de expansão urbana e novos bairros já realizados no Rio de Janeiro, Paris, Cairo, Amsterdam e Boston só para citar alguns? (ACIOLY; DAVIDSON, 1998, p. 04).

Os autores lembram que, qualquer que seja a escolha, todas trazem consigo impactos ambientais e resultados singulares na qualidade de vida e nas relações do espaço urbano. Eles lembram que as cidades não podem crescer indefinidamente de maneira linear, sem colocar em risco a segurança e a sustentabilidade ambiental e questionam também os “benefícios intrínsecos e as desvantagens existentes em meio ambientes urbanos densamente ocupados” (ACIOLY; DAVIDSON, 1998, p. 04). Os autores salientam que a percepção de densidade

varia imensamente de um país para o outro e mesmo entre cidades de um mesmo país, possuindo diferenças inerentes e tornando difícil qualquer comparação de medição objetiva.

Contrapondo-se modelos urbanos de maior e de menor densidade, há que se considerar que “a densidade populacional indica o grau de compacidade de uma área urbana e diferentes formas urbanas podem responder a um mesmo padrão de densidade, com diferentes configurações de espaços abertos, condições microclimáticas e distribuições de usos” (BARBIRATO; BARBOSA; TORRES, 2012, p.09). Existem, ainda, os vazios urbanos, frutos da especulação imobiliária, que contribuem sobremaneira para a dispersão urbana. As densidades são, portanto, bastante influenciadas pelo contexto sociocultural.

O tema da densidade no desenvolvimento urbano é, como se percebe, extremamente complexo e controverso, envolvendo diversos assuntos, cujos resultados acabam repercutindo no meio ambiente, na mobilidade das cidades, no conforto ambiental e saúde e no desenvolvimento humano como um todo.

Paralelamente ao que foi até agora exposto, cumpre-nos evidenciar aqui a temática do conforto ambiental nos meios urbanos, mediado pelo clima, fator importantíssimo para o planejamento urbano. É importante lembrar, conforme visto em 2.1, que os climas urbanos são diferentes do clima natural de seus entornos, devido à influência das massas construídas. Esse estudo constitui o escopo da climatologia urbana.

As pesquisas no campo do clima urbano são abundantes e de origem antiga. Porém, maior ênfase foi dada em determinados momentos históricos, em que a qualidade de vida se viu ameaçada, como após a revolução industrial do séc. XIX, após a segunda guerra mundial, no séc. XX, e desde a chamada crise de energia da década de 1970, período este que coincidiu com a aceleração do processo de urbanização no mundo: “não por coincidência, as definições de clima urbano passaram a abranger, além do clima de um determinado local, também as diferentes caracterizações de sua urbanização” (FREITAS, 2005a, p.83).

Percebemos que os exemplos de boa aplicação das práticas de bioclimatismo no meio edificado arquitetônico e urbano nem sempre predominam. Mas os prejuízos disso vão além das questões de conforto ambiental dos usuários das edificações, incluindo na verdade todos os usuários do espaço urbano, uma vez que são necessários esforços adicionais e artificiais no condicionamento dos espaços mal projetados, com maior consumo energético e custos ambientais relacionados à transferência de calor para os espaços urbanos (ibidem).

De acordo com Barbirato et al (2012), a cidade se compara a um ecossistema artificial, cujo processo de urbanização introduz mudanças nos aspectos climáticos:

As principais modificações se resumem na substituição da cobertura natural por diversos tipos de pavimentações, bem como a inserção de um sistema de drenagem artificial que permite escoamento rápido das águas pluviais e provoca redução da evaporação e, conseqüentemente, da umidade das superfícies e do ar. Outro importante fator refere-se aos materiais de construção utilizados no meio urbano. Estes possuem propriedades físicas distintas do solo natural, apresentando menor valor de albedo, maior capacidade calorífica e valor mais elevado de condutividade térmica. Essas características resultam na modificação do balanço da radiação influenciando, sobretudo, a temperatura do ar (BARBIRATO; BARBOSA; TORRES, 2012, p.02).

No ambiente urbano, a proximidade dos edifícios, a presença da pavimentação, a retirada da cobertura vegetal, os veículos e equipamentos que produzem calor introduzem significativas modificações no albedo (“a proporção entre a luz do sol recebida e refletida por uma superfície” – ROMERO, 2000, p. 14). Esses elementos, no ambiente urbano, “elevam a temperatura, diminuem a umidade, modificam a direção e velocidade dos ventos e fazem aumentar a pluviosidade” (FRANÇA et al, 2017).

Ou seja, os materiais e artefatos de que as cidades são feitas concorrem para o armazenamento de calor, modificando o balanço energético em relação ao meio natural, sobretudo logo após o pôr do sol. Essas características podem configurar desconforto e diminuição da qualidade ambiental nas cidades, sobretudo se a forma urbana não favorece a dissipação do calor, o que acaba por contribuir para o maior consumo energético das edificações, que se veem privadas de ventilação natural suficiente e de adequadas condições de conforto, por fim obtido com estratégias ativas.

Nessa via de mão dupla, as escolhas arquitetônicas e dos materiais componentes são também decisivas para o conforto e economia de energia no meio urbano. O fenômeno da formação de ilhas de calor é comum nos grandes centros e deriva justamente da modificação do microclima em recintos urbanos, devido à diminuição da ventilação e ao uso de materiais de menor calor específico, que se aquecem com rapidez.

As escolhas de materiais que cobrem calçadas, ruas, espaços públicos e estacionamentos agem também sobre a intensidade de uma ilha de calor urbana, porque sua cor, sua textura, suas propriedades de radiação e térmicas influenciam a quota de calor armazenada na cidade. É o mesmo para intervenções na cobertura natural; espaços verdes e zonas úmidas têm a capacidade de reduzir a temperatura do ar ambiente (DUBOIS, 2014, p. 2, tradução nossa).

Assim, a forma urbana impacta diretamente na intensidade da ilha de calor, sendo certo que a altura e largura dos edifícios, sua orientação e a das ruas e a densidade construída podem “ditar a capacidade do tecido urbano para acumular e dissipar o calor” (DUBOIS, 2014, tradução nossa).

Verifica-se, de acordo com investigações sobre clima e microclimas urbanos, que as temperaturas em recintos urbanos configurados como ilhas de calor podem estar até 3°C acima daquelas aferidas nas estações meteorológicas da mesma cidade. Em contrapartida, existe também a formação de áreas permanentemente sombreadas nas cidades, nas quais as edificações mais baixas têm acesso restrito ao sol, como consequência da verticalização³⁴.

Esther Higuera (1998) pontua que deve haver estreita relação de harmonia entre arquitetura e urbanismo, tanto nos novos planos como nas revitalizações. A autora delineou alguns critérios do urbanismo bioclimático para alcance do equilíbrio urbano-ambiental, os quais corroboram que as formas urbanas compactas, de altas densidades e usos mistos e diversificados, quando bem assentadas, levando em conta os condicionantes naturais e climáticos do sítio, concorrem para a sustentabilidade urbana. Os pontos abordados por Higuera (ibid.) foram metodicamente explorados em seu trabalho, que ensaiamos resumir da seguinte forma:

- Considerar as características de cada sítio de forma particularizada, sem aplicação de soluções gerais;
- Planejar a partir de médias e altas densidades, evitando as baixas densidades, de maior custo infraestrutural e energético. Potencializar os usos mistos e a diversidade das atividades concentradas nos centros urbanos;
- Considerar topografia e relevo no planejamento de crescimento urbano. As ruas que configuram a estrutura urbana principal devem ser orientadas levando-se em conta as condições de sol e vento que afetam o assentamento;
- Relacionar as proporções entre larguras de vias e quadras, de modo que a geometria urbana favoreça a insolação e a ventilação;
- Integrar, bem dimensionar e bem localizar os espaços livres e verdes, configurando verdadeira rede urbana de espaços verdes para potencializar as relações sociais e amenizar os extremos climáticos;
- Pensar nas geometrias dos lotes e nas taxas de ocupação com vistas a obter boas condições térmicas nas diferentes estações e garantir a iluminação natural das habitações;

³⁴ Ainda que o gabarito das edificações atenda às normativas dos instrumentos legais dos municípios, não significa, necessariamente, que a massa edificada urbana vá resultar em benefícios aos usuários dos espaços públicos, pois é comum que os instrumentos legais levem em conta as taxas de ocupação e outros parâmetros referentes ao potencial construtivo – inclusive, por pressões exercidas pelos empresários da construção civil – mas ignorem as recomendações climáticas, baseadas nas direções dos ventos e intensidade dos raios solares.

- Considerar a diversidade tipológica das edificações, o dimensionamento e orientação dos ambientes conforme atividades e técnicas construtivas, visando à adequação climática e ao conforto ambiental;
- Aproveitamento dos recursos naturais – sol, vento, água da chuva – e controle sobre os resíduos sólidos.

Já de acordo com Douglas Farr (2013), os princípios básicos do desenho urbano com a natureza podem ser resumidos em adequado sistema de mobilidade, com bom transporte público e possibilidade de trajetos feitos a pé, edificações de alto desempenho, compacidade (densidade urbana adequada às condições) e biofilia (acesso humano à natureza).

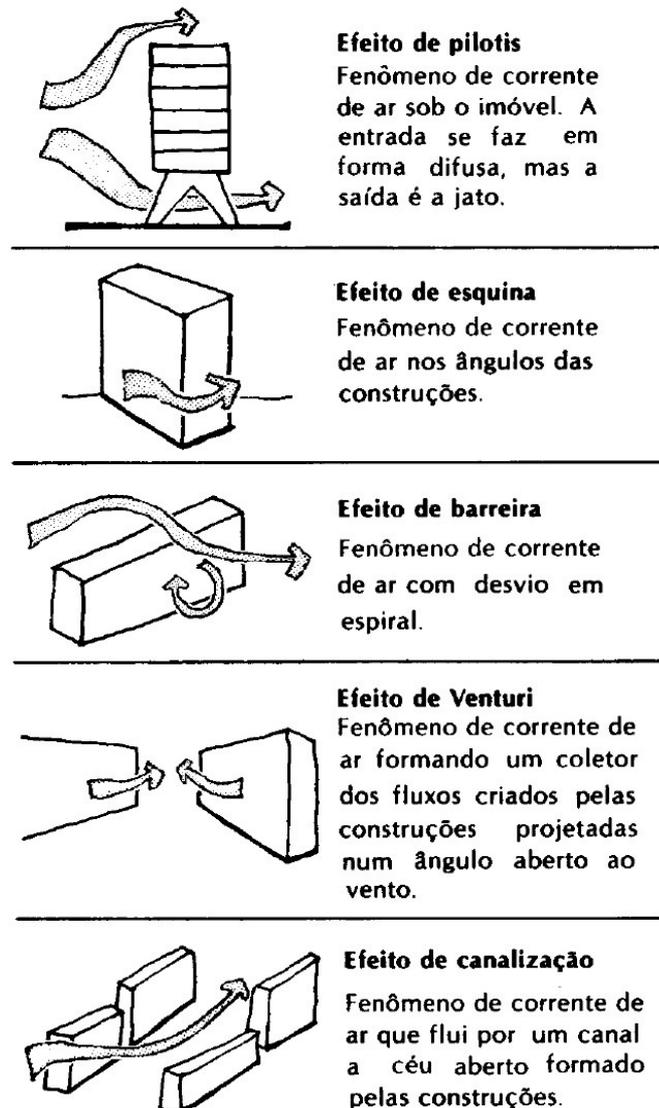
Nos climas tropicais quentes e úmidos, um elemento ganha especial importância nesse debate, que é a ventilação, fundamental para o equilíbrio térmico e a percepção de conforto do usuário, pela diminuição da sensação térmica que de imediato provoca. Quando a ventilação atua, dissipando as moléculas de água em suspensão no ar, a saturação desse elemento cai, permitindo que o suor evapore e não fique retido sobre a pele.

A aplicação do requisito de ventilação pressupõe a existência de aberturas suficientes e direcionadas a várias orientações, a fim de promover ventilação cruzada, bem como requer afastamentos maiores entre as edificações e diferenças de alturas entre as mesmas, para a fluidez do vento à escala do espaço urbano.

A densidade ideal nesses climas, assim, não pode levar a soluções construtivas que obstruam a fluidez do vento nos recintos urbanos, pois a estratégia de utilização da ventilação natural como requisito de conforto recai na necessidade de mais afastamento entre construções e, conseqüentemente, de mais espaços ocupados e menos solo periurbano preservado. É preciso também levar em conta que os movimentos dos ventos no espaço urbano são determinados pelas massas construídas e suas formas, dimensões e justaposição.

Nessa escala microclimática, os movimentos de ar afetam diretamente os pedestres e as edificações e existe uma série de fenômenos aerodinâmicos gerados pela interação entre ventos e volumes edificados, assim descritos por Gandemer e Guyot (apud ROMERO, 2000, p. 51): “efeito de pilotis, efeito de esquina, efeito de ‘esteira’, efeito de redemoinho, efeito de barreira, efeito de Venturi, efeito das zonas de pressão diferente, efeito de canalização, efeito de ‘malha’ e efeito de pirâmide”. As ilustrações da **Figura 30**, a seguir, esclarecem a atuação de alguns desses efeitos.

Figura 30 – Ilustrações dos efeitos aerodinâmicos dos ventos.



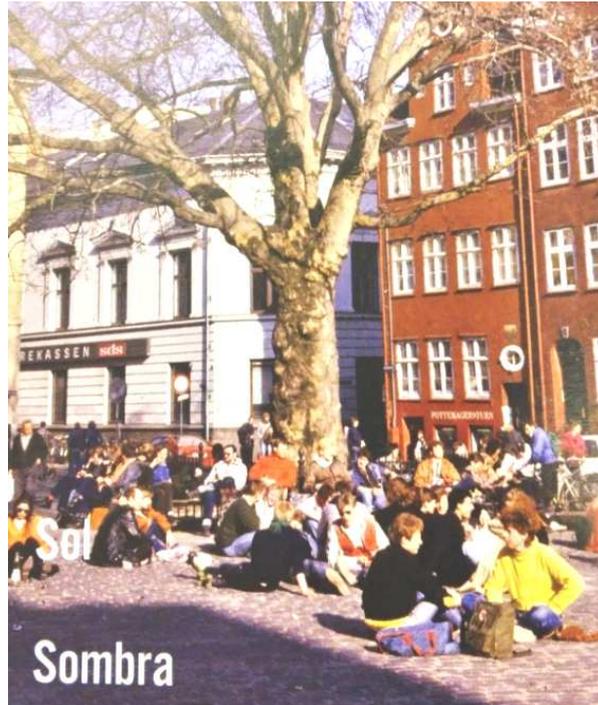
Fonte: Romero (2000, p.51).

Nos climas tropicais quentes e secos, ao contrário, a ventilação é quente e indesejada, devendo a diminuição da temperatura se dar por resfriamento evaporativo de superfícies d'água (como fontes ou espelhos d'água), pois que, para evaporar, a água consome calor, retirando-o do ar. A vegetação atua de maneira similar, abaixando a temperatura do ar, além do que, também o umidifica. Nesses climas, a densidade construtiva alta, de maneira geral, é fator de conforto. Como vimos anteriormente, as edificações e assentamentos espontâneos em climas secos são mais adequados quando formam agrupamentos.

Já em lugares localizados em altas latitudes, onde a incidência solar se dá por ângulos pequenos, se houver grande adensamento e verticalização das edificações, o acesso ao sol para aquecimento passivo nos meses de frio fica extremamente prejudicado, gerando ambientes interiores e também recintos urbanos frios, sem insolação suficiente.

O clima influencia sobremaneira, também, o planejamento dos espaços urbanos de estar, permanência e interação. A **Figura 31**, a seguir, mostra a influência do clima na distribuição das pessoas em uma praça, em Copenhague, na Dinamarca, onde a necessidade de se aquecer ao sol para suportar o frio, mesmo na primavera, molda o comportamento desses indivíduos no espaço urbano e, nesse caso, acaba agregando as pessoas.

Figura 31 – Praça dos Frades Cinzentos, Copenhague.



Fonte: Gehl e Svarre (2018, p. 15).

De acordo com Givoni (1998), em regiões onde o verão é quente e úmido e o inverno é frio, existe a necessidade de favorecer a penetração na malha urbana dos ventos vindos de determinadas orientações e barrar aqueles vindos de outras, conforme a estação, bem como proporcionar caminhos sombreados para os pedestres no verão e permitir a máxima exposição solar no inverno. Para Givoni (ibid.), isso poderia ser obtido através da combinação entre densidade e variedade de tipos edificadas, tirando-se partido das diferenças e seus arranjos. A qualidade ambiental das edificações é dependente da qualidade ambiental urbana e “pensar na eficiência ambiental das edificações de forma isolada não será a garantia de adequação climática das construções urbanas” (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007, p.6).

As massas verdes são também imprescindíveis à manutenção do equilíbrio térmico nas áreas urbanas. A presença das massas vegetais, principalmente de um sistema de vegetação arbórea urbana (AZERÊDO, 2017) é indispensável em qualquer clima, seus

benefícios ultrapassam os de qualquer outra solução climática adotada e vão além do conforto, contribuindo para a qualidade de vida urbana e para a qualidade ambiental.

O bioclimatismo deveria ser tratado como fator primordial na produção das cidades, um mediador das relações cidade-natureza devidamente considerado pelos instrumentos legais relacionados à regulamentação do uso do solo urbano, contribuindo, ainda, com a vital preservação das áreas ambientalmente vulneráveis. Por isso é que se torna tão importante uma revisão nas atuais políticas públicas e nas práticas de planejamento urbano, visando à adequação ambiental das estratégias adotadas. O desenvolvimento das formas edilícias e urbanas precisa estar condicionado às características gerais do sítio e subsidiado pelo conhecimento dos elementos climáticos.

Para que se tenha uma maior aproximação entre climatologia e planejamento urbano, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos, métodos e técnicas de zoneamento e catalogação dos dados climáticos dos municípios, em cruzamento com os padrões de ocupação e suas consequências, que possam funcionar como banco de dados, dando suporte às pesquisas na área de bioclimatismo aplicado e desenvolvimento urbano sustentável (FRANÇA et al, 2017).

Dos estudos apresentados, concluímos que as formas urbanas e arquitetônicas estão intimamente relacionadas e, juntas, afetam o conforto ambiental e o consumo energético nas cidades e que as características do clima, por sua vez, influenciam a forma urbana e arquitetônica, quando se consideram os princípios de bioclimatismo. Muito se poderia aprofundar no campo dos estudos urbanos, tanto de densidades quanto de climatologia, relacionando-os entre si. Na nossa pesquisa, apenas introduzimos o assunto, trazendo um apanhado de abordagens, minimamente expressivo, da dialética urbana dos nossos tempos.

Notamos que a densidade urbana ideal é, portanto, variável, pois possui forte ligação com o sítio e deve refletir, propositalmente, uma resposta positiva e adequada, entre outros aspectos, ao clima. O planejamento arquitetônico e urbano ganha ao considerar a incorporação das estratégias passivas de condicionamento térmico.

Para viabilizar a continuidade – com qualidade – da vida nas cidades, recomenda-se a adoção dos princípios de bioclimatismo aplicados à arquitetura e ao urbanismo, contribuindo para se obter conforto ambiental, eficiência energética, menor desperdício de recursos naturais e mais qualidade de vida aos cidadãos, nas construções e no ambiente urbano, resguardando-se as características próprias de cada lugar, naturais e culturais.

3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Ao falarmos de eficiência energética, antes estamos falando de energia. Vimos falando na mesma desde o início dessa pesquisa, sendo impossível dissociar bioclimatismo de clima e de conforto e, também, energia desses outros temas.

Trata-se a própria vida, na base, de uma questão de como se obter energia, seja na forma alimentar, convertida em outras formas de energia pelo metabolismo celular, seja a energia externa para o aquecimento corporal e preparação dos alimentos, assim como para a iluminação dos ambientes e o transporte pessoal e de artefatos.

Neste Capítulo, para que possamos compreender, contextualmente, a eficiência energética, especialmente na arquitetura, outros termos são trazidos ao debate na pesquisa, pela importância que têm para a compreensão desse eixo temático. De início, em 3.1, expomos o conceito de energia e suas variações, falamos das mudanças climáticas e do surgimento do conceito de sustentabilidade.

Em seguida, em 3.2, falamos brevemente de concepção e processos projetuais de arquitetura bioclimática e eficiente, de avanços tecnológicos no campo da energia e de entidades que realizam a aferição do desempenho energético em alguns outros países e no Brasil. Traçamos, por fim, um breve paralelo entre sustentabilidade nas construções e o mercado da construção civil.

3.1 Energia, mudanças climáticas e sustentabilidade

O consumo energético está associado à ideia de crescimento e desenvolvimento econômico, por refletir o ritmo das atividades produtivas e a capacidade da população de uma sociedade de adquirir bens ligados à tecnologia, sendo considerado indicador de nível de qualidade de vida (ANEEL, 2008). Contudo, a energia, em toda a sua cadeia de produção, tem participação significativa nos principais problemas ambientais atuais, nas cidades e nas áreas rurais. Por isso, a questão da energia situa-se, hoje, no âmbito das mudanças climáticas e do desenvolvimento sustentável.

De acordo com os relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima³⁵ (IPCC, na sigla em inglês), as mudanças climáticas causam aumento das temperaturas

³⁵ Os relatórios do IPCC foram divulgados nos anos de 1990, 1995, 2001, 2007 e 2013. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml>.

médias do planeta³⁶ e relacionam-se, provavelmente, às atividades humanas que produzem e liberam o dióxido de carbono ou gás carbônico (CO₂), devido ao denominado efeito estufa.

Explica-se que o efeito estufa é um fenômeno natural e se dá pela presença de gases como o CO₂ e outros, que existem na atmosfera desde a formação da Terra. Os chamados gases de efeito estufa (GEE) formam uma camada que, juntamente com o vapor d'água em suspensão, filtra a entrada da radiação solar eletromagnética, mas não permite a saída completa do calor proveniente dessa radiação, que fica aprisionado na atmosfera, sendo responsável por manter certa estabilidade nas temperaturas do planeta.

Existe a hipótese de que o aumento da concentração dos gases, ocasionado pelas atividades humanas, está desequilibrando o ritmo natural de absorção do calor, causando elevação das temperaturas médias dos oceanos e da atmosfera, fenômeno a que se tem chamado de aquecimento global, levando, por conseguinte, a mudanças nos climas do planeta. Esses gases relacionam-se diretamente às atividades industriais, agropecuárias e de produção de energia. Na produção de eletricidade através da queima de combustíveis fósseis³⁷, por exemplo, os gases armazenados durante eras geológicas são liberados em instantes.

O primeiro a calcular o efeito do aumento ou diminuição da concentração de CO₂ sobre as temperaturas de superfície foi Svante Arrhénius (1896, apud DUFRESNE et al, 2006). Ele lançou a hipótese de que a concentração desse gás poderia ter um papel decisivo nas variações climáticas, passadas e futuras. Mas seus métodos de cálculo de radiação eram imprecisos e foram depois tornados falsos.

Atualmente, as mudanças climáticas são matéria de pesquisa de cientistas de todo o mundo, mas o aquecimento global de causa antropogênica está longe de ser considerado um consenso na comunidade científica. Muitos cientistas, céticos do aquecimento global, consideram que não há evidências de que as mudanças climáticas se relacionariam a causas antrópicas e nem à concentração de CO₂ na atmosfera e afirmam que essas mudanças, naturais, não representam somente aquecimento, existindo os períodos cíclicos de resfriamento na Terra. Argumentam que a climatologia, enquanto ciência, é ainda pouco dominada e que as configurações climáticas reais são muito mais complexas do que os modelos computacionais de simulação do clima nos quais se baseiam as previsões do IPCC.

³⁶ De acordo com o IPCC (2007), as mudanças climáticas deverão se manifestar em temperaturas médias crescentes, derretimento das geleiras polares, aumento do nível do mar, com aumento da frequência dos eventos climáticos extremos, como secas, chuvas e tempestades intensas, ventos fortes, ondas de calor, episódios de dias e noites muito frios ou muito quentes e ocorrência de ciclones tropicais, podendo levar a problemas ambientais e sociais em cidades não preparadas para enfrentar esses fenômenos.

³⁷ Petróleo, carvão mineral, gás natural, xisto betuminoso e outros, provenientes da matéria orgânica dos seres que pereceram e foram se acumulando no subsolo terrestre (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Alguns cientistas questionam a idoneidade dessa entidade, acusando o IPCC de ceder às pressões do capital, que é quem acaba lucrando com o alarmismo gerado pela ideia do aquecimento global de causa antropogênica.

À parte a polêmica questão da participação das atividades antrópicas nas mudanças climáticas, temos como certo que a queima de combustíveis fósseis é uma atividade extremamente poluente, que libera no ar diversas partículas e gases responsáveis pela formação, por exemplo, da chuva ácida, de efeitos muito negativos sobre os ecossistemas.

Poluentes decorrentes das atividades de extração de petróleo acabam muitas vezes descarregados em cursos d'água e causam degradação de lagos e rios, marinha e costeira. As usinas hidrelétricas, a seu turno, comumente causam alagamentos para construção de reservatórios e barragens, inundando terras produtivas ou de valor histórico, cultural ou biológico, trazendo problemas sociais e ecológicos. Já a produção de energia nuclear precisa lidar com a disposição dos resíduos dos reatores, o que gera o risco iminente de ocasionar acidentes e a consequente contaminação por radioatividade.

Os processos industriais e energéticos também podem causar desflorestamento, levando à desertificação. O desflorestamento, por sua vez, agrava a poluição, sem o trabalho realizado pelas plantas. Estes são apenas alguns exemplos de como os processos tradicionais de produção de energia causam impactos ambientais proporcionais ao tipo de origem dos recursos para sua produção.

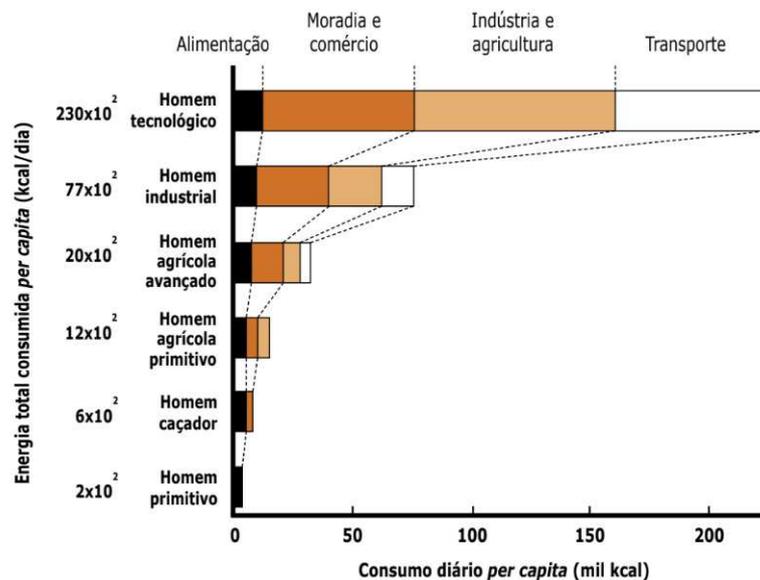
Fenômenos drásticos de ameaça social e ambiental como os que hoje ocorrem são frutos de modelos de desenvolvimento que enxergam a natureza como mercadoria a ser exaustivamente explorada, para usufruto de alguns privilegiados. No passado, em face da tecnologia existente, não era possível explorar os recursos naturais de maneira tão severa quanto hoje, o que gerou a falsa ideia de que os mesmos seriam inesgotáveis e de que se poderia crescer indefinidamente, economicamente falando.

Porém, com o rápido desenvolvimento industrial e tecnológico e o acelerado aumento da população mundial, sobretudo nas áreas urbanas, pós Revolução Industrial (séc. XIX) e pós segunda guerra mundial (séc. XX), a velocidade de exploração dos recursos aumentou brutalmente, chegando a ponto de ser possível explorá-los além da capacidade de regeneração da Terra, em muitos casos até a sua extinção, tornando os problemas ambientais mais evidentes, tanto nas cidades como em todo o mundo.

O volume disso pode ser medido pela quantidade de energia utilizada por cada ser humano para viver. O gráfico adiante, na **Figura 32**, mostra como mudaram os padrões de consumo de energia *per capita* ao longo da história humana, desde aquela necessária ao

sustento do corpo e proveniente da alimentação, até aquelas utilizadas atualmente para suportar o padrão de vida das sociedades tecnologicamente super desenvolvidas.

Figura 32 – Gráfico do consumo de energia para sobrevivência de um indivíduo em diferentes estágios de desenvolvimento.



Fonte: Goldemberg e Lucon (2007, p.8).

Atualmente, o Brasil é um significativo produtor mundial de energia. No ano de 2016, ocupou a nona posição no mundo e a terceira nas Américas (atrás de Estados Unidos e Canadá) em produção de eletricidade, ocupando a oitava posição mundial como consumidor (EIA, 2017)³⁸. O consumo total de energia primária quase dobrou na última década, devido ao crescimento econômico do país, mas isso inclui o aumento da produção de petróleo, após a descoberta e início da exploração da camada do pré-sal.

A crise de abastecimento do país, desencadeada pela greve dos caminhoneiros, em maio de 2018, devido às políticas governamentais de dolarização aplicadas às tarifas dos preços dos combustíveis, revela a envergadura do problema que enfrentamos, pois o evento expôs o quadro de enorme dependência dos combustíveis fósseis, do modal rodoviário e dos mercados internacionais³⁹ em que o Brasil se encontra.

³⁸ As fontes renováveis representaram, em 2016, oitenta e um por cento da capacidade instalada de produção nacional de energia elétrica. A predominância é das hidrelétricas que são uma fonte renovável, mas também geram fortes impactos ambientais, como falamos. Isso é a matriz elétrica brasileira, que é como o país produz energia elétrica. Já a oferta de energia, que é quanto de energia, sob diversas formas, o país disponibiliza para os consumidores, é algo mais amplo e inclui as importações para complementação da demanda de energia elétrica e também a energia cujo uso final não é a eletricidade, como é o caso dos combustíveis. E nesse caso, da oferta e consumo total de energia do país, predominam no Brasil as fontes poluidoras.

³⁹ As políticas governamentais atuais limitam a capacidade de produção das refinarias nacionais, que não acompanha o volume extraído no país. Por isso o Brasil exporta parte da sua produção de petróleo bruto e importa muitos derivados, ficando dependente do mercado internacional.

Nesse momento, voltemos um pouco ao passado, a fim de refazer a linha do tempo da compreensão dos problemas ambientais atuais e do despertar para novas formas de desenvolvimento, menos poluidoras e menos injustas (ao menos no discurso e nas normas), representadas pela emergência do conceito de desenvolvimento sustentável.

A discussão sobre os problemas ambientais e sobre o modelo de desenvolvimento e preservação que se pretendia para o planeta teve início, mundialmente, na Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, ou Conferência de Estocolmo, em 1972, que reuniu diversos chefes de estado em torno do tema da degradação ambiental.

Nesse evento, considerado marco mundial de início dos debates ambientais, ficou patente o conflito entre as nações desenvolvidas, que pleiteavam a redução imediata do crescimento da industrialização – considerada a causa principal da degradação ambiental – e as nações em desenvolvimento, que se recusavam a assumir compromissos que pudessem limitar sua capacidade de crescimento econômico baseado nos processos industriais.

É evidente que se tratava de disputa por poder econômico e afirmação política, acima mesmo das questões ambientais e de qualidade da vida humana. Afinal, os países mais desenvolvidos e industrializados adquiriram um século e meio à frente dos demais, de vantagens advindas do uso maciço da atividade industrial, permitida pelo forte consumo energético de origem fóssil. Assim, não era à toa que havia, ali, uma forte preocupação dos países desenvolvidos de defender seus benefícios.

Em 17 de outubro de 1973, data que ficou conhecida como o primeiro choque do petróleo⁴⁰, os produtores majoritários da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) resolveram reduzir a extração desse recurso como forma de manipular o mercado, elevando os preços do barril de US\$ 2,90 para US\$ 11,65 em apenas três meses. Uma vez que o emprego da queima dos combustíveis fósseis derivados do petróleo era então, como hoje ainda é, uma das principais fontes de geração de energia elétrica no mundo, é bastante compreensível que a manipulação dos preços do petróleo pelos produtores tenha provocado uma crise imediata e inédita de energia de proporções mundiais⁴¹.

As matérias dos jornais brasileiros da época estampavam a preocupação do país com esse quadro (**Figura 33**), visto que o Brasil importava, na época, cerca de setenta por cento do petróleo que usava.

⁴⁰ O segundo choque foi em fevereiro de 1979.

⁴¹ Segundo Rebêlo Junior (2002), o intuito claro da suposta crise foi de recuperação da taxa de lucro da economia capitalista, liderada pelo capital financeiro dos Estados Unidos. A crise trouxe recessão econômica, desemprego e piorou a situação dos países considerados subdesenvolvidos (cuja moeda é desvalorizada em relação ao dólar americano), que tiveram que aportar mais recursos naturais para os Estados Unidos a fim de compensar seus gastos com importação de máquinas industriais, que em geral não produziam.

Figura 33 – Manchetes de jornal brasileiro sobre a crise do petróleo.



À esquerda, página do jornal O Estado de São Paulo, de 17/11/1973; à direita, foto de Fernando Pimentel, jornal O Estado de São Paulo. Fonte: jornal O Estado de São Paulo (1973).

Como consequência dessa conjuntura, o mundo passou a debater mais intensivamente a questão energética, sob a ótica ambiental, de modo que a preocupação inicial com a exploração do petróleo se expandiu para outras fontes de energia, renováveis e limpas, e pela busca por eficiência e conservação de energia.

O termo desenvolvimento sustentável emergiu nos anos oitenta, do agravamento das tensões entre capital e meio ambiente. Segundo o Relatório Brundtland (BRUNDTLAND, 1987), documento da Organização das Nações Unidas (ONU) também conhecido como *Our Common Future* (Nosso Futuro Comum), desenvolvimento sustentável “é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades”.

A originalidade do modelo, então proposto, de desenvolvimento sustentável se assenta na articulação sistêmica entre as dimensões econômicas, sociais e ambientais, que lhe dão contorno e precisão. A dimensão econômica é a busca por crescimento e eficácia econômicos que devem responder às necessidades das sociedades, notadamente dos países em desenvolvimento, que querem também chegar a um nível de vida satisfatório. Evidencia que é necessária a solidariedade entre os países mais e menos ricos.

A dimensão social, por sua vez, parte do princípio de que o ser humano está colocado no coração da ação e que suas necessidades essenciais devem ser atendidas, em termos de equidade social e de ligações de temporalidade, ou seja, de compromissos intrageracionais e

intergeracionais. A consideração das especificidades culturais está atualmente integrada a essa dimensão (MÉQUIGNON, 2011).

A dimensão ambiental, finalmente, significa que as ações adotadas devem contribuir para a preservação, melhoria e valorização do patrimônio natural e dos recursos necessários à vida, permitindo sua regeneração antes que seu esgotamento. O desenvolvimento sustentável, segundo o Relatório, não deve por em risco os sistemas naturais da Terra, que sustentam a vida, atmosfera, águas, solos, seres vivos. O sentido que deve prevalecer é sistêmico, de “pensar global e agir localmente”.

O Relatório Brundtland introduziu a consciência socioambiental, logo, a definição de desenvolvimento sustentável passou a fazer parte da vida de todos. Todavia, não obstante a tomada de consciência assim favorecida, acreditamos que, de modo geral, as pessoas ainda não são capazes de se comprometer e agir responsabilmente, embora, à primeira vista, pareçam estar relativamente familiarizadas com os problemas ambientais. Na sociedade atual o consumismo é extremamente estimulado e o cultivo do efêmero leva à adoção de escolhas menos sustentáveis, o que dificulta o engajamento das pessoas. Nesse contexto, dizemos que o processo de globalização é, por si só, um grande desafio à sustentabilidade.

A globalização representa a estruturada divisão internacional do trabalho, explicada pelo conceito dialético de totalidade (SANTOS, 2006), por meio do qual se compreende que os países mais desenvolvidos, detentores do capital (predominante hoje sob a forma do capitalismo denominado financeiro ou rentista), estabelecem as relações de poder sobre a economia e a sociedade dos demais países, periféricos no sistema de consumo⁴².

Atualmente, há, claramente, dois segmentos que defendem o sustentável. O primeiro, formado pelos países que representam o ideal capitalista e que detêm o capital financeiro. Para esse grupo, a sustentabilidade representa a manutenção de privilégios e a restrição do acesso dos demais países à boa qualidade de vida, além de se constituir, por si mesma, um conveniente e oportuno mercado para as elites financeiras, devido à carga de urgência, de ética e de apelo à consciência individual que o termo sustentável carrega, ajudando a

⁴² Os desdobramentos e alcances dessas questões, em termos globais, têm contornos e nuances que nem sempre ficam claros para a maioria. Nessa ótica, compreende-se que os grandes bancos e as grandes corporações internacionais hoje ditam a economia mundial, amparados por leis federais, por meio do mecanismo de financiamento de campanhas eleitorais em vários países. E os grandes sistemas de produção encontram-se altamente industrializados. Assim, além das grandes empresas internacionais de exploração do petróleo, apontam-se como responsáveis por deter o controle sobre o grande volume da economia mundial, canalizada para o capital privado, as indústrias do setor alimentar com alto grau de mecanização, principalmente de agropecuária e de grãos, as indústrias de farmoquímicos e as de vestuário, tendo em comum o enorme dano ambiental que causam, que é global, e a espacialização disso em problemas socioambientais urbanos e rurais, que são locais e repercutem mais cruelmente sobre os países pobres, como se esclarece em certos documentários recentes, como *Terra* (2015), *Demain* (2015) e *The True Cost* (2015), para citar somente alguns.

comercializar muitos produtos estampados com o “selo” de sustentáveis. O segundo segmento prioriza o ser humano, se preocupa, de fato, com a gestão do planeta e com a recuperação dos danos aos ecossistemas, operando através de organizações governamentais. Acselrad (2009) pontua, a respeito desse jogo de forças e interesses:

A suposta imprecisão do conceito de sustentabilidade sugere que não há ainda hegemonia estabelecida entre os diferentes discursos. Os ecólogos parecem mal posicionados para a disputa em um terreno enraizado pelos valores do produtivismo fordista e do progresso material. A visão sociopolítica tem se restringido ao esforço de ONGs, mas especificamente na atribuição de precedência ao discurso da equidade, com ênfase ao âmbito das relações internacionais. Melhor se apropriou da noção até aqui, sem dúvida, o discurso econômico, pretendendo inclusive a preexistência da mesma na teoria do capital e da renda de Hicks (ACSELRAD, 2009, p. 44 e 45).

Os processos e práticas tecnológicos da atualidade, que trouxeram tanto bem-estar à sociedade atual (mas a apenas uma parcela minoritária dessa sociedade, saliente-se), são os mesmos que hoje comprometem sua continuidade, haja vista as tendências destrutivas implícitas nos sistemas de produção e nos hábitos cotidianos de consumo. A dicotomia e a tensão que hoje podem ser sentidas na relação sociedade-tecnologia se expressam da seguinte forma por Silva e Lopes (2014, p.7):

É característica das sociedades modernas procurar soluções técnico-científicas para os problemas ambientais e sociais causados pelo mesmo desenvolvimento técnico-científico [...] Tanto a sociedade como a natureza são representadas como entidades separadas e contrapostas à tecnologia e à ciência, das quais recebem determinados impactos.

A envergadura do problema, no entanto, solicita muito mais ações governamentais firmes do que a participação da sociedade, não excluindo sua enorme importância. É necessário que a justiça social possa nortear as ações e planejamento das estratégias energéticas e de crescimento industrial e econômico dos países, haja vista que os problemas ambientais e de energia relacionam-se diretamente aos da pobreza. No atual modelo de economia, até mesmo o aumento da capacidade de consumo de populações mais desfavorecidas aumenta o desgaste ambiental.

De acordo com Roméro e Reis (2012), o consumo de energia per capita segue o mesmo padrão de desigualdade da distribuição de renda entre nações e dentro delas. Nesse contexto, a equidade no cenário energético significa a universalização do atendimento e o direito a uma quantidade mínima de energia para cada ser humano, para ter atendidas suas necessidades básicas (alimentação, saúde e moradia) e também como condição de cidadania.

Na busca por um modelo de desenvolvimento que se configure como sustentável, podem se distinguir diversas ações em nível global e local, e em diferentes patamares, que vão desde discussões de caráter conceitual e teórico até a implantação prática de atividades, de certa forma, orientadas pelo que se entende por sustentabilidade. Vários são os motivos dessa grande diversidade de ações, ressaltando-se entre eles interesses econômicos e políticos de momento, a perversa distribuição da riqueza entre as nações e suas classes sociais, o ceticismo sobre as consequências nefastas da continuidade do modelo atual de desenvolvimento, o grande crescimento populacional, a cultura mundial voltada ao consumo e o crescente individualismo. Tudo isso em um ambiente cada vez mais participativo e fragmentado ao mesmo tempo, fruto da globalização. (ROMÉRO; REIS, 2012, p.3).

Isso, certamente, constitui um obstáculo maior e mais desafiante para os países ditos em desenvolvimento, nos quais existe uma maior demanda reprimida por acesso à qualidade de vida. Assim, o novo paradigma de desenvolvimento baseado na sustentabilidade deve englobar, de maneira integrada, além das dimensões econômicas, sociais e ambientais, também o equacionamento das dimensões políticas, tecnológicas e culturais.

No Brasil, foi publicada pela ABNT, em 2017, a primeira norma técnica para cidades sustentáveis do país, a NBR ISO 37120:2017 – Desenvolvimento sustentável de comunidades – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida (ABNT, 2017). A norma é fruto de estudos de uma comissão que pesquisou normas internacionais pertinentes, adotando e traduzindo, por fim, a norma ISO 37120:2014 *Sustainable development of communities – Indicators for city services and quality of life*.

A NBR ISO 37120:2017 estabelece metodologia baseada em 100 indicadores de desenvolvimento sustentável de comunidades urbanas, abordando os aspectos ambiental, econômico, social e tecnológico, entre outros, objetivando mensurar o desempenho de serviços urbanos e qualidade de vida. Essa norma não estabelece um padrão para dizer se uma cidade é ou não sustentável, mas estabelece os requisitos que devem medir essa sustentabilidade. Isso pode significar um caminho promissor no país.

3.2 Arquitetura e eficiência energética

O documentário *The Code* (2011) apresenta as relações matemáticas existentes em determinadas formas encontradas na natureza e também certas regras numéricas que possibilitam explicar o comportamento de alguns sistemas naturais. Em busca de um código universal que explique a natureza e a vida, o apresentador, através de diversos exemplos pelo mundo, nos conduz à compreensão de que as leis matemáticas que regem a forma impõem-se no ambiente físico natural e trabalham sempre no sentido da maior eficiência. Assim, através

de um passeio pelas formas da natureza, desde o formato hexagonal das colmeias das abelhas, à forma fractal de frondosas árvores, até a apresentação física de certas rochas derivadas de atividades vulcânicas, nesse filme somos levados a perceber que tudo na natureza concorre para a máxima economia de energia e o mínimo desperdício.

A busca pela matemática das formas norteou, também, os princípios compositivos e estilísticos de notáveis construções ao longo da história, como vimos no Cap. 2. Mas nem sempre a motivação para o apuro da forma era alcançar a eficiência das fontes de energia disponíveis e a otimização do uso dos recursos. Atualmente, face aos problemas ambientais emergentes, a correlação entre forma e eficiência nas construções faz-se indispensável.

Retomando a temática do conforto, parte-se do princípio de que o aproveitamento das características positivas do sítio e a proteção contra as negativas podem melhorar o desempenho energético do edifício (MASCARÓ, 1986). Uma edificação será tanto mais eficiente, energeticamente, quanto mais consiga proporcionar conforto às pessoas com menor utilização de energia. De acordo com Holanda (2010), mesmo a utilização expressiva do condicionamento de ar, pelo desenvolvimento de sistemas mais econômicos, não dispensa os estudos de adequação ao clima, “uma vez que o dimensionamento dos equipamentos estará sempre dependente da maior ou menor proteção dos ambientes à radiação solar”⁴³ (p. 23).

A envoltória pode permitir um ganho excessivo de calor quando dimensionada erroneamente para a região geográfica onde se encontra, não favorecendo a eficiência energética. Se não existe, em uma determinada edificação, conforto ambiental obtido por meio de estratégias passivas, fazendo bom aproveitamento da luz solar e da ventilação natural, a consequência será a adoção, praticamente obrigatória, de sistemas artificiais de condicionamento térmico (aquecimento ou resfriamento). A influência direta da envoltória sobre a iluminação natural e sobre a carga térmica repercute nos cálculos dos sistemas de iluminação e refrigeração na fase de planejamento, bem como no consumo de energia e custos desses sistemas por toda a vida útil da edificação.

Desse modo, compreendemos que para atingir o conforto ambiental, com redução da dependência energética, a envoltória deve ser concebida para a melhor adequação possível da edificação à sua envolvente natural. Sob esse ângulo, as oportunidades são enormes enquanto se está em fase de projeto. Alguns aspectos, quando observados, contribuem com a eficiência energética e, de maneira mais ampla, com a sustentabilidade das construções, por exemplo:

⁴³ O professor Holanda alertou para essa relação numa época em que se começava a perceber os problemas energéticos e ambientais, na década de 1970.

- Utilizar preferencialmente recursos renováveis, reconhecendo que a natureza precisa de um tempo para repor o que dela é extraído;
- Dar preferência ao emprego de materiais locais. Um material que percorre um longo caminho para chegar até a obra gasta mais combustível e energia nessa operação (maior pegada ecológica). Além disso, um material de origem local lida naturalmente com seu respectivo clima;
- Dos recursos empregados em determinada edificação deve ser extraída a máxima eficiência e benefício, pois cada construção subtrai uma parte da superfície da terra ao ambiente natural, diminuindo ali a oferta de recursos e a capacidade de regeneração dos sistemas naturais (TIRONE; NUNES, 2008);

No que tange aos processos de projeto e de concepção arquitetônica, cumpre-nos mencionar alguns aspectos levantados em pesquisas que abordaram a emergência de normativas e regulamentos, como o próprio Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, o RTQ-C, objeto de nossa pesquisa, e a incorporação da temática do clima aos processos projetuais (CARTANA, 2006; GALAFASSI, 2012). A pesquisa de Galafassi (2012) demonstrou que um grupo de arquitetos por ele entrevistados, que estavam familiarizados com o RTQ-C, preocupavam-se com seus requisitos e parâmetros desde as fases iniciais da concepção, dedicando mais atenção aos aspectos de conforto em relação ao segundo grupo, que não havia ainda passado pela experiência de realização de projetos etiquetados.

Para o primeiro grupo, seu processo projetual não teria sofrido alterações significativas com o advento do RTQ-C pelo fato de já incorporarem, naturalmente, as diretrizes bioclimáticas visando ao conforto em suas concepções, o que facilitaria o caminho da eficiência. O regulamento tornou-se, assim, complementar e aliado do processo projetual, para esses profissionais. Já sobre o segundo grupo, de profissionais que não conheciam o regulamento, revelou-se que outros fatores assumiriam maior importância no processo projetual, como funcionalidade, plástica e custos, estes prevalecendo sobre conforto ambiental e eficiência energética nas tomadas de decisão.

Outras conclusões trazidas à tona por esses autores foram que, primeiro, existem dificuldades para que princípios bioclimáticos atinjam o ambiente construído, em parte devido ao mercado da construção civil (abordaremos o tema adiante) e em parte devido à formação acadêmica dos arquitetos. Segundo, que os condicionantes climáticos devem ser inseridos na metodologia do processo projetual desde os estudos preliminares, quando é possível obter os melhores resultados de desempenho ambiental. As pesquisas citadas sugerem que haja mais

integração entre as disciplinas de projeto arquitetônico, conforto ambiental e projeto assistido por computador, desde o início da formação acadêmica.

Assim, por meio da interdisciplinaridade bem trabalhada, o futuro arquiteto, desafiado a se deparar com soluções múltiplas durante o processo de concepção, estaria sendo estimulado a desenvolver melhores habilidades profissionais na resolução de problemas arquitetônicos complexos, munindo-se das condições necessárias à capacidade de conceber construções mais sustentáveis (HAMZA; HORNE, 2007, apud GALAFASSI, 2012).

Nos Estados Unidos, uma experiência bem sucedida de interação entre estudantes de arquitetura e construções bioclimáticas e sustentáveis se chama *Rural Studio*, uma iniciativa da Universidade de Auburn, desde 1993, que se dedica a projetar e construir moradias de baixo custo em zonas rurais, incluindo edificações coletivas, como centros comunitários. Os alunos realizam todo o processo, da concepção à execução da obra, processo esse que conta com as opiniões e demandas dos futuros usuários. O foco é o comprometimento com uma arquitetura geograficamente contextualizada, que responde a clima e recursos regionais e permite aperfeiçoar soluções desenvolvidas para cada lugar.

As tecnologias da informação atuais permitem uma rápida e completa integração entre os membros de uma equipe de projeto, a exemplo da tecnologia de *Building Information Modeling* (BIM, modelagem da informação da construção), por meio da qual os diversos projetistas conseguem intervir simultaneamente no projeto, estabelecendo uma complexa interoperabilidade. Evidentemente, ao passo que isso facilita o processo projetual, possibilitando atender a diferentes critérios de qualidade ambiental, também traz novos desafios de gerenciamento de informações e de versões do projeto, exigindo o estabelecimento de um sistema de gestão muito eficiente, que consiga organizar as diferentes especialidades (SALGADO; CHATELET; FERNANDEZ, 2012).

Têm-se desenvolvido uma variedade de programas computacionais capazes de avaliar o desempenho térmico e energético dos edifícios, contribuindo ainda na fase projetual para o alcance futuro da eficiência. Os programas auxiliam a busca pela solução final porque conseguem simular o desempenho de diversas situações propostas, levando em conta a interação entre muitos fatores e sistemas simultaneamente, inclusive critérios climático-geográficos incorporados a processos projetuais que utilizam parametrização e outras ferramentas digitais de geração de formas (VANNINI et al, 2014; MARTINO, 2015). Alguns programas que possibilitam o estudo de conforto, desempenho higratérmico e energético são *EnergyPlus*TM, *Ecotect Analysis*, *Flow Design*, *DesignBuilder*, *ENVI_MET* e *Domus*.

Compreende-se que para se beneficiar das vantagens trazidas por esses programas há necessidade de considerável gasto de tempo e de recursos, exigência de conhecimentos específicos e habilidade para o domínio do uso dessas ferramentas, em comparação aos métodos projetuais tradicionais, que não exigem esses requisitos. Aparentemente, ferramentas digitais ainda não foram suficientemente incorporadas à prática projetual de muitos arquitetos, havendo dificuldades por parte destes na compreensão dos dados de entrada requeridos e na leitura e interpretação dos resultados extraídos, embora existam indícios e estudos apontando tendências de crescimento dessa utilização no Brasil.

Mas, qualquer que seja o processo projetual adotado pelos arquitetos, o que constatamos é que o papel da arquitetura para a promoção do conforto, com eficiência energética, é não somente possível como próprio e intransferível. Por meio da exploração das possibilidades formais e dos recursos materiais da envoltória, deve a arquitetura amenizar os rigores climáticos, e não piorá-los, e contribuir efetivamente com a conservação de energia.

Podem também ser integrados aos edifícios sistemas de geração, como os coletores solares (geração de calor para o aquecimento de água), módulos fotovoltaicos e turbinas eólicas de pequeno porte (geração de energia elétrica). Pela microgeração de energia descentralizada, os edifícios passam de consumidores a fornecedores, com possibilidade de repassar o excedente produzido à concessionária sempre que a energia produzida não for toda utilizada na própria edificação. Esse novo paradigma energético descentraliza a produção e os avanços nesse campo podem mudar o perfil energético no Brasil e no mundo, vindo a se constituir uma saída sustentável para reduzir o uso dos combustíveis fósseis.

Os módulos fotovoltaicos, por exemplo, são de alta tecnologia, mas de fácil utilização, exigem baixa manutenção e operam de maneira desassistida, são modulares, podendo ter sua instalação ampliada conforme a necessidade. Quando instalados em edificações, podem ser de dois tipos: aplicados a estas, normalmente na cobertura; ou integrados, sendo concebidos junto com o projeto arquitetônico, em elementos como coberturas, fachadas, brises e pérgolas. O Brasil tem climas tão favoráveis à adoção de estratégias solares ativas que dificilmente se pode compreender uma utilização tão reduzida das mesmas, fazendo parte da exceção quando já deveria ser a regra⁴⁴.

O IFPE, atualmente, desenvolve pesquisas na área de energia solar, com o intuito tanto de incrementar a formação dos alunos no conhecimento e instalação dos sistemas, quanto de contribuir com o desenvolvimento dessa tecnologia, visando ao barateamento dos

⁴⁴ A energia fotovoltaica representou apenas 0,01% da geração do país em 2015, segundo divulgado pela Empresa Brasileira de Comunicação (EBC, 2017).

componentes e equipamentos e favorecendo a acessibilidade da população ao sistema. Usinas fotovoltaicas já foram instaladas nos *campi* Pesqueira e Recife (**Figura 34**) e outros projetos estão em andamento. Objetiva-se alcançar no futuro a autonomia de energia nesses *campi*. Essa iniciativa do IFPE alinha-se às políticas governamentais de eficiência energética como medida de sustentabilidade na Administração Pública.

Figura 34 – Módulos solares fotovoltaicos instalados no *Campus* Recife.



Fonte: Lívia França (2018).

3.2.1 Etiquetação de edificações: cenário em outros países e no Brasil

A noção de eficiência energética nasceu em contexto de crise, como vimos, que acabou por proporcionar debates e avanços tecnológicos, globalmente. Em muitos países, diversas entidades foram criadas ou aperfeiçoaram suas atividades para lidar com os desafios da energia, iniciando-se, então, um processo novo, de aplicação de regulamentos, leis e políticas de incentivo com a finalidade de redirecionamento do consumo energético. Vamos expor, sucintamente, algumas dessas entidades.

A *American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE, Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado) foi fundada em 1894, nos Estados Unidos, sendo hoje uma sociedade global. A ASHRAE designa-se promotora do bem-estar humano através da tecnologia sustentável para o ambiente construído, concentrando-se em sistemas de construção, eficiência energética, qualidade do ar interior, refrigeração e sustentabilidade na indústria (ASHRAE, s. d.).

Sua produção de conhecimento técnico tem servido de base a diversos regulamentos energéticos e certificações ambientais de edifícios no mundo, destacando-se o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED, Liderança em Energia e Design Ambiental). As

normas ASHRAE são bastante utilizadas no Brasil, inclusive como base do Programa Brasileiro de Etiquetagem para Edificações (PBE Edifica), sobre o qual falaremos adiante.

No Reino Unido, iniciaram-se, em 1917, as atividades do *Building Research Establishment Group* (BRE, Grupo de Desenvolvimento de Pesquisa em Construção), um centro de ciência de construção multidisciplinar que se propõe a melhorar o ambiente construído por meio de pesquisa e geração de conhecimento. Concentra-se em questões técnicas e climáticas, certificando e aprovando produtos e edificações (BRE, s. d.).

O *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB, Centro Científico e Técnico do Edifício) foi fundado na França, em 1947, e tem por missão garantir qualidade e segurança dos edifícios, acompanhando e apoiando a inovação tecnológica. O CSTB reúne habilidades multidisciplinares, desenvolve e compartilha conhecimento científico e técnico com quatro atividades principais: pesquisa e experiência, avaliação, certificação e divulgação de conhecimento. Sua área de especialização cobre produtos de construção, edifícios e sua integração no bairro e na cidade (CSTB, s. d.).

A *Réglementation Thermique* (RT, Regulamentação Térmica) na França é um instrumento progressivo de limitação do consumo de energia e da emissão de gases poluentes, que vai se tornando mais exigente com o passar do tempo. A primeira regulamentação no país deu-se em 1974. Atualmente vigora a RT 2012, que logo será substituída pela RT 2020, que focará mais em produção de energia renovável⁴⁵.

Foi fundada, em 1974, a *International Energy Agency* (IEA, Agência Internacional de Energia), que atua para garantir energia confiável, acessível e limpa para seus vinte e nove países membros, entre os quais estão países da União Europeia, os EUA, a Austrália, a Coreia do Sul e o Japão. A IEA orienta-se por quatro áreas de atuação principais: segurança energética, desenvolvimento econômico, conscientização ambiental e envolvimento mundial. A agência tem estatísticas de dados internacionais, tanto de países membros quanto de não membros (inclusive do Brasil, país associado, mas não país membro) (IEA, s.d.).

Por meio das entidades citadas e outras, soluções e políticas energéticas voltadas à sustentabilidade têm surgido em diversos países e a legislação tem-se adequado às novas necessidades e preocupações ambientais, no sentido de se promover a redução do uso dos combustíveis fósseis, aumentando a participação das fontes renováveis na matriz de energia.

Cada país desenvolve suas próprias políticas de etiquetagem de edificações. A **Figura 35**, adiante, mostra o panorama atual dos países face à etiquetagem de eficiência de

⁴⁵ Disponível em: <<https://www.lenergiétoutcompris.fr/actualites-et-informations/politique-energetique/tout-savoir-sur-la-reglementation-thermique-2020-48152>>. Acesso em: 16 jun. 2018.

energia, mostrando em vermelho os países onde a etiquetagem é obrigatória, em laranja aqueles onde ela é parcialmente obrigatória, em amarelo os países onde a etiqueta é voluntária e em cinza os países onde não existe sistema de etiquetagem de eficiência energética.

Figura 35 – Situação global quanto à política de eficiência energética de edifícios em cada país.



Fonte: Quali-A, (2015, p. 38).

Nesse momento, queremos destacar que etiquetagem de conservação de energia (ou etiquetagem de eficiência energética) é algo distinto de certificação ambiental de edifícios. As etiquetas de conservação de energia avaliam apenas a eficiência energética e não exigem, para que um edifício seja etiquetado, que o mesmo seja eficiente.

Ou seja, as etiquetas medem o desempenho energético e são emitidas independentemente do nível que a edificação tenha alcançado (A, B, C, D, E etc.) depois de aplicados os critérios de cada etiqueta. Tanto as edificações eficientes quanto as não eficientes recebem sua etiqueta, de acordo com o desempenho obtido. Em muitas partes do mundo, a etiquetagem de edificações é obrigatória, inclusive para beneficiar os consumidores com a amplitude de informações sobre os imóveis e auxiliar em decisões de compra e aluguel.

As certificações ambientais, por sua vez, analisam muitos aspectos da sustentabilidade na edificação, não apenas a energia, exigindo o cumprimento de requisitos mínimos para a emissão do certificado, que é dividido em categorias, conforme critérios próprios de cada certificação. As certificações têm caráter voluntário, vinculando-se em grande medida à valorização financeira de interesse do mercado imobiliário.

Não iremos nos aprofundar nas certificações ambientais disponíveis hoje no mundo, que fogem ao nosso escopo. Limitamo-nos a citar as que, atualmente, estão disponíveis no Brasil, que são: LEED, com base na original dos EUA (no Brasil a partir de 2007), AQUA (implantada em 2009), adaptada da francesa HQE (*Haute Qualité Environnementale*, Alta Qualidade Ambiental) e Selo Azul, da Caixa Econômica Federal (iniciado em 2010), de origem nacional, que se diferencia por incentivar ações sociais e de educação ambiental.

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) também tem seu selo, mas este está atrelado à Etiqueta Nacional de Conservação de Energia, ENCE, que é objeto do nosso estudo. Nesse caso, o PROCEL concede o Selo Procel de Economia de Energia às edificações já etiquetadas com a ENCE e com os melhores desempenhos energéticos, ou seja, a classe A.

No Brasil, a Eletrobras, existente, desde 1962, como Centrais Elétricas Brasileiras S.A., (ELETROBRAS, s. d.) instituiu, em 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que, em 1991, se transformou em programa do Governo, para promoção de racionalização na produção e consumo de energia elétrica (PROCEL, s.d.). O Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) iniciou, em 1984, uma série de programas de avaliação da conformidade, com foco no desempenho, para contribuir com o uso racional da energia no país (INMETRO, s.d.). O desenvolvimento desses estudos levou à criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). O PBE criou a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que classifica os eletrodomésticos e outros equipamentos em faixas coloridas, de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

A crise elétrica e os consequentes “apagões” de 2001/2002⁴⁶ trouxeram racionamento (redução, porém sem eficiência) de energia no país, acarretando na população uma tomada de consciência da gravidade da situação energética, com resposta positiva na mudança de hábitos de consumo, substituição do tipo de lâmpadas, troca financiada de equipamentos por outros mais eficientes etc. A continuidade disso, porém, não se fez efetiva e, passados alguns anos da crise, houve o retorno às condições anteriores ao racionamento.

Motivado pela crise energética, o Governo Federal aumentou o investimento no PROCEL e no PBE. Assim, foi criada a Etiqueta PBE Edifica, que faz parte do PBE, tendo sido desenvolvida pelo Inmetro, em parceria com a Eletrobras e o PROCEL Edifica. A etiqueta PBE Edifica resulta da fusão entre o PBE e o PROCEL Edifica (PBE Edifica, s.d.).

⁴⁶ Essa crise teve por causa a combinação de estiagem prolongada, que fez secar drasticamente os níveis dos principais reservatórios de água do país, nas regiões Nordeste e Sudeste, com a falta de planejamento governamental e de investimentos na geração e transmissão de energia elétrica no Brasil (ROMÉRO; REIS, 2012).

Por meio da Portaria de nº 372, de 17 de setembro de 2010, o Inmetro aprovou o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) (INMETRO, 2010), o qual sofreu posteriores alterações das Portarias nº 17, de janeiro de 2012, nº 299, de junho de 2013 e nº 126, de março de 2014. Já o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais foi publicado por meio da Portaria nº 18, de 2012.

Intensificando as ações no caminho da conservação de energia, mediante a Instrução Normativa (IN) nº 2 (BRASIL, 2014a), do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (MPOG), publicada no Diário Oficial da União (DOU) de quatro de junho de 2014, ficou instituída a obrigatoriedade da ENCE Geral classe “A” tanto dos projetos quanto das respectivas edificações construídas públicas federais, novas ou que recebam retrofit, com área superior a quinhentos metros quadrados⁴⁷. A IN 2 entrou em vigor sessenta dias depois de sua publicação, ou seja, em quatro de agosto de 2014. A etiquetagem de eficiência energética foi, assim, tornada obrigatória para determinado segmento de projetos e construções pela primeira vez no Brasil, o da Administração Pública Federal direta, autárquica ou fundacional.

Os requisitos do RTQ-C se aplicam a edifícios e ambientes condicionados (isto é, com climatização artificial), parcialmente condicionados e não condicionados, classificando o nível de eficiência energética geral dividida em três sistemas individuais, com distintos pesos: envoltória, com peso atribuído de 30%; sistema de iluminação, com peso atribuído de 30%; sistema de condicionamento de ar, com peso atribuído de 40%

Para todos os sistemas individuais, o nível de eficiência varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). A etiquetagem pode ser ENCE Geral de Projeto, ENCE Geral da Edificação Construída ou ENCE Parcial da Edificação Construída. A etiqueta de projeto tem validade de cinco anos, já a de obra executada não tem validade.

A ENCE Geral é aferida da envoltória e dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar em conjunto (vide etiqueta na **Figura 36**). No caso de etiquetagem parcial, na qual apenas um ou dois sistemas são avaliados, é possível emitir: a) a ENCE parcial da envoltória somente; b) a ENCE parcial do sistema de iluminação, tanto da edificação como de parte dela (com envoltória completa); c) a ENCE parcial do sistema de condicionamento de ar, tanto da edificação como de parte dela (também com envoltória completa).

⁴⁷ “Estão dispensadas da obtenção da ENCE as edificações com até 500m² (quinhentos metros quadrados) de área construída ou cujo valor da obra seja inferior ao equivalente ao Custo Unitário Básico da Construção Civil - CUB Médio Brasil atualizado aplicado a uma edificação de 500m² (quinhentos metros quadrados)” (BRASIL, 2014a).

Figura 36 – ENCE Geral de projeto.



Fonte: PROCEL, 2016, p.09.

A avaliação e emissão da ENCE é realizada exclusivamente pelos Organismos de Inspeção Acreditados (OIA) para Eficiência Energética de Edifícios (OIA-EEE). Os OIA são pessoas jurídicas, de direito público ou privado, cuja competência é reconhecida pelo Inmetro.

As metodologias utilizadas pelo RTQ-C para a etiquetagem de projetos serão adiante apresentadas, em 4.3.1, podendo ser resumidas, basicamente, por dois processos, que o Regulamento chama de métodos: o método prescritivo, consistindo em uma regressão matemática baseada na análise de um conjunto limitado de casos, e o método de simulação computacional por meio de programas específicos de aferição de desempenho energético. Já na etiquetagem da obra já construída são usadas técnicas de medições *in loco*. Para obter a classificação A, o projeto deve atentar para as diretrizes e parâmetros projetuais da Zona Bioclimática onde se encontra a edificação, contidos na NBR 15220-3 e no RTQ-C, além de:

- Forma do edifício e orientação das fachadas;
- Correto dimensionamento, orientação e proteção solar de aberturas;
- Especificação de materiais com desempenho térmico certo para a respectiva Zona Bioclimática, em coberturas, em vedações e suas cores e em vidros.

Juntamente com a publicação do RTQ-C e do RTQ-R, foram também veiculados pelo Inmetro, em parceria com Eletrobras e PBE, inúmeros documentos, como planilhas, catálogos, guias, manuais técnicos e Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC), para informar, auxiliar e organizar o trabalho de gestores públicos quanto aos procedimentos de licitação dos serviços de etiquetagem. Também são constantemente oferecidos cursos à distância e presenciais para gestores e servidores públicos e para o setor privado, com apoio de outras entidades, além das mencionadas (Inmetro, Eletrobras e PBE), como o Ministério do Meio Ambiente e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

Um dos materiais fornecidos foi o Guia prático de eficiência energética (BRASIL, 2014b), que reuniu a experiência do projeto de retrofit para etiquetagem do Bloco B da Esplanada dos Ministérios, em Brasília, prédio que comporta o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ministério da Cultura (MinC), uma das primeiras edificações federais a serem etiquetadas após a obrigatoriedade, uma espécie de exemplo vindo de cima, do órgão máximo da Nação para assuntos ambientais.

O MMA e o MinC realizaram a etiquetagem do projeto de retrofit, em 2014, pelo método de simulação, tendo alcançado o resultado de classe A, após estudos extensos de viabilidade da adoção de variadas medidas de conservação de energia. As soluções foram escolhidas pelo critério das melhores relações de custo/benefício e de *payback* (definido como o tempo de retorno do investimento estimado), adequadas às características da edificação, sendo estas assim descritas:

O edifício, construído em 1958, apresenta volume prismático com formato retangular, com largura e comprimento na proporção de aproximadamente 1:6, com nove pavimentos, apresentando as fachadas maiores, com aberturas de piso ao teto, expostas à radiação solar com orientações de 108°/288° (Leste/Oeste) e as fachadas menores, cegas, com orientações de 18°/198° (Norte/Sul). (NICOLETTI, 2009). Na década de 70 foram incorporados na fachada oeste brises verticais móveis, com lâminas verticais em chapa de aço galvanizada e pintura na cor verde (BRASIL, 2014b, p. 50).

As soluções eleitas foram, resumidamente, o aumento da temperatura de *setpoint* (valor-alvo) do sistema de refrigeração de 21°C para 24°C, a instalação de sistemas de dimerização linear da iluminação artificial (com controle automático fixado em 500lux), aliado ao fechamento total dos brises no período da tarde, e a readequação da contratação de demanda de energia. Vide **Figura 37**.

Figura 37 – MinC e MMA, na Esplanada dos Ministérios, em Brasília. Fachada leste, envidraçada (primeira linha) e fachada oeste, com brises metálicos móveis (segunda linha).



Fonte: Livia França (2018).

A cada ano, o Inmetro divulga a lista atualizada das edificações etiquetadas pelo PBE Edifica, sendo uma lista para as residenciais e outra para as comerciais, de serviços e públicas, que aqui nos interessam. Neste ano, essa lista, atualizada em 18/04/18⁴⁸, nos mostra que de 2009 a 2017 foram etiquetados 172 edificações ou projetos, tendo sido 138 projetos pelo método prescritivo, 27 pelo método de simulação, 04 pela combinação dos dois métodos e 03 cujo método de avaliação não é citado.

Do total dos etiquetados, 109 edifícios receberam etiqueta A (seja no projeto, seja na obra construída), 07 receberam etiqueta B, 08 estão com a observação “ENCE de Edificação Construída Pendente” e 17 estão com a observação “reavaliada” ou “sistemas reavaliados”. Em números de edificações etiquetadas por ano, podemos organizar da seguinte forma:

⁴⁸ Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabelas-comerciais.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2018.

- 06 em 2009, sendo 05 em projeto e 01 obra construída, que tinha tido seu projeto etiquetado em 2009;
- 21 em 2010, todas em projeto;
- 16 em 2011, sendo 05 projetos e 11 obras;
- 33 em 2012, sendo 31 projetos e 02 obras;
- 40 em 2013, sendo 20 projetos e 20 obras;
- 38 em 2014, sendo 22 projetos e 16 obras;
- 32 em 2015, sendo 18 projetos e 14 obras;
- 39 em 2016, sendo 11 projetos e 28 obras;
- 18 em 2017, sendo 08 projetos e 10 obras;
- 02 em 2018, ambas obras.

Até o momento, apenas 30 das edificações etiquetadas são pertencentes a instituições federais, dentre as quais 21 realizaram a certificação depois da Instrução Normativa (IN) nº 2, portanto, sob obrigatoriedade. As entidades públicas federais que constam na referida lista entre 2009 e 2014 (fase de etiquetagem voluntária) são: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Fundação Oswaldo Cruz; Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG); Universidade Federal de Pelotas (UFPel); Universidade Federal de Itajubá (Unifei).

As que constam depois de entrar em vigor a obrigatoriedade são: MMA e MinC; Receita Federal; Polícia Rodoviária Federal; UFSC; Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso (IFMT); Tribunal Regional Eleitoral do Mato Grosso do Sul (TRE/MS); Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Exército Brasileiro; Procuradoria Regional do Trabalho do Mato Grosso do Sul (PRT/MS); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE-CRN).

A quase totalidade das edificações federais etiquetadas na fase de obrigatoriedade recebeu etiqueta A na envoltória. Muitas das instituições federais etiquetaram apenas o projeto, não tendo emitido a etiqueta da edificação construída, ainda. Ressaltamos que apenas 10 das 30 edificações federais etiquetadas pertencem a instituições de ensino, sendo 05 da UFSC⁴⁹, 02 da Unifei⁵⁰, 01 da UFMG⁵¹, 01 da UFPel⁵² e 01 do IFMT⁵³.

⁴⁹ Restaurante Universitário, classe A, 2013; Laboratórios de Pesquisa em Gás e Energia, classe B, 2013 (somente projeto); Inpetro Laboratórios Sapiens Park, classe B, 2013 (somente projeto); Departamento de Engenharia Civil, classe A, 2016 (somente projeto); Ampliação do Departamento de Engenharia Civil, classe A, 2016 (somente projeto);

⁵⁰ Aprendizagem 03, classe A, 2013 (somente projeto); Biblioteca, classe A, 2013 (somente projeto).

⁵¹ Escola de Arquitetura, classes B e C, 2012.

⁵² Anexo FAURB, classe A, 2012 (somente projeto).

⁵³ Campus Barra do Garças – IFMT, classe A, 2017 (somente projeto).

Vemos, na **Figura 38**, o Restaurante Universitário da UFSC, uma das edificações de instituição de ensino etiquetadas com selo A, onde as medidas adotadas para conservação de energia incluem utilização de iluminação natural zenital, teto-jardim e uso de cores claras.

Figura 38 – Restaurante universitário da UFSC, em Florianópolis – SC, etiquetado com classe A, em 2013.



Fonte: Tin (2014).

Os números ainda pouco expressivos nos mostram que muito precisa ser feito para divulgar e fiscalizar o cumprimento dessa normativa. Mas sabemos, também, que a implementação da obrigatoriedade da etiquetagem é ainda relativamente recente, com quatro anos incompletos. Se levarmos em conta o tempo necessário para a concepção e execução de um projeto de arquitetura completo, somando-se a isso as dificuldades e restrições orçamentárias atuais, no âmbito das instituições federais de ensino, trazidas pelo agravamento da contingência de crise político-econômica que o país atravessa, é compreensível que sejam ainda escassas as obras realizadas com etiquetagem de eficiência completa.

Incontáveis pesquisas publicadas desde a implementação do RTQ-C até hoje têm-se dedicado a estudar esse regulamento em aspectos relativos à experiência de utilização, à condução do processo, às dificuldades e limitações do instrumento e seus possíveis ajustes. De fato, percebemos a enorme burocracia e complexidade associadas ao processo completo de etiquetagem, envolvendo a confecção de inúmeros manuais para esclarecimento dos gestores públicos, arquitetos servidores públicos e em geral, quanto à papelada a ser providenciada e demais exigências. Isso se constitui em um grande obstáculo a vencer até que todos os envolvidos no processo estejam familiarizados com os novos procedimentos e estes possam ser incorporados à concepção arquitetônica e à contratação de obras públicas.

Salientamos também os custos da emissão da etiqueta, da ordem de, no mínimo, onze mil reais por edificação avaliada, valores que estão acima dos estipulados para contratação de serviços por dispensa de licitação (de até oito mil reais), requisitando os trâmites que envolvem a contratação de serviços públicos, tais como a necessidade de cotação prévia de três preços, por exemplo, constituindo-se em outra dificuldade a ser superada. No presente momento, por exemplo, existem apenas dois OIA-EEE ativos, de acordo com o Inmetro⁵⁴, a Fundação Carlos Alberto Vanzolini e a Universidade Federal de Pelotas, tendo havido outros três, que hoje se encontram suspensos ou cancelados pelo Inmetro, a pedido dos próprios.

Mesmo assim, a medida de obrigatoriedade de etiquetagem das edificações federais representa um importante passo à frente do país no sentido da eficiência energética e, mais amplamente, da sustentabilidade verdadeiramente considerada, sobretudo nos dias atuais em que o sentido do termo sustentável encontra-se descaracterizado e o próprio termo desgastado, pela especulação do mercado e apelos da mídia. Sobre esse assunto, faremos uma breve abordagem no subitem seguinte.

3.2.2 A sustentabilidade como mercadoria na indústria da construção civil

Influenciada pelo surgimento do conceito de sustentabilidade, a construção civil tem sofrido grandes transformações que podem indicar, aparentemente, maior preocupação do setor com a diminuição dos impactos ambientais decorrentes de suas práticas. Os chamados edifícios verdes, com certificação ou etiqueta de conservação de energia, são concebidos e construídos para, supostamente, causar o menor dano possível ao meio ambiente no qual se inserem, tanto na execução quanto durante sua vida útil, com redução da demanda de energia.

No entanto, os interesses econômicos e a disputa pelo mercado imobiliário acabaram por se apropriar dos termos e conceitos ligados à busca pela sustentabilidade, repercutindo no fazer arquitetônico e construtivo, não poucas vezes imbuído de reprodução vazia de soluções aparentemente sustentáveis, mas que na realidade não passam de uma roupagem verde ou ecológica, associada à propaganda veiculada de compromisso ambiental, juntamente com apelo ao consumo de determinado produto ou serviço, em atendimento a impositivos midiáticos e de mercado, *greenwashing* (PAGOTTO, 2013).

⁵⁴ Disponível em: < http://www.inmetro.gov.br/organismos/resultado_consulta.asp >. Acesso em: 19 maio 2018.

As construções verdadeiramente sustentáveis são aquelas que conseguem se inserir de maneira não predatória no ambiente. Devem ser capazes de fornecer conforto ambiental, segurança e salubridade aos usuários, entre outros aspectos, sem, contudo, impactar negativamente as condições existentes no entorno anteriormente. Devem ser energeticamente neutras, conseguindo gerar, no mínimo, a quantidade de energia que consomem e devem utilizar de forma responsável e inteligente os recursos que precisarem empregar.

Se por um lado algumas práticas na construção civil têm, de fato, se tornado menos agressivas e mais comprometidas com os novos tempos e com normas e certificados internacionais e nacionais que visam à sustentabilidade e à proteção ambiental, por outro lado, a indústria da construção civil ainda se configura como uma das atividades que mais causam degradação do meio ambiente. Esse setor utiliza enorme montante de energia e é responsável pela geração de resíduos sólidos e efluentes como poucos outros setores, com baixa taxa de reciclagem e reutilização.

Grande parte do consumo energético das edificações⁵⁵ se dá na fase de utilização (80%), sendo empregado esse consumo, sobretudo, em processos de resfriamento, aquecimento, iluminação e equipamentos (BRASIL, 2008, p. 62). Na construção, destaca-se o uso de materiais que possuem alto índice de gasto energético incorporado em seus processos de produção, a exemplo do aço, do cimento, diversos plásticos etc. (ibidem).

Temos visto, frequentemente, a exploração dos recursos ambientais para além de níveis sustentáveis, com a finalidade de alimentar esse setor da economia. As madeiras tropicais, para citar apenas um exemplo, são exploradas em ritmo que não permite sua renovação na natureza e vendidas a preços acessíveis nos mercados consumidores (ROMÉRO; REIS, 2012).

Muitos grupos dominantes, hoje, centram a lógica de funcionamento da sociedade na questão puramente econômica, mas uma economia separada do ambiente, assentada em crescimento e produtividade, que não contempla com justiça as dimensões ambientais, sociais e culturais. As construções representam, mais que qualquer criação, as relações sociais:

Construir é, portanto, um ato social, quase sempre executado em público e implicando custos elevados, ou seja, depende das relações de poder, políticas e econômicas. Deste modo, as obras dispendiosas são o reflexo das pessoas ou dos objetivos que em determinada altura são importantes para os grupos dominantes (GYMPEL, 2000, p.6).

⁵⁵ “No Brasil, 42% do consumo de eletricidade deriva do uso de edificações, sendo 23% proveniente de edifícios residenciais, 11% comerciais e 8% edifícios públicos” (BRASIL, 2008, p. 63).

Funcionando como uma cadeia de resultados danosos, certas produções arquitetônicas recentes têm-se guiado também pela lógica do capital, apoiada na visão econômica oposta às dimensões ambiental e social. Temos, em um extremo, a baixa qualidade geral dos projetos, feitos para o atendimento às questões ditadas pelo mercado imobiliário. Enquanto, no extremo oposto, continuam a serem produzidos projetos extremamente caros e voltados para um seletor público, conforme atesta Jodidio (2013):

Os tempos estão difíceis, pelo menos para algumas pessoas. Poder-se-ia pensar que a arquitetura contemporânea iria sofrer, ou até que a criatividade seria embotada pelas forças brutas do pragmatismo e da boa economia. As residências privadas são uma espécie de microcosmo do mundo da arquitetura e refletem os altos e baixos do resto da profissão de uma forma de certo modo elitista ou exagerada. Na verdade, raramente a “classe média” recorre a um arquiteto qualificado para o projeto de uma nova casa. Este é um privilégio normalmente reservado aos ricos. Os tempos de crise não diminuíram a tendência que se observa há pelo menos 30 anos ou mais que permite, digamo-lo sem rodeios, que os ricos fiquem cada vez mais ricos [...] A verdade, portanto, é que estes tempos não são de vacas magras para os ricos e em resultado disso continuam-se a se construir casas de luxo por todo o mundo para eles (JODIDIO, 2013, p.27).

A especulação financeira em torno do mercado da construção civil é tão forte, que o poder público é constantemente pressionado pelo mercado para legislar de maneira rentável para os empreiteiros privados, resultando em afrouxamento da legislação de regulamentação do uso do solo, em que não são poucos os exemplos nacionais e regionais.

O arquiteto pernambucano Wandenkolk Tinoco, já citado nesse trabalho, diz, no filme *Wandenkolk* (2015), que na demanda do mercado imobiliário no Recife há, atualmente, um desrespeito pela necessidade de adequação climática, na busca por se querer fazer uma “arquitetura de Dubai no Nordeste”, nas palavras do arquiteto, referindo-se aos edifícios com fachadas totalmente revestidas por “peles de vidro”. Ressaltamos que mesmo em Dubai, de clima desértico, quente e seco, esse tipo de arquitetura também é inadequada.

Essa prática, segundo ele, acaba ocasionando construções mais caras (pelo emprego excessivo do vidro) do que seriam as construções adequadas ao clima da cidade, que deveriam utilizar beirais, esquadrias protegidas e jardineiras generosas, as quais não apenas enriquecem plasticamente as construções como também amenizam o rigor climático e trazem conforto. Tinoco, que continua projetando até os dias atuais, reconhece a dificuldade atual de se levar adiante a aplicação desses ideais, hoje vistos como desperdício pelo mercado imobiliário (MOREIRA; FREIRE, 2011).

As fachadas completamente envidraçadas e sem proteção contra a radiação solar no Recife elevam a carga térmica da edificação, quando em comparação a outros materiais, mesmo em se utilizando vidro com fator de proteção solar, e exigem maior dimensionamento

do sistema de refrigeração, problema que se estenderá por gerações, durante toda a vida útil da edificação. Em Recife, chega-se hoje ao cúmulo de se conceber edificações revestidas com esquadrias em pele de vidro fixas, de cima a baixo, que sequer dispõem de folhas móveis, sendo completamente estanques e incapazes de realizar trocas de ar com o exterior. Não obstante o despropósito que significa, essa é uma solução que visualizamos com cada vez mais frequência na cidade, típico exemplo mercadológico de má adequação da solução de arquitetura ao clima, que leva ainda à perda da qualidade geral da arquitetura.

O comprometimento com a qualidade ambiental, bem como a atitude diligente de leitura das especificidades de inserção de uma edificação, eliminaria a adoção desavisada de modelos ou soluções que podem até ser adequadas, porém quando aplicadas às características de outros sítios. Apesar dos seus benefícios de assegurar o conforto ambiental, promover a racionalização do uso dos recursos e a eficiência energética, contribuindo para a sustentabilidade, o bioclimatismo enfrenta barreiras entre os próprios arquitetos, devido, inclusive, a insuficiências da formação acadêmica, como já mencionamos (em 3.2).

Por isso, é extremamente importante o papel desempenhado pelos laboratórios de conforto ambiental das universidades, como o Lacam/DAU/UFPE, no desenvolvimento e publicação de pesquisas envolvendo todas as áreas correlatas aos temas de conforto ambiental, como bioclimatismo, eficiência de energia e sustentabilidade, contribuindo para o aprofundamento teórico dos temas e para a formação mais solidamente embasada dos alunos.

O setor da construção civil envolve muitos atores, todos eles relevantes para a configuração do resultado final da produção edificada e sua adequação ao meio. Além dos projetistas (arquitetos e engenheiros dos diversos sistemas complementares), temos o proprietário da obra, que pode ser o próprio incorporador, as equipes de obra, os fornecedores de insumos, o usuário final, bancos, enquanto instituições de crédito, os técnicos dos órgãos de licenciamento e até mesmo as concessionárias de água e energia, envolvidas com a eficiência desses recursos. Necessita-se de mais cooperação e interação entre esses atores visando à maior sustentabilidade no setor, por meio da adoção de metodologias de planejamento integrado.

O desafio, hoje, é de aumentar a aplicação efetiva do bioclimatismo em larga escala, no mercado da construção, além de outras soluções mais sustentáveis. Para isso, é necessária uma evolução nos processos projetuais, que possa repercutir não somente na concepção, no resultado final do projeto e da obra edificada e na gestão de documentos e informações, mas que consiga englobar mudanças estruturais em toda a cadeia da produção, por meio de práticas que podem ser adotadas pelo setor e que não envolvem diretamente o projeto

arquitetônico, incluindo a gestão da construção, o treinamento dos operários que lidam nos canteiros de obras e o envolvimento das comunidades locais em programas de geração de renda e de transformação social. Tecnologias específicas podem ser implementadas de maneira padrão, como a adoção na fase projetual de sistemas de captação de águas pluviais, de reaproveitamento de água para usos secundários, de coleta seletiva de lixo, além do emprego de materiais livres de componentes tóxicos. Além disso, os materiais de construção precisam ter seus ciclos de vida conhecidos para serem utilizados com responsabilidade, de acordo com sua durabilidade, seus impactos no meio natural, seu potencial de reutilização e de reciclagem, de modo a mitigar o impacto ambiental.

Embora o conceito de arquitetura sustentável seja mais complexo que o de arquitetura bioclimática, estando entendido que é preciso que haja, no primeiro caso, o atendimento razoável ao tripé constituinte da sustentabilidade, ainda assim o bioclimatismo participa, e muito, das soluções sustentáveis. De acordo com Corbella e Yannas (op. cit., p.19) “a arquitetura sustentável é a continuidade mais natural da bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior”. O foco da arquitetura bioclimática está no ser humano e a arquitetura sustentável é, necessariamente, bioclimática, posto que não seja possível conceber-se que a arquitetura seja sustentável sem ser adequada ao seu clima e ao seu lugar, por tudo o que vimos até aqui. Sem conforto e eficiência não pode haver sustentabilidade.

Sustentabilidade na arquitetura ou, ainda, sustentabilidade nas construções, talvez sejam termos mais adequados do que arquitetura sustentável ou construções sustentáveis, pois um edifício não consegue ser sustentável sozinho, a sustentabilidade é interdependente, solidária com o meio, com as pessoas e com o lugar. Sustentabilidade é, antes, um processo em evolução e uma agenda inevitável para o futuro da arquitetura e do urbanismo. Salgado, Chatelet e Fernandez (2012) destacam que a sustentabilidade na construção civil por meio dos projetos de alta qualidade ambiental seria o início de um processo que deve estender-se às cidades, levando a políticas para o desenvolvimento urbano sustentável.

Ou seja, diante dessa realidade, conclui-se que novos valores precisam ser introduzidos no setor da construção civil, assim como em toda a sociedade, a fim de que possamos pensar em reverter o quadro em vigor de distanciamento, e mesmo de oposição, entre o meio edificado e seu contexto ambiental. Enquanto questões como consumo, lucro e capital, para o privilégio de poucos, forem tratadas com maior relevância do que as reais necessidades sociais e ambientais, ainda teremos que enfrentar graves desigualdades.

4 OBJETO EMPÍRICO DE PESQUISA

Neste capítulo, apresentamos o objeto empírico da pesquisa, partindo da caracterização climática do Recife e retomando, do Capítulo 2, as estratégias próprias de aclimação passiva recomendadas, bem como os parâmetros projetuais indicados para a classe A de eficiência nesta cidade, com base na NBR 15220 e, conseqüentemente, no RTQ-C, que adota os parâmetros dessa Norma Técnica. Isso virá em 4.1.

Apresentamos em seguida, em 4.2, o *Campus* Recife do IFPE, nosso *locus* de pesquisa, sua implantação na cidade e as características técnicas de seu conjunto edificado. Expomos o programa funcional do novo bloco investigado, o nosso objeto empírico, seu local de implantação, e delimitamos duas soluções para sua envoltória, pela adoção de tipos edifícios identificados com seu contexto e lugar de implantação no *Campus*.

Prosseguindo a investigação sobre eficiência energética, no subcapítulo 4.3, apresentamos o RTQ-C e seus procedimentos metodológicos. Em seguida, aplicamos o método prescritivo desse Regulamento para aferir a classe de eficiência energética das envoltórias das duas propostas para o novo edifício, com alterações de determinadas variáveis, gerando novos conjuntos de dados. Fazemos a exposição dos produtos dessa aplicação, na forma de quadros, de modo a elucidar e sintetizar os resultados de etiquetagem obtidos em cada conjunto de soluções proposto, com vistas também a evidenciar os parâmetros projetuais que mais repercutem na obtenção da classe A de eficiência.

4.1 Caracterização climática e parâmetros projetuais de Recife

A cidade do Recife localiza-se no litoral do Nordeste brasileiro, entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, com latitude de 8°03' ao sul do Equador e longitude de 34°52' a oeste de Greenwich. De acordo com o IBGE (2017), o município totaliza uma área de 218,435 km², fazendo limite com os municípios de Olinda e Paulista (ao norte), Jaboatão dos Guararapes (ao sul), São Lourenço da Mata e Camaragibe (a oeste) e com o Oceano Atlântico (a leste).

Como mencionado em 2.1.1, Recife tem clima “As”, pela classificação climática de Köppen, que significa que está em área de clima tropical, com chuvas de inverno (de junho a setembro) e estação seca no verão (de dezembro a março). Por situar-se em faixa litorânea, contando com a presença, ainda, de outros corpos d'água, como rios, córregos, canais, lagoas e açudes, Recife tem clima tropical quente e úmido e umidade relativa do ar sempre elevada,

com médias anuais superiores a 84%, segundo Alvares et al (2014, apud MOREIRA, et al., 2017), sustentada também por morros e matas situados a oeste do município, onde se localiza o *Campus Recife* do IFPE.

A média climatológica da temperatura máxima em Recife é de 29° e da mínima é de 22° (SOUZA; AZEVEDO, 2009). A média da temperatura anual fica em torno de 25°. Nos dias mais quentes do verão, as temperaturas máximas podem chegar a 35°C. Porém, nos locais mais sujeitos à ação das brisas oceânicas constantes, essa temperatura tende a ser atenuada. A amplitude térmica diária pode chegar a mais de 6°C (CORRÊA, 2006, apud MOREIRA, et al., 2017).

Os ventos vêm do sudeste, predominantemente, depois leste, sul e nordeste. A cidade é situada na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sofrendo influência dos ventos alísios do hemisfério sul, que interferem no regime pluviométrico. Possui baixa latitude e, por isso, a incidência dos raios solares se dá de maneira perpendicular à superfície, resultando em elevados índices de insolação, tanto no verão quanto no inverno.

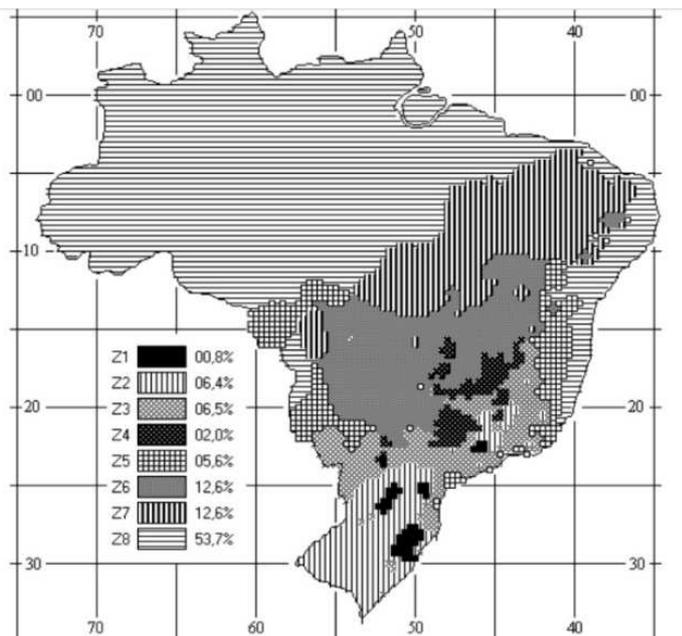
A precipitação média anual é de 2.050mm no Recife, segundo dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC)⁵⁶ e o período de chuvas, mais concentrado no inverno, inicia-se já no outono. No período chuvoso, as médias mensais de precipitação são superiores a 350mm, principalmente em junho e julho. As menores pluviosidades se encontram nos meses de novembro e dezembro, com médias de 50mm. Salienta-se que nos eventos tidos como de exceção, chegam a ocorrer chuvas de mais de 100mm acumulados em menos de 24h⁵⁷.

A Norma Técnica brasileira (NBR) 15220, Parte 3 (ABNT, 2005) define o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, que compreende oito zonas distintas. Pela referida NBR, Zonas Bioclimáticas significam “zonas relativamente homogêneas quanto ao clima” (ABNT, 2005, p.14). A normativa traz as recomendações das diretrizes construtivas e as estratégias de condicionamento térmico passivo para cada zona, com base em uma Carta Bioclimática adaptada de Givoni (*“Comfort, climate analysis and building design guidelines”*. *Energy and Building*, vol.18, July/92, apud ABNT, 2005, p.14). De acordo com essa NBR, Recife encontra-se na Zona Bioclimática 8 (Z8), que representa 53,7% do território nacional (vide **Figura 39**).

⁵⁶ Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/>>. Acesso em: 21 de maio de 2018.

⁵⁷ Configuram-se como eventos naturais, mas que causam sérios transtornos urbanos, como deslizamento de encostas e alagamento de baixios (FREITAS, 2005a), que se agravam pela prática predominante do planejamento urbano que não considera as condições climatológicas e ambientais, aliada ao crescimento espontâneo.

Figura 39 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro de acordo com a NBR 15220-3.



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005, p. 03).

Os dados das cidades brasileiras utilizados para determinar essa carta foram as normais climatológicas das séries históricas (entre 1931 e 1960 ou entre 1961 e 1990) de: médias mensais das temperaturas máximas; médias mensais das temperaturas mínimas; e médias mensais das umidades relativas do ar, em 330 localidades. Para as demais localidades, dados foram estimados por processo de interpolação matemática.

Para a formulação das diretrizes construtivas (de caráter orientativo) e o estabelecimento das estratégias passivas, foram levados em conta pela NBR os seguintes parâmetros: “a) tamanho das aberturas para ventilação; b) proteção das aberturas; c) vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura - transmitância térmica, atraso térmico e fator solar); e d) estratégias de condicionamento térmico passivo” (ABNT, 2005, p.3).

Em Recife, assim como nas demais cidades pertencentes à Z8 da Norma, as recomendações construtivas segundo a NBR 15220-3 são resumidas e consistem em: utilização de aberturas grandes (maior que 40% da área do piso) e sombreadas nos ambientes de longa permanência; paredes e coberturas feitas de material leve e refletor.

A estratégia de condicionamento térmico passivo para Recife, também segundo a Norma, é a ventilação cruzada permanente, para desumidificação dos ambientes internos, observando-se a direção dos ventos dominantes e as interferências do entorno nesses ventos.

De acordo com a Norma, “as sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes” (ABNT, 2005, p.9) e também “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” (ibidem, p.10). O instrumento normativo alerta, porém, que na Z8 o condicionamento passivo não será suficiente para promover o conforto térmico durante as horas mais quentes, necessitando de resfriamento artificial para amenizar o desconforto térmico por calor.

A NBR 15220-3 (ibid.) foi inicialmente elaborada para uso em edificações de interesse social, mas constitui-se como o único zoneamento bioclimático brasileiro até agora, e, por isso, amplamente utilizada em outras tipologias, de acordo Carlo e Amorim (2017).

Essa Norma recebeu diversas críticas desde sua publicação, por parte de pesquisadores, que sugerem a revisão do zoneamento por acreditarem que os critérios utilizados pela Norma seriam imprecisos e insuficientes para a caracterização climática de cidades brasileiras, além de defasados, face à significativa ampliação da quantidade de estações meteorológicas confiáveis, que passou de 330 para 1.513 (CARLO; AMORIM, 2017). Atualmente, esse instrumento normativo sofre revisão mas encontra-se ainda em vigor.

Apesar dessas controvérsias a respeito da melhor metodologia de zoneamento climático a ser adotada, conseguimos perceber que, por meio da NBR 15220-3 (ABNT, 2005), fazemos uma retomada das estratégias passivas recomendadas para Recife e demais regiões de clima tropical quente e úmido, explanadas e exemplificadas no Capítulo 2. Nessas regiões, os graus-dia de aquecimento (a necessidade de aquecimento no inverno) são nulos.

Em Recife, portanto, a correta proporção, orientação e sombreamento das aberturas, a possibilidade de ventilação cruzada para desumidificação do ar dos ambientes e exaustão natural e o uso racional das cores são estratégias que garantem à edificação melhores condições de temperatura, umidade e ventilação, diminuindo consideravelmente as necessidades energéticas e reduzindo, conseqüentemente, o impacto ambiental da construção.

4.2 O Campus Recife do IFPE – situação e novo bloco proposto

O Campus Recife do IFPE localiza-se na Avenida Professor Luiz Freire, no bairro do Curado, tendo como vizinhos a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), o Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), o Colégio Militar do Recife (CMR) e a Associação dos Servidores do IFPE (ASSIF-PE).

O bairro do Curado situa-se na porção oeste da capital pernambucana, ao lado do bairro da Várzea, um dos mais antigos da cidade, cortado pelo Rio Capibaribe (vide **Figura 40**). O *Campus* Recife encontra-se muito perto de duas grandes rodovias federais a BR-101 e a BR-232, por onde se tem acesso a diversos municípios da Região Metropolitana do Recife (RMR) e outros do interior do Estado, onde se localizam os demais *campi* do IFPE⁵⁸.

Figura 40 – Localização do *Campus* Recife do IFPE, no bairro do Curado, ao lado de Várzea e Cidade Universitária – UFPE.



À esquerda, o município de Recife, com o norte para cima; à direita, ampliação de região, com destaque do *Campus* Recife do IFPE – em verde – situando-o em relação ao bairro do Curado (contorno alaranjado da imagem original). Fonte: base cartográfica e imagem de satélite do sistema ESIG – Prefeitura do Recife⁵⁹, com intervenções da autora; sem escala.

Apresentando um brevíssimo histórico de formação do Recife, destaca-se que a ocupação da cidade deu-se primeiro ao longo das margens do Rio Capibaribe, com o estabelecimento de engenhos açucareiros e vilarejos, ainda no início do século XVII, utilizando-se do rio para transporte da produção até o porto, na foz. O crescimento tentacular em direção ao oeste (a partir do séc. XVIII) foi incorporando áreas alagadas e de mangue,

⁵⁸ Os *Campi* do IFPE localizam-se nas cidades de Abreu e Lima (RMR), Afogados da Ingazeira, Barreiros, Belo Jardim, Caruaru, Igarassu (RMR), Ipojuca (RMR), Jaboatão dos Guararapes (RMR), Olinda (RMR), Paulista (RMR), Pesqueira, Recife e Vitória de Santo Antão (RMR), contando ainda com Educação à Distância (EAD).

⁵⁹ Disponível em: <<http://www.recife.pe.gov.br/ESIG/>>. Acesso em: 27 maio 2018.

aterrando os leitos dos rios e ocupando morros até alcançar a Mata Atlântica (BARRETO, 1994, apud VASCOLCELOS; SÁ, 2011). Ao longo do século XVIII, os antigos engenhos sofreram divisões em sítios e lotes, dando origem a bairros como Madalena, Torre, Derby, Apipucos e Várzea, de maneira orgânica, onde os eixos de circulação foram se conformando às condições topo-hidrográficas (VASCOLCELOS; SÁ, 2011).

Recife, hoje, possui noventa e quatro bairros, agrupados em seis Regiões Político-Administrativas (RPAs), conforme informação do sítio institucional da Prefeitura da Cidade do Recife (PCR, s.d.) e possui população estimada de 1.633.697, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

O Curado é considerado um bairro de baixa densidade demográfica e abriga duas Zonas Especiais de Proteção Ambiental do Recife (ZEPAs), que são o Jardim Botânico do Curado (113,66ha) e as Matas da Várzea/ Curado (409,88ha), Unidades de Conservação do Recife cuja ocupação é restringida pela Lei de Uso e Ocupação do Solo (Lei Municipal nº 16.176/96). O bairro abriga uma Zona Especial de Interesse Social (ZEIS) e é classificado como de exclusão socioambiental média alta (CAVALCANTI; LYRA; AVELINO, 2008).

Além das instituições educacionais e de tecnologia e pesquisa citadas, e da área militar, localizam-se no Curado o Hospital Metropolitano Oeste e o Hospital da Mulher do Recife, a Central de Abastecimento Alimentar (CEASA), algumas indústrias, localizadas nas margens das Rodovias, e ocupações de uso residencial, comércio e serviços de pequeno porte, cujos tipos edifícios predominantes são casas térreas ou de dois pavimentos e condomínios de edifícios residenciais de até 06 pavimentos.

O bairro está próximo a importantes equipamentos culturais e turísticos, situados no bairro da Várzea, o Instituto Ricardo Brennand e a Oficina Cerâmica Francisco Brennand, e também a duas Zonas Especiais do Patrimônio Histórico Cultural do Recife (ZEPHs), Várzea e Casa de Brennand (ibidem).

Destacamos a presença da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada a menos de 1km de distância do IFPE. Isso indica que o entorno do *Campus* possui características de ambiente natural, que são necessárias à localização das estações meteorológicas convencionais e automáticas, responsáveis pela coleta das informações de tempo, bases para a configuração climática das cidades. A **Figura 41**, a seguir, mostra a vista aérea do conjunto edificado do *Campus* Recife e de alguns equipamentos de seu entorno.

Figura 41 – Vista aérea do *Campus Recife* do IFPE e entorno.



Fonte: Vista gerada pelo *Google Maps 3d*, com intervenções da autora.

Os dados obtidos na Estação Meteorológica do Curado são usados, evidentemente, em estudos de clima de todo o município do Recife, assim como acontece com os dados das demais cidades. Todavia, esses dados refletem melhor a realidade do entorno da própria Estação, incluindo o *Campus Recife*, do que de todo o município propriamente dito (onde atua a interferência urbana no clima natural), pela proximidade física, pelo padrão de ocupação semelhante e pela grande quantidade de áreas verdes preservadas, o que não é a realidade de muitos dos bairros do Recife. Essa configuração caracteriza nossa área de estudo.

O IFPE é uma instituição jovem, prestes a completar dez anos, formada pela aglutinação de ex-autarquias, uma delas inclusive centenária, que é o caso do *Campus Recife*, surgido em 1909 como Escola de Aprendizes Artífices, além das Escolas Agrotécnicas Federais, em outras cidades do Estado, criadas ao longo da primeira metade do século XX. A Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008, reuniu essas instituições e estabeleceu a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, com a criação dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia no Brasil.

Hoje, com dezesseis *campi* distribuídos em Pernambuco, do litoral ao sertão, além da rede formada por dezessete polos de Educação à Distância, o IFPE atende dezessete mil e quinhentos estudantes pela oferta de setenta e oito cursos em diferentes níveis e modalidades de formação, com atividades de ensino, pesquisa e extensão, oferecendo educação pública, gratuita e de qualidade, dispondo de mais de mil professores, entre especialistas, mestres, doutores e pós-doutores (IFPE, 2017). Os campi do IFPE desempenham papel estratégico em

suas regiões de instalação, relativo ao seu viés profissionalizante original, aliado ao desenvolvimento do saber científico e à inovação tecnológica, uma marca da Instituição.

O *Campus* Recife do IFPE, que fora inicialmente a Escola de Aprendizes Artífices (1909 – 1937), recebeu depois outros nomes – Liceu Industrial de Pernambuco (1937 – 1942), Escola Técnica do Recife (1942 – 1965), Escola Técnica Federal de Pernambuco (1965 – 1999) e Centro Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco (CEFET-PE, entre 1999 e 2008). Funcionou em diversos locais, até ocupar sua sede própria, antes instalada onde hoje funciona a Fundação Joaquim Nabuco, no bairro do Derby, às margens do Rio Capibaribe e, desde 1982, no endereço atual.

O conjunto tem área total construída de 34.272m², em terreno de 118.936m². É um dos maiores *campi* do Brasil da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, em área construída e em número de alunos. Nele são lotados cerca de quinhentos servidores e há mais de seis mil estudantes matriculados nos dezoito cursos ofertados em diversas modalidades⁶⁰. O arquiteto do projeto original do *Campus* é o Prof. José Luiz Mota Menezes⁶¹ e o calculista estrutural (exceto do primeiro bloco construído, bloco F, ainda na década de 1970), o Prof. José Wanderley Pinto, em atividade na Instituição.

A implantação do conjunto no terreno é cartesiana, com blocos em formato de barra retangular (que tem uma das dimensões muito maior que a outra), compostos, basicamente, por dois tipos, sendo ambos de configuração linear, com dois pavimentos.

O tipo 1 consiste em uma circulação axial e salas distribuídas em ambos os lados da mesma, com implantação orientada longitudinalmente pelo eixo leste-oeste, com um desvio desse eixo de -17°, resultando em salas voltadas para norte ou sul, o que é favorável ao seu conforto térmico, e fachadas quase cegas voltadas para leste e oeste, de maior insolação.

O tipo 2, semelhante ao primeiro, também se caracteriza por circulação axial, com a diferença de ter salas somente para um dos lados desta, sendo o outro lado aberto para o exterior. A orientação longitudinal é sobre o eixo norte-sul (também com desvio desse eixo de

⁶⁰ Os cursos oferecidos pelo IFPE, *Campus* Recife, são:

- **Nível Técnico – Integrado** (Ensino Médio integrado ao Técnico), **PROEJA ou Subsequente:** Edificações; Eletrônica; Eletrotécnica; Mecânica; Química; Saneamento; Segurança do Trabalho; Refrigeração e Climatização; Telecomunicações;
- **Nível Superior Tecnólogo:** Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas; Design Gráfico; Gestão Ambiental; Gestão de Turismo; Radiologia;
- **Licenciatura:** Geografia;
- **Bacharelado:** Engenharia Civil; Engenharia Mecânica;
- **Pós-Graduação:** Mestrado Profissional em Gestão Ambiental.

⁶¹ Referência nas áreas de história da arquitetura, urbanismo e patrimônio, no Recife e no Brasil, José Luiz Mota Menezes é Professor Emérito da Universidade Federal de Pernambuco (2003) e membro da Academia Pernambucana de Letras (2013).

-17°), resultando em salas voltadas para leste, com janelas protegidas por marquises, e circulações voltadas para oeste, funcionando como barreira contra a insolação nas salas. Alguns blocos apresentam-se agrupados, formando áreas ajardinadas entre si. Vide imagens do conjunto na **Figura 42**.

Figura 42 – Imagens de edificações e espaços livres do *Campus Recife*.



Imagens do conjunto edificado original. Fonte: Livia França (2018).

Os materiais e técnicas construtivas predominantes são estrutura em concreto armado (vãos de 4m x 10m e de 4m x 8m), alvenaria de tijolos revestida com azulejos (externa e internamente, a meia altura) ou pastilhas cerâmicas (externamente), esquadrias em alumínio e vidro simples, do tipo basculante, sombreadas por marquises, e telhados em fibrocimento, ocultos por platibandas.

Além dos blocos principais descritos, que abrigam as atividades pedagógicas (salas de aula, laboratórios), administrativas e de atendimento ao aluno, temos no *Campus*: Bloco em pilotis, do projeto original, que abriga pátio de convivência coberto, consultórios médicos e odontológicos, biblioteca e auditório; Passarelas em pilotis de ligação entre os blocos, também do projeto original; Complexo esportivo composto por ginásio, piscina, quadras, campo de futebol com pista de atletismo e vestiários, de épocas variadas; Garagem de ônibus e outros veículos oficiais, de construção posterior; Centro de pesquisa, de construção recente; Paisagismo e urbanização incluindo três lagos artificiais, alimentados pelo recolhimento das águas pluviais, jardins gramados com vegetação arbustiva e arbórea, passeios, vias internas de veículos, duas guaritas e estacionamentos.

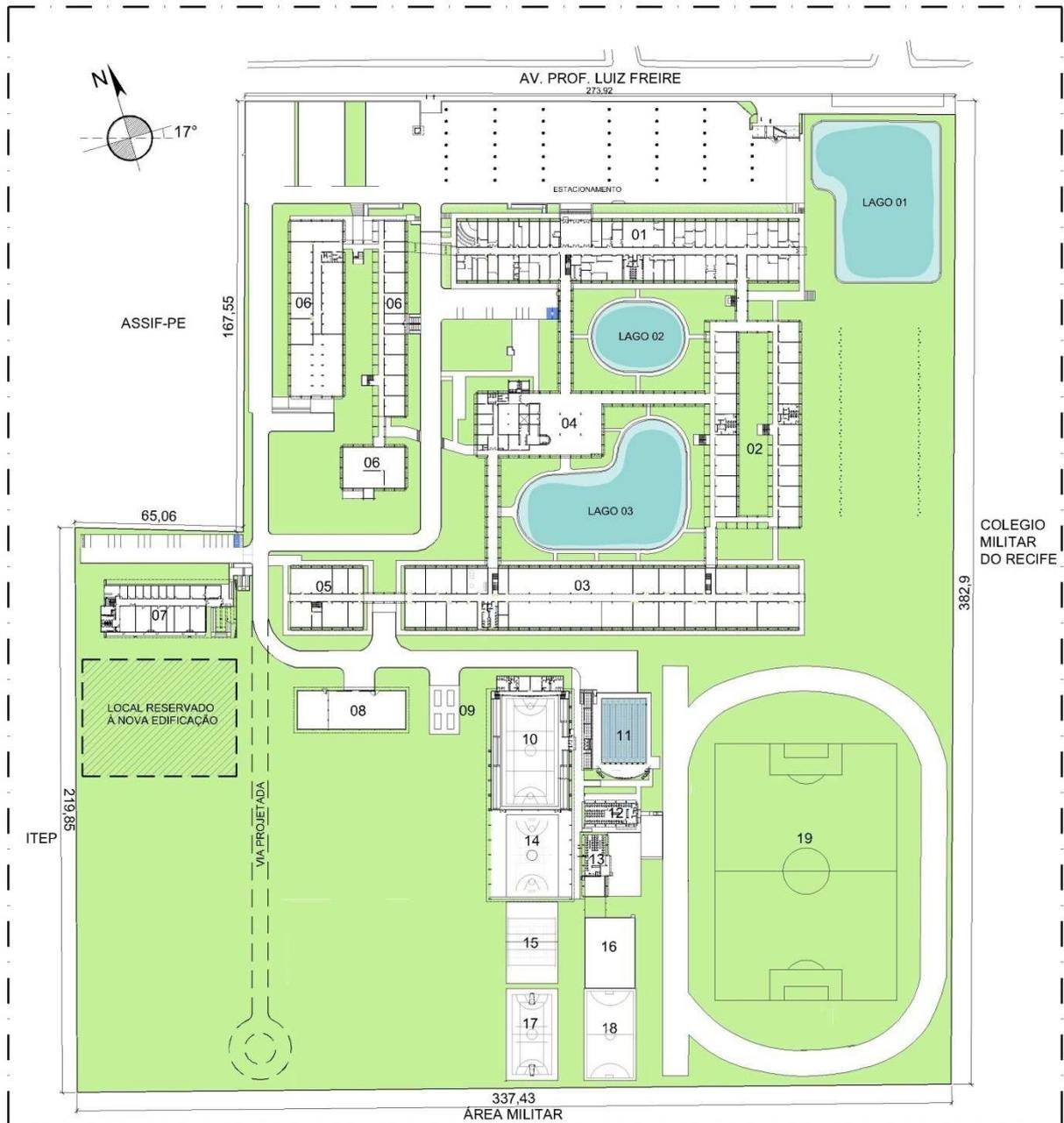
A ampliação das atividades do Campus agora exige a adequação de suas instalações físicas. Estão previstas para os próximos anos obras de construção de um novo auditório, nova biblioteca, refeitório para alunos e servidores e o bloco dos cursos superiores, nosso objeto empírico investigativo. O programa funcional e o pré-dimensionamento desse edifício estão em elaboração pelo Departamento de Obras e Projetos do IFPE (DOPE), com participação direta dos professores dos cursos superiores. Os alunos matriculados nos cursos também participam dessa elaboração, por meio do formulário que será dado a conhecer, no Capítulo 4.

Para efeitos dessa pesquisa, o bloco estudado tem cerca de 1.600m², sendo composto, basicamente, por ambientes didático-pedagógicos convencionais (salas de aula, laboratórios), ambientes administrativos (como coordenações de curso e secretarias), miniauditório, salas de professores, copas, salas de reunião, projeção e videoconferência, banheiros e circulações.

No tópico 4.3.2 são detalhadas as soluções propostas, as dimensões dos blocos e as características construtivas consideradas. São dois os tipos propostos, que tiveram sua eficiência energética da envoltória calculada, semelhantes aos tipos existentes no campus: TIPO 1, que consiste em um bloco único, com circulação central longitudinal e ambientes para ambos os lados, simetricamente; e TIPO 2, conjunto formado por dois blocos com circulação longitudinal de borda, interligados por passarelas. Ambos os tipos com dois pavimentos.

Na **Figura 43**, a seguir, vemos a implantação do conjunto do *Campus*, destacando-se o local destinado ao novo edifício. Imagens do local de implantação do bloco e de seu entorno imediato estão logo após, na **Figura 44**.

Figura 43 – Implantação do conjunto edificado do Campus Recife, destacando o espaço destinado à nova edificação.



01 - Bloco A; **02** - Bloco B; **03** - Bloco C; **04** - Bloco D; **05** - Bloco E; **06** - Bloco F; **07** - Centro de Pesquisa; **08** - Garagem / Oficina; **09** - Data Center (central de dados); **10** - Ginásio; **11** - Piscina; **12** e **13** - Vestiários; **14** - Quadra Coberta; **15** - Quadra de Vôlei; **16** - Arena de Vôlei; **17** - Quadra de Basquete; **18** - Quadra de Futebol de Salão; **19** - Campo de Futebol. Fonte: Departamento de Obras e Projetos (DOPE/IFPE).

Figura 44 – Local de implantação do novo bloco e entorno.



Terreno do novo edifício, após indivíduos arbóreos que deverão ser preservados (linha superior) e Centro de Pesquisa, representando o entorno imediato do futuro bloco (linha inferior). Fonte: Lívia França (2018).

4.3 Aplicação da etiquetagem de eficiência energética

Neste subcapítulo, de início, faremos uma sucinta apresentação dos métodos e variáveis do RTQ-C para aferição de eficiência. Em seguida, detalhamos as soluções arquitetônicas das envoltórias propostas dentro do escopo definido para o novo bloco de cursos superiores, que foram submetidas aos cálculos do RTQ-C para aferição das respectivas classes de eficiência. As variáveis avaliadas pelo instrumento foram sistematicamente isoladas e modificadas em cada solução, a fim de investigar de que forma essas variáveis repercutem no resultado de etiquetagem para os parâmetros equacionais de Recife.

Buscamos sintetizar as soluções investigadas e elencar os parâmetros projetuais para a classe A de eficiência, aplicáveis a futuras edificações do IFPE, desde que resguardadas as especificidades inerentes a cada programa, sítio e clima.

Não foi analisada a classe de eficiência energética dos sistemas de iluminação e refrigeração, pois o que nos interessa pesquisar nesse trabalho é a repercussão da arquitetura bioclimática e energeticamente eficiente na apropriação espacial e interação dos indivíduos e, para isso, entendemos que a envoltória é o aspecto relevante a ser considerado, muito embora termos como claro que um projeto completo de construção integra em si todos os sistemas.

4.3.1 Os métodos do RTQ-C

O RTQ-C “estabelece os requisitos mínimos de desempenho [...] através de regras equânimes e de conhecimento público” (INMETRO, 2010, p. 02) e “especifica requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edifícios comerciais, de serviços e públicos quanto à eficiência energética” (ibid., p. 13). O instrumento adota uma série de definições, símbolos e unidades necessários à compreensão do processo de etiquetagem, dentre os quais destacamos os principais, a seguir (INMETRO, 2010, p. 04-12):

Abertura

Todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, painéis plásticos, claraboias, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro) e paredes de blocos de vidro. Excluem-se vãos sem fechamentos, elementos vazados como cobogós e caixilhos.

Ambiente

Espaço interno de um edifício, fechado por superfícies sólidas, tais como paredes ou divisórias, teto, piso e dispositivos operáveis tais como janelas e portas.

Ângulos de sombreamento

Ângulos que determinam a obstrução à radiação solar gerada pela proteção solar nas aberturas. No RTQ são usados dois ângulos: ângulo vertical de sombreamento (AVS - referente a proteções horizontais) e ângulo horizontal de sombreamento (AHS - referente a proteções verticais).

Área Condicionada (AC) (m²)

Área útil dos ambientes condicionados.

Área Não Condicionada (ANC) (m²)

Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de conforto conforme descrito no item seis deste RTQ.

Área da envoltória (Aenv) (m²)

Soma das áreas das fachadas, empenas e cobertura, incluindo as aberturas.

Área de projeção da cobertura (Apcob) (m²)

Área da projeção horizontal da cobertura, incluindo terraços cobertos ou descobertos e excluindo beirais, marquises e coberturas sobre varandas – esta última, desde que fora do alinhamento do edifício.

Área de projeção do edifício (Ape) (m²)

Área de projeção média dos pavimentos, excluindo subsolos.

Área Total Construída (Atot) (m²)

Soma das áreas de piso dos ambientes fechados da construção, medidas externamente.

Envoltória (Env)

Planos que separam o ambiente interno do ambiente externo.

Fator Altura (FA)

Razão entre a área de projeção da cobertura e a área total construída (Apcob/Atot), com exceção dos subsolos.

Fator de Forma (FF)

Razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação (Aenv/Vtot).

Fator Solar (FS)

Razão entre o ganho de calor que entra num ambiente através de uma abertura e a radiação solar incidente nesta mesma abertura. Inclui o calor radiante transmitido pelo vidro e a radiação solar absorvida, que é re-irradiada ou transmitida, por condução ou convecção, ao ambiente [...].

Percentual de Área de Abertura na Fachada Oeste (PAF_o) (%)

É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, da fachada oeste e a área da fachada oeste.

Percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAF_T) (%)

É calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação [...].

Transmitância térmica (W/(m²K))

Transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de um elemento ou componente construtivo, neste caso, de componentes opacos das fachadas (paredes externas) ou coberturas, incluindo as resistências superficiais interna e externa, induzida pela diferença de temperatura entre dois ambientes. A transmitância térmica deve ser calculada utilizando o método de cálculo da NBR 15220 - Parte 2 ou determinada pelo método da caixa quente protegida da NBR 6488.

Volume Total da Edificação (V_{tot}) (m³)

Volume delimitado pelos fechamentos externos do edifício (fachadas e cobertura), com exceção de pátios internos descobertos.

Zona de Conforto

Zona onde existe satisfação psicofisiológica de um grupo de indivíduos com as condições térmicas do ambiente. Para especificar a hipótese de conforto adotada, utilizar uma das seguintes normas: ASHRAE Standard 55/2004 ou ISO 7730/2005.

Existem dois métodos⁶² oferecidos pelo RTQ-C para aferição da etiquetagem, o prescritivo, composto por fórmulas matemáticas, e o de simulação computacional, que utiliza modelos digitais. O método prescritivo é o mais largamente utilizado, sendo aquele adotado por mais de oitenta por cento das edificações etiquetadas até a última versão da lista completa divulgada pelo Inmetro, como vimos anteriormente.

Em edificações onde existem muitas aberturas, ou os vidros são de alto desempenho ou os elementos de sombreamento são diferenciados por fachada, a recomendação do instrumento é utilizar o método de simulação ou ferramentas de simulação simplificadas.

Caso o edifício seja totalmente ventilado naturalmente ou existam no edifício áreas não condicionadas de permanência prolongada, o método passa a ser, obrigatoriamente, o de simulação, para comprovação de que os ambientes proporcionam temperaturas dentro da zona de conforto durante um percentual das horas ocupadas. Não trabalhamos com essa opção na nossa pesquisa e, por isso, optamos pela utilização somente do método prescritivo.

O método de simulação utiliza programas computacionais que analisam o desempenho termoenergético, validados pela norma técnica ASHRAE Standard 140, e compara um modelo real, com todas as características do edifício avaliado, a quatro modelos de referência similares ao modelo real, cada um representando um nível de eficiência⁶³, do A ao D. Para a aferição do nível do edifício, seu consumo de energia demonstrado precisa ser menor ou igual ao consumo do modelo de referência do nível equivalente.

⁶² Embora saibamos que o termo mais apropriado seria técnica e não método, uma vez que método é mais amplo que técnica, significando o fio condutor do raciocínio do estudo de uma disciplina ou domínio, continuaremos a chamar de métodos de simulação e prescritivo, assim denominados pelo próprio RTQ-C.

⁶³ Diferentemente da IN 2 (BRASIL, 2014a), o RTQ-C (INMETRO, 2010) não utiliza o termo *classe*, e sim *nível* de eficiência. Consideramos que ambos os termos podem ser utilizados e nessa pesquisa utilizamos, preferencialmente, o termo classe.

Para os cálculos da envoltória pelo método prescritivo, o RTQ-C define dez equações, conforme a zona bioclimática e a área construída da edificação. Define, também, os pré-requisitos para cada nível de classificação. Por exemplo, para atingir o nível A, é necessário o cumprimento dos requisitos quanto à transmitância e absorvância térmicas, que na Zona Bioclimática 8, onde Recife se situa, seriam:

A transmitância térmica da cobertura (U_{cob}) de ambientes condicionados artificialmente não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:

[...] **Zona Bioclimática 3 a 8:** 1,00 W/m²K, para ambientes condicionados artificialmente, e 2,00 W/m²K, para ambientes não condicionados.

A transmitância térmica das paredes externas (U_{par}) não deve ultrapassar os seguintes limites, de acordo com sua Zona Bioclimática:

[...] **Zonas Bioclimáticas 7 e 8:** 2,5 W/m²K, para paredes com capacidade térmica máxima de 80 kJ/m²K, e 3,7 W/m²K, para paredes com capacidade térmica superior a 80 kJ/m²K.

Cores e absorvância de superfícies

São obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as Zonas Bioclimáticas 2 a 8:

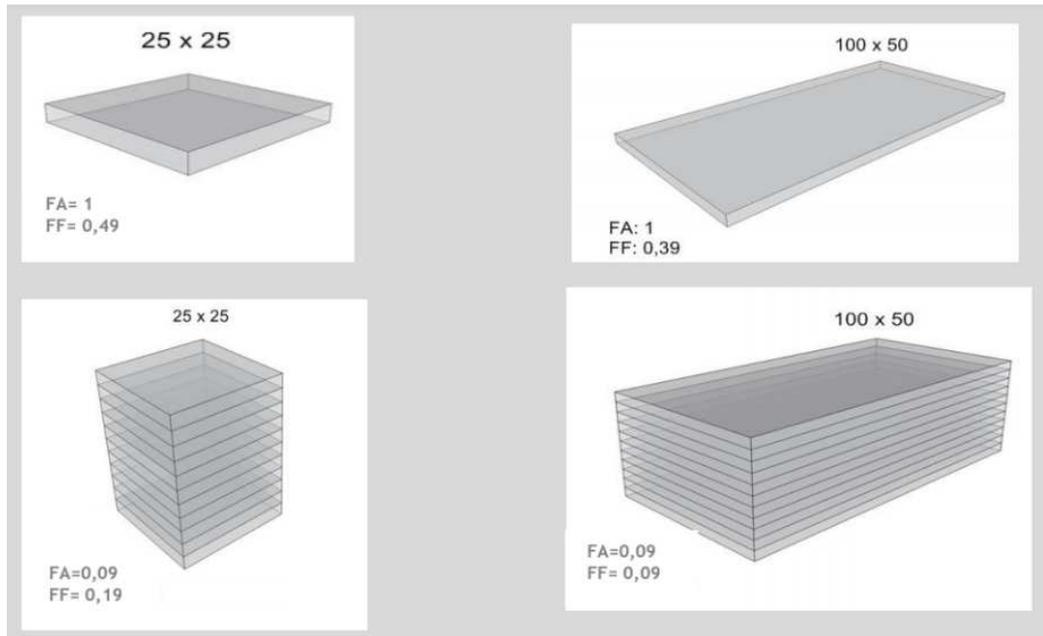
Utilização de **materiais de revestimento externo de paredes com absorvância solar baixa, $\alpha < 0,50$ do espectro solar;**

Em coberturas, a utilização de cor de absorvância solar baixa ($\alpha < 0,50$ do espectro solar), telhas cerâmicas não esmaltadas, teto jardim ou reservatórios de água (INMETRO, 2010, p. 25, com grifos nossos).

Na prática, esses requisitos repercutem nas escolhas dos materiais construtivos e cores de revestimento de coberturas e vedações, devendo-se, ao se projetar na Z8, atentar para as características desses elementos que ditam a carga térmica da edificação, cujos índices são geralmente informados pelos fabricantes, constando algumas opções nos manuais do RTQ-C, podendo também ser medidos *in loco* seguindo-se as diretrizes de determinadas normas, como a NBR 15220-2. As cores claras de fachadas e cobertas são, portanto, pré-requisito na Z8.

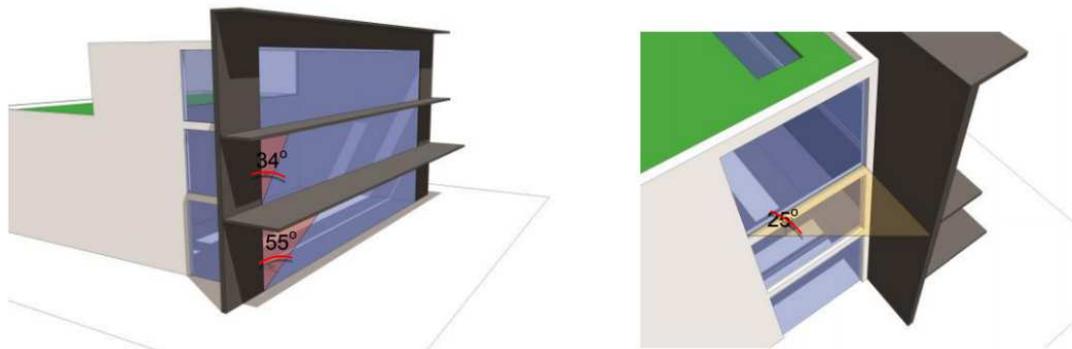
Uma série de instruções é dada pelo instrumento (e detalhada por seus manuais) também quanto aos componentes projetuais e formas que são válidos nas fórmulas do prescritivo (exemplos na **Figura 45**), relativas ainda às restrições impostas a certos elementos como aberturas zenitais, varandas, beirais, elementos para proteção solar de aberturas (exemplos na **Figura 46**) etc. Percebemos que a complexidade inicial que envolve os procedimentos desse instrumento legal tende a ser diluída pela prática da aplicação de seus parâmetros, passo a passo.

Figura 45 – Exemplificação de cálculos de Fator de Altura e de Fator de Forma, FA ($A_{\text{pacob}}/A_{\text{tot}}$) e FF ($A_{\text{env}}/V_{\text{tot}}$), em diferentes condições.



Fonte: PROCEL (2016, p. 46).

Figura 46 – Exemplificação de ângulos de proteção vertical e horizontal de sombreamento, AVS (esq.) e AHS (dir.).



Fonte: PROCEL (2016, p. 119).

As equações do método prescrito para cálculo e determinação do nível da envoltória, comuns às Zonas Bioclimáticas 6 e 8, são duas, sendo uma para edificações de mais de 500m² de área de projeção do edifício, $A_{pe} \leq 500\text{m}^2$ (**Equação 1**), e outra para $A_{pe} > 500\text{m}^2$ (**Equação 2**) (INMETRO, 2010, p. 34 e 35):

Equação 1 – $A_{pe} \leq 500\text{m}^2$, limite: Fator de forma máximo ($A_{\text{env}}/V_{\text{tot}} = 0,48$)

$$IC_{\text{env}} = 454,47.FA - 1641,37.FF + 33,47.PAF_T + 7,06.FS + 0,31.AVS - 0,29.AHS - 1,27.$$

$$PAF_T.AVS + 0,33.PAF_T.AHS + 718$$

Equação 2 – $A_{pe} > 500m^2$, limite: Fator de forma mínimo (A_{env}/V_{tot}) = 0,17

$$IC_{env} = -160,36.FA + 1277,29.FF - 19,21.PAF_T + 2,95.FS - 0,36.AVS - 0,16.AHS + 290,25.FF.PAF_T + 0,01.PAF_T.AVS.AHS - 120,58$$

Onde as **variáveis das equações** são:

IC_{env} : Indicador de Consumo da envoltória (adimensional);

A_{pe} : Área de projeção do edifício (m^2);

A_{tot} : Área total construída (m^2);

A_{env} : Área da envoltória (m^2);

A_{pcob} : Área de projeção da cobertura (m^2);

AVS: Ângulo Vertical de Sombreamento;

AHS: Ângulo Horizontal de Sombreamento;

FF: Fator de Forma, (A_{env}/V_{tot});

FA: Fator Altura, (A_{pcob}/A_{tot});

FS: Fator Solar;

PAF_T: Percentual de Abertura na Fachada total (adimensional, para uso na equação);

V_{tot} : Volume total da edificação (m^3).

A etiquetagem da envoltória pelo método prescritivo funciona da seguinte forma: após a aplicação da equação correspondente, conforme as características da edificação submetida e a zona bioclimática, o IC_{env} encontrado nos cálculos deve ser comparado a uma escala numérica para determinação do nível de classificação de desempenho de eficiência, de A e E; quanto menor o IC_{env} obtido, maior o nível de eficiência da envoltória da edificação.

Como alternativa à aplicação das equações apresentadas, pode-se realizar os cálculos de avaliação de eficiência energética do método prescritivo com o auxílio de uma ferramenta chamada de WebPrescritivo, disponibilizada na internet pelo LabEEE⁶⁴, não para a obtenção da ENCE que, como sabemos, é emitida por um OIA, mas para automatizar os procedimentos de avaliação da edificação e, no nosso entendimento, também para auxiliar as práticas projetuais que visem à obtenção de eficiência, facilitando os estudos do tema, pois é uma ferramenta de simples utilização, somente requisitando o levantamento de dados do projeto.

⁶⁴ Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>. Acesso em: 03 jun. 2018.

4.3.2 *Aplicação do método prescritivo, resultados e parâmetros de eficiência*

Neste subitem apresentamos o desenvolvimento dos cálculos de etiquetagem de eficiência e seus resultados, à luz do método prescritivo, por meio de modelagens digitais das opções analisadas e da utilização da ferramenta WebPrescritivo.

Não realizamos o zoneamento ou o pré-dimensionamento de cada um dos ambientes do programa funcional do bloco, tarefa que, ao mesmo tempo em que foge ao escopo dessa pesquisa, constitui-se num esforço que resultaria nulo nesse momento, em termos dos cálculos de eficiência energética, uma vez que consideramos, nesse caso, todos os ambientes como áreas de permanência, salvo os banheiros, que não precisam de orientação privilegiada.

Trabalhamos com a definição de que todos os ambientes de permanência contam com instalações de climatização, em atendimento à NBR 15220-3 (ABNT, 2005, p. 9), segundo a qual, na Zona Bioclimática 8, “o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes”. Todavia, entendemos que a climatização artificial não precisa ser acionada durante todas as horas do dia, podendo-se obter conforto nos ambientes de permanência de maneira passiva em determinado percentual de horas por ano, por meio da ventilação cruzada, sobretudo no terreno de implantação em questão, que tem características de ambiente natural, com baixa interferência de outras construções na direção dos ventos e em outros elementos climáticos, sendo também baixos os problemas referentes à poluição e ao conforto acústico exteriores, que poderiam vir a dificultar a utilização da ventilação natural.

A vedação considerada nos dois tipos trabalhados, TIPO 1 e TIPO 2, foi parede de tijolos cerâmicos de oito furos, assentados na menor dimensão, 9cm, com espessura da argamassa de revestimento de 2,5cm, para cada lado, totalizando 14cm de espessura, cujas definições de transmitância térmica (U_{PAR}) e capacidade térmica (CT_{PAR}) foram extraídas da NBR 15220-3 (BRASIL, 2014c), atendendo ao pré-requisito do RTQ-C para a classe A, na Zona Bioclimática 8. Adotamos cores claras nas fachadas, variando do branco ao verde claro, em atendimento ao pré-requisito da absorvância máxima ($\alpha < 0,50$) para a classe A, na Z8.

Na cobertura, considerou-se como material de vedação telha em aço pré-pintado com núcleo isolante em poliuretano, com espessura total de 50mm, cuja transmitância térmica (U_{COB}) foi informada pelo fabricante e também atende ao pré-requisito do RTQ-C para a classe A, na Z8. O fator solar dos vidros foi extraído tanto do RTQ-C quanto de fabricantes.

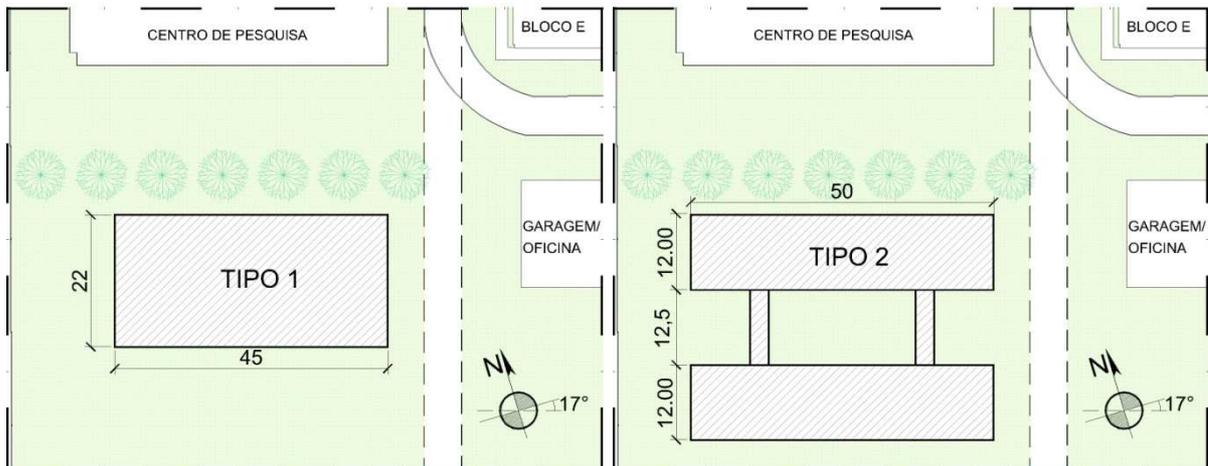
Na análise energética de cada tipo, isolamos as variáveis de orientação, proporção de aberturas e fator solar, ângulos horizontal e vertical de sombreamento, e cor das paredes. Cada situação, designada por seu tipo e variação, recebeu as modelagens digitais e alterações

correspondentes para sua representação, bem como teve as informações organizadas em quadros, um quadro para as soluções do TIPO 1 e outro para as do TIPO 2.

Ambos os blocos contam com dois pavimentos e, para os efeitos dessa pesquisa, não houve preocupação com a definição precisa de seus acessos e circulações verticais. As dimensões do bloco TIPO 1 são 45m x 22m x 8,80m, contando com beirais e empenas laterais que se projetam 2m sobre as fachadas com aberturas. O TIPO 2 consiste em dois blocos idênticos, interligados por passarelas, medindo, cada um deles, 50m x 12 x 8,80m, também contando com beirais e empenas laterais que se projetam 2m sobre as fachadas com aberturas.

Esses beirais e empenas, apesar de atuarem na proteção solar e de serem levados em conta no cálculo do ângulo vertical de sombreamento (AVS) e do ângulo horizontal de sombreamento (AHS), por serem planos exteriores, que não separam ambientes internos do meio externo, não são levados em conta, de acordo com parâmetros do RTQ-C, para os cálculos efetivos de área da envoltória (Aenv), de projeção da cobertura (Apcob), de projeção do edifício (Ape) e área total construída (Atot) que, por sua vez, impactam no fator altura (FA), no fator de forma (FF) e no volume total da edificação (Vtot). A implantação inicial dos dois tipos se encontra a seguir, na **Figura 47**.

Figura 47 – Implantação do TIPO 1 (esq.) e do TIPO 2 (dir.) no local destinado ao novo edifício no *Campus Recife*.



Fonte: elaborado pela autora.

Na variação zero do TIPO 1, denominada de **T1V0**, a absorvância das paredes predominante equivale à cor branca e consideram-se as aberturas medindo, de comprimento, toda a extensão longitudinal do bloco e, de altura, 1,30m, com vidro comum, sem elementos de proteção solar que não o beiral e as empenas. Considerou-se a orientação longitudinal L/O,

com desvio de -17° em relação a esse eixo, estando as fachadas com aberturas voltadas para N e para S. O T1V0, considerado nosso padrão do TIPO 1, teve classe **A** de eficiência aferida.

Na variação um do TIPO 1, **T1V1**, fixamos os dados do T1V0, porém com orientação longitudinal modificada para N/S, com desvio de -17° em relação a esse eixo. Nesse caso, as fachadas com aberturas ficam voltadas para L/O, donde se segue que o Percentual de Área de Abertura na Fachada total (PAF_T) permanece o mesmo, mas o Percentual de Área de Abertura na Fachada oeste (PAF_O) aumenta sobremaneira, na realidade saindo de zero para mais de trinta e dois por cento. Nesse caso, a classe de eficiência passou a ser **B**. O intuito dessa variação foi aferir a modificação que a variável de orientação solar traz à etiquetagem. Percebemos que a correta orientação é um ponto de partida para a eficiência.

Na variação dois do TIPO 1, **T1V2**, consideramos as aberturas em pele de vidro, sem acréscimos de elementos de proteção solar, com vidro insulado de fator solar especial, na orientação longitudinal L/O. O resultado obtido foi classe **D**.

Utilizando os parâmetros do T1V2, mas com a orientação do bloco N/S, formamos o **T1V3**, no qual ficam as fachadas com peles de vidro voltadas para L/O, passando o PAF_O a ser 96,28%. O Resultado, nesse caso, foi classe **E**.

Realizamos novamente os cálculos para T1V2 e T1V3, dessa vez com os ângulos de sombreamento máximos admitidos no método prescritivo, 45° , como se passássemos a considerar a inserção de brises, porém os resultados permaneceram os mesmos, comprovando que, em caso de aberturas grandes ou vidros especiais, a utilização do método de simulação é mais indicada, conforme recomendado pelo RTQ-C.

Para investigar a repercussão da variável de ângulo horizontal de sombreamento (AHS) nos resultados de etiquetagem, tomamos como referência o T1V1, cujo resultado foi B (orientação do bloco N/S), uma vez que o T1V0 foi aferido com classe A, mesmo sem a presença de brises, somente com a proteção solar gerada por beirais e empenas.

Formamos, assim, a variação **T1V4**, por meio da inserção de brises verticais, com as dimensões 1,60m de altura e 0,50m de profundidade, com afastamento entre os elementos de 0,50m. O AHS, de 8.65 no T1V1, passou para 44.16, e o resultado aferido foi **A**. A proteção solar trazida pelos brises, mantendo-se constantes os demais dados, reverteu a classe do T1V1 de B para A.

Na variação **T1V5**, buscamos identificar o menor valor do AHS para a classe A. Então, mantivemos os demais dados do T1V4 e realizamos sucessivas aferições com modificação do AHS, até encontrarmos o valor de 11.49 como sendo o valor mínimo do AHS para a classe A nesse caso, de maneira que o valor 11.48 já passa a aportar o resultado **B**.

Na variação **T1V6**, foram inseridos conjuntos de brises horizontais e verticais, com as seguintes dimensões: elementos verticais com 1,60m de altura e 0,40m de profundidade, distanciados 1,50m uns dos outros; elementos horizontais com 1,50m de comprimento e 0,20m de profundidade, distanciados 0,20m uns dos outros e das janelas.

Partindo-se da referência do T1V1, classe B, estudamos os efeitos da combinação dos ângulos horizontal e vertical de sombreamento (AHS e AVS) sobre a etiquetagem. O resultado do T1V6 foi classe A. No **T1V7**, buscamos encontrar o AVS mínimo para a classe A, nesse contexto, contando com a utilização dos brises com as características descritas. O valor encontrado foi 24.5, de modo que o valor 24.4 significa resultado B.

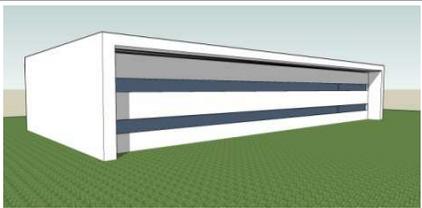
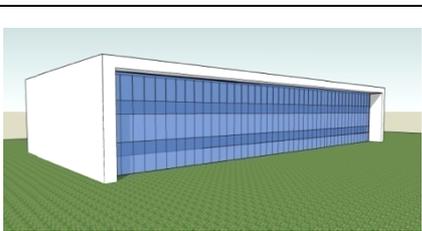
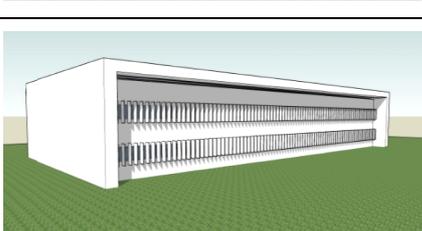
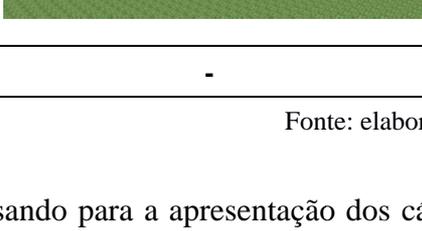
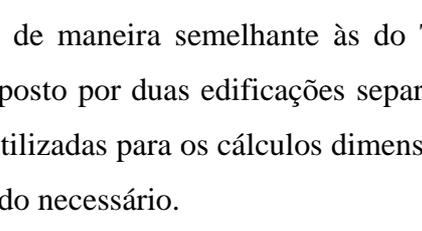
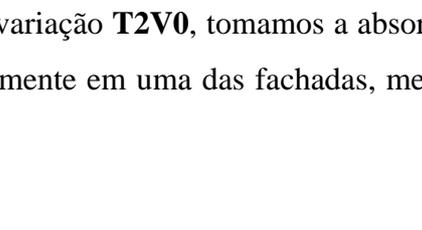
Nas variações T1V4 a T1V7, demonstramos que a inserção dos elementos de sombreamento, mantendo-se os demais dados nesse tipo, representou a melhoria da eficiência, ainda que as aberturas encontrem-se aí, em hipótese, voltadas para o poente.

No **T1V8**, utilizando-se cor predominante verde claro (com $\alpha_{PAR} < 50$, requisito para a classe A) e partindo-se do referencial estabelecido pelo T1V0, obtivemos o mesmo resultado de eficiência deste, ou seja, classe A.

Isso demonstra que a variável cor, uma vez estabelecido o requisito para a classe A, que já limita a utilização de cores com alta absorvância na Zona Bioclimática 8, não se constituiu em um fator significativo para a obtenção da eficiência, no nosso TIPO 1.

A seguir, trazemos o quadro-síntese das aferições de etiquetagem para o TIPO 1, nas variações de zero a 8 (**Quadro 2**).

Quadro 2 – Resultados de Etiquetagem do TIPO 1.

Pré-requisitos		Dados dimensionais (m ²)		Aberturas				
U_{COB} (w/(m ² k))	0.4	A_{TOT}	1620	FS	0.87			
U_{PAR} (w/(m ² k))	2.49	A_{PCOB}	810	PAF_T (%)	23.45			
CT_{PAR} kJ/(m ² k))	158	A_{PE}	810	PAF_O (%)	0			
α_{COB} (%)	20	V_{TOT}	5969.25	AVS	23.7			
α_{PAR} (%)	20	A_{ENV}	1807.86	AHS	8.65			
Variação	Modelo digital	Variável alterada (em relação ao T1V0)		Classe de eficiência				
T1V0		-		A	B	C	D	E
T1V1		Orientação N/S; PAF_O (%) = 32.3		A	B	C	D	E
T1V2		FS = 0.17; PAF_T (%) = 69.92; AVS = 27.5		A	B	C	D	E
T1V3		Orientação N/S; FS = 0.17; PAF_T (%) = 69.92; AVS = 27.5; PAF_O = 96.28%		A	B	C	D	E
T1V4		Orientação N/S; PAF_O (%) = 32.3; AHS = 44.16		A	B	C	D	E
T1V5		Orientação N/S; PAF_O (%) = 32.3; AHS = 11.48		A	B	C	D	E
T1V6		Orientação N/S; PAF_O (%) = 32.30; AVS = 37.72 AHS = 23.66		A	B	C	D	E
T1V7		Orientação N/S; PAF_O (%) = 32.30; AVS = 24.4		A	B	C	D	E
T1V8	-	α_{PAR} (%) = 49		A	B	C	D	E

Fonte: elaborado pela autora.

Passando para a apresentação dos cálculos do TIPO 2, descrevemos suas variações, configuradas de maneira semelhante às do TIPO 1. Porém, é preciso que consideremos o TIPO 2 composto por duas edificações separadas, segundo as exigências do RTQ-C. Assim, as medidas utilizadas para os cálculos dimensionais foram 50m x 12 x 8,80m, excluindo-se os beirais, quando necessário.

Na variação **T2V0**, tomamos a absorvância das paredes equivalente à cor branca e as aberturas, somente em uma das fachadas, medindo toda a extensão longitudinal do bloco, de

comprimento, e 1.30m, de altura, com vidro comum e sem elementos de proteção solar, a não ser beiral e empenas. Foi considerada a orientação longitudinal L/O, com desvio de -17° do eixo, ficando as fachadas com aberturas voltadas para N/S. O T2V0 teve classe **B** de eficiência aferida.

Considerando a orientação N/S, com desvio de -17° do eixo, e a fachada que contém as aberturas voltada para leste, constituindo a variação **T2V1**, o resultado também foi classe **B**, visto que, mesmo se modificada a orientação, o PAF_O não se altera, nesse caso, pois nenhuma abertura foi posicionada para o oeste, para o qual ficam voltadas as circulações.

Buscando encontrar o padrão de classe A do bloco, no **T2V2**, subdividimos a fachada que contém as aberturas, repetindo-se o elemento de proteção vertical constituído pelas empenas, a cada 8m. Nesse caso, obtivemos a classe **A**, somente com a modificação do AHS, devido à inserção desses elementos verticais de proteção solar, tanto na orientação sobre eixo L/O quanto sobre N/S. Investigando-se, na **T2V3**, o valor mínimo de AHS para a classe A nesse tipo, chegamos ao valor 8.57, pois o valor 8.56 apresenta resultado **B**.

Na variação **T2V4**, consideramos pele de vidro, sem proteção solar adicional, com vidro insulado de fator solar especial, 0.17. O resultado obtido foi classe **A**. No **T2V5**, consideramos os parâmetros do T2V4, com o intuito de isolar a variável fator solar do vidro e buscar o valor máximo para a classe A, encontrado em 0.65, pois o valor 0.66 resulta na classe **B**.

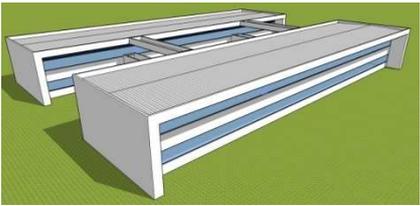
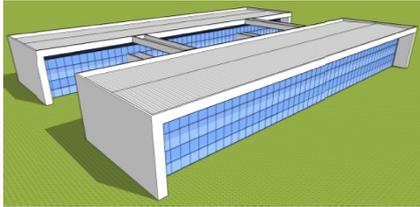
Percebemos a diferença que faz, nos resultados de eficiência do TIPO 2, em relação ao TIPO 1, o fato dele possuir aberturas para apenas um dos lados, diminuindo o PAF_T e, devido à orientação, anulando o PAF_O . No TIPO 2, a orientação não se constituiu num fator preponderante, visto que não nos interessou calcular a classe considerando a hipótese de aberturas voltadas unicamente para oeste, pois assim não seria respeitado o princípio da correta orientação como ponto de partida da implantação que objetiva o conforto e eficiência.

A variável AVS não foi mais explorada, para além da proteção dada pelo prolongamento do beiral, porque sofre uma limitação dada pelo RTQ-C, para edificações com as características de $Ape \leq 500 \text{ m}^2$, como é o caso do TIPO 2, como se explica a seguir:

Os ângulos de sombreamento a serem inseridos nas equações 3.3 a 3.12 devem ser usados com valor máximo de 45° , sendo que para a Equação 3.11, o AVS máximo é de 25° . Entretanto, esta exigência não determina o dimensionamento das proteções solares. Elas devem ser projetadas para evitar o sobre-aquecimento dos ambientes internos considerando as necessidades de sombreamento específicas do edifício, as condições sazonais do clima local (trajetória solar e temperaturas) e a orientação de cada fachada. A limitação do ângulo de 25° é um fator de segurança para o uso da Equação 3.11, e não implica em uma limitação de projeto para as Zonas Bioclimáticas 6 e 8” (INMETRO, 2010, p. 31).

Na variação **T2V6**, por fim, utilizamos a absorvância de cores de fachada com o valor $\alpha_{PAR} = 49$, e o resultado obtido foi classe **B**. Isso indica que, diferentemente do que ocorreu no TIPO 1, a cor, nesse caso, constituiu-se em variável que definiu a classe de eficiência, pelo conjunto das características do TIPO 2. A seguir, trazemos o quadro-síntese dos resultados das aferições de etiquetagem para o TIPO 2, nas variações de zero a 6 (**Quadro 3**).

Quadro 3 – Resultados de Etiquetagem do **TIPO 2**.

Pré-requisitos		Dados dimensionais (m ²)		Aberturas				
U_{COB} (w/(m ² k))	0.4	A_{TOT}	810	FS	0.87			
U_{PAR} (w/(m ² k))	2.49	A_{PCOB}	405	PAF _T (%)	12.35			
CT_{PAR} kJ/(m ² k))	158	A_{PE}	405	PAF _O (%)	0			
α_{COB} (%)	20	V_{TOT}	3564	AVS	25			
α_{PAR} (%)	20	A_{ENV}	1425.8	AHS	4			
Variação	Modelo digital	Variável alterada (em relação ao T1V0)		Classe de eficiência				
T2V0		-		A	B	C	D	E
T2V1		Orientação N/S		A	B	C	D	E
T2V2		AHS = 14		A	B	C	D	E
T2V3		AHS = 8.56		A	B	C	D	E
T2V4		PAF _T = 25.49 FS = 0.17		A	B	C	D	E
T2V5		PAF _T = 25.49 FS = 0.66		A	B	C	D	E
T2V6		α_{PAR} (%) = 49		A	B	C	D	E

Fonte: elaborado pela autora.

Por intermédio dos cálculos aplicados às soluções do TIPO 1 e do TIPO 2, concluímos que o processo de etiquetagem consegue dialogar com a concepção arquitetônica que emprega os princípios do bioclimatismo, constituindo-se em uma ferramenta auxiliar dos processos projetuais, ajudando a guiar escolhas, além do obrigatório cumprimento da legislação, no caso das obras federais. O método prescritivo do RTQ-C, que pode soar, à primeira vista, complicado e de entendimento restrito, é simplificado pela ferramenta WebPrescritivo, que oferece fácil interface, auxiliando a visualizar os procedimentos.

5 EXPERIÊNCIA ESPACIAL DO USUÁRIO

O conceito de sustentabilidade contempla, em si, também as dimensões intangíveis, ligadas à cultura, afeto e memória de um grupo social. A arquitetura dita sustentável, que se supõe, também, bioclimática e eficiente, não pode prescindir de se debruçar sobre os aspectos ligados à apropriação espacial e aos relacionamentos espaciais dos usuários. Sob esse ângulo, a experiência do usuário no meio edificado é uma dimensão a ser considerada extremamente relevante em qualquer projeto arquitetônico e urbanístico.

Neste capítulo, iremos abordar o usuário e sua experiência espacial no meio edificado. Buscamos com isso, de acordo com nossa hipótese, estabelecer a ligação entre o conforto ambiental, em seus aspectos múltiplos, e a satisfação tanto do usuário enquanto individualidade, que estabelece suas próprias ligações espaço-temporais com o meio edificado, quanto do grupo de usuários enquanto sujeito coletivo, relacionando-se positivamente ou não, entre si e com o espaço, nas edificações públicas.

Para que possamos alcançar um nível de entendimento satisfatório das relações entre os aspectos físicos e psicológicos do conforto ambiental e suas repercussões sobre os usuários no espaço edificado, em atendimento ao objetivo específico 3 e, conseqüentemente, ao objetivo geral da pesquisa, abordaremos seus aspectos psicológicos, que podemos chamar também de imensuráveis, ou imateriais, e iremos explorar, de maneira sucinta e introdutória, algumas teorias sobre lugar e sobre tempo, à luz da fenomenologia e da psicologia ambiental. Isso virá no subcapítulo 1.

No subcapítulo 2, apresentamos as respostas do formulário aplicado aos discentes dos cursos superiores do *Campus* Recife através de ferramentas digitais, que buscou conhecer os níveis de conhecimentos dos alunos sobre diversos temas ligados ao contexto dessa pesquisa, bem como suas expectativas sobre as atribuições da arquitetura de prover o meio edificado de certas qualidades.

Por fim, no subcapítulo 3, aplicamos a técnica da observação de casos, trazidos à pesquisa como representativos de ambientes que favorecem o contato e a interação entre os indivíduos, percebendo-se aí forte apropriação espacial e satisfação psicofisiológica em soluções espaciais que são, claramente, surgidas do meio, representado por clima, lugar e ambiente natural e cultural.

5.1 Conforto ambiental, pertinência e permanência espacial

O ponto de partida da retomada da aproximação sobre o conforto ambiental neste tópico será o de restaurar sua integridade. Ao passo que seu caráter analítico e mensurável é importante para o bioclimatismo e foi explorado nos capítulos anteriores, no tópico presente queremos dizer que é a integridade do conforto que realmente interessa à arquitetura bioclimática, para além de termômetros e bússolas.

As definições do conforto ampliam-se em diferentes campos de pesquisa, como na área de saúde, na antropologia, na filosofia, compreendendo, sucintamente, as dimensões fisiológica, psicológica, espiritual, sociocultural e ambiental, esta que aqui nos interessa, mas que não entendemos como isolada das demais dimensões.

Em pesquisa recente, Faganello e Iarozinski Neto (2017) realizaram um levantamento bibliográfico e bibliométrico das publicações sobre o tema conforto em bases de dados internacionais, com o objetivo de conhecer as diferentes dimensões atribuídas ao termo conforto, suas relações com o ambiente construído e a presença ou não de transdisciplinaridade, constatando aí que os estudos isolados predominam sobre os sistêmicos.

Com o auxílio de programas computacionais que geram gráficos de densidade de palavras, os autores concluíram que dois polos distintos ficam bem evidenciados nas publicações mais recentes sobre conforto, o fisiológico e o psicológico. No primeiro, predominam as palavras ligadas ao conforto térmico, e no segundo, palavras como percepção, experiência, atitude, pessoa. Evidencia-se, nos resultados da referida pesquisa, a relação do conforto com o ambiente construído, refletida na prevalência de duas dimensões principais ligadas ao espaço.

A favor de uma visão holística do conforto, Schmid (op. cit., p.21) assim se expressa: “acabaram se absolutizando aspectos parciais – como do conforto térmico ou da acústica. Conforto não se explica, pois, com itens estanques, precisamente definidos. Tampouco se revela um jogo onde vença a neutralidade (eliminação do desconforto)”. O autor, propondo que os sentidos possam nos auxiliar na experiência espacial, sugere que o conforto envolve algo mais, como os aspectos de expressividade do calor, do som, dos aromas e da luz.

Hermann Czech (apud SCHMID, *ibid.*), contrariando a aceção comumente aceita de que a matéria da arquitetura é o espaço defende que a arquitetura lida, antes, com o ser humano e seu comportamento:

O verdadeiro material artístico da arquitetura não é o material de construção, a construção, a forma escultural, nem mesmo o espaço ou a luz – é o comportamento das pessoas. Este não é linearmente controlável – já por isto a arquitetura tem muito a ver com processos (formais) nada, ou pouco controláveis (CZECH apud SCHMID, 2005, p. 44 e 45).

Além do que já foi apresentado sobre a multidimensionalidade do termo conforto, dizemos, a partir de Schmid (ibidem), que o termo pode evocar ainda a dialética entre um elemento concreto e outro transcendente. O primeiro significa o ato básico de se perceber protegido, seguro, acolhido. O segundo é sentir-se consolado ou recompensado. Na esfera da transcendência, existe ainda a superação, a fruição e o prazer, que estariam no extremo oposto do sofrimento físico. São, todos esses, aspectos imateriais do conforto.

Como a partir de certo limite o conforto supera as dimensões e não pode mais ser mensurável, constitui-se um desafio lidar com ele de maneira inteira. Apesar das considerações sobre as diversas dimensões e abordagens do conforto, todavia, continuaremos a chamá-lo, nessa pesquisa, de conforto ambiental, posto que nos pareçam poucos os casos em que o conforto prescindir de um espaço físico, um ambiente, para sua manifestação, mesmo nas suas dimensões psicológicas. Marta Romero (2012), oportunamente, nos lembra que:

Na arquitetura bioclimática, e no bioclimatismo em geral, há consenso na atribuição de um papel central ao lugar [...] é princípio do Bioclimatismo a incorporação de elementos que conduzam a uma arquitetura que proporcione sensações prazerosas, muito além das visuais, que seja capaz de despertar os sentidos [...] Devemos lembrar, ainda, que as impressões que produzem reações psicológicas e físicas tais como, dureza, maciez, densidade e leveza estão intimamente relacionadas com o caráter da superfície dos materiais (ROMERO, 2012).

A essa altura, surge-nos outro **questionamento**, que se alinha à pergunta central da pesquisa: de que forma os espaços arquiteturais nos impressionam, para além das dimensões materiais, determinando nosso comportamento, nossa experiência espacial? Para buscar responder essa pergunta, vamos evocar dois aspectos, que para nós sintetizam muitos conceitos e pensamentos sobre o espaço arquitetural, que são *pertinência* e *permanência*.

O primeiro aspecto, *pertinência*, relaciona-se à capacidade do espaço de suprir em nós uma demanda. Para certas finalidades pode um espaço ser concebido, resultando em certa forma adequada, que nos atende e assim nos satisfaz.

A experiência que um grupo de usuários pode vir a ter em um determinado espaço edificado está submetida às possibilidades oferecidas por esse espaço. Percebemos que a diversidade e a atratividade espacial incentivam a interação das pessoas entre si e com o espaço, ou, no mínimo, oferecem mais oportunidades de que isso aconteça. Isso constitui, para nós, a evocada *pertinência*. No entanto, a *pertinência* envolve também algo de

singularidade, de particularidade, e podemos arriscar dizer que é o atributo de lugar que particulariza um espaço e o torna pertinente.

Muitos estudiosos, em diferentes disciplinas, já se propuseram a estudar e definir lugar. Essa categoria de estudo muda conforme a disciplina que lhe dá o foco, existindo em algumas a recorrente preocupação de diferenciá-la de espaço. O geógrafo Milton Santos (2006), que prestou importante contributo nesse campo investigativo, considera que o espaço define-se como “forma-conteúdo”, “capaz de ser descrito como um sistema de objetos animado por um sistema de ações” (SANTOS, 2006, p.191), definindo dessa forma o espaço banal e corriqueiro, mencionando a “inseparabilidade do ‘funcional’ e do ‘territorial’ ” (ibid.).

Já lugar, para Santos (ibidem), seria um intermediário entre o mundo e os indivíduos, posicionado de maneira central no nosso tempo e transitando por escalas que vão da grande globalidade à grande individualidade, relação denominada de “glocalidade” por Georges Benko (1990, apud SANTOS, ibid.), da qual podem emergir os significados para resolver a complexidade do tratamento teórico do lugar.

Para Reis-Alves (2004), partindo das etimologias das palavras espaço e lugar, “lugar é o espaço ocupado”, aduzindo, assim, o terceiro elemento da relação, o ser humano, pelo qual o espaço adquire valor e significado, algo que acontece em um suporte ambiental e ainda temporal. Quando o ser humano se movimenta, “seu corpo explora o ambiente espacial, o usufrui para as suas atividades e estabelece uma comunicação perceptiva. Concede valores e significados, apropria-se do espaço e o guarda em sua memória” (ibidem).

O lugar tem seu caráter simbólico, mas não se dá senão pela presença do suporte ambiental, fortemente influenciado pelos recursos climáticos, latitude, longitude e altitude, que modificam a paisagem e a percepção do ser humano ao longo do tempo.

De acordo com Jacques Derrida (2006), “a grande questão da arquitetura, de fato, é a do lugar, a do ‘ter lugar’ no espaço. O estabelecimento de um lugar que até então não existia e que é compatível com o que nele terá lugar um dia, isto é um lugar.” (DERRIDA, 2006, p.168). Lúcia Leitão (2007) complementa, argumentando que:

Em outras palavras, a ação humana de edificar não é de modo algum redutível à necessidade de abrigo físico frente às intempéries que o ambiente natural impõe. Tampouco sua forma é uma derivação simples de um modismo qualquer, ou mesmo da racionalidade explícita no traço que a define como arquitetura. Muito ao contrário, expressa também, e talvez principalmente, o desejo que *requer* essa edificação (LEITÃO, 2007, p. 2 e 3).

Essa abordagem de lugar trata-se de reconhecer o caráter não somente prático da arquitetura, relativo à necessidade de segurança, mas também o lugar do desejo, da vontade

das pessoas, no momento em que demandam, a *priori*, os diversos espaços e formas edificadas para o desenrolar de suas vidas.

Os autores (DERRIDA, 2006; LEITÃO, 2007) sustentam que é preciso, para a constituição de lugares, que os arranjos formais e espaciais sejam a materialização dos pensamentos primeiros que os demandaram, compatíveis com as expressões que se deseja que aconteçam. Seria necessário haver correspondência e adequação entre a arquitetura realizada e o que será nela pensado e vivenciado, sem o que o próprio lugar não se constitui.

Para Norberg-Schulz (2013), lugar é um termo concreto para ambiente, é material, com forma, textura e cor, e é parte integral da existência e da experiência, por isso a expressão “ter lugar” é comum de se dizer sobre atos e ocorrências, sendo desprovido de sentido que estes sejam imaginados ou que aconteçam sem referência a uma localidade. A fenomenologia do lugar, elaborada por Norberg-Schulz (apud LARICE; MACDONALD, 2013), encontra suporte teórico no *genius loci*, conceito romano de espírito-guardião da essência do lugar⁶⁵.

Norberg-Schulz (idem, 1997) admite que os lugares se transformam, às vezes bem rapidamente, mas entende que mesmo não sendo a estrutura do lugar eternamente imutável, isso também não significa que o *genius loci* deva mudar ou mesmo ser perdido, mas que:

O *ter lugar* pressupõe que os lugares conservem sua identidade por um certo lapso de tempo. A *stabilitas loci* é uma condição necessária à vida humana. Como então essa estabilidade pode ser compatível com a dinâmica da transformação? Nós diremos, antes de tudo, que cada lugar deveria ter a ‘capacidade’ de receber ‘conteúdos’ diversos dentro de certos limites [...] Proteger e conservar o *genius loci* significa, de fato, concretizar o sentido, em um contexto histórico sempre novo [...] revelado pela ação humana, transcendido e ‘preservado’ nas obras arquitetônicas que são às vezes ‘antigas e novas’. Um lugar compreende então as propriedades dotadas de graus variados de invariabilidade (idem, 1997, p. 18, tradução nossa).

Aduzindo significados a partir disso, a *permanência*, a seu turno, seria o segundo aspecto ao qual recorreremos para responder ao questionamento elaborado no início deste subcapítulo. Entendemos que a denominada permanência conduz a sentimentos de segurança e identificação e estes, por sua vez, contribuem com a experiência e as relações positivas singulares e plurais, isto é, as relações dos indivíduos (os usuários), com o e no espaço.

A abordagem fenomenológica se presta bem a examinar e investigar questões arquitetônicas e ambientais, pois que pessoas e meio ambiente compõem um todo indivisível, de acordo com Seamon (2000), interessado em descobrir por que os lugares são importantes para as pessoas e como a arquitetura pode ser um veículo para se fazer lugares.

⁶⁵ Christian Norberg-Schulz recorreu aos trabalhos de fenomenologia de Edmund Husserl e Martin Heidegger para desenvolver uma crítica à arquitetura e ao urbanismo modernos por suas qualidades de universalidade, no contexto da década de 1970, propondo então um retorno ao projeto baseado no lugar (LARICE; MACDONALD, 2013).

Para a psicologia ambiental, basicamente duas abordagens são possíveis para estudar a experiência e o comportamento ambiental, segundo Seamon (idem, 1982). A primeira delas seria explicar esses fenômenos contando com proposições *a priori* de suas causas, pela via da objetividade positivista, sendo mais quantitativa e focando na pessoa como ser cognitivo.

A segunda abordagem, esta defendida pelo autor, seria a fenomenológica, mais qualitativa, que busca a compreensão, evita a formação de quadros *a priori* e centra-se na observação aprofundada dos fenômenos de comportamento ambiental tal como estes se apresentam, identificando as nuances da intencionalidade humana (cognitiva, emotiva e corporal) e partindo, em seguida, da singularidade de caso para a busca de padrões mais gerais, entrando aí a particularidade de cada pesquisador na pesquisa. Seamon (1982) indaga:

Um tópico importante para uma psicologia ambiental fenomenológica é a maneira pela qual o corpo se encontra e se adapta a qualidades ambientais como temperatura, umidade, luz, precipitação e clima. O que, por exemplo, é a relação experiencial entre corpo, moradia e meio ambiente; ou corpo, roupas e meio ambiente? Questões como essas afastam-se do foco apenas na experiência humana e têm relação com uma fenomenologia do ambiente físico e da relação pessoa-ambiente [...] Um dos objetivos de uma psicologia ambiental fenomenológica é identificar como a matéria corporal funciona de maneira ampliada no tempo e no espaço, e perguntar como comportamentos rotineiros de indivíduos reunidos no espaço podem transformar esse espaço em um lugar com um dinamismo e caráter particulares. (ibidem, p. 127 e 128, tradução nossa).

Marc Augé (1994, p.73, apud REIS-ALVES, 2004), para quem a supermodernidade produz não-lugares, estabelece que “se um lugar pode se definir como identitário, relacional e histórico, um espaço que não pode se definir nem como identitário, nem como relacional, nem como histórico definirá um não-lugar” e esclarece, em seguida, que os chamados não-lugares “são diametralmente opostos ao lar, à residência, ao espaço personalizado. É representado pelos espaços públicos de rápida circulação, como aeroportos, rodoviárias, estações de metrô, e pelos meios de transporte – mas também pelas grandes cadeias de hotéis e supermercados”.

Se assumirmos que os espaços públicos de pouca permanência e personalização podem definir-se como não-lugares, então quando desejamos que determinado espaço público, como uma instituição de ensino, torne-se um lugar para determinado grupo, devemos recorrer à *permanência* dos usuários no espaço, o que exige a permanência do próprio espaço, materializada na durabilidade das construções.

O tempo passado por alguém em um lugar permite a construção de laços de afeição, laços espaço-temporais, assim como o lugar mesmo pode ser tomado como o registro do tempo nele vivido. A permanência traz consigo a dimensão temporal, a quarta dimensão constantemente lembrada na matéria arquitetural, associada ao movimento dos corpos no

espaço, ao passado que permanece e também à busca pela arquitetura representativa do agora, do seu tempo. Tirone e Nunes (2008, p. 28) ressaltam que:

A construção é uma das formas como o ser humano se exprime culturalmente. O desafio cultural de cada geração é encarar com criatividade a transformação implícita da evolução da sociedade e exprimir esteticamente – com a profundidade, transparência e honestidade possíveis – o espírito do seu tempo, o “Zeitgeist”.

Percebemos, por meio dessa sucinta contextualização das qualidades arquitetônicas de pertinência e permanência, que o aspecto espacial assume enorme importância face às necessidades do ser humano, de modo que o conforto ambiental, sob diversos termos, permeia essas reflexões. Os autores aqui trazidos aportam relações e referências que reforçam nossa hipótese de que o conforto ambiental é indispensável à possibilidade de experiências espaciais positivas e, sendo assim, a arquitetura bioclimática e eficiente poderia, em aportando conforto, contribuir com a criação dessa possibilidade.

Também não devemos nos esquecer dos fundamentais aspectos pedagógicos, em se tratando o nosso objeto empírico de uma instituição de ensino, muito embora não adentrarmos profundamente nessa temática na presente pesquisa. Convém citar, de qualquer maneira, que os paradigmas pedagógicos contemporâneos têm seus próprios caminhos e necessidades, requisitando dos espaços o atendimento a demandas diversas, ressaltando-se a indispensável interação entre os indivíduos para a construção do conhecimento (NASCIMENTO, 2012).

Percorrendo caminhos distintos, muitos teóricos da educação das últimas décadas convergem em alguns pontos, no sentido de se enxergar a transferência de conhecimento como um exercício em permanente construção e realizado a partir do sentido que um novo conhecimento dado encontra no conjunto das próprias experiências preexistentes do educando e suas aptidões, representando o oposto da pedagogia tradicional que tinha por base a hierarquia, a disciplina e a punição.

Portanto, seria o aluno mesmo quem, estando no centro do processo educacional, estabelece de maneira ativa sua aprendizagem, esta que possui dupla dimensão, individual e social, o que vem ao encontro de nossas concepções sobre experiência espacial, singular e plural. Com base no que foi pesquisado, pensamos que deve o ambiente educacional propiciar a liberdade para o educando manifestar seu aprendizado, seja qual for o nível educacional.

No próximo subcapítulo, apresentamos a participação dos alunos dos cursos superiores do *Campus* Recife do IFPE no processo de concepção do novo edifício de aulas a eles destinado, como metodologia de pesquisa, visando à obtenção de indícios para a comprovação da hipótese.

5.2 O que pensam os alunos

Consideramos que os alunos são a parte principal do conforto ambiental e da experiência de usuário no *Campus Recife* do IFPE, não somente por serem os usuários em maior número, como também porque sua formação, evidentemente, representa o motivo mesmo da existência dos espaços do *Campus*. Assim, esse grupo de usuários do espaço foi envolvido na investigação, para o alcance dos objetivos da presente pesquisa.

Nos cursos superiores do *Campus* (tecnólogos, licenciatura e bacharelados), juntos, totalizam-se 1.145 (mil cento e quarenta e cinco) alunos matriculados no semestre atual (2018.1), distribuídos da seguinte maneira pelos oito cursos superiores oferecidos:

Tabela 1 – Quantitativo de alunos de ensino superior por curso.

NOME DO CURSO	TOTAL DE ALUNOS
Gestão de Turismo	246
Engenharia Civil	213
Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas	189
Gestão Ambiental	149
Design Gráfico	136
Licenciatura em Geografia	108
Engenharia Mecânica	54
Radiologia	50
CONJUNTO DOS CURSOS	1.145

Fonte: elaborado pela autora a partir de dados fornecidos pela Direção de Ensino do *Campus Recife* (DEN/ IFPE).

Para contarmos com a participação dos alunos no processo de planejamento da nova edificação e conhecermos suas expectativas quanto a esse novo prédio, adotamos um formulário, como técnica de pesquisa, no qual fizemos constar questões relacionadas aos temas pesquisados nesse trabalho, como eficiência energética, sustentabilidade e arquitetura para o conforto ambiental ⁶⁶.

Aplicamos essa ferramenta de pesquisa a fim de aferir as possibilidades da relação essencial da investigação, isto é, a repercussão da arquitetura bioclimática e energeticamente eficiente, que proporciona conforto ambiental, nas experiências positivas dos usuários no espaço edificado destinado à educação superior no IFPE – *Campus Recife*.

⁶⁶ Os termos arquitetura bioclimática e bioclimatismo não foram utilizados no formulário por considerarmos que sejam demasiadamente técnicos e restritos aos meios de ensino, pesquisa e prática profissional de arquitetura. Dessa forma, as perguntas foram formuladas de modo a facilitar e permitir a compreensão dos alunos quanto aos propósitos do formulário, com a omissão desses termos, mas sem prejuízo de seus significados na pesquisa.

O formulário foi desenvolvido em meio eletrônico, com auxílio do aplicativo para computador e celular denominado *Google Formulário*, e enviado aos *e-mails* dos alunos por meio das Coordenações de cada curso, com autorização e intermédio da Direção de Ensino do *Campus Recife*. Os alunos receberam as seguintes instruções acerca dos objetivos do formulário e etapas de seu preenchimento:

Se você é aluna ou aluno de qualquer curso de nível superior do IFPE, *Campus Recife*, por gentileza, queira dispor de 5 min. de seu tempo para responder a esse formulário. As opiniões dos alunos ajudarão no projeto de nova edificação que irá abrigar os CURSOS SUPERIORES DO IFPE - *Campus Recife*.

Nenhuma informação particular será recolhida e os dados serão tratadas de maneira estatística, ajudando a estabelecer parâmetros de processo projetual em arquitetura, podendo vir a ser utilizados, também de maneira anônima, em futuras pesquisas teóricas e práticas relacionadas a projetos de arquitetura.

Instruções de preenchimento:

Nas questões de 1 a 11, responda se concorda ou não com cada enunciado.

Nas questões 12 e 13, responda de acordo com suas próprias experiências, passadas ou presentes.

Na questão 14, informe, brevemente, suas expectativas sobre um edifício ideal para o seu curso (texto de elaboração da autora).

A ferramenta, propositalmente, não recolheu e-mail ou qualquer informação pessoal ou outra forma de identificação dos alunos. Pensamos que o fato de responder em anonimato daria ao aluno possibilidades de se expressar livremente sobre suas expectativas, aportando, assim, respostas mais sinceras. Para usarmos o termo da pesquisa, pensamos que essa metodologia poderia deixar os estudantes mais *confortáveis* para se exprimirem.

Esse instrumento de pesquisa permaneceu ativo e recebendo respostas durante quinze dias, entre 02 e 17 de maio de 2018. O total de alunos participantes foi de 238, o que representa 20,78% (vinte vírgula setenta e oito por cento) do total de 1.145 alunos matriculados. O formulário foi composto por quatorze questões, das quais onze foram de múltipla escolha (da primeira à décima primeira), cujas respostas disponíveis eram:

- a) *Concordo plenamente*
- b) *Concordo em parte*
- c) *Não tenho opinião*
- d) *Não concordo*

As perguntas de múltipla escolha, numeradas de 01 a 11, que tinham como opções de resposta as elencadas acima, foram formuladas da forma como segue:

1. ***Conheço bem os princípios da sustentabilidade e acredito que eles estão hoje bem assimilados pela sociedade.***

2. *Conheço bem os princípios da eficiência energética e acredito que eles estão hoje bem assimilados pela sociedade.*
3. *Considero importante que a arquitetura aplique os princípios da sustentabilidade.*
4. *Considero importante que a arquitetura aplique os princípios da eficiência energética.*
5. *Acredito que seja importante que a arquitetura considere a acessibilidade.*
6. *Acredito que seja importante que a arquitetura considere o clima e outros aspectos presentes no meio ambiente.*
7. *Acredito que seja importante que a arquitetura considere os níveis de conforto ambiental físico e psicológico dos usuários.*
8. *Acredito que exista relação entre a arquitetura pensada para o conforto ambiental e a possibilidade de experiências positivas dos usuários entre si no espaço.*
9. *Acredito que exista relação entre a arquitetura pensada para o conforto ambiental e a possibilidade de relacionamentos positivos dos usuários com o próprio espaço (apropriação espacial, satisfação com o ambiente).*
10. *Acredito que exista relação entre: 1 - o modo como a arquitetura articula as cores, texturas e outras características dos materiais e 2 - o conforto ambiental físico e psicológico dos usuários do espaço.*
11. *Acredito que exista relação entre: 1 - o modo como a arquitetura articula a relação entre interior e exterior e 2 - o conforto ambiental físico e psicológico dos usuários do espaço.*

As perguntas 12 e 13 continham, cada uma, uma questão de múltipla escolha e uma pergunta aberta, com um campo de preenchimento opcional, configurado como texto de resposta curta, cujo preenchimento dependia da resposta ao item de múltipla escolha.

As resposta disponíveis, para o item de múltipla escolha, eram:

- a) *Sim*
- b) *Não*
- c) *Não tenho certeza*

As perguntas 12 e 13 foram assim formuladas:

12. Já teve a experiência de sentir-se positivamente estimulado (para estudar, para trabalhar) em um espaço e atribuiu isso a características do próprio espaço em questão?

Se você respondeu "a" ou "b", responda à questão seguinte: quais as características de conforto ambiental no espaço em questão?

13. Já teve a experiência de sentir-se desestimulado em um espaço e atribuiu isso a características do próprio espaço em questão?

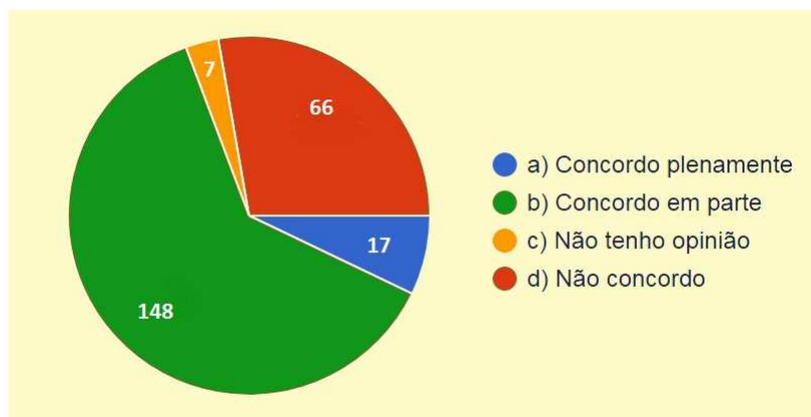
Se você respondeu "a" ou "b", responda à questão seguinte: quais as características de conforto ambiental no espaço em questão?

Por fim, o formulário trazia a pergunta 14, também aberta, com campo de preenchimento de texto de resposta longa. Eis a formulação da pergunta 14:

14. O que você esperaria encontrar em uma nova edificação de aulas para o seu curso e para os demais cursos superiores no IFPE – Campus Recife?

Todas as respostas eram obrigatórias, exceto os itens de resposta aberta curta das perguntas 12 e 13. Desse modo, não havia a possibilidade do envio do formulário incompleto, todas as perguntas obrigatórias foram respondidas por todos os alunos participantes e, por esse motivo, todos os formulários são considerados válidos para a análise de dados e geração dos gráficos. Passemos à exibição e análise das respostas, apresentadas na forma de gráficos, gerados automaticamente pelo programa utilizado, com posterior edição gráfica nossa.

Gráfico 1 – Respostas da pergunta 1 - *Conheço bem os princípios da sustentabilidade e acredito que eles estão hoje bem assimilados pela sociedade.*

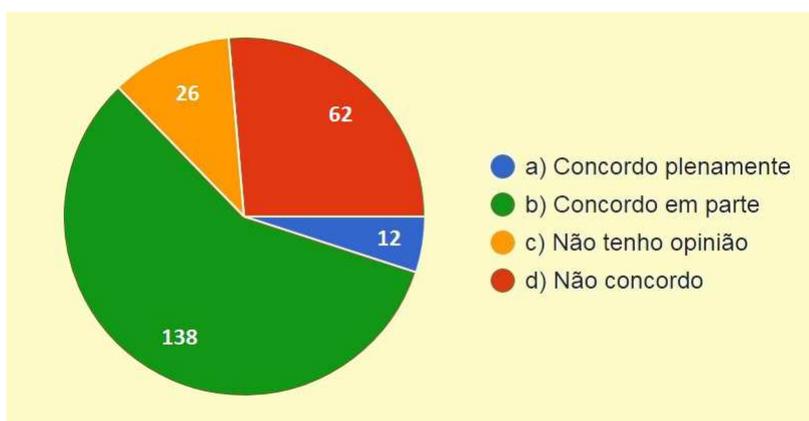


Fonte: dados do formulário da pesquisa.

Quando questionados a respeito de seu próprio conhecimento e da sua opinião sobre a assimilação pela sociedade dos princípios da sustentabilidade, 62,2% dos participantes responderam *concordo em parte* (148 pessoas), 27,7% responderam *não concordo* (66 pessoas), 7,1% responderam *concordo plenamente* (17 pessoas) e 2,9% responderam *não tenho opinião* (7 pessoas).

A soma das respostas *concordo plenamente* e *concordo em parte* (165 respondentes) significa que a maioria dos alunos (69,3%) acredita, em algum grau, que os princípios de sustentabilidade estão assimilados pela sociedade atualmente, incluindo seu próprio conhecimento do assunto.

Gráfico 2 – Respostas da pergunta 2 – *Conheço bem os princípios da eficiência energética e acredito que eles estão hoje bem assimilados pela sociedade.*



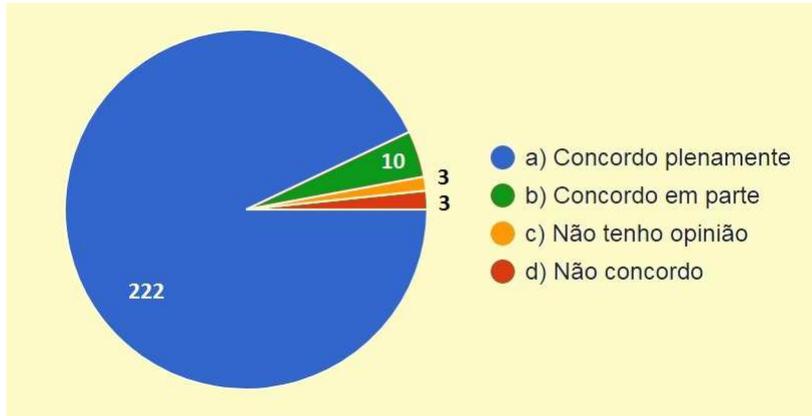
Fonte: dados do formulário da pesquisa.

Para a pergunta 2, de objetivos e feições similares à pergunta 1, mas, nesse caso, voltando-se aos conhecimentos do aluno e da sociedade sobre os princípios da eficiência energética, 58% responderam *concordo em parte* (138 pessoas), 26,1 responderam *não concordo* (62 pessoas), 10,9% não tem opinião sobre isso (26 pessoas) e 5% concordam plenamente com as afirmações (12 pessoas).

O somatório das respostas *concordo em parte* e *concordo plenamente* é de 63% (150 respondentes), um pouco inferior a esse somatório na pergunta 1. Somando-se a isso o fato de que o número de respostas *não tenho opinião* foi bem maior na pergunta 2 do que na 1, revela-se que existe um pouco menos de certeza dos alunos sobre seu conhecimento e da sociedade a respeito de eficiência energética do que sobre sustentabilidade.

As perguntas 3 e 4 podem ser consideradas desdobramentos, respectivamente, das perguntas 1 e 2. Trata-se, agora, de aferir as considerações dos alunos a respeito do papel da arquitetura nos temas sustentabilidade e eficiência energética.

Gráfico 3 – Respostas da pergunta 3 - *Considero importante que a arquitetura aplique os princípios da sustentabilidade.*



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

Na pergunta 3, sobre o papel da arquitetura na aplicação dos princípios da sustentabilidade, os alunos responderam de maneira enfática. A imensa maioria, representando 93,3% do total de respostas (222 pessoas), respondeu que concorda plenamente com o enunciado. A opção concordo em parte foi a escolha de 4,2% dos alunos (10 pessoas), 1,3% responderam *não tenho opinião* (3 pessoas) e o mesmo percentual respondeu *não concordo*. Analisaremos esses dados a seguir, em conjunto com as respostas da pergunta 4.

Gráfico 4 – Respostas da pergunta 4 - *Considero importante que a arquitetura aplique os princípios da eficiência energética.*



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

Na pergunta 4, que indaga sobre o papel da arquitetura na aplicação dos princípios da eficiência energética, as respostas também apresentaram ampla maioria para a opção *concordo plenamente*, sendo a escolha de 84,9% dos alunos (202 pessoas). Afirmaram não ter opinião 9,2% dos respondentes (22 pessoas), afirmaram concordar em parte 5% (12 pessoas) e 0,8% discordam da afirmação (2 pessoas).

Notemos que, da mesma forma que na pergunta 2 houve mais respostas *não tenho opinião* do que na pergunta 1, assim também, na questão 4 houve mais respostas desse tipo do que na questão 3, uma vez que existe a correspondência de temas entre as perguntas 1 e 3 e entre as perguntas 2 e 4. Então, se o aluno apresenta mais insegurança no conhecimento do tema eficiência energética do que no tema sustentabilidade, isso se reflete tanto nas respostas da pergunta 2 quanto nas da pergunta 4.

De qualquer forma, o que fica mais evidente, até aqui, é que a expectativa dos alunos sobre o trabalho dos arquitetos é enorme, quando se trata de ambos os temas. Embora o próprio aluno não tenha total segurança em seu conhecimento, e no da sociedade em geral, sobre sustentabilidade e eficiência energética (baixos valores para a resposta *concordo plenamente* nas perguntas 1 e 2), sua segurança quanto à atribuição da arquitetura de incorporar os princípios desses temas é extremamente elevada (altos valores para a resposta *concordo plenamente* nas perguntas 3 e 4).

Nas perguntas 5, 6 e 7, o objetivo foi aferir, respectivamente, o quanto o aluno acredita que a arquitetura deva incorporar os princípios da acessibilidade, os aspectos ambientais e climáticos e os níveis de conforto ambiental físico e psicológico dos usuários.

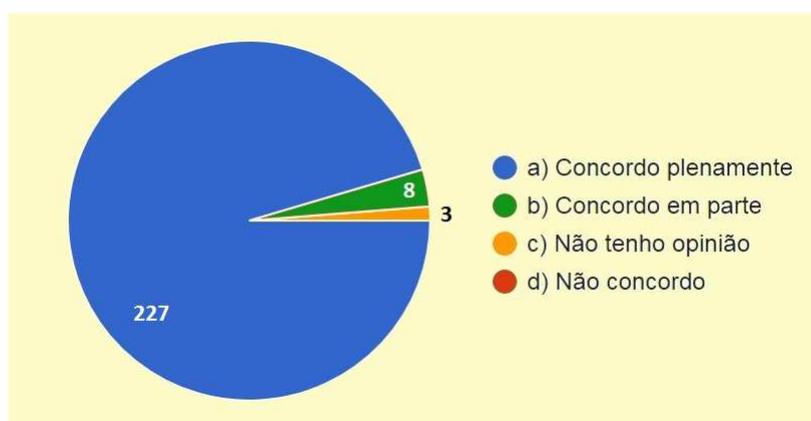
A diferença das questões 5 a 7 para as questões 1 e 2 foi que, nestas, os alunos tiveram que responder sobre seu nível de conhecimento, bem como sobre o nível de conhecimento da sociedade, antes de passar para a indagação sobre o papel da arquitetura diante dos temas de sustentabilidade e eficiência energética (nas perguntas 3 e 4). Entendemos que esses temas pertencem a todos, todo o mundo é responsável por tratar com seriedade essas questões, enquanto habitantes do planeta.

Quanto aos temas das questões 5 a 7, diferentemente disso, entendemos que é papel dos arquitetos conhecerem, dominarem os temas e fornecerem seus preceitos incorporados às edificações. O fato dos usuários conhecerem ou não sobre acessibilidade, sobre estratégias para adequação climática em edificações ou sobre conforto ambiental não interfere na presença ou ausência desses aspectos nas edificações das quais esses mesmos usuários façam uso. Esse foi o motivo pelo qual as perguntas desses temas restringiram-se a aferir as

expectativas dos alunos, enquanto usuários, quanto a ser ou não ser papel dos arquitetos pensar nesses elementos e empregá-los nos projetos das edificações.

A pergunta 5, que diz respeito à acessibilidade, que não faz parte dos temas ora pesquisados, foi inserida como pergunta de controle. Uma vez que a Norma Técnica Brasileira de Acessibilidade, NBR 9050 (ABNT, 2015), está incorporada há mais tempo na prática projetual dos arquitetos e, conseqüentemente, nas edificações construídas em nosso país, nosso intuito foi verificar se haveria diferenças entre as respostas dadas para essa pergunta e as respostas dadas para os demais itens, considerando que, em hipótese, os outros temas poderiam soar mais estranhos ao conhecimento dos respondentes.

Gráfico 5 – Respostas da pergunta 5 - *Acredito que seja importante que a arquitetura considere a acessibilidade.*

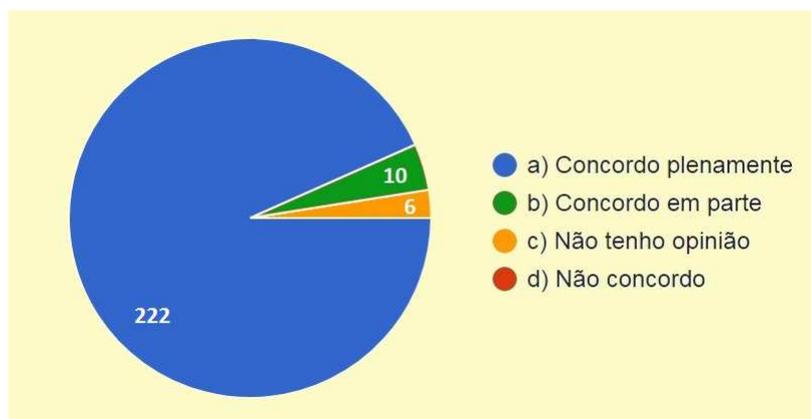


Fonte: dados do formulário da pesquisa.

Os resultados das respostas da questão 5 revelam que 95,4% dos respondentes escolheram a opção *concordo plenamente* (227 pessoas); 3,4% escolheram *concordo em parte* (8 pessoas) e 1,3% declarou não ter opinião (3 pessoas). Não houve escolha pela resposta *não concordo*. Esses números revelam maior tendência à unanimidade na opinião sobre a atribuição da arquitetura de fornecer acessibilidade, o tema da nossa pergunta de controle.

Verificamos que as diferenças percentuais não foram tão significativas, quando comparadas às respostas das perguntas de natureza similar, como 3, 6 e 7, demonstrando não haver tanta diferença no conhecimento dos alunos sobre acessibilidade em relação aos demais temas questionados, mas houve, sim, um pouco mais de segurança nas respostas.

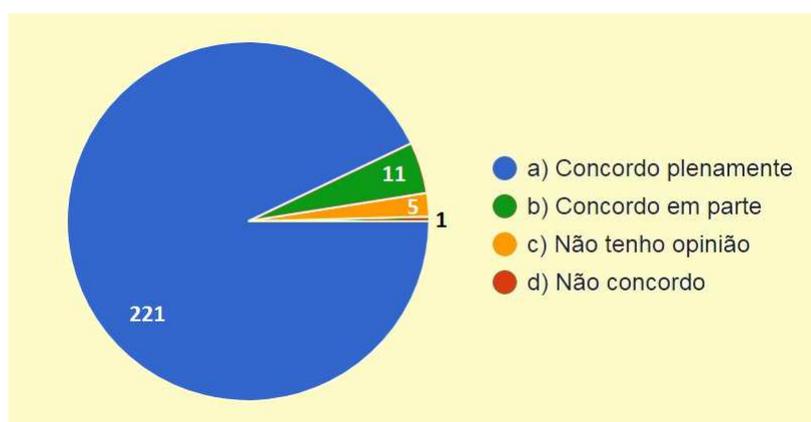
Gráfico 6 – Respostas da pergunta 6 - *Acredito que seja importante que a arquitetura considere o clima e outros aspectos presentes no meio ambiente.*



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

A pergunta 6 relaciona o papel dos arquitetos às temáticas do clima e, de maneira mais ampla, da implantação no sítio, dos recursos naturais, da envolvente, em suma. As respostas revelam o que pensam os alunos sobre esse papel, trazendo como números: 93,3% de respostas *concordo plenamente* (222 pessoas), 4,2% de respostas *concordo em parte* (10 pessoas) e 2,5% de respostas *não tenho opinião* (6 pessoas). Mais uma vez, ninguém respondeu *não concordo*.

Gráfico 7 – Respostas da pergunta 7 - *Acredito que seja importante que a arquitetura considere os níveis de conforto ambiental físico e psicológico dos usuários.*



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

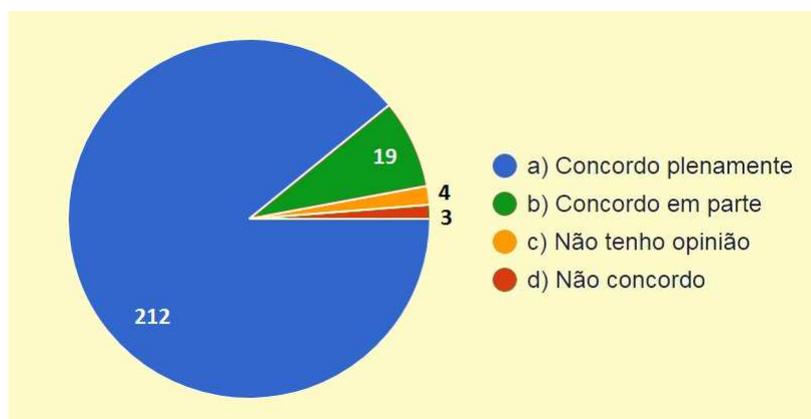
Passando à pergunta 7, encontramos similaridade com as respostas das questões 5 e 6: 92,9% responderam *concordo plenamente* (221 pessoas), 4,6% responderam *concordo em parte* (11 pessoas); 2,1% responderam *não tenho opinião* (5 pessoas) e 0,4% respondeu *não concordo* (1 pessoa).

As perguntas 8 e 9 introduzem as questões mais relevantes para o objetivo específico 3 desse trabalho⁶⁷. Entendemos que nessas questões a contribuição dos alunos, enquanto usuários, é extremamente valiosa, por abordarem, justamente, o ponto de convergência que nos interessa comprovar nessa investigação, de acordo com o objetivo específico 3, que é a repercussão do conforto ambiental na experiência espacial positiva do usuário.

Procuramos formular tais questões eliminando o uso de termos técnicos, de modo a permitir que o aluno tivesse condições de compreender e participar, sem necessidade de grande conhecimento sobre o assunto, somente com sua percepção pessoal.

Assim, as perguntas 8 e 9 convocam o respondente a opinar sobre a repercussão da arquitetura bioclimática na experiência espacial do usuário, no espaço e com os outros usuários, ainda que o termo bioclimatismo não tenha sido usado, pelo fato de entendermos que a arquitetura pensada para o conforto ambiental é seu termo sinônimo. Seguem gráficos referentes às questões 8 e 9, com posterior análise em conjunto das respostas.

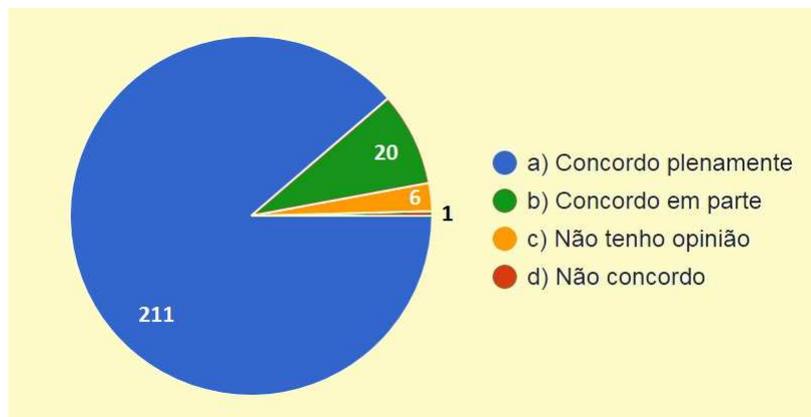
Gráfico 8 – Respostas da pergunta 8 - *Acredito que exista relação entre a arquitetura pensada para o conforto ambiental e a possibilidade de experiências positivas dos usuários entre si no espaço.*



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

⁶⁷ “Analisar, com suporte teórico e observacional, a experiência espacial do usuário em edifícios públicos para avaliar se os princípios de bioclimatismo e eficiência energética poderiam contribuir com a experiência espacial positiva”.

Gráfico 9 – Respostas da pergunta 9 - *Acredito que exista relação entre a arquitetura pensada para o conforto ambiental e a possibilidade de relacionamentos positivos dos usuários com o próprio espaço (apropriação espacial, satisfação com o ambiente).*



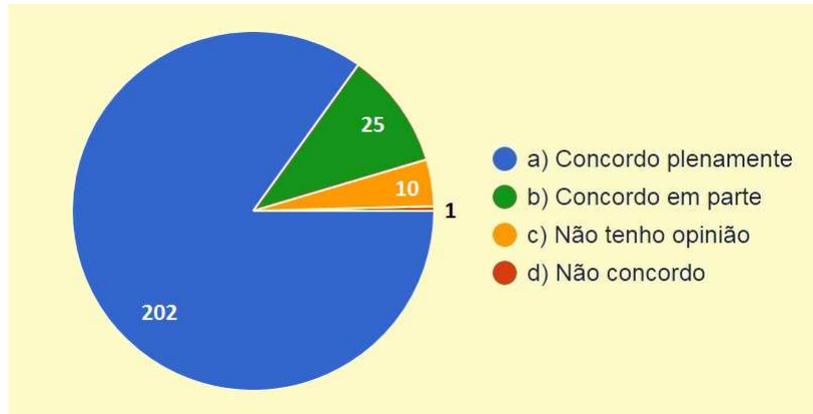
Fonte: dados do formulário da pesquisa.

As respostas apresentaram, nas duas questões, ampla maioria para a opção *concordo plenamente*, que foi escolhida por 89,1% dos alunos (212 pessoas) na pergunta 8 e por 88,7% (211 pessoas) na pergunta 9. A resposta *concordo em parte* foi marcada, nas perguntas 8 e 9, respectivamente, por 8% dos respondentes (19 pessoas) e 8,4% (20 pessoas). Afirmaram não ter opinião 1,7% (4 pessoas) na pergunta 8 e 2,5% (6 pessoas) na pergunta 9. Por fim, 1,3% (3 pessoas) discordaram da afirmação da questão 8 e 0,4% (1 pessoa) discordou da afirmação da questão 9.

Isso nos aponta um caminho bastante significativo no sentido de atingirmos os objetivos da pesquisa, comprovando nossa hipótese. Os usuários do espaço em questão revelam ter expectativas muito claras quanto às possibilidades oferecidas pelos espaços arquitetônicos às suas experiências singulares e plurais no espaço, partindo-se do pressuposto do conforto ambiental.

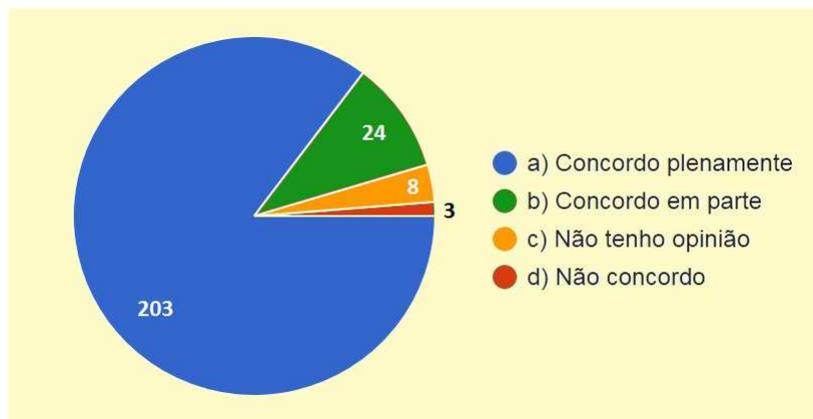
As perguntas 10 e 11 objetivam aferir mais detalhadamente o grau de entendimento dos alunos sobre conforto ambiental. Propositamente, essas questões apareceram no formulário após as questões 8 e 9 – que exploram a percepção dos alunos sobre a relação entre conforto e possibilidades de experiências positivas – para que as informações mais detalhadas sobre conforto, presentes nos próprios enunciados 10 e 11, não viessem a induzir respostas em 8 e 9, fugindo aos nossos objetivos de captar as percepções mais imediatas e intuitivas. Seguem gráficos das respostas das questões 10 e 11 e sua análise conjunta, na sequência.

Gráfico 10 – Respostas da pergunta 10 - *Acredito que exista relação entre: 1- o modo como a arquitetura articula as cores, texturas e outras características dos materiais e 2 - o conforto ambiental físico e psicológico dos usuários do espaço.*



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

Gráfico 11 – Respostas da pergunta 11 - *Acredito que exista relação entre: 1- o modo como a arquitetura articula a relação entre interior e exterior e 2 - o conforto ambiental físico e psicológico dos usuários do espaço.*



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

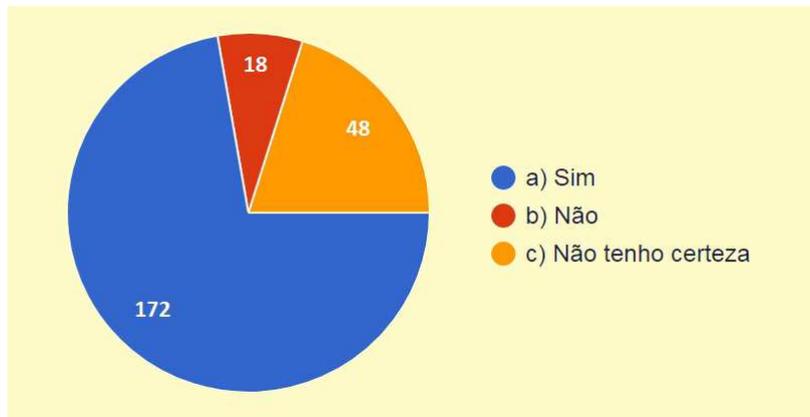
As respostas das questões 10 e 11 apresentaram similaridades. A maioria dos alunos escolheu a opção *concordo plenamente*, representando 84,9% dos alunos (202 pessoas) na pergunta 10 e 85,3% (203 pessoas) na pergunta 11. A resposta *concordo em parte* representou nas perguntas 10 e 11, respectivamente, 10,5% (25 pessoas) e 10,1% dos respondentes (24 pessoas). Não têm opinião sobre o assunto 4,2% (10 pessoas) na pergunta 10 e 3,4% (8 pessoas) na pergunta 11. Finalmente, 0,4% (1 pessoa) discordou da afirmação da questão 10 e 1,3% (3 pessoas) discordaram da afirmação da questão 11.

As perguntas 12 e 13 diferenciam-se das anteriores, que são todas do tipo múltipla escolha, por serem estas divididas em uma etapa objetiva, com resposta de múltipla escolha, e uma etapa de desdobramento, de resposta subjetiva, com campo de texto curto, cujo preenchimento era solicitado de acordo com a escolha de resposta objetiva do respondente.

As duas perguntas, 12 e 13, e seus desdobramentos, são também da maior relevância na pesquisa, complementando as questões 8 e 9 e servindo para analisarmos como os temas de conforto ambiental podem ser percebidos pelas pessoas em relação a atividades mais específicas de suas experiências espaciais.

Os enunciados dessas questões destinaram-se a levar o aluno a pensar as ligações entre características espaciais, conforto ambiental e estímulos positivos ou negativos para suas atividades e foram elaborados para que, ao mesmo tempo em que pudessem dar subsídios suficientes aos participantes, não tentassem conduzi-los a escolher caminhos ou limitar suas respostas, que deveriam ser intuitivas e a partir de suas próprias experiências. Vamos analisar, primeiro, as respostas objetivas das perguntas 12 e 13 e, na sequência, as subjetivas.

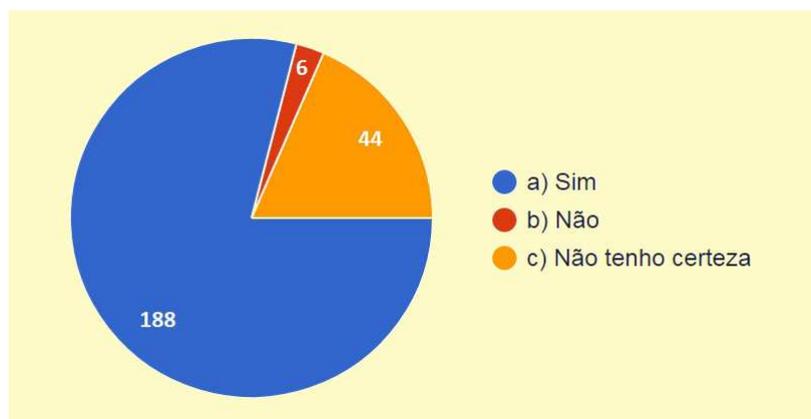
Gráfico 12 – Respostas da pergunta objetiva 12 – *Já teve a experiência de sentir-se positivamente estimulado (para estudar, para trabalhar) em um espaço e atribuiu isso a características do próprio espaço em questão?*.



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

Na pergunta 12, as respostas objetivas foram: 72,3% responderam *sim* (172 pessoas); 20,2% responderam *não tenho certeza* (48 pessoas) e 7,6% (18 pessoas) responderam *não*. Ou seja, grande parte dos alunos acredita que o espaço tem, de fato, a capacidade de estimulá-los a realizar bem suas atividades.

Gráfico 13 – Respostas da pergunta objetiva 13 - *Já teve a experiência de sentir-se desestimulado em um espaço e atribuiu isso a características do próprio espaço em questão?*.



Fonte: dados do formulário da pesquisa.

Na pergunta 13, que corresponde ao negativo da questão 12, as respostas objetivas foram: 79% responderam *sim* (188 pessoas); 18,5% responderam *não tenho certeza* (44 pessoas) e 2,5% (6 pessoas) responderam *não*. Percebemos maior certeza dos alunos de que o espaço consegue desestimulá-los, em relação à pergunta anterior, sobre estímulos positivos, visto que, dessa vez, mais pessoas responderam *sim* e menos pessoas responderam *não* ou *não tenho certeza*.

As questões de desdobramento das perguntas 12 e 13 – *Se você respondeu "a" ou "b", responda à questão seguinte: quais as características de conforto ambiental no espaço em questão?* visaram a coletar impressões pessoais e subjetivas dos alunos quanto à percepção sobre o conforto ambiental e sua capacidade de influenciar comportamentos no espaço, contribuindo ou não para a realização das próprias atividades.

Para analisarmos os dados obtidos nas respostas subjetivas das questões de desdobramento 12 e 13 e também da questão 14, contamos com a utilização de programa computacional que realiza a formação de nuvens de palavras, que consistem em uma ferramenta de realce das palavras utilizadas em determinado conjunto, através de cores diferentes, com destaque atribuído a partir de uma hierarquia dada pela frequência com que cada palavra é citada, repercutindo em seu tamanho. Percebemos que a nuvem de palavras facilita a visualização completa das respostas. O programa utilizado se chama Word Art® e está disponível em rede, gratuitamente, no endereço eletrônico: <<https://wordart.com/create>>.

Antes de realizarmos a inserção dos dados, concernentes ao conjunto de todas as respostas subjetivas, separadas por questão, no programa para geração da nuvem de palavras, algumas palavras foram excluídas, tais como preposições, numerais, pronomes, artigos,

Destacamos algumas respostas dadas à questão 12, buscando apresentar os aspectos de conforto ambiental e de bioclimatismo apontados pelos alunos, predominando conforto térmico, acústico, lumínico e ergonômico, sendo muito citados também aspectos relacionados à vegetação, ao ambiente natural, à acessibilidade e aos espaços de interação e convivência:

“Espaço aberto, com plantas e silêncio;

“Silêncio, cores claras, arejado e temperatura agradável”;

“Um ambiente aberto como o do IF, com os lagos e várias árvores”;

“Sim, um espaço que propicie conforto auxilia e muito nos estudos, na concentração e na convivência entre os alunos”;

“Contato com a natureza, sensação de ar puro, temperatura natural agradável”;

“Similaridade com o meio natural (iluminação e climatização naturais, por exemplo). Uso racional dos espaços (otimizando funcionalmente o seu uso). Ambiente que não segregava, buscava propor áreas de integração”;

“Espaço amplo, com temperatura confortável, com conforto sonoro, respeitando a individualidade mesmo sendo um espaço público ou usado por um grupo”;

“Local com clima agradável, com espaço, proporciona um melhor aproveitamento da atividade que se faz nesse local”;

“Espaços bem iluminados, com uma temática voltada para estudos, cores "leves" (branco, verde claro, azul) e silenciosos”;

“Nenhuma... poucos lugares para sentar, por exemplo”;⁶⁸

“Se um ambiente é estressante, causa cansaço psicológico em seus usuários”;⁶⁹

“Estudar/Trabalhar em um lugar que se preocupa com o conforto ambiental é estimulante e um diferencial além de que o prazer visual de um ambiente limpo e com aspectos naturais é bastante satisfatório”;

“Local bastante arejado, com iluminação natural e materiais reutilizados e reciclados”;

“Ambiente climatizado com janelas e do lado externo o verde da natureza”;

“Ambientes que possuem uma "atmosfera" mais animada e ao mesmo tempo que seja propícia a se manter foco”.

“Cores, odores, temperatura efetiva, conforto do mobiliário”;

“Quando se trata de estudos, um ambiente agradável (silencioso, acessível, climatizado...) ajuda bastante a ter um estímulo positivo. Relacionado ao trabalho, acredito que uma boa ergonomia aplica-se bastante no contexto de positividade”;

“Estrutura, ambiente e como a arquitetura nos faz sentir motivados. Algo aberto e bem iluminado ajuda em minha concentração”;

“O espaço proporcionava uma ventilação natural, o edifício foi construído voltado para uma área com maior intensidade dos ventos e incidência da luz natural”;

⁶⁸ Nesse caso, a resposta à pergunta objetiva 12 foi *não*.

⁶⁹ Idem ao anterior.

Trazemos, a seguir, algumas respostas fornecidas à pergunta subjetiva 13, buscando sintetizar os aspectos apontados pelos alunos, que caracterizam desconforto no espaço, sendo o espelho inverso dos apontamentos da pergunta subjetiva 12:

“Cores fechadas ambiente não relaxante, desconfortável”;

“Clima pesado, ambiente fechado”;

“Ambiente apertado, pouco tempo de exposição à luz solar”;

“As cores que eram pintadas as paredes da sala de aula, creio que elas me faziam perder o foco da aula”;

“Falta de iluminação natural. Má distribuição dos espaços. Pouca circulação de ar. Ausência de área verde”;

“Calor, aperto, barulho, assentos desconfortáveis, excesso de proximidade com outra pessoa o que atrapalha na concentração, desorganização, equipamentos audiovisual com problemas”;

“Não houve desconforto que impactasse em desmotivação”;⁷⁰

“O espaço deve dar condições de estudo, o estímulo vem do estudante”;⁷¹

“Muito barulho, calor, falta de mobília”;

“Fechado, compacto demais e sem vida”;

“Muito calor ou frio excessivo, falta de espaço”;

“A arquitetura do local era extremamente desestimulante, a sensação de estar preso não era nada confortável”;

“Ruídos excessivos, cores muito chamativas, falta de organização, equipamentos com defeitos, odores, cadeiras e mesas desproporcionais, etc.”;

“Ambiente abafado ou excessivamente frio, iluminação inadequada, desconforto dos móveis (ou, em outras palavras, falta de ventilação, iluminação e ergonomia)”;

“Assentos e mesas inadequadas para pessoas gordas, falta de limpeza, área para alimentação, e banheiro, falta de locais para sentar (inclusive no IFPE)”;

“Ambiente barulhento, mal organizado, ineficiente para a acessibilidade. De certa forma, insalubre”;

“Em questão de sala de aula, acho fundamental que seja um ambiente confortável pois é onde os estudantes mais se esforçam durante o seu dia”;

“Condições insalubres e uma arquitetura opressiva e fechada”;

“Ruído excessivo, iluminação inadequada (deficiente ou em excesso), ventilação insuficiente, desarmonia na ambientação (quanto a cores e formas)”;

“O lugar era quente, escuro o que dificultava a concentração principalmente por causa do calor”;

“Temperatura extrema, quente demais ou frio demais, pequeno/apertado, barulhento, com muita circulação de pessoas, escuro”;

⁷⁰ Nesse caso, a resposta à pergunta objetiva 13 foi *não*.

⁷¹ Idem ao anterior.

“Que nos traga sentimento de harmonia, de acolhimento, de convivência e apropriado para aprendizado”;

“O mesmo padrão encontrado no campus hoje”;

“Um ambiente que proporcione encontros tanto físicos quanto intelectuais, das mais diversas áreas, onde alunos convivam com alunos dos outros cursos e com os trabalhos, exposições, desses alunos. Além de uma boa interação com o ambiente natural”;

“Pátio com área de lazer que estimule prática saudável de relações”;

“Um ambiente orgânico, ecoeficiente e flexível”;

“Espaços confortáveis para o estudo individual e coletivo assim como espaços de convivência para desestressar e melhorar a qualidade de vida dos estudantes”;

“Um edifício que não destoasse dos prédios já existentes no IFPE, pois o ambiente atual é muito bom, só faltando realmente a acessibilidade”;

“Área de lazer mais aprimorada com opções mais relevantes para desenvolver criatividade”;

“Ambiente acessível, que leve em conta princípios de sustentabilidade”;

“Um lugar espaçoso, bem iluminado, visualmente atraente e se possível próximo a árvores”;

“Por enquanto estou satisfeito com o a estrutura do IFPE”;

“Que seja um ambiente além de acolhedor, que atenda a todas as expectativas impostas pela missão e visão do instituto federal, que é estar sempre à vanguarda de seu tempo, com pesquisas e ensino diferenciado. Acredito que uma estrutura tenha a obrigação de passar esse legado a todos que a frequentarem”;

“Um ambiente mais inspirador com mais sinergia entre os assuntos abordados no curso e a decoração do ambiente”.

“Eu espero encontrar mudanças na modernização dos sistemas de refrigeração, de iluminação e maior aproveitamento da luz natural [...] visando, assim, uma construção baseada na sustentabilidade. Além disso, seria basilar a construção de uma horta para o que fosse produzido fosse fornecido a um Restaurante Universitário, que seria implementado no pátio do prédio dos cursos superiores”;

“Uma arquitetura que aproveite as nossas riquezas naturais, nosso sol para a geração de energia, nossas águas - um sistema de reaproveitamento de água em banheiros e outras regiões do edifício - e um lugar pensado para acessibilidade, mobilidade, liberdade e inspiração”;

“Uma área de convivência coletiva, como praças arborizadas que não ficasse longe da edificação, pois, no meu bloco não há espaço para interação com as demais turmas, assim como um prédio o mais sustentável possível, com o aproveitamento da energia solar, centro de tratamento de água, sistema de compostagem de resíduos orgânicos”;

“Áreas verdes e de descanso onde se possa passar o tempo entre aulas”;

As respostas das questões objetivas e subjetivas do formulário, para nós, deixam muito clara a relação entre arquitetura bioclimática e eficiente e os aspectos materiais e imateriais do conforto ambiental, vindo ao encontro da nossa investigação.

Os aspectos de conforto ambiental raramente ficaram de fora das respostas redigidas pelos alunos quando solicitados a falar livremente sobre suas expectativas, indicando o alto grau de relevância desse aspecto para o desempenho das atividades de ensino e pesquisa, repercutindo, ainda, nas possibilidades da existência de boas relações com e no espaço edificado e sua envolvente ambiental. Esse resultado corrobora nossa hipótese de que *a arquitetura bioclimática e energeticamente eficiente aporta conforto ambiental e, assim fazendo, possibilita relações positivas do indivíduo (usuário) com o espaço e dos indivíduos entre si no espaço.*

5.3 A observação nos aponta caminhos

Trazemos a esse subcapítulo as considerações obtidas por meio da técnica de observação. Detivemo-nos em identificar os locais preferidos pelos alunos do *Campus Recife* do IFPE para os momentos de estar e descontração, onde se dão as reuniões espontâneas de grupos e onde se pode perceber, de fato, a apropriação espacial.

Também trazemos o resultado de nossa observação de outros conjuntos edificados que reúnem propriedades ligadas aos aspectos climáticos e à leitura do lugar e de suas envolventes ambientais, que seriam: o Centro de Química da Universidade de Brasília, a Fundação Habitacional do Exército, também em Brasília e o *Campus Jean Jaurès* da Universidade de Toulouse, na França.

Começando pelo *Campus Recife* do IFPE, sobre os encontros, as trocas, as reuniões informais dos alunos⁷², identificamos que os grupos se reúnem, invariavelmente, em locais com sombra, como seria de se supor no nosso clima, podendo ser no pátio coberto, nos bancos que circundam os lagos ou outros locais variados, desde que abrigados sob construções ou árvores. Constatamos que esses locais têm em comum as características associadas à busca por conforto térmico, a princípio.

O pátio é o maior dos ambientes destinados a reuniões de lazer no *Campus* e se trata de uma área térrea, aberta e abrigada, de configuração quase quadrada, onde costumam

⁷² Que, nesse caso, são alunos dos variados níveis e modalidades de educação, oferecidos na Instituição, e não somente dos cursos superiores, que hoje se encontram partilhando os mesmos espaços e instalações.

acontecer eventos como apresentações teatrais e de danças, debates e outras reuniões relacionadas aos contextos pedagógicos e às datas comemorativas, sendo um espaço de dimensões privilegiadas em comparação aos outros espaços cobertos livres do conjunto.

Nesse pátio, observamos que os alunos, para se reunirem, optam pelos espaços contíguos às áreas abertas descobertas que o ladeiam, próximas aos lagos, que contam com vegetação arbórea e aportam melhor as brisas, o que também favorece a continuidade dos espaços entre interior e exterior e ainda a interação dos alunos. Esses espaços livres sombreados naturalmente, em volta dos lagos, são bastante escolhidos pelos alunos para realizar lanches e refeições rápidas, o que denota uma demanda a ser suprida por espaços adequados para essa finalidade, e mesmo por dotar os espaços em questão de condições para isso, como com a inclusão de mobiliário externo. Notamos, ainda, que os espaços em volta dos lagos poderiam ter mais áreas sombreadas por árvores, para poderem ser mais utilizados.

Percebemos, sobretudo, que os usos dos espaços abertos do *Campus* verificados atualmente, tanto os cobertos quanto os ao ar livre, revelam semelhança com os resultados do nosso formulário, nas questões concernentes às características de conforto ambiental, referidas pelos respondentes em termos como: “áreas verdes”, “convivência”, “inspiração”, “interação”, “encontros”, “acolhedor”, “confortável”, bastante repetidos nas respostas.

Isso reforça a validade da metodologia aplicada, visto que os dados obtidos encontram respaldo na realidade observável. Observamos, ainda, o reforço da forte ligação que existe entre as dimensões materiais e imateriais do conforto ambiental. Na **Figura 51**, a seguir, trazemos imagens dos locais de convívio, onde se dão as trocas e encontros sociais dos alunos do *Campus*, atualmente.

Figura 51 – Espaços de convivência do *Campus Recife* do IFPE.



Fonte: Lívia França (2018).

Os alunos do *Campus Recife*, em geral, já se apropriam dos espaços que oferecem possibilidades de convivência com conforto no clima tropical quente e úmido de Recife, dando-nos indícios, mais uma vez, de confirmação da hipótese de que o conforto ambiental é um pré-requisito para a apropriação espacial e conduz a melhores interações espaciais.

Essas constatações indicam, de maneira enfática, que o novo edifício para os cursos superiores deverá considerar, primordialmente, espaços abertos e sombreados para o convívio, não devendo ser um edifício fechado ou excessivamente compacto. Concluímos, daí, que o TIPO 1 proposto, que não conta com espaços livres abrigados, mostra-se, por isso, menos apto a proporcionar espaços para interações sociais positivas, a princípio, quando comparado ao TIPO 2, ainda que algumas variações do TIPO 1 tenham recebido a etiqueta classe A.

O TIPO 2 consiste em dois blocos articulados por meio de área livre entre eles e essa característica, além de oferecer mais possibilidades de interação entre interior e exterior, se

bem trabalhada quanto à ventilação no nível térreo, por intermédio da utilização de pilotis e outras soluções com espaços e elementos vazados, pode aportar conforto ambiental aos espaços de convívio e, assim fazendo, favorecer a apropriação espacial e as interações sociais.

Ressaltamos que se o indivíduo considera-se confortável em sua situação, isso repercute também nas suas tarefas pedagógicas, de pesquisa ou laborais, não somente no seu tempo livre. Ou seja, não se trata somente de boas relações e amizades durante os momentos de descontração e intervalos das atividades, mas acreditamos que essa interação positiva pode influenciar o comportamento espacial de maneira geral nos ambientes de estudos, o que também foi mencionado pelos alunos nas suas respostas, em termos como “aprendizado”, “criatividade”, “encontros intelectuais”, “estudos individuais e coletivos”.

Percebemos que os espaços pedagógicos da nova edificação, propriamente ditos, devem ter excelentes condições de conforto ambiental, para uma completa experiência espacial positiva, com aplicação tanto das estratégias passivas quanto da eficiência energética, quando em funcionamento os aparelhos de condicionamento e a iluminação artificial. Podemos concluir que a experiência espacial no ambiente de ensino é proporcionada em grande parte pelas condições do lugar e que essa experiência repercute em todas as esferas de atuação do indivíduo em seu meio.

Observamos, em edificações de variados Centros da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, que fica ao lado do *Campus Recife*, alguns espaços semelhantes que são preferidos pelos usuários para as reuniões de convivência, que podem ser descritos como pátios cobertos, espaços em pilotis, pátios externos, áreas livres, entre outros, tendo em comum as características de serem sombreados (sobretudo com a presença de espécies arbóreas), permeáveis aos ventos e com local para apoiar-se ou sentar-se. Mais uma vez, revela-se a relação entre os espaços que são mais ocupados e apropriados por grupos e os parâmetros de conforto em cidades de clima quente e úmido, clima esse que favorece, tanto quanto possível, a vida ao ar livre. Merece menção o fato de que uma parte significativa das construções recentes da UFPE utiliza brises, marquises, cobogós, cores claras, espaços térreos permeáveis e outras características de condicionamento passivo adequadas a Recife.

Em Brasília, que tem clima tropical quente e seco, como apresentamos anteriormente, observamos duas edificações que exemplificam o que buscamos estabelecer, ou seja, a referida relação de coincidência entre os aspectos físicos dos espaços construídos pensando no clima e no conforto, e a conseqüente apropriação espacial que os usuários passam a exercer nesses espaços, desde que neles tenham onde estar, isto é, tenham apoios e condições de permanecer.

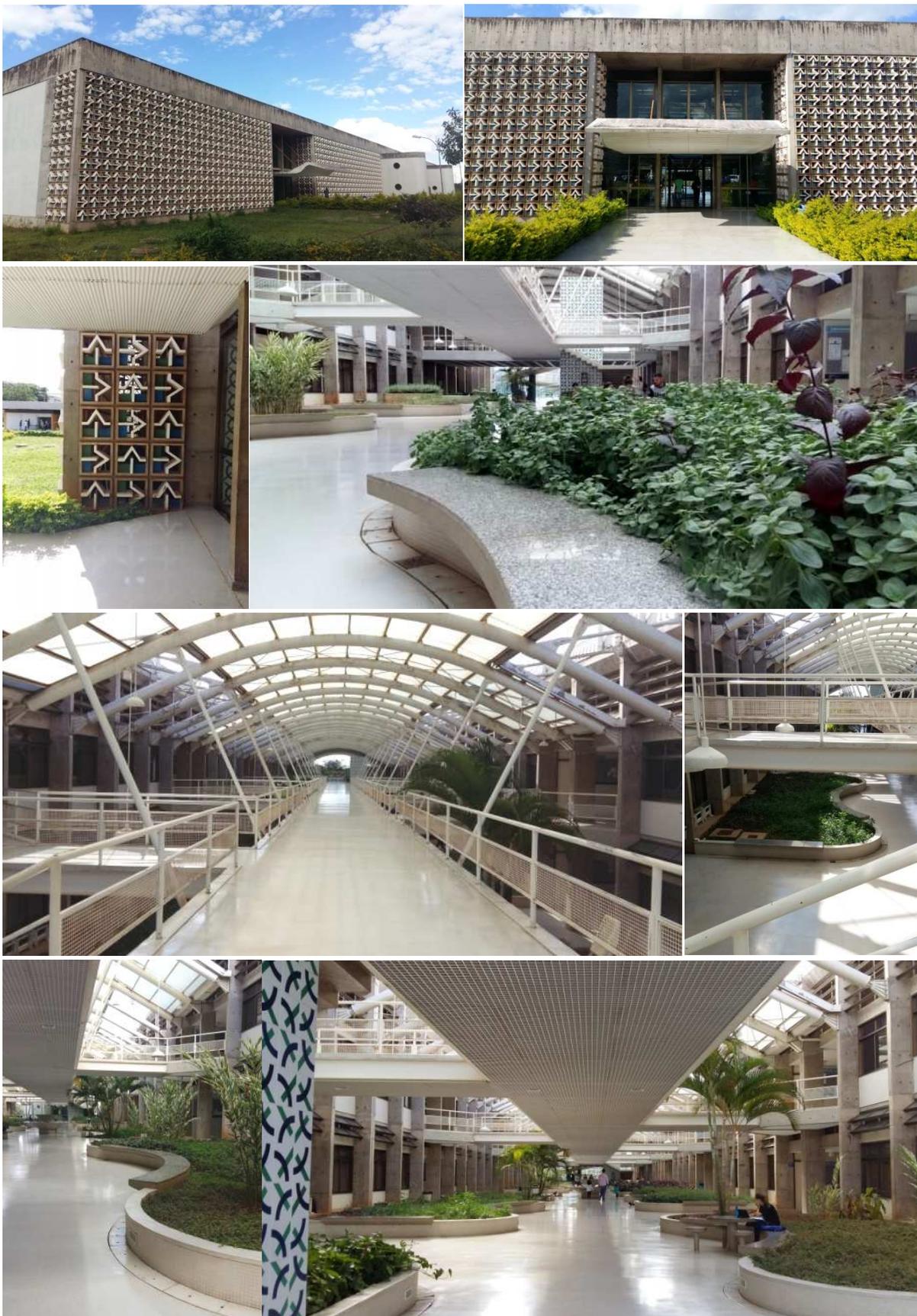
O Instituto de Química da Universidade de Brasília (IQ/UNB) tem uma estrutura de salas divididas, basicamente, em dois blocos lineares, alinhados longitudinalmente no sentido noroeste-sudeste, ligados por um pátio interno no térreo e por passarelas de circulação no primeiro pavimento, ambientes para onde se voltam as portas das salas. O projeto é dos arquitetos Marcílio Mendes Ferreira e Aleixo Furtado (2005-2007) e o programa funcional inclui salas de aula e laboratórios, sala de professores e auditório, instalações destinadas à graduação e à pós-graduação, totalizando 10.700m² de área construída.

A cobertura, translúcida, acompanha as projeções dos pisos das passarelas, essas suspensas por tirantes metálicos, de modo que nos locais onde não há piso, também não há cobertura, deixando vazios na cobertura por onde a chuva e o sol alcançam jardins localizados no térreo, servindo também como aberturas de exaustão natural do ar quente. A circulação vertical é feita por rampa, escadas e elevadores. O fato das passarelas serem suspensas e recuadas gera muita integração espacial entre os dois níveis.

Pudemos perceber que alguns laboratórios estavam funcionando com as portas abertas, demonstrando a não necessidade de utilização de condicionamento artificial naquele momento, por volta das 15h00, no mês de maio, outono.

As fachadas nordeste e sudoeste são inteiramente em elementos vazados (que fazem referência ao símbolo da UNB em seu desenho, concebido para essa edificação), funcionando como empenas soltas, paralelas às fachadas propriamente ditas, onde ficam as janelas dos laboratórios de aulas e outros ambientes de maior permanência, servindo assim esses elementos de barreira à insolação direta nesses ambientes e permitindo a ventilação. Vide imagens na **Figura 52**, a seguir.

Figura 52 – Bioclimatismo, conforto e apropriação espacial no IQ/UNB.



Fachada sudoeste e acesso principal (linha superior); detalhe do elemento vazado, espaços de permanência, jardins, passarela de circulação do primeiro pavimento (demais linhas). Fonte: Lívia França (2018).

Os espaços das passarelas do primeiro pavimento apresentam a temperatura do ar percebida levemente mais elevada que o pátio térreo, como consequência da sua cobertura translúcida, que gera certo efeito de estufa mas não chega a causar grande incômodo, visto se tratar de espaço de permanência transitória e com várias aberturas para renovação do ar. Vimos que pátios internos são adequados às características do clima tropical quente e seco.

O pátio térreo, espaço que mais nos interessou, à luz da hipótese ora investigada, é dotado de bancos, mesas fixas, pequenas arquibancadas para reunião de grupos, além dos referidos jardins, espelho d'água e fonte, resultando em um ambiente com farta iluminação natural, brisas umedecidas refrescantes e diversos e variados recintos, onde se pode permanecer e interagir, com o espaço e com os outros usuários. Ou seja, existe nesse exemplo conforto ambiental propiciado por soluções passivas, repercutindo na capacidade do ambiente de fornecer condições favoráveis à interação positiva no e com o espaço.

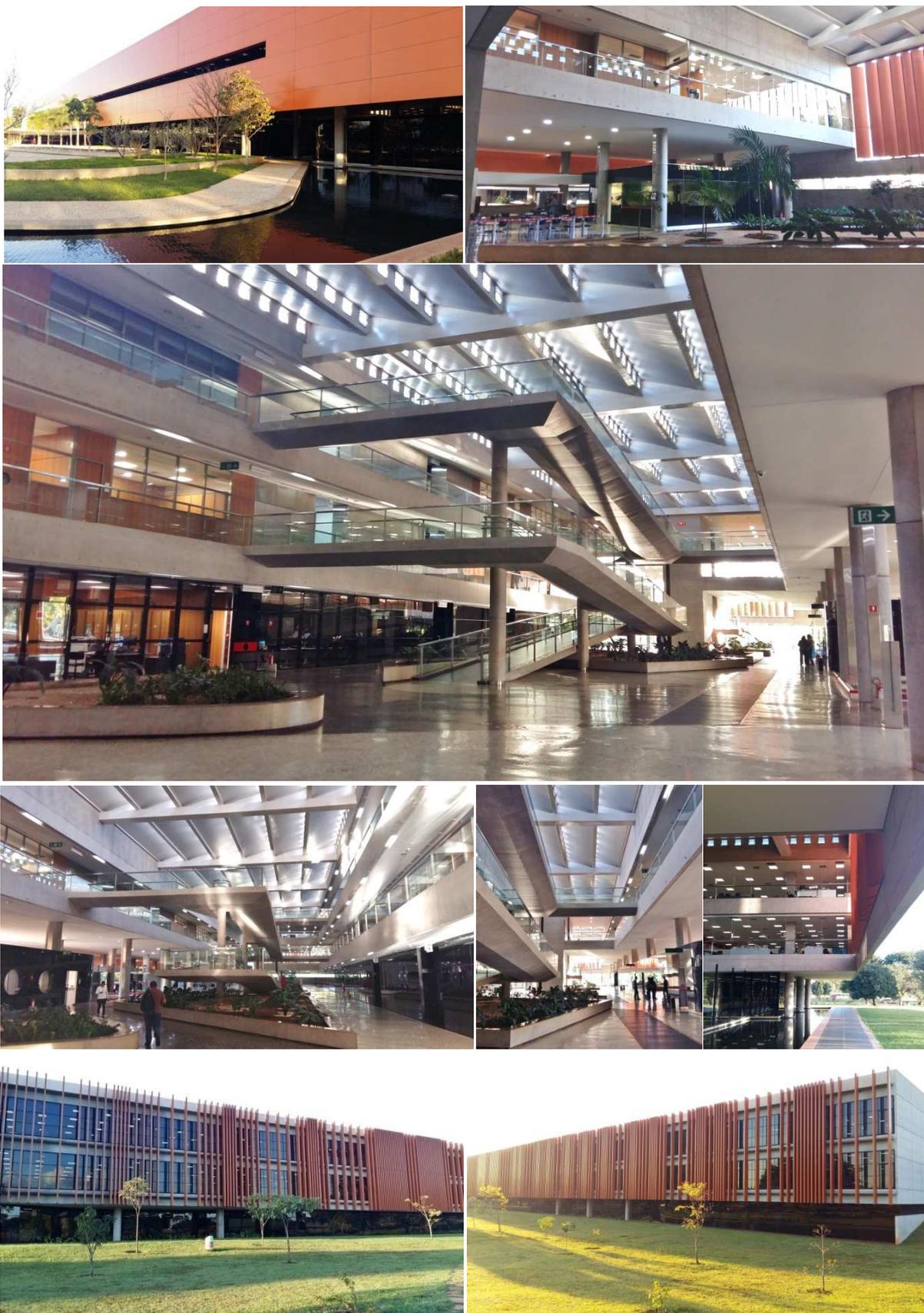
Consideramos que os espaços em comum no IQ são, além de funcionais e bioclimáticos, confortáveis e agradáveis, com percebida apropriação espacial dos usuários, esta bastante dinâmica e marcante, reforçando o caráter do lugar.

Outro local observado e que aqui trazemos é a Fundação Habitacional do Exército (FHE), entidade vinculada ao Exército Brasileiro, localizada no Setor Militar Urbano, na parte oeste do Eixo Monumental de Brasília. O projeto arquitetônico é do escritório Macedo, Gomes & Sobreira (2005-2009) e consiste em dois blocos principais lineares, ligados pela cobertura e pelo pátio interno no térreo, este caracterizado como um átrio longitudinal de pé direito triplo, interligado também ao acesso do bloco auditório, de planta circular, que se localiza solto do conjunto. O programa inclui ambientes administrativos, atendimento ao público, biblioteca e restaurante/lanchonete, dispostos em 27.630m².

Os blocos principais alinham-se no sentido sudeste-noroeste, sendo a fachada nordeste composta por um elemento destacado da edificação, em balanço, contando com uma única abertura na forma de rasgo horizontal, que acaba por proteger da insolação as janelas dos ambientes que se encontram atrás.

A fachada sudoeste tem as maiores aberturas envidraçadas da edificação, pertencentes aos ambientes administrativos, inteiramente protegidas por grandes brises verticais em alumínio composto, dispostos com espaçamento variável. As fachadas menores, sudeste e noroeste, são compostas por vedações cegas, que dão para os ambientes de permanência, e por aberturas vazadas com brises, que dão para o átrio longitudinal. A seguir, apresentam-se fotos das fachadas e do átrio, na **Figura 53**.

Figura 53 – Bioclimatismo, conforto e apropriação espacial na FHE.



Fachada nordeste (linha superior, à esquerda); átrio central longitudinal (linha superior, à direita e linhas dois e três); fachada sudoeste (linha inferior). Fonte: Lívia França (2018).

As estratégias bioclimáticas, além da orientação e da presença dos brises já descritas, consistem em aberturas zenitais no vão principal, protegidas da insolação, que permitem ventilação, exaustão e iluminação difusa naturais, esta última reforçada pela cor branca do forro. Há a presença de vários espelhos d'água em uma praça que se desenvolve em volta da edificação, que adentram o átrio e umidificam o ar que penetra por aberturas estratégicas. Os ambientes de escritórios contam com iluminação natural e vistas da paisagem do cerrado.

As circulações verticais compõem-se de escadas, rampas e elevadores, com destaque para o fato de que os dois blocos que são unidos pela cobertura apresentam níveis e pé-direitos diferentes, o que equivale a dizer que cada lance da rampa vence meio pé-direito convencional. De acordo com uma funcionária da Instituição, isso foi pensado para estimular o percurso pela rampa para os deslocamentos cotidianos dentro do prédio, evitando-se o gasto energético com utilização de elevadores. Essa mesma funcionária mencionou o conforto ambiental térmico dos espaços de trabalho, mas disse também que os usuários têm por hábito a utilização da climatização artificial, por questões de isolamento acústico.

O pátio interno, sobretudo, que conta com diversos jardins e bancos, como no nosso outro exemplo de Brasília, o IQ/UNB, também no caso da FHE é um espaço articulador de ambientes e que propicia os encontros, a permanência e a interação, induzindo comportamentos de interação social, à nossa vista.

Os reflexos variados dos raios solares⁷³ do fim de tarde, adentrando esse ambiente, reforçam a conexão entre interior e exterior, que marca fortemente o lugar, mas que, curiosamente, só foi percebida de dentro para fora, uma vez que o inverso se mostra fechado e restrito, devido ao fato de que a FHE tem acesso controlado.

As estratégias de condicionamento térmico passivo, adotadas nas duas edificações observadas, o IQ/UNB e a FHE, alinham-se às recomendações da NBR 15220-3 (ABNT, 2005, p.6) para a Zona Bioclimática onde Brasília se encontra, a Z4, que seriam, para o verão, resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento, ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa) e para o inverno, aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica).

Além disso, as duas edificações mostram outros pontos em comum. Primeiro, o partido, configurado como blocos lineares interligados por pátio interno de amplo pé direito, o qual, por sua vez, aproveita-se da iluminação e da ventilação naturais e de elementos de umidificação do ar, tanto por meio de vegetação quanto pela presença da água. Como vimos

⁷³ “O espaço principal tem uma galeria e luz incríveis” (FRAMPTON, Kenneth, em visita a Brasília, em janeiro de 2010, apud LARSEN; LARSEN, 2010).

no Capítulo 2, o pátio interno e o resfriamento evaporativo são recursos adequados ao condicionamento das edificações de locais de clima quente e seco, como é o caso de Brasília.

Segundo, esses pátios promovem espaços de convivência, com mobiliário adequado à permanência para lazer e à interação social com os demais usuários. Fica configurada nesses exemplos a constatação de que os espaços bioclimáticos e o conforto ambiental deles decorrido concorrem para a apropriação espacial, elevando o grau de interação dos usuários.

Trazemos ainda outro exemplo, de clima distinto, no qual o bioclimatismo e a eficiência de energia contribuem para a criação de espaços próprios, que é o *Campus* da Universidade Toulouse – Jean Jaurès, em Toulouse, no sul da França.

Novas instalações foram inauguradas em 2015 para os prédios da *Unité de Formation et de Recherches des Sciences, Espaces et Société* (SES, Unidade de Formação e de Pesquisas de Ciências, Espaços e Sociedades) e *de Histoire, Art et Archéologie* (HAA, História, Arte e Arqueologia). O projeto foi do escritório de arquitetura Valode & Pistre, em parceria com outro escritório, Cardete & Huet.

O clima de Toulouse é o temperado chuvoso, Cfb de acordo com a classificação de Köppen, com médias térmicas de 12,5°C e precipitação média anual de 698mm. Os recursos de bioclimatismo aí trazidos foram a utilização de uma enorme cobertura branca, que une vários blocos de forma abrigada, onde existem aberturas translúcidas sinuosas para a valorização da entrada de luz natural, a presença de espaços descobertos onde se pode ficar ao sol, tendo sido privilegiados no conjunto também o conforto térmico, o acústico e o ergonômico, além das grandes áreas vegetadas.

A proteção estada contra as intempéries de Toulouse e a possibilidade de se aquecer em determinadas épocas do ano por meio da radiação solar são estratégias passivas adequadas a esse clima. O obrigatório cumprimento da regulamentação energética da cidade faz com que percebamos que a eficiência está ao lado do bioclimatismo nessas edificações.

Na **Figura 54**, a seguir, trazemos algumas imagens do *Campus*, realçando os recintos de permanência e interação. Um deles se trata de pequena arquibancada formada pelo prolongamento dos degraus de escadas, onde se pode permanecer sentado ao sol, sozinho ou em grupo, ainda a observar o movimento de pessoas nos espaços de circulação, à volta, com bastante integração espacial.

Figura 54 – *Campus Jean Jaurès* da Universidade de Toulouse.



Fonte: Lívia França (2018).

Os objetivos mais fortes da renovação desses espaços no *Campus Jean Jaurès* foram, justamente, proporcionar aos estudantes lugares dos quais eles pudessem se apropriar, amplos o suficiente para que pudessem desenvolver atividades, compartilhar e sociabilizar, mas também onde fosse possível ter recintos confortáveis, atrativos e que agregam as pessoas, em variadas escalas espaciais⁷⁴.

Os exemplos que acabamos de citar evidenciam que quando os espaços utilizam as corretas estratégias passivas de seu clima resultam confortáveis e favorecem, além da eficiência de energia e da racionalidade do uso dos recursos, também a permanência das pessoas. Essa permanência, com conforto ambiental, possibilita a construção de laços significativos de apropriação espacial e de interações interpessoais positivas, reforçando nossa hipótese de que é através do conforto ambiental que a arquitetura bioclimática e energeticamente eficiente pode contribuir com essas qualidades espaciais, materiais e imateriais, e ainda individuais e coletivas.

⁷⁴ Disponível em: <<https://www.ladepeche.fr/article/2014/02/07/1812576-le-nouveau-campus-se-dessine.html>>. Acesso em: 28 maio 2018.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa, ao cumprir seus objetivos, nos aporta algumas conclusões, bem como recomendações para trabalhos futuros. De início, destacamos que a adaptação às questões ambientais da atualidade exigirá o resgate das habilidades de controle ambiental por meio das edificações de forma passiva, que podem ter caído em desuso.

O bioclimatismo e o componente energético devem fazer parte o mais cedo possível da concepção de arquitetura. Nas etapas iniciais de um projeto, quando ainda são baixas as restrições, podem-se obter os maiores benefícios advindos da escolha por estratégias passivas, que não excluem a adoção de sistemas de condicionamento artificial, como vimos, mas, sim, possibilitam sua eficiência e racionalidade.

Os rumos que a arquitetura contemporânea tomar, serão também os rumos que a arquitetura bioclimática tomará. No entanto, refletimos: não deveria se tratar de redundância falarmos, hoje, em arquitetura adaptada ao clima?

Não obstante o caráter óbvio disso, admitimos que se trata de uma redundância ainda necessária, em face da quantidade de exemplos que temos de que as tendências de baixa qualidade ambiental das construções estão se generalizando, às quais precisa fazer frente a construção e disseminação do conhecimento sobre o bioclimatismo, até que se possa fazê-lo chegar a cada vez mais arquitetos, desde a formação acadêmica.

A arquitetura, assim com as demais disciplinas, deverá encontrar respostas viáveis aos novos desafios e entendemos que a arquitetura bioclimática é uma das respostas possíveis ao desafio de ser sustentável. Assim como dissemos antes para o bioclimatismo, da mesma forma dizemos que a sustentabilidade das construções não é um estilo arquitetônico, pois seus princípios podem ser aplicados em todas as linguagens estilísticas que conhecemos.

Esse entendimento, que reflete diretamente na qualidade ambiental, precisa estar na ordem do dia de arquitetos, urbanistas e demais intervenientes do espaço e atores do setor da construção civil, haja vista lidarem estes com processos interdisciplinares que podem trazer, por isso mesmo, mais benefícios do que empecilhos, no engajamento com as causas ambientais e sociais.

Existe um grande número de requisitos relacionados com os projetos de edificações sustentáveis, fazendo-se necessário esforço adicional por parte de todos os profissionais que lidam com a construção civil para que seja possível incorporar tais requisitos aos processos projetuais. Para isso, é necessário suprir as lacunas de conscientização existentes nos projetistas, incluindo os arquitetos, construtores, demais envolvidos e mesmo na população.

Aliar os atuais avanços científicos e tecnológicos às soluções regionais, de tradição vernacular, também pode constituir-se em um meio de produção de arquitetura de menor impacto ambiental e de maior expressão cultural, evitando-se, por conseguinte, a disseminação de qualquer repertório pronto de soluções sustentáveis, o que, evidentemente, constitui uma contradição em termos, posto que, para ser sustentável, a construção, bem como qualquer prática, precisa levar em conta em alto grau o contexto de inserção.

Sabemos que a arquitetura sustentável não solucionará os problemas ambientais do mundo, a sustentabilidade é em tudo interdependente. Por isso mesmo, entendemos que a arquitetura deve fazer parte da solução, mais que do problema, e para isso deve ela ser adequada ao lugar e às questões de seu tempo.

A sustentabilidade convoca a todos os segmentos, à arquitetura inclusive, a pensar e criar formas de intervenção menos danosas, ressaltando aí a utilização racional de energia e outros recursos. É um enorme desafio para a atual geração de arquitetos aceitar a tarefa de contribuir para a diminuição da dependência de fontes energéticas poluidoras, considerando-se todo o impacto socioambiental envolvido com o cenário da energia.

No passado e, em grande parte ainda no presente, criaram-se edifícios de altíssimo consumo, que não se mostram viáveis. Assim, não é mais aceitável que o elevado gasto de energia justifique-se por projetos arquitetônicos plásticos e tecnologicamente impressionantes, porém ruins do ponto de vista do desempenho ambiental, ainda que se trabalhasse com um cenário ideal, de energias plenamente renováveis. No futuro, as edificações passivas e as tecnologias limpas e renováveis podem vir a se tornar o padrão. Tudo dependerá das forças que prevalecerem a partir do quadro mundial atual e das nossas atitudes individuais e coletivas em pequena escala, no nosso próprio círculo de atuação, como habitantes do planeta.

Não somente o ambiente natural, mas também as interações espaciais dos indivíduos encontram-se em relação de dependência com as possibilidades oferecidas pelo espaço, que precisa, de início e imprescindivelmente, mostrar-se sustentável, adequado e confortável, conforme concluímos por meio das metodologias aplicadas no desenvolvimento da pesquisa.

Atingimos nosso objetivo geral por meio do cumprimento de cada objetivo específico, pois trouxemos e debatemos a teoria sobre bioclimatismo, enumerando princípios e exemplos, analisamos a temática da energia e aplicamos o instrumento legal de aferição da eficiência, exploramos os referenciais teóricos da experiência espacial, observamos casos e convocamos os usuários a manifestarem suas próprias experiências, corroborando nossa hipótese. Se, como citamos na introdução, confirmar uma hipótese trata-se de algo utópico, porque para isso seria preciso que todos os casos a confirmassem em todo o tempo e em

qualquer parte, e considerando-se que o que podemos fazer é corroborá-la, então diríamos que nossa hipótese agora se encontra corroborada, ou seja, validada pela não evidência de hipótese contrária nesse momento.

Assim, é possível dizer que o conforto ambiental, consequência da adequação da arquitetura ao clima e ao lugar, favorece a apropriação espacial, o sentimento de pertencimento, a corresponsabilidade pela manutenção dos espaços coletivos e, ainda, amplia as possibilidades de proximidade, troca e compartilhamento com outros indivíduos, usuários dos espaços públicos, sobretudo de ensino, que estudamos.

Podemos concluir, também, que o fazer arquitetônico reveste-se de intencionalidade e, ao passo que detém a capacidade da criação, deve colocá-la a serviço do cumprimento de um propósito, que seria a satisfação das necessidades dos futuros utilizadores dos espaços. Trata-se de uma contradição, em termos, em que podemos exercer um poder, para assim melhor servirmos.

Para o avanço da investigação das questões aqui trazidas, apontamos como sugestões de trabalhos futuros que outros tipos edifícios voltados a edificações públicas possam ser estudados e etiquetados, à luz dos princípios bioclimáticos, buscando-se aprofundar a relação entre soluções voltadas para o condicionamento passivo e soluções voltadas para a economia de energia e suas respectivas repercussões nos resultados de etiquetagem, tanto pelo método prescritivo do RTQ-C como pelo de simulação, explorando-se mais as possibilidades e limitações desse Regulamento.

Sugerimos, também, que possam ser exploradas as relações entre bioclimatismo e desenvolvimento sustentável, na escala da arquitetura e do ambiente urbano, entendendo-se que a sustentabilidade, sendo composta por três pilares, o ambiental, o econômico e o sociocultural, engloba o bioclimatismo. Este, por sua vez, contemplando em grande parte a dimensão ambiental, mas não somente ela, como vimos por meio da relação entre conforto e experiência espacial, pode fazer parte do desenvolvimento sustentável, quando integrado aos demais componentes e dimensões desse desenvolvimento, de maneira equilibrada.

Sugerimos, por fim, que sejam mais aprofundados caminhos que foram vislumbrados de forma introdutória nessa pesquisa, com a aplicação de métodos fenomenológicos à investigação da experiência espacial dos indivíduos no espaço edificado, podendo-se pensar em explorar melhor as relações de apropriação espacial e as relações interpessoais mediadas pelo conforto ambiental e suas dimensões materiais e imateriais, singulares e plurais.

REFERÊNCIAS

- ACIOLY, Cláudio; DAVIDSON, Forbes. **Densidade urbana: um instrumento de planejamento e gestão urbana**. Trad. Cláudio Acioly. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.
- ACSELRAD, Henri. Sentidos da sustentabilidade urbana. In: ACSELRAD, Henri. **A duração das cidades: sustentabilidade e risco nas políticas urbanas**. Rio de Janeiro: Lamparina, 2009. p. 43-70.
- ADOLPHE, Luc. **L'intégration des connaissances techniques dans le processus de conception architecturale et urbaine**. Habilitation à diriger des recherches (HDR), UPS-Toulouse, 1995.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**, 3. ed. Brasília: Aneel, 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2018.
- ALBERTI, Leon Battista. **L'architecture et art de bien bastir** [du seigneur Leon Baptiste Albert, Gentilhomme Florentin, divisée en dix livres]. Tradução do latim ao francês Ian Martin. Impresso por Jaques Keruer. Paris, 1553. Disponível em: <<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1511998s/f1.image>>. Acesso em: 04 set. 2018.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). [Site institucional]. Disponível em: <<https://www.ashrae.org/about-ashrae>>. Acesso em: 11 dez 2017.
- _____. **ASHRAE Standard 55-2013**. Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, set. 2005.
- _____. **NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2015.
- _____. **NBR ISO 37120 – Desenvolvimento sustentável de comunidades – Indicadores para serviços urbanos e qualidade de vida**. Rio de Janeiro, 2017.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.
- AZERÊDO, Jaucele de Fátima Ferreira Alves de. **Verde que te quero confortável: a contribuição da arborização urbana para o conforto termoambiental, ao nível do usuário pedestre**. Recife, 2017. 444 f.: Il., fig. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, 2017.

BARBIRATO, Gianna Melo; BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues; TORRES, Simone Carnaúba. Articulação entre clima urbano e planejamento das cidades: velho consenso, contínuo desafio. In: **International Conference Virtual City and Territory**. 8º Congresso Internacional Ciudad y Territorio Virtual, Rio de Janeiro, 10 a 12 Oct. 2012. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2099/13345>>. Acesso em: 21 maio 2018.

_____.; SOUZA, Léa Cristina Lucas de; _____. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007.

BEZERRA, Luciano André Cruz. **Análise do desempenho térmico de sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo**. 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

BRAGA, Darja Kos; AMORIM, Cláudia Naves David. Tendências estilísticas da arquitetura contemporânea brasileira e bioclimatismo. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2009, Natal. **Anais...** Natal: 2009. Disponível em: <www.infohab.org.br/encac/files/2009/ENCAC09_0855_864.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2018.

BRANDÃO, Helena Câmara Lacé. A varanda na cidade maravilhosa: uma questão de identidade cultural ou de regulamentação. **Arquitextos**, São Paulo, ano 13, n. 147.01, Vitruvius, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/13.147/4457>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **III Conferência Nacional do Meio Ambiente: mudanças climáticas - caderno de debate**. Brasília: MMA, março de 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/responsabilidade-socioambiental/category/88-conferencia-nacional-de-meio-ambiente>>. Acesso em: 20 maio 2018.

_____. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG. Instrução Normativa nº 2, de 4 de junho de 2014. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 jun. 2014a. Seção 1, p. 102.

_____. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Guia prático de eficiência energética: reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem** Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura. Brasília: MMA, 2014b. 93 p.

BRUNDTLAND, Gro Harlem et al. **Report of the World Commission on Environment and Development: "Our common future"**. Nações Unidas, 1987. Disponível em: <https://en.wikisource.org/wiki/Brundtland_Report>. Acesso em: 28 abr. 2018.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT GROUP (BRE). [Site institucional]. Disponível em: <<https://www.bre.co.uk/index.jsp>>. Acesso em: 11 dez 2017.

BUTLER, James. Imagem de Casa em Middleton, EUA (Frank Lloyd Wright, 1944). Disponível em: <<https://br.pinterest.com/pin/28288303881991095/>>. Acesso em: 01 maio 2018.

CAMERIN, Suelen. **O tijolo em Solano Benítez**. (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, 2016.

CARLO, Joyce Correna; AMORIM, Alexandre Cypreste. Análise das propostas de revisão do zoneamento bioclimático brasileiro: estudo de caso de Colatina, ES. **Ambiente Construído**, vol.17, nº.1. Porto Alegre, Jan./Mar. 2017. ISSN 1678-8621. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000100373>. Acesso em: 27 maio 2018.

CARTANA, Rafael Prado. **Oportunidades e Limitações para Bioclimatologia Aplicada ao Projeto Arquitetônico**. 2006. 137 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CASEBERE, James. Imagem de Casa Gilardi, Cidade do México (Luis Barragán, 1975). 2017. Fotografia. In: BATTAGLIA, Andy. **Model Behavior: James Casebere Photographs Mini Sets Inspired by Luis Barragán**. Disponível em: <<http://www.artnews.com/2017/03/10/model-behavior-james-casebere-photographs-mini-sets-inspired-by-luis-barragan/>>. Acesso em: 06 maio 2018.

CAVALCANTI, Helenilda; LYRA, Maria Rejane de Britto; AVELINO, Emília. **Mosaico urbano do Recife: inclusão/exclusão socioambiental**. Recife: Massangana, 2008.

CAVALCANTI, Lauro; LAGO, André Corrêa do. Ainda moderno? Arquitetura brasileira contemporânea. **Arquitextos**, São Paulo, ano 06, n. 066.00, Vitruvius, nov. 2005. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/06.066/404>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. (ELETROBRAS). **História**. [s.d.]. Disponível em: <<http://eletrobras.com/pt/Paginas/Historia.aspx>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT (CSTB). **Missions et activités**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.cstb.fr/cstb/missions-activites/>>. Acesso em: 11 dez 2017.

COMAS, Carlos Eduardo Dias. Lucio Costa e a revolução na arquitetura brasileira 30/39. e lenda(s e) Le Corbusier. **Arquitextos**, São Paulo, ano 02, n. 022.01, Vitruvius, mar. 2002. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.022/798>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO (Amazonas). Imagem do Centro de Proteção Ambiental de Balbina, Presidente Figueiredo, Amazonas (Severiano Porto, 1983). [s.d.]. Fotografia. Disponível em: <<http://www.cauam.org.br/?p=10035>>. Acesso em: 14 maio 2018.

CORALINA, Cora. **Vintém de cobre: meias confissões de Aninha**. 9. ed. São Paulo: Global, 2007.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

COSTA, Alcilia Afonso de Albuquerque. Arquitetura do sol. Soluções climáticas produzidas em Recife nos anos 50. **Arquitextos**, São Paulo, ano 13, n. 147.00, Vitruvius, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/13.147/4466>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

COSTA, Graciete Guerra da; SILVA FILHO, Antonio Rodrigues da. Arquitetura Moderna de Manaus: como a arquitetura moderna de Severiano Mário Porto incorporou práticas construtivas e atendeu aos condicionantes climáticos locais. In: MOREIRA, Fernando Diniz (Org.). **Arquitetura moderna no Norte e Nordeste do Brasil**: universalidade e diversidade. Recife: FASA, 2007, p. 81-105.

DE DEAR, Richard. Recent enhancements to the adaptive comfort standard in ASHRAE 55-2010. In: **Proceedings of the 45th annual conference of the Architectural Science Association**. Sydney, Australia: ANZAScA. 2011.

DEMAIN. Direção: Cyril Dion e Méline Laurent. Roteiro: Cyril Dion. Realização: Move Movimento, France 2 Cinéma, Mars Films e Mely Productions. França, 2015. Documentário (118min).

DERENJI, Jorge. Indígena. In: MONTEZUMA, Roberto (Org.). **Arquitetura Brasil 500 Anos**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2002. p. 20-63.

DERRIDA, Jacques. Uma arquitetura onde o desejo pode morar. In: NESBITT, Kate (Org.). **Uma nova agenda para a arquitetura**: antologia teórica. São Paulo: Cosac Naify, 2006. p. 165-172.

DUBOIS, C. **Adapter les quartiers et les bâtiments au réchauffement climatique**: une feuille de route pour accompagner les architectes et les designers urbains québécois. 2014. 278 f. Tese de Doutorado. Université Laval, Quebec e Institut National des Sciences Appliquées, Toulouse, 2014.

DUFRESNE, Jean-Louis et al. Simulation de l'évolution récente et future du climat par les modèles du CNRM et de l'IPSL. **La Météorologie**, Météo et Climat, 2006, 55, pp.45-59. DOI: 10.4267/2042/20120. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2042/20120>>. Acesso em: 26 abr. 2018.

DUMKE, Eliane Müller Seraphim. **Clima urbano, conforto térmico e condições de vida na cidade**: uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da Região Metropolitana de Curitiba (AU-RMC). 2007.429 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO (EBC). **Para onde caminha a geração de energia do Brasil?**. 2017. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/especiais/energias-renovaveis>>. Acesso em: 12 maio 2018.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA) (Estados Unidos). **Brazil has the third-largest electricity sector in the Americas**. 2017. Disponível em: <<https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=30472>>. Acesso em: 12 maio 2018.

FAGANELLO, Adriana M. P.; IAROSINSKI NETO, Alfredo. As várias abordagens do conforto no ambiente construído. In: **XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído: habitat humano - em busca de conforto ambiental, eficiência energética e sustentabilidade no século; 27 a 29 de setembro de 2017; Balneário Camboriú, SC. Balneário Camboriú: Marketing Aumentado, 2017.**

FARR, Douglas. **Urbanismo Sustentável: desenho urbano com a natureza.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

FERNANDEZ, Pierre. **De l'architecture bioclimatique au développement urbain durable.** Habilitation à diriger des recherches (HDR). Université de Toulouse (INP), França, 2007.

FIGUEIRA, Jorge. Kenneth Frampton: a arquitetura foi sempre uma arte burguesa. **Ípsilon.** Artes, 2014. Disponível em: <<https://www.publico.pt/2014/02/07/culturaipilon/noticia/kenneth-frampton-a-arquitectura-foi-sempre-uma-arte-burguesa-330532>>. Acesso em: 06 maio 2018.

FRAMPTON, Kenneth. Ten points on an architecture of regionalism: a provisional polemic. In: **Architectural Regionalism: Collected Writings on Place, Identity, Modernity and Tradition.** New York: Princeton Architectural Press, 1987.

FRANÇA, Livia Ferreira de; FALCÃO, Larissa Maria Argollo de Arruda; CABRAL NETO, João Pinto; SOUZA, Werônica Meira de. Clima urbano e conforto térmico: abordagem conceitual e levantamento de registros históricos de temperatura, umidade e precipitação do bairro da várzea, em Recife (PE). In: VIII Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco e V Workshop Internacional de Mudanças Climáticas e Biodiversidade (VIII WMCRHPE/V WIMB); 2017; Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), Recife. **Anais...** Recife, 2017.

FREITAS, Ruskin Marinho de. **Entre mitos e limites: as possibilidades do adensamento construtivo face à qualidade de vida no ambiente urbano.** 2005. 271 f. Tese (Doutorado em Arquitetura). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005a.

_____. O que é conforto. In: **Encontro nacional sobre conforto no ambiente construído,** v. 8, p. 726-735, Maceió, 2005b.

_____.; AZERÊDO, Jaucele; FREITAS, Janyne Figueiredo de. Conforto térmico em Recife/PE. In: **XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído: habitat humano - em busca de conforto ambiental, eficiência energética e sustentabilidade no século; 27 a 29 set. 2017; Balneário Camboriú, SC. Balneário Camboriú: Marketing Aumentado, 2017.**

FREYRE, Gilberto. **Sobrados e mucambos: decadência do patriarcado rural e desenvolvimento do urbano,** 6. ed. Vol. 1. Rio de Janeiro: José Olympio, 1981.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico.** 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GALAFASSI, Marcelo. **Impacto do método prescritivo do RTQ-C no processo de projeto arquitetônico de edificações**: a visão de arquitetos em Florianópolis - SC. 2012. 122f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

GEHL, Jan. **Cidades para pessoas**. Tradução Anita Di Marco. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.

_____.; SVARRE, Birgitte. **Vida nas cidades**: como estudar. Tradução Anita Di Marco. São Paulo: Perspectiva, 2018.

GIVONI, Baruch. **Climate considerations in building and urban design**. New York: John Wiley & Sons, 1998.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Imagem de Gráfico do consumo de energia para sobrevivência de um indivíduo em diferentes estágios de desenvolvimento. In: Energias renováveis: um futuro sustentável. Fotografia. **Revista USP**, São Paulo, n. 72, p. 6-15, 2007.

GOMES, Geraldo. Linguagem Clássica. In: MONTEZUMA, Roberto (Org.). **Arquitetura Brasil 500 Anos**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2002.

GONZÁLEZ ORTIZ, Humberto. Arquitectura actual: ¿Qué Pensar, plantear, investigar? **Arquitextos**, São Paulo, ano 11, n. 125.04, Vitruvius, out. 2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.125/3622>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

GÖSSEL, Peter; LEUTHÄUSER, Gabriele. **Arquitectura no século XX**. Tradução Paula Reis, Lisboa. Köln: Taschen, 1996.

GUERRA, Abilio; MARQUES, André. João Filgueiras Lima, ecologia e racionalização. **Arquitextos**, São Paulo, ano 16, n. 181.03, Vitruvius, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/16.181/5592>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

GYMPEL, Jan. **História da arquitetura**: da antiguidade aos nossos dias. Tradução Virgínia Blanc de Sousa. Colônia: Könemann, 2000.

HIGUERAS, Esther. **Urbanismo bioclimático**. Criterios medioambientales en la ordenación de asentamientos. 1998. 80 f. Resumen de Tesis (Doctorado en Arquitectura y Urbanismo), Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid, 1998.

HOLANDA, Ana Carolina Oliveira de; MOREIRA, Fernando Diniz. Arte e ética dos materiais na obra de Vital Pessoa de Melo, 1968-1976. **Risco**: Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online), São Carlos, n. 8, p. 49-68, julho 2008. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/risco/article/view/44751/48381>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

HOLANDA, Armando de. **Roteiro para construir no Nordeste**: arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados. 2. ed. Recife: IAB-PE/UFPE-MDU, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Recife**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=2611606>>. Acesso em: 27 maio 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Histórico do Programa Brasileiro de Etiquetagem**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www2.inmetro.gov.br/pbe/historico.php>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

_____. Portaria nº 372 de 17 de setembro de 2010. *Aprova a revisão dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos*. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 22 set. 2010. Seção 1, p. 68.

INSTITUTO FEDERAL DE PERNAMBUCO (IFPE). **Institucional**. 2017. Disponível em: <<http://www.ifpe.edu.br/aceso-a-informacao/institucional>>. Acesso em: 27 maio 2018.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Sumário para os formuladores de políticas. **Quarto Relatório de Avaliação do GT1 do IPCC**. Tradução Anexandra de Ávila Ribeiro. Paris, fev. 2007. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/portuguese/ar4-wg1-spm.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). [Site institucional]. Disponível em: <<http://www.iea.org/about/>>. Acesso em: 11 dez 2017.

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. Tradução Carlos S. Mendes Rosa. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011.

JODIDIO, Philip. **Architecture now! Houses 3**. Tradução Ana Carneiro. Colônia: Taschen, 2013.

JORNAL O ESTADO DE SÃO PAULO. Imagem de Manchetes de jornal brasileiro sobre a crise do petróleo. 1973. Fotografia. Disponível em: <<http://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,alta-do-petroleo-fez-pais-viver-crise-nos-anos-1970,10618,0.htm>>. Acesso em: 12 maio 2018.

KON, Nelson. Imagem do Centro de Reabilitação Sarah Kubitschek Lago Norte, setor de hidroterapia, Brasília (Lelé, 1996-2003). **ArchDaily Brasil**, 28 de fevereiro de 2018. Fotografia. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/889818/ventilacao-e-iluminacao-naturais-na-obra-de-joao-filgueiras-lima-lele/>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

LANNOY, Richard. Imagem da Universidade de Ibadan, Nigéria (Jane Drew e Maxwell Fry, 1955). [s. d.]. Fotografia. Disponível em: <<https://www.architecture.com/image-library/ribapix.html?keywords=ibadan>>. Acesso em: 01 set. 2018.

LARSEN, Nathalia; LARSEN, Patrícia; FINOTTI, Leonardo (Fotos). Pela Luz do Cerrado: Fundação Nacional do Exército (FHE). **Revista AU Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, n. 194, p. 28-37, 2010.

LARICE, Michael (Ed.); MACDONALD, Elizabeth (Ed.). **The urban design reader**. 2. ed. Nova York: Routledge, 2013.

LEITÃO, L. Espaços do medo ou espaços do desejo? Anotações sobre a forma do espaço edificado na cidade brasileira contemporânea. In: **1º Simpósio internacional sobre as geografias da violência e do medo**, Recife, 2007.

LOZIE, Pieter. Imagem de Sanatório Paimio, Finlândia (Alvar Aalto, 1928 – 1933). Finlândia, 2015. Fotografia. Disponível em: <<http://www.lozie.com/home/sanatorium-paimio-finland-4/>>. Acesso em: 01 maio 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARQUES, Sonia; NASLAVSKY, Guilah. Eu vi o modernismo nascer... e ele começou no Recife. In: MOREIRA, Fernando Diniz (Org.). **Arquitetura moderna no Norte e Nordeste do Brasil: universalidade e diversidade**. Recife: FASA, 2007, p. 81-105.

MARTINO, J. A. Buscando a forma pelo contexto geográfico. In: Encontro Brasileiro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

MASCARÓ, Juan Luis; MASCARÓ, Lucia Elvira Alicia Raffo de. Habitação e inclusão: a prancheta participativa. **Arqtexto**. n. 7, 2005, p. 74-79.

MASCARÓ, Lúcia. **Luz, clima e arquitetura**. São Paulo: Nobel, 1983.

_____. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1986.

MELNIK, Vladimir. Imagem de Coletores de vento definem silhueta de Yazd. [s.d.]. Fotografia. In: **Enciclopédia Britânica**. Disponível em: <<https://www.britannica.com/place/Yazd>>. Acesso em: 01 maio 2018.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

MÉQUIGNON, M. A. **Comment la durée de vie des bâtiments peut-elle influencer les performances en termes de développement soutenable?**. 2011. 234 f. Tese (Doutorado). L'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse – INSA, Toulouse, 2011.

MITRI, Emiliano. Imagem de Centro Cultural Jean-Marie Tjibaou, Nouméa, Nova Caledônia (Renzo Piano, 1991-1998). 2009. Fotografia. Disponível em: <<http://teoriaymetodosb.blogspot.com.br/2009/09/renzo-piano-centro-cultural-jean-marie.html>>. Acesso em: 06 maio 2018.

MOREIRA, Elvis Bergue Mariz et al. O modelo sebal para estudos de clima intraurbano: aplicação em Recife, Pernambuco, Brasil - The sebal model for climate intra-urban studies: application in Recife, Pernambuco, Brazil. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 39, p. 247 - 265, abr. 2017.

MOREIRA, Fernando Diniz; FREIRE, Ana Carolina de Mello. O Edifício-quintal de Wandenkolk Tinoco. Reflexões sobre a moradia em altura nos anos 1970. **Arquitextos**, São Paulo, ano 11, n. 129.04, Vitruvius, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/11.129/3749>>. Acesso em: 22 abr. 2018.

NASCIMENTO, Mario Fernando Petrilli do. **Arquitetura para a educação**: a contribuição do espaço para a formação do estudante. São Paulo, 2012. 154 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e do Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

NORBERG-SCHULZ, Christian. **Genius loci**: paysage, ambiance, architecture. Tradução Odile Seyler. 3. ed. Bruxelas: Pierre Mardaga, 1997.

_____. The phenomenon of place. In: LARICE, Michael (Ed.); MACDONALD, Elizabeth (Ed.). **The urban design reader**. 2. ed. Nova York: Routledge, 2013.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y clima**: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Tradução Josefina Frontado e Luis Clavet. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

PAGOTTO, Érico Luciano. **Greenwashing**: os conflitos éticos da propaganda ambiental. 2013. 163f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

PRATA, Pedro Napolitano. Imagem de Residência Las Anitas, Santani, Paraguai (Solano Benítez, 2008). [s.d.]. Fotografia. Disponível em: <<https://www.pedronapolitanoprata.com/casa-anitas>>. Acesso em: 14 maio 2018.

PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE (PCR). **Perfil dos Bairros**. [s.d.]. Disponível em: <<https://www2.recife.pe.gov.br/servico/perfil-dos-bairros>>. Acesso em: 27 maio 2018.

PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM PARA EDIFICAÇÕES (PBE Edifica). **O que é a etiqueta PBE Edifica**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). **Manual para Aplicação do RTQ-C**. Versão 4. Rio de Janeiro: Procel/Eletronbras, 2016. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_rtqc2016.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2018.

_____. **O Programa**. [s.d.]. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso em: 28 abr. 2018.

QUALI-A – Conforto ambiental e eficiência energética: etiquetagem de edifícios comerciais, de serviços e públicos. In: **Curso etiqueta PBE Edifica**, Recife, 2015.

REBÊLO JUNIOR, Manoel. **O Desenvolvimento sustentável**: a crise do capital e o processo de recolonização. 2002. 213f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

REIS-ALVES, Luiz Augusto dos. **O conceito de lugar**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2004. il., 10 p. Mimeografado.

ROAF, Sue; CRICHTON, David; NICOL, Fergus. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**: um guia de sobrevivência para o século XXI. Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ROGERS, Richard. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ROLIM, Glauco de Souza et al. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90866422>> . Acesso em: 24 abr. 2018.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; REIS, Lineu Belico. **Eficiência energética em edifícios**. São Paulo: Manole, 2012.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. CopyMarket.com, 2000.

_____. Niemeyer e o sentido do lugar: uma visão bioclimática. **Arquitextos**, São Paulo, ano 13, n. 151.05, Vitruvius, dez. 2012. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/13.151/4609>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

SALGADO, Mônica Santos, CHATELET, Alain, FERNANDEZ, Pierre. Produção de edificações sustentáveis: desafios e alternativas. In: **Ambiente Construído**. Porto Alegre, v. 12, n. 4, p. 81-99, out./dez. 2012.

SANTOS, Milton. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. 4. ed. 2. reimpr. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006.

SCHMID, Aloísio Leoni. **A idéia de conforto**: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pactoambiental, 2005.

SEAMON, David. A way of seeing people and place. In: **Theoretical perspectives in environment-behavior research**. Springer, Boston, MA, 2000. p. 157-178.

_____. The phenomenological contribution to environmental psychology. **Journal of environmental psychology**, v. 2, n. 2, p. 119-140, 1982.

SILVA, Bruno; LOPES, Gonçalo Miguel Furtado Cardoso. Natureza e Arquitectura: notas a pretexto do actual interesse pela sustentabilidade. **Sebentas d'Arquitectura**, n. 7, p. 17-27, 2014. Disponível em: <<http://revistas.lis.ulusiada.pt/index.php/sa/article/view/1853>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

SOUZA, Débora Moreira de; NERY, Jonas Teixeira. O conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica. **Geografia**, Londrina, v. 21, n. 2, p. 65-83, 2012.

SOUZA, Werônica Meira de; AZEVEDO, Pedro Vieira de. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade?. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 462-472, set /dez 2009.

TEIXEIRA, Rubenilson Brazão. Arquitetura vernacular. Em busca de uma definição. **Arquitextos**, São Paulo, ano 17, n. 201.01, Vitruvius, fev. 2017. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/17.201/6431>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

TERRA. Direção: Yann Arthus-Bertrand e Michael Pilot. Roteiro: Michael Pilot. Produção: Hope Production. França, 2015. Documentário (97min).

THE CODE. Season1, Episode 2. Direção: Stephen Cooter e Michael Lachmann. Apresentação Marcus du Sautoy. Produção: Sacha Bevestock. United Kingdom, 2011. Mathematics Documentary (58min).

THE TRUE COST. Direção: Andrew Morgan. Produção: Michael Ross. Música Composta por: Duncan Blickenstaff. Elenco: Livia Giuggioli, Stella McCartney, Vandana Shiva, Lucy Siegle. Produtora: Life Is My Movie Entertainment. França, 2015. Documentário (92min).

TIN, Flávio. Imagem de Restaurante universitário da UFSC, em Florianópolis – SC, etiquetado com classe A, em 2013. **Jornal Notícia do Dia**, 2014. Fotografia. Disponível em: <<https://ndonline.com.br/florianopolis/noticias/governo-torna-obrigatoria-eficiencia-energetica-para-edificios-publicos-federais>>. Acesso em: 20 de maio de 2018.

TIRONE, Lívia; NUNES, Ken. **Construção sustentável**: soluções eficientes hoje, a nossa riqueza de amanhã. 2. ed. Lisboa: Tirone Nunes, 2008.

TURCONI, Angelo. Imagem de Habitação Mwaan Ambul, povos Kuba, República Democrática do Congo. [s.d.]. Fotografia. Disponível em: <<https://westafricantextilemuseum.weebly.com/structureobject.html>>. Acesso em: 14 maio 2018.

VAN LENGEN, Johan. **Manual do arquiteto descalço**. São Paulo: B4, 2014.

VANNINI, Virgínia Czarnobay; MARTINO, Jarryer Andrade de; LIMA, Alessandro; BRUSCATO, Underléa Miotto; Desenho Paramétrico e Performance Associados ao Processo Projetual, p. 134-137. In: **Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics: Design in Freedom** [=Blucher Design Proceedings, v.1, n.8]. São Paulo: Blucher, 2014.

VASCONCELOS, Thatiana; SÁ, Lucilene Antunes. A Cartografia Histórica da Região Metropolitana do Recife. Passado presente nos velhos mapas: conhecimento e poder. In: 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica, 2011, Paraty-RJ. **Anais...**. Belo Horizonte - MG: Centro de Referência em Cartografia Histórica, v. 1. p. 1-20, 2011.

WANDENKOLK. Direção: Bruno Firmino. Recife: Aeroplanos Produções, 2015, DCP, colorido. Cópia em DVD (18min).