

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
Programa de Pesquisa e Pós-graduação

ANA CERES BELMONT SABINO MEIRA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO PLANO
PILOTO DE BRASÍLIA: Uma análise comparativa com utilização do RTQ-R**

Brasília, 2014

ANA CERES BELMONT SABINO MEIRA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO PLANO
PILOTO DE BRASÍLIA: Uma análise comparativa com utilização do RTQ-R**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Curso de Pós-Graduação em Arquitetura
e Urbanismo da Universidade de Brasília
– UnB, em cumprimento às exigências
para obtenção do Título de Mestre.

ORIENTAÇÃO:

Dra. Claudia Naves David Amorim

Brasília, 2014

ANA CERES BELMONT SABINO MEIRA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS NO PLANO
PILOTO DE BRASÍLIA: Uma análise comparativa com utilização do RTQ-R**

Dissertação aprovada em

COMISSÃO EXAMINADORA

Dra. Claudia Naves David Amorim - UnB
Orientadora

Dr. Daniel Sant'Ana - UnB
Examinador Interno

Dr. Aldomar Pedrini - UFRN
Examinador Externo

À Jesus que me propicia inúmeras vitórias
a cada dia; à minha amada mamãe
Celeide pelo seu amor incondicional; e ao
meu paizinho Ubirajara por estar sempre
comigo me ajudando em todas as
situações.

AGRADECIMENTOS

A todos aqueles que durante a elaboração deste trabalho contribuíram para a obtenção de informações e elaboração do mesmo, de maneira especial expresso meus agradecimentos:

- À Deus que tudo pode transformar com o seu grande amor, essência de todas as coisas e pelo dom da vida;
- À minha mãe, Celeide, que nunca mediu esforços para me ajudar durante a elaboração da dissertação e que viveu todas as emoções deste momento parecendo ser conquista sua. Nunca conseguirei agradecer o suficiente por tudo que foi feito;
- À meu pai, Ubirajara, meu espelho de pai e ser humano, pelos momentos de cobranças, tão importantes para que não me fizesse desistir de atingir meu objetivo;
- À meu irmão e minha tia, Alexandre e Alexsandra, por sempre torcerem por esta conquista;
- À meu noivo, José Antônio, pela paciência nos dias mais difíceis e por estar ao meu lado sempre disposto a me dar amor e carinho, companheiro sem igual.
- À meu filho, que mesmo sendo um serzinho em formação foi capaz de me dar tanta força no dia da apresentação.
- À minha orientadora Dra. Claudia Naves Amorim e todos os professores que fazem parte do Programa de Pesquisa e Pós-graduação da FAU/UnB pelos ensinamentos, dedicação e motivação para que este trabalho obtivesse pleno êxito;
- Aos membros da banca, que gentilmente aceitaram participar e contribuir para a avaliação, aperfeiçoamento e conclusão desta pesquisa.
- À meus amigos, Tagore e Newton, que desde o começo me incentivaram, torceram e comemoram comigo essa conquista.

RESUMO

Eficiência energética é uma das estratégias para mitigar os problemas ambientais no mundo. Conservar energia significa diminuir o consumo e reduzir custos, sem perder a eficiência e a qualidade dos serviços. No Brasil após a crise energética de 2001 surgiu a necessidade de elaboração de projetos arquitetônicos energeticamente eficientes para o setor residencial, sem comprometer a qualidade de vida de seus usuários. Visando a redução no consumo energético das edificações foram desenvolvidas regulamentos de eficiência energética. A etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios residenciais foi criada através do Regulamento Técnico da Qualidade para Edifícios Residenciais (RTQ-R) que especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para a classificação de edifícios residenciais através da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), de “A” (mais eficiente) até “E” (menos eficiente). O RTQ-R pode ser utilizado para avaliar diferentes tipos arquitetônicos, comparando sua eficiência energética no contexto das cidades contemporâneas, ou avaliando a evolução da arquitetura, para orientar a tomada de decisões quanto a novos projetos. Em Brasília, a expansão imobiliária forçou as transformações da arquitetura e o surgimento de novos bairros residenciais. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar comparativamente o nível de eficiência energética de edificações residenciais construídas em diferentes períodos, no Plano Piloto da cidade de Brasília. Os edifícios de Brasília podem ser divididos três grandes grupos: o Grupo 1 inclui os edifícios construídos de 1960 até fins de 1970, o Grupo 2 de 1980 até 2004 e o Grupo 3 de 2004 até o presente, incluindo aquelas do novo bairro Noroeste, candidato a uma certificação de sustentabilidade. Os procedimentos metodológicos desta pesquisa incluíram o levantamento de edificações correspondentes aos três grupos, com base em características tipológicas e construtivas e a classificação do nível de eficiência energética da envoltória desses edifícios. O método utilizado para obtenção da classificação do nível de eficiência energética foi o prescritivo, apresentado pelo RTQ-R através da avaliação da envoltória. Os principais resultados desta pesquisa foram a avaliação comparativa dos edifícios a partir do diagnóstico do desempenho termoenergético da envoltória e a identificação das variáveis com influência mais significativa. Foi verificado que a edificação do Grupo 1 obteve nível de eficiência “B” (EqNumEnv de 4,43 a 3,86 para todas UH), a do Grupo 2 obteve nível de eficiência “A” (EqNumEnv = 4,68 para 20 UH e de 4,10 a 3,32 para 8 UH) e a do Grupo 3 nível de eficiência “C” (EqNumEnv de 3,87 a 3,71 para 20 UH e de 3,00 a 2,86 para 16 UH). Os resultados apontam a edificação do Grupo 2 como as mais eficientes, e que o edifício do Grupo 3 (Bairro Noroeste) atingiu níveis de eficiência energética inferiores aos dos construídos nas décadas anteriores. Nota-se a influência da forma das edificações, da presença das proteções solares e da compartimentação interna das unidades habitacionais, assim como das aberturas (forma/posição e quantidade) para ventilação e iluminação natural.

Palavras-chave: Arquitetura residencial. Eficiência energética. RTQ-R.

ABSTRACT

Energetic efficiency is one of the strategies to mitigate environmental problems in the world. Energy conservation means reducing both consumption and costs without losing efficiency and quality of services. In Brazil after the energetic crisis of 2001 the need for energetic efficient architectural designs for the residential sector has emerged, without compromising the quality of life of its residents. In order to reduce the energy consumption of buildings regulation on energy efficiency were developed. The labeling of the level of energy efficiency of residential buildings was created through the Technical Quality Regulations for Residential Buildings (RTQ-R) that specifies the technical requirements as well as the methods for the classification of residential buildings through the National Energy Conservation Label (ENCE) , from "A" (most efficient) to "E" (least efficient). The RTQ-R can be used for benchmarking different architectural types, either comparing their energetic efficiency in the context of contemporary cities, or evaluating the evolution of architecture, in order to making decisions on new projects. In Brasilia, the housing boom has forced the emergence of new neighborhoods and the transformation of architecture. In this context, this work aims the comparison of energetic efficiency level of residential buildings constructed at different periods, in the Master Plan of the city of Brasilia. The buildings of Brasilia can be classified into three groups: Group 1 includes buildings built in the 1960s up to the end of the 1970s, Group 2 those built from 1980 up to 2004 and Group 3 including those built from 2004 until the present date, in the new Noroeste neighborhood, candidates to sustainability certification. The methodological procedures of this research included a survey of representative buildings of the three groups, based on typological and constructive characteristics and classification of the level of the envelope energetic efficiency of these buildings. The method used to obtain the classification of the level of energetic efficiency was the prescriptive one set by RTQ -R through the evaluation of the envelope. The main results of this research were the benchmarking of buildings from the envelope thermoenergetic performance diagnosis and the identification of variables with energetic significant influences. It was verified that the representative building of Group 1 received level of efficiency "B" (EqNumEnv from 4.43 down to 3.86 for all housing units), the representative of Group 2 received level of efficiency "A" (EqNumEnv = 4.68 for 20 housing units and 4.10 down to 3.32 for 8 housing units) and the representative of Group 3 the level of efficiency "C" (EqNumEnv from 3.87 down to 3.71 for 20 housing units and from 3.00 down to 2.86 for 16 housing units). Results show building of Group 2 as the most efficient, and building of Group 3 (Norwest neighborhood) reached levels of energetic efficiency lower than those built in previous decades. It is remarkable the influence of the shape of the buildings, presence of sun protection systems and the internal divisions of the housing units as well as the openings (shape/position and amount) for natural ventilation and illumination.

Keywords: Residential architecture. Energetic efficiency. RTQ-R.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Consumo de energia elétrica no Brasil em 2012, por setor.....	22
Figura 2.2 – Oferta interna de energia no mundo e no Brasil.....	24
Figura 2.3 – Oferta Interna de energia elétrica no Brasil.....	25
Figura 2.4 – Uso final de energia elétrica no setor comercial e de serviços brasileiro.....	27
Figura 2.5 – Uso final de energia elétrica das residências brasileiras.....	28
Figura 2.6 – Certificados de eficiência energética de países da Comunidade Europeia.....	32
Figura 2.7 – Histórico das ações para etiquetagem no Brasil.....	47
Figura 2.8 – Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edifícios residenciais.....	51
Figura 2.9 – Zoneamento bioclimático brasileiro.....	53
Figura 2.10 – Localização da cidade de Brasília e Plano Piloto.....	65
Figura 2.11 – Projeto de Plano Piloto apresentado no concurso.....	67
Figura 2.12 – Superquadras com edificações residenciais e quadras comerciais e de serviços.....	68
Figura 2.13 – Novas áreas residenciais propostas em Brasília Revisada.....	69
Figura 2.14 – Vista aérea do Setor Sudoeste.....	70
Figura 2.15 – Projeto do Setor Noroeste.....	71
Figura 2.16 – Localização dos estacionamentos, exemplo da SQN 106.....	72
Figura 2.17 – Edifícios construídos de 1960 a 1980: SQS 106 Bloco B SQS 111 Bloco J.....	73
Figura 2.18 – Edifícios construídos a partir da década de 1980 até 2004.....	74
Figura 2.19 – As sucessivas mudanças nas projeções das edificações.....	75
Figura 2.20 – Área do Setor Noroeste reportada no Manual verde.....	77
Figura 2.21 – Edifícios em construção no setor Noroeste.....	78
Figura 3.1 – Edifício do Grupo 1 localizado na SQS 111 I: locação, perspectiva planta baixa do pavimento tipo e fachadas.....	82
Figura 3.2 – Edifício do Grupo 2 localizado na SQS 216 CD: locação e perspectiva.....	83
Figura 3.3 – Edifício do Grupo 2 localizado na SQS 216 CD: planta baixa do pavimento tipo e fachadas.....	84
Figura 3.4 – Edifício do Grupo 3 localizado na SQWN 110J: perspectiva e fachadas Oeste/Leste.....	85

Figura 3.5 – Edifício do Grupo 3 localizado na SQWN 110J: planta baixa do pavimento tipo e fachadas Norte/Sul.....	86
Figura 3.6 – Planilha eletrônica para cálculo de G_{HR} , C_R e C_A elaborada pelo LabEEE	91
Figura 4.1 – Edifício residencial localizado na SQS 111 I: planta baixa do pavimento tipo.....	92
Figura 4.2 – Edifício residencial localizado na SQS 111 I: planta baixa da unidade habitacional e fachadas.....	93
Figura 4.3 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 1º pavimento do Edifício SQS 111 I.....	98
Figura 4.4 – Equivalente numérico de resfriamento da envoltória do ambiente para as unidades habitacionais do 2º ao 5º pavimento do Edifício SQS 111 I.....	98
Figura 4.5 – Equivalente numérico de resfriamento da envoltória do ambiente para os ambientes das unidades habitacionais do 6º pavimento do Edifício SQS 111 I.....	99
Figura 4.6 – Edifício SQS 111 I: Equivalente numérico de cada unidade habitacional e Equivalente numérico da edificação.....	102
Figura 4.7 – Fachadas do edifício residencial localizado na SQS 216 CD.....	103
Figura 4.8 – Edifício residencial localizado na SQS 216 CD: planta baixa do pavimento tipo e planta baixa da unidade habitacional.....	104
Figura 4.9 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do edifício SQS 216 CD	108
Figura 4.10 – Edifício SQS 216 CD: Equivalente numérico de cada unidade habitacional e Equivalente numérico da edificação.....	111
Figura 4.11 – Planta baixa dos 1º, 3º e 5º pavimentos do edifício residencial, localizado na SQNW 110 J.....	113
Figura 4.12 – Planta baixa dos 2º e 4º pavimentos do edifício residencial, localizado na SQNW 110 J.....	114
Figura 4.13 – Planta baixa do 6º pavimento do edifício residencial, localizado na SQNW 110 J.....	115
Figura 4.14 – Planta baixa do 7º pavimento do edifício residencial, localizado na SQNW 110 J.....	116
Figura 4.15 – Planta baixa das unidades habitacionais Tipo A do edifício residencial localizado na SQNW 110 J.....	117
Figura 4.16 – Planta baixa das unidades habitacionais Tipo B do edifício residencial localizado na SQNW 110 J.....	118
Figura 4.17 – Planta baixa das unidades habitacionais Tipo C do edifício residencial localizado na SQNW 110 J.....	119
Figura 4.18 – Planta baixa das unidades habitacionais Tipo D do edifício residencial localizado na SQNW 110 J.....	120

Figura 4.19 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 1º pavimento do edifício SQNW 110 J.....	127
Figura 4.20 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 3º e 5º pavimento do edifício SQNW 110 J.....	128
Figura 4.21 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 2º e 4º pavimento do edifício SQNW 110 J.....	129
Figura 4.22 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 6º pavimento do edifício SQNW 110 J.....	130
Figura 4.23 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 7º pavimento do edifício SQNW 110 J.....	131
Figura 4.24 – Edifício SQNW 110 J: Equivalente numérico de cada unidade habitacional e Equivalente numérico da edificação.....	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Consumo de energia elétrica por setor no biênio 2011-2012.....	26
Tabela 2.2 – Distribuição de pesos de acordo com a zona bioclimática.....	55
Tabela 4.1 – Ventilação natural (percentual de abertura para ventilação) e ventilação cruzada (proporção das aberturas para ventilação natural) das unidades habitacionais do edifício localizado na SQS 111I.....	95
Tabela 4.2 – Percentual de iluminação natural em ambientes de permanência prolongada das unidades autônomas do edifício SQS 111 I.....	95
Tabela 4.3 – Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício SQS 111 I.....	100
Tabela 4.4 – Cálculo da Etiqueta final da envoltória di Edifício SQS 111 I.....	101
Tabela 4.5 – Classificação da envoltória de acordo com a orientação da edificação na SQS 111 I.....	102
Tabela 4.6 – Ventilação natural (percentual de aberturas para ventilação) e ventilação cruzada (proporção das aberturas para ventilação natural) das unidades habitacionais do edifício localizado SQS 216 CD.....	106
Tabela 4.7 – Percentual de iluminação natural em ambientes de permanência prolongada das unidades autônomas do edifício SQS 216 CD.....	106
Tabela 4.8 – Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício SQS 216 CD.....	109
Tabela 4.9 – Cálculo da Etiqueta final da envoltória do Edifício SQS 216 CD.....	110
Tabela 4.10 – Classificação da envoltória de acordo com a orientação da edificação na SQS 216 CD.....	112
Tabela 4.11 – Ventilação natural (percentual de abertura para ventilação) e ventilação cruzada (proporção das aberturas para ventilação natural) das unidades habitacionais do edifício localizado na SQNW 110.....	122
Tabela 4.12 – Percentual de iluminação natural em ambientes de permanência prolongada das unidades autônomas do edifício SQNW 110 bloco J.....	124
Tabela 4.13 – Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício SQS 110 J.....	132
Tabela 4.14 – Cálculo da Etiqueta final da envoltória do edifício SNW 110 J.....	133
Tabela 4.15 – Classificação da envoltória de acordo com a orientação da edificação na SNW 110 J.....	135

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Padrões energéticos de países.....	30
Quadro 2.2 – Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência.....	49
Quadro 2.3 – Equivalente numérico a ser obtido de acordo com a zona bioclimática.....	53
Quadro 2.4 – Relação entre nível de eficiência e equivalente numérico.....	54
Quadro 2.5 – Absortividade de cores e superfícies.....	59
Quadro 2.6 – Condutividade térmica de alguns materiais.....	60
Quadro 3.1 – Indicadores de avaliação da envoltória.....	80
Quadro 4.1 – Transmitância térmica, capacidade térmica e absortância da cobertura e paredes referentes ao edifício da SQS 111I.....	94
Quadro 4.2 – Resumo dos pré-requisitos, quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQS 111I....	96
Quadro 4.3 – Transmitância térmica, capacidade térmica e absortância da cobertura e paredes referentes ao edifício SQS 216 CD.....	105
Quadro 4.4 – Resumo dos pré-requisitos, quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQS 216 CD	107
Quadro 4.5 – Transmitância térmica, capacidade térmica e absortância da cobertura e paredes referentes ao edifício SQNW110J.....	120
Quadro 4.6 – Resumo dos pré-requisitos transmitância térmica, capacidade térmica e absortância solar quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQNW 110 J.....	121
Quadro 4.7 – Resumo dos pré-requisitos ventilação natural quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQNW 110 J.....	123
Quadro 4.8 – Resumo dos pré-requisitos iluminação natural quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQNW 110 J.....	125
Quadro 4.9 – Resumo do Nível de Eficiência das edificações estudadas.....	135

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	15
1.1	Objetivos	18
1.1.1	<i>Objetivo geral</i>	18
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i>	19
1.2	Estrutura da dissertação	19
2.0	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	A questão energética em edificações	21
2.1.1	<i>Eficiência energética</i>	23
2.1.2	<i>Oferta e consumo de energia elétrica no Brasil</i>	24
2.2	Políticas para eficiência energética de edificações: contexto mundial ..	28
2.3	Políticas para eficiência energética de edificações: contexto brasileiro	44
2.4	Normas e regulamentações brasileiras de eficiência energética em edificações	48
2.4.1	<i>Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos</i>	49
2.4.2	<i>Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edificações residenciais</i>	50
2.5	Eficiência energética na arquitetura	56
2.6	Brasília	64
2.6.1	<i>Características climáticas e geográficas</i>	64
2.6.2	<i>Construção de Brasília</i>	66
2.6.3	<i>A Concepção do Plano Piloto</i>	67
2.6.4	<i>Arquitetura do Plano Piloto de Brasília</i>	71
3.0	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	79
3.1	Tipologias estudadas	80
3.2	Levantamento de dados	87
3.2.1	<i>Dados para cálculo do nível de eficiência energética da envoltória</i>	87
3.2.2	<i>Verificação do atendimento aos pré-requisitos</i>	87
3.2.3	<i>Determinação do equivalente numérico da envoltória</i>	90
4.0	RESULTADOS E DISCUSÃO	92
4.1	Caso 1: Edifício residencial localizado na SQS 111, Bloco I	92
4.1.1	<i>Verificação do atendimento aos pré-requisitos</i>	94

4.1.2	<i>Determinação da eficiência da envoltória pelo Método Prescritivo</i>	97
4.2	Caso 2: Edifício residencial localizado na SQS 216, Bloco CD	102
4.2.1	<i>Verificação do atendimento aos pré-requisitos</i>	105
4.2.2	<i>Determinação da eficiência da envoltória pelo Método Prescritivo</i>	107
4.3	Caso 3: Edifício residencial localizado na SQWN 110, Bloco J	112
4.3.1	<i>Verificação do atendimento aos pré-requisitos</i>	120
4.3.2	<i>Determinação da eficiência da envoltória pelo Método Prescritivo</i>	126
5.0	CONCLUSÕES	137
5.1	O Regulamento Técnico da Qualidade de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais	137
5.2	Variáveis mais influentes nos resultados obtidos	138
5.3	Limitações do trabalho	142
5.4	Sugestão para estudos futuros	142
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	143
	APENDICE A	152
	APENDICE B	155
	APENDICE C	158

1.0 INTRODUÇÃO

A crise energética de meados da década de 1970 levou o mundo ao questionamento quanto à escassez dos recursos naturais e necessidade da utilização racional de energia buscando eliminar os desperdícios, com o máximo desempenho e o menor custo possível. A partir desta época deu-se o desenvolvimento de diversas iniciativas na busca pela redução do consumo energético e consequente investimento em programas de energia renovável (ROAF, CRICHTON e FERGUS, 2009). As fontes disponíveis ficaram com custos mais elevados e a conservação de energia e o uso responsável das fontes energéticas passaram a ser opções para redução do gasto com energia elétrica e impacto ambiental da construção de novas usinas geradoras.

Com a crise, diversos países começaram a estruturar agências públicas específicas a fim de implantar programas de conservação de energia que visassem informar, difundir, conscientizar, pesquisar e implementar ideias para conservação de energia. O fato é que o pensamento conservacionista ganhou força em todo o mundo, especialmente após a edição do Protocolo de Kyoto, em 1997, quando 160 países decidiram que seria necessário limitar as emissões de gases estufa nos países industrializados e que seria criada a ferramenta Crédito de carbono¹ (ARAÚJO, 2008; LIMIRO, 2009).

A maioria dos países tem adotado políticas para reduzir o consumo de energia nas edificações. Estas políticas podem ser agrupadas em três categorias: medidas de incentivo econômico, programas informativos e legislações regulatórias. De um modo geral, os programas de promoção à eficiência energética foram implementados inicialmente nos países industrializados da Europa, América do Norte e Ásia, que apresentam consumos energéticos mais elevados, entretanto, ao longo do tempo outros países passaram a adotar iniciativas governamentais nesse sentido (CEPAL, 2010).

No Brasil o estímulo ao uso eficiente da energia elétrica tem sido aplicado de maneira sistemática desde 1985, quando o Ministério de Minas e Energia (MME)

¹Créditos de carbono ou Redução Certificada de Emissões (RCE) são certificados emitidos para uma pessoa ou empresa que reduziu a sua emissão de gases do efeito estufa (GEE).

criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), de âmbito nacional e coordenado pela Eletrobrás. Em 1993, em colaboração com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO), foi lançado o selo PROCEL que ganhou expressividade a partir do racionamento de 2001, como consequência da crise de energia no país (BRASIL, 2009a; LAMBERTS et al., 2007b).

Uma ação bastante difundida entre os programas de eficiência energética tem sido os programas de etiquetagem, que provém informação ao consumidor quanto ao desempenho energético de equipamentos e edificações, tipicamente com ênfase em eletricidade. Dessa forma, pretende-se que a eficiência seja um atributo considerado pelos consumidores, valorizando os produtos mais eficientes em relação aos demais e estimulando produtores e importadores a fornecerem equipamentos de melhor desempenho energético.

Em 1984, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) iniciou a discussão sobre a criação de Programas de Avaliação da Conformidade com foco no desempenho energético. Eles têm a finalidade de contribuir para a racionalização do consumo da energia no Brasil por meio da prestação de informações sobre a eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado nacional. Desenvolvido, inicialmente, com adesão voluntária dos fabricantes, o PBE ganhou dois importantes parceiros: a Eletrobrás, por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), e a Petrobrás, pelo Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), que premiam os produtos mais eficientes.

A busca do conforto sempre foi uma necessidade ao longo da história das habitações. A arquitetura surge como uma forma de possibilitar ao homem um habitat seguro, através do qual ele pode se defender do clima e tirar proveito de suas características favoráveis.

No entanto, no final do século XIX a tecnologia passou a ser cada vez mais um fator predominante e o projetista se viu livre para buscar outros paradigmas de projeto. Gradativamente os conhecimentos desenvolvidos na área de conforto ambiental deixaram de ser assimilados pelos arquitetos e criou-se um padrão globalizado de cidades, cujos exemplos mais visíveis, nas regiões tropicais, são os

prédios com fachadas totalmente envidraçadas, com altas temperaturas provocadas pelo excesso de insolação e corrigidas por dispendiosos sistemas de refrigeração e iluminação.

A energia elétrica consumida nas edificações depende significativamente das demandas requeridas pelos ambientes internos, que devem proporcionar condições aceitáveis para produtividade e conforto dos ocupantes. A economia de energia não deve sacrificar o conforto e a saúde das pessoas. Lamberts et al. (2013) salientam que um edifício é considerado energeticamente mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais de conforto ao seu usuário, com menor consumo de energia. O consumo de energia das edificações pode ser reduzido através da adoção de estratégias passivas de baixo custo energético para proporcionar conforto térmico e luminoso aos usuários.

Uma ação bastante difundida entre os programas de eficiência energética, não somente de edificações, tem sido o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pelo INMETRO, que fornece informações sobre o desempenho dos produtos, principalmente quanto à eficiência energética. Dessa forma, pretende-se que a eficiência seja um atributo considerado pelos consumidores, valorizando os produtos mais eficientes em relação aos demais e estimulando produtores e importadores a fornecerem equipamentos de melhor desempenho energético. Os produtos são ensaiados em laboratórios e etiquetados com a classificação de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente). Com essa informação no momento da compra os brasileiros podem escolher os produtos mais econômicos e, conseqüentemente, favorecer a fabricação dos mais eficientes.

O PBE hoje tem 38 programas, em diferentes níveis de implementação. Algumas categorias são avaliadas há mais de 20 anos, como refrigeradores e condicionadores de ar. Outros são mais recentes, como lavadoras, fogões e fornos a gás, aquecedores a gás, coletores solares, lâmpadas, televisores, chuveiros elétricos e ventiladores de teto. Novos programas estão em pleno funcionamento, tais como, veículo leves, transformadores, sistemas fotovoltaicos, ventiladores de mesa e também edificações (comerciais, públicas e residenciais).

A etiquetagem energética de edifícios é uma tendência mundial, já adotada por diversos países e em desenvolvimento por outros. No Brasil, a regulamentação para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos,

bem como os métodos para classificação de edificações quanto à eficiência energética. É de caráter voluntário, com previsão de passar a ter caráter obrigatório.

Assim, o conforto ambiental e o consumo de energia passaram a ter uma relação intrínseca. Se por um lado a evolução da tecnologia permitiu ao homem ter maior autonomia sobre o conforto do ambiente construído, seu uso abusivo tornou-se a origem de grande parte dos problemas ambientais, tais como aumento da poluição, do esgotamento de recursos naturais, do efeito estufa e da perda de biodiversidade.

Para minimizar os impactos ambientais a nível mais sustentáveis é necessário diminuir o consumo de energia e uma arquitetura mais eficiente torna-se um passo fundamental, tendo em vista que grande parte da energia utilizada hoje se relaciona à construção e à utilização das edificações.

Na cidade de Brasília, a arquitetura residencial do Plano Piloto sempre foi regida por preceitos advindos do Movimento Moderno. Ao longo dos anos, várias transformações ocorreram nesta arquitetura, e mais recentemente a necessidade de expansão do parque construído residencial fez com que novos bairros fossem construídos, com novos tipos arquitetônicos.

Atualmente, não existem análises que comparem o desempenho energético da arquitetura dos edifícios mais antigos aos mais recentes do Plano Piloto, indicando se estas transformações foram benéficas do ponto de vista da eficiência energética ou não. Neste contexto, situa-se o tema da presente pesquisa.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Analisar comparativamente o nível de eficiência energética de edificações residenciais de diferentes épocas, no Plano Piloto da cidade de Brasília, através da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade de Eficiência Energética, analisando a influência das variáveis arquitetônicas em seu desempenho.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Calcular a eficiência do padrão arquitetônico de edificações residenciais em Superquadras e no Setor Noroeste de Brasília, através da metodologia prescritiva do RTQ-R para a envoltória;
- Identificar comparativamente a eficiência do padrão arquitetônico de edificações residenciais em Superquadras e no Setor Noroeste de Brasília, através da metodologia prescritiva do RTQ-R para a envoltória;
- Analisar a influência das diversas variáveis arquitetônicas (orientação, forma, aberturas, paredes externas e sombreamento) na eficiência energética de edificações residenciais.

1.2 **Estrutura da dissertação**

Essa dissertação tem seu conteúdo organizado em seis capítulos e apêndices, os quais estão estruturados da seguinte maneira:

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO. É introduzido o tema central desta dissertação, apresentando dados que justifiquem sua relevância no contexto atual. Além disso, são expostos os objetivos e a estrutura dos capítulos.

CAPÍTULO 2: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. É feita uma revisão da bibliografia apresentando o “estado da arte” no desenvolvimento de políticas para a eficiência energética de edificações nos diversos continentes e, particularmente, no Brasil. Além da introdução de aspectos de gestão energética e da eficiência energética.

CAPÍTULO 3: ESTUDO DE CASO. É apresentado um rápido histórico sobre a Construção de Brasília e a caracterização de sua arquitetura, com o objetivo de contextualizar o padrão que será alvo de avaliação nesta pesquisa.

CAPÍTULO 4: METODOLOGIA. Explana-se a metodologia utilizada nas diversas etapas da pesquisa, passando pelo levantamento dos dados de projeto, verificação do atendimento aos pré-requisitos até a determinação dos Equivalentes numéricos da Envoltória.

CAPITULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÃO. São descritos os resultados obtidos na avaliação e a discussão acerca dos mesmos. Nesse capítulo os resultados são analisados e comparados para demonstrar, no contexto da cidade de Brasília, o nível de eficiência energética atingido pelas edificações estudadas em relação a sua época de construção.

CAPITULO 6: CONCLUSÕES. Sintetizam-se as principais contribuições reflexivas e apresenta sugestões para trabalhos futuros.

Por fim os Apêndices, que consiste das tabelas de cálculo na avaliação do sistema de envoltória do estudo de caso realizado utilizando o método prescritivo do RTQ-R.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

A necessidade de proteção ambiental é antiga, surgindo quando o homem passou a valorizar a natureza, inicialmente de forma mais amena, e atualmente, de forma mais acentuada. Primordialmente, dava-se importância à natureza por ser uma criação divina e depois, na medida o homem começou a reconhecer a interação dos componentes bióticos e abióticos que interagem no ecossistema é que efetivamente sua responsabilidade aumentou (AZEVEDO, 2011).

Hoje um dos grandes desafios é explorar os recursos energéticos de forma adequada e racional, buscando evitar a degradação do meio ambiente e garantir a qualidade de vida não só para a geração de hoje, mas também para as gerações futuras. Deste modo, a relação entre a energia e o meio ambiente se reveste de um interesse ímpar, já que a mesma é origem de grande parte dos agentes agressivos ao meio ambiente (DINCER, 1999).

2.1 A questão energética em edificações

Entre os vários custos gerenciáveis em uma edificação, a energia vem assumindo uma importância crescente, motivada pela redução de custos decorrentes do mercado competitivo, pelas incertezas de disponibilidade energética ou por restrições ambientais.

A preocupação com a gestão do consumo de energia só veio à tona após o primeiro choque de preços do petróleo. Antes de 1973 os países industrializados não tinham nenhuma medida regulatória e/ou financeira que sinalizasse preocupação com a racionalização do consumo energético. Em 1973, com os conflitos e conseqüente elevação do preço do petróleo é que foi verificada a impossibilidade do crescimento econômico, sob risco severo de provocar catástrofe, como a degradação do meio ambiente, e de esgotamento das reservas de matérias primas (KAEHLER, 1993; NUNES, 2003).

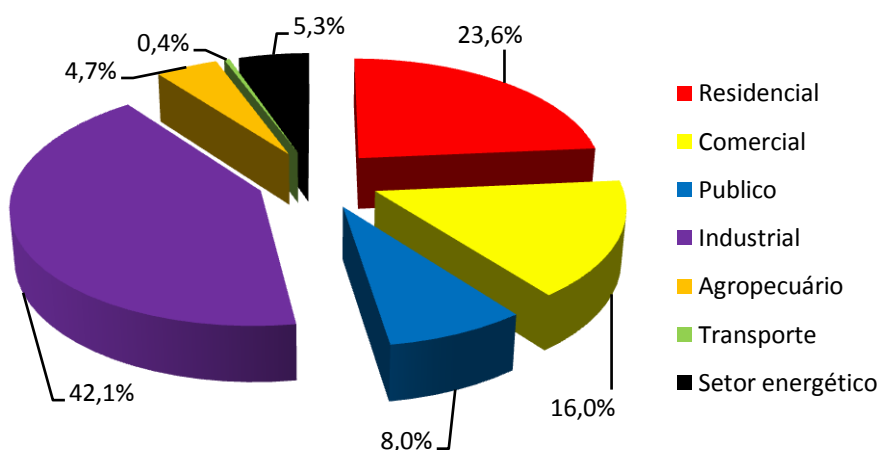
Deste modo, no final dos anos 70, as crises de abastecimento obrigaram a uma nova postura em relação ao uso racional da energia elétrica, buscando

eficiência no uso, diminuição do desperdício e novas fontes renováveis. A maioria dos países desenvolvidos, em especial os europeus, introduziu algum tipo de regulamentação energética para o setor residencial e comercial (LIU; MAYER; HOGAN, 2010). Nas décadas seguintes, os governos dos países desenvolvidos bem como dos países em desenvolvimento iniciaram políticas de redução do consumo de energia nas edificações (JANDA, 2009).

Atualmente, devido à globalização, o gerenciamento energético tem recebido atenção principalmente nos requisitos de eficiência e competitividade. Assim, faz-se necessária a adoção de medidas que proporcionem a racionalização no uso de energia, eliminando desperdícios. A racionalização energética nas edificações passou a ser prioritária, exigindo uma revisão dos padrões vigentes, sobretudo nos grandes centros urbanos, onde a concentração de edificações resulta numa demanda de energia bastante elevada.

De acordo com dados relativos ao perfil de consumo setorial de energia elétrica no Brasil em 2012 (Figura 2.1), no setor residencial o consumo de energia elétrica chega a 23,6% do total nacional, enquanto que os setores comercial e público correspondem a 16,0% e 8,0% respectivamente (EPE, 2013a). As edificações, considerando os setores residencial, comercial e de serviços, é o setor que apresenta o maior consumo com participação de 47,6%, à frente do setor industrial com 42,1%.

Figura 2.1 – Consumo de energia elétrica no Brasil em 2012, por setor



Devido à influência dos edifícios, em particular dos residenciais, no consumo de energia elétrica no Brasil e à semelhança do que acontece a nível mundial, em especial a partir das crises energéticas da década de 70, o setor residencial vem recebendo atenção de políticas públicas capazes de promover a melhoria da eficiência energética e reduzir o elevado consumo.

2.1.1 *Eficiência energética*

Os maiores gastos de energia numa edificação (condicionamento de ar, iluminação e aquecimento de água) se dão em função de trocas de calor não desejadas com o meio, seja ele excessivamente quente ou frio, ou no impedimento dessas trocas quando elas são necessárias levando em consideração ventos, iluminação visando o maior conforto possível do ambiente (PETRAGLIA et al., 2010). Outro gasto expressivo se dá na necessidade do aquecimento de grandes quantidades de água visando o conforto e no gasto excessivo de água em determinados equipamentos.

Deste modo, faz-se necessário minimizar esses gastos através da elaboração de projetos energeticamente eficientes, com uma arquitetura adaptada ao clima, considerando a iluminação natural integrada à artificial, na especificação de acabamentos e materiais adequados ao clima, no uso de ventilação natural, entre outros aspectos e posteriormente e com a implementação de técnicas ou utilização de certos equipamentos que nos dão suporte a isso.

O avanço tecnológico passou a oferecer equipamentos mais eficientes e o conceito de eficiência energética passou a vigorar no cotidiano das pessoas. De acordo com KAEHLER (1993) o conceito de eficiência energética está estritamente vinculado ao serviço energético disponibilizado e se refere à cadeia energética como um todo, isto é, desde a extração (por exemplo, extração de petróleo) ou transformação (por exemplo, geração hídrica) até o uso final (por exemplo, condicionador de ar).

Em edificações, o consumo de energia elétrica é necessário para atender aos requisitos de conforto dos usuários, tanto térmico quanto luminoso, e também em equipamentos de circulação (por exemplo, em elevadores e escadas rolantes),

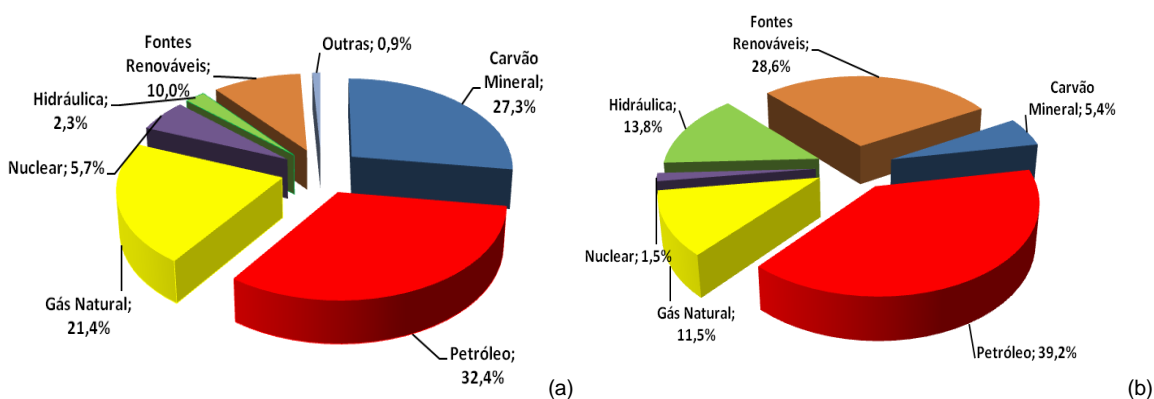
comunicação, entre outros. Com um bom planejamento, é possível construir um edifício que demande 45% menos energia comparativamente a outro com características equivalentes (MARTINEZ et al., 2009). Para tanto, é necessário adequar os recintos habitáveis às condições climáticas locais, usando materiais e técnicas apropriadas, tendo em vista o uso racional de energia (BRASIL, 1994). Existem também estudos aplicados à demanda final de energia por setor econômico, os quais se baseiam na maior eficiência energética de equipamentos mais modernos para reduzir o consumo de energia elétrica. Para o setor comercial estes estudos mostram que é possível diminuir a demanda de energia em até 50%, com projetos de edifícios energeticamente mais eficientes (PATUSCO 2003).

2.1.2 Oferta e consumo de energia elétrica no Brasil

.A matriz energética brasileira, energia ofertada à sociedade para produzir bens e serviços, é uma das mais limpas do mundo, já que 42,4% da oferta interna de energia têm sua origem em fontes renováveis (EPE, 2013a).

Na Oferta Interna de Energia no mundo (Figura 2.2a) as principais fontes de energia são o petróleo e seus derivados (32,4%), o carvão mineral (27,3%) e o gás natural (21,4%).

Figura 2.2 – Oferta interna de energia no mundo (a) e no Brasil (b)



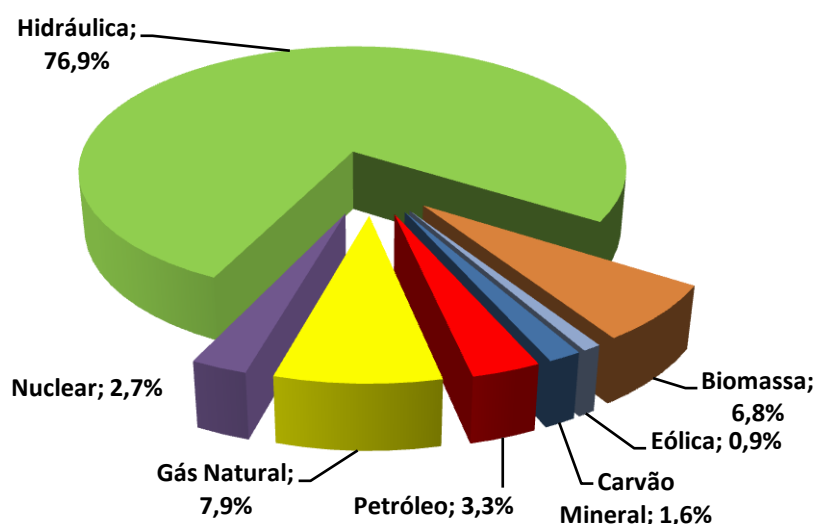
Fonte: EPE, 2013a.

No entanto, como pode ser observado na Figura 2.2b, entre as fontes renováveis da Oferta Interna de Energia do Brasil em 2012 pode-se destacar a participação da geração hidráulica de 13,8% e outras fontes renováveis de 28,6%. Os 57,6% restantes vem de fontes fósseis e outras não renováveis (petróleo e derivados – 39,2%, carvão mineral – 5,4%, gás natural – 11,5%, e Urânio – 1,5%).

A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores atingiram 552,5 TWh em 2012, resultado 3,9% superior ao de 2011. Permanece como principal a contribuição de centrais de serviço público, com 85,9% da geração total. Nestas, a principal fonte é a energia hidráulica, que apresentou uma redução de 2,6% na comparação com o ano anterior (EPE, 2013a). Deste modo, ao somar as importações líquidas de 40,3 TWh à geração interna permitiram uma oferta interna de energia elétrica é de 592,8 TWh, valor este 4,4% superior a 2011.

O Brasil apresenta uma matriz de geração elétrica de origem predominantemente renovável, com oferta interna de energia elétrica de origem hidráulica de 76,9% (Figura 2.3). No entanto, vale ressaltar o crescente aumento da produção de eletricidade a partir da fonte eólica, que em 2012 alcançou 5,1 TWh, o que representou um aumento de 86,7% em relação ao ano anterior, quando alcançou 2,7 TWh (EPE, 2013a).

Figura 2.3 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil



Fonte: EPE, 2013a.

Como pode ser observado na Tabela 2.1, o consumo de energia elétrica em 2012 foi de quase 500 TWh, sendo liderado pelos segmentos de comércio e serviços e residencial.

Tabela 2.1 – Consumo de energia elétrica por setor no biênio 2011-2012

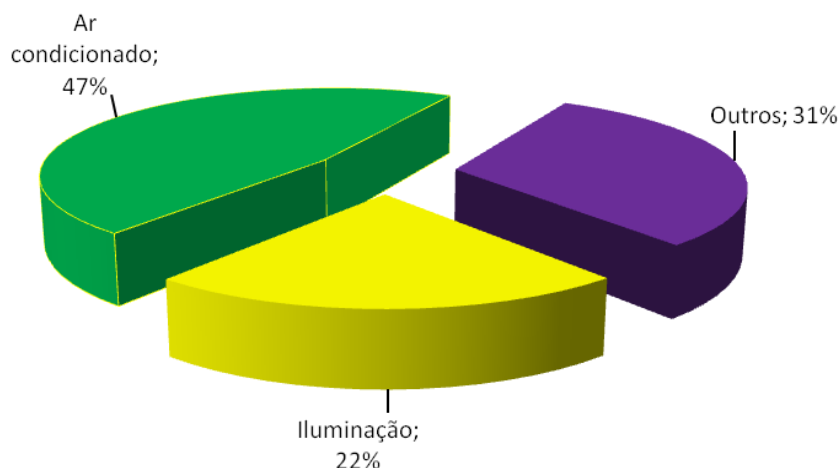
Setor de Consumo	Consumo				Δ % de 2011-2012
	2011		2012		
	GWh	%	GWh	%	
Industrial	209.390	43,5	209.622	42,06	0,1
Residencial	111.971	23,3	117.646	23,60	4,8
Comercial e Serviço	74.056	15,4	79.809	16,01	7,2
Público	38.171	7,9	39.919	8,01	4,4
Outros	47.380	9,9	51.403	10,32	9,8
Total	480.968	100,0	498.399	100,00	3,5

Nota: Outros = Setor energético, setor agropecuário e setor de transporte.
Fonte: EPE, 2013a.

O consumo de energia no setor de comércio e serviços liderou a expansão do consumo de energia com crescimento de 7,2% em 2012. Diversos indicadores setoriais corroboram este resultado, em especial o aquecimento das atividades do setor terciário da economia. A grande participação do setor de serviços na abertura de novos postos de trabalho, de 52% no total de empregos criados no país, resultando num saldo 4,3% maior do que em 2012 (EPE, 2013a; BRASIL, 2013b), é outro indicativo do aquecimento das atividades neste setor. Além disso, a maior movimentação no subsetor de turismo, do que é indicativo o crescimento de 6,5% no fluxo de passageiros nos aeroportos brasileiros (INFRAERO, 2013), repercute no consumo de energia dos segmentos de alojamento e alimentação. Nessas condições, o consumo de energia da classe comercial superou 79,0 TWh em 2012, correspondendo a 15,4% de toda a energia consumida na rede.

A distribuição do uso final de energia elétrica no setor comercial pode ser observada na Figura 2.4, sendo o maior uso atribuído ao sistema de ar condicionado.

Figura 2.4 – Uso final de energia elétrica no setor comercial e de serviços brasileiro



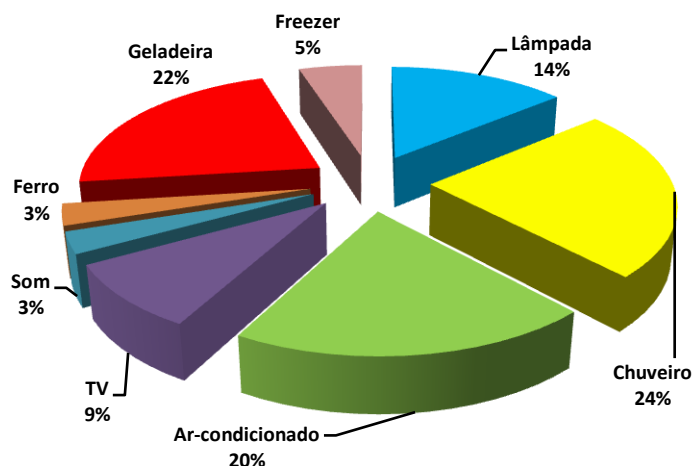
Fonte: LAMBERTS, 2007a

O consumo de eletricidade da indústria em 2012 totalizou 209,8 GWh, permanecendo praticamente inalterado frente ao registrado no ano anterior, (0,1%). A Pesquisa Industrial Mensal do IBGE mostra que a produção industrial reduziu 2,6% em 2012, redução que se observa na maioria dos subsetores, mas principalmente nos segmentos em que é intensivo o uso de eletricidade, como a cadeia da siderurgia e a da produção de alumínio.

Em 2012, a quantidade de energia elétrica utilizada no setor residencial ultrapassou 117,5 TWh, consumida em 61,7 milhões de residências. Em relação a 2011, o consumo cresceu 4,8% e o número de consumidores 3,2%, neste caso relacionado ao dinamismo do mercado imobiliário e às iniciativas de extensão do serviço de eletricidade. Em média, cada consumidor demandou 159 kWh por mês, 2% a mais do que no ano anterior (EPE, 2013a e 2013b). Dentre os fatores que contribuíram para sustentar essa dinâmica do consumo residencial de energia estão mercado de trabalho aquecido, aumento real da renda e expansão do crédito.

É possível perceber que os grandes responsáveis pelo consumo de energia elétrica no setor residencial (Figura 2.5) são o chuveiro elétrico com 24%, a geladeira com 22%, o ar condicionado com 20,0% e a iluminação artificial com 14% (LAMBERTS e CARLO, 2010).

Figura 2.5 – Uso final de energia elétrica das residências brasileiras.



Fonte: LAMBERTS, 2007a.

2.2 Políticas para eficiência energética de edificações: contexto mundial

Antes da década de 70, apenas alguns países tinham regulamentação no sentido de limitar o consumo de energia em edifícios, e os requisitos exigidos resumiam-se a medidas simples com foco no isolamento, muito diferentes dos abrangentes e complexos instrumentos regulatórios térmicos em uso em muitos países (JANDA e BUSCH, 1994; JANDA, 2009).

Em meados da década de 70 a maioria dos países chamados desenvolvidos introduziu algum tipo de regulamentação energética para o setor residencial e comercial (LIU, MEYER, HOGAN, 2010). Nas décadas seguintes, os governos tanto de países desenvolvidos como dos países em desenvolvimento iniciaram políticas com o objetivo de reduzir o consumo de energia nas edificações (JANDA, 2009).

Segundo Janda e Busch (1994), a França em 1960 foi pioneira no desenvolvimento de critério dirigido ao desempenho térmico do edifício como um todo (por oposição à abordagem prescritiva). Mais tarde em 1975, os cálculos de desempenho térmico aplicados evoluíram no sentido de incluir as perdas por infiltração de ar e, em 1980, já incluíram a contribuição dos ganhos térmicos resultante do sol e de fontes internas.

Com relação ao cenário mundial sobre a adoção de regulamentação energética podemos destacar os estudos realizados por Janda e Busch (1994) e Janda (2009). No estudo intitulado “Worldwide Status of Energy Standards for Buildings: a 2009 update” Janda avaliou, através de questionários, a situação de 81 (oitenta e um) países (Quadro 2.1). Os países, analisados com base na adoção de padrões energéticos para edificações, foram distribuídos em 4 (quatro) grupos: obrigatórios, misto e/ou voluntário, propostos e sem padrões (JANDA, 2009).

Dos 81 (oitenta e um) países que responderam o questionário, 41 (quarenta e um) deles tinham padrões obrigatórios, 20 (vinte) tinham padrões de natureza mista e/ou voluntários, 11 (onze) padrões propostos e 9 (nove) países não tinham qualquer tipo de padrão energético para edifícios (JANDA, 2009).

É importante destacar que dos 41 (quarenta e um) países com padrões obrigatórios, 27 (vinte e sete) situam-se na Europa, fato que comprova o pioneirismo deste continente no tema.

Para além da atividade de desenvolvimento de padrões energéticos para edifícios a nível nacional nos diversos países, Janda (2009) destaca que atividades similares estão acontecendo a nível internacional. Destaca-se a União Europeia com a aprovação da *Energy Performance Building Directive* (EPBD) em 2002. Merece ainda destaque a *International Standards Organization* (ISO) que criou um Comitê Técnico, o TC 205 *Building Environment Design* que está desenvolvendo projetos na área de eficiência energética e desempenho energético de edificações.

O crescimento de parcerias público-privadas (tais como o programa *Energy Stames* Estados Unidos e *Energy Efficiency Accreditation Scheme* no Reino Unido) e programas de certificação de organizações não governamentais (tais como o *Leadership in Energy and Environmental Design* - LEED da United States Green Building Council - USGBC) mudaram o cenário ampliando os objetivos para a indústria da construção e seus clientes (JANDA, 2008; WEC, 2008; URGE-VORSATZ, 2009).

O Quadro 2.1 resume a situação de alguns países quanto aos padrões energéticos.

Quadro 2.1 – Padrões energéticos de alguns países

Continente	Padrões energéticos			
	Obrigatório	Mista e/ou Voluntária	Proposto	Nenhum
África		África do Sul ⁽²⁾ Costa do Marfim ⁽²⁾ Egito ⁽³⁾	Marrocos ⁽²⁾ Argélia ⁽³⁾	Botsuana ⁽³⁾ Djibuti ⁽³⁾
América do Norte	México ⁽²⁾	Canadá ⁽³⁾ Estados Unidos ⁽³⁾		
América Latina	Chile ⁽³⁾ Jamaica ⁽³⁾		Brasil ⁽²⁾ Paraguai ⁽²⁾ Colômbia ⁽³⁾	Argentina ⁽³⁾ Costa Rica ⁽³⁾ Nicarágua ⁽³⁾ Uruguai ⁽³⁾ Venezuela ⁽³⁾
Ásia	Emirados Árabes ⁽¹⁾ Singapura ⁽²⁾ Vietnã ⁽²⁾ Cazaquistão ⁽³⁾ China ⁽³⁾ Coreia do Sul ⁽³⁾ Japão ⁽³⁾ Jordânia ⁽³⁾ Kuwait ⁽³⁾	Hong Kong ⁽²⁾ Filipinas ⁽²⁾ Índia ⁽²⁾ Indonésia ⁽²⁾ Malásia ⁽²⁾ Arábia Saudita ⁽³⁾ Israel ⁽³⁾ Líbano ⁽³⁾ Palestina ⁽³⁾ Paquistão ⁽³⁾ Rússia ⁽³⁾ Sri Lanka ⁽²⁾ Tailândia ⁽²⁾	Síria ⁽¹⁾	Bangladeche ⁽³⁾ Irã ⁽³⁾
Europa	Grécia ⁽¹⁾ Irlanda ⁽¹⁾ Alemanha ⁽³⁾ Áustria ⁽³⁾ Bulgária ⁽³⁾ Dinamarca ⁽³⁾ Eslováquia ⁽³⁾ Eslovênia ⁽³⁾ Espanha ⁽³⁾ Finlândia ⁽³⁾ França ⁽³⁾ Hungria ⁽³⁾ Itália ⁽³⁾ Lituânia ⁽³⁾ Luxemburgo ⁽³⁾ Noruega ⁽³⁾ Países Baixos ⁽³⁾ Polónia ⁽³⁾ Portugal ⁽³⁾ Reino Unido ⁽³⁾ República Romênia ⁽³⁾ Suécia ⁽³⁾ Suíça ⁽³⁾ Tcheca ⁽³⁾ Tunísia ⁽³⁾ Turquia ⁽³⁾	Bélgica ⁽³⁾	Chipre ⁽³⁾ Estônia ⁽³⁾ Letônia ⁽³⁾ Malta ⁽³⁾ Ucrânia ⁽³⁾	
Oceania	Austrália ⁽³⁾ Nova Zelândia ⁽³⁾	Guam ⁽²⁾		

Fonte: JANDA (2009).

Nota: (1) = Só residencial; (2) Só não residencial; (3) Ambos.

A seguir apresenta-se o cenário mundial, em relação à adoção de políticas energéticas, referentes a países situados no continente Europeu, Americano, Asiático, Africano e Oceania.

A escolha dos países do cenário mundial resultou de um conjunto de critérios, tais como: acesso a informação, nível de desenvolvimento, semelhanças climáticas, proximidade geográfica e experiência histórica relativamente à regulamentação do consumo de energia em edificações.

a) Políticas para eficiência energética de edificações na Europa

A maioria dos países europeus da chamada “Europa dos 15”² adotou o Código de Eficiência Energética em Edificações na década de 70 e atualmente todos apresentam códigos obrigatórios para novos edifícios residenciais e comerciais (LIU, MEYER e HOGAN, 2010).

Grande parte dos países começou com metodologias prescritivas³ simples, com foco na envoltória do edifício e aos poucos foram introduzindo métodos de desempenho⁴, com exigências de máximos de demanda de energia primária⁵ e requisitos para outros usos finais (resfriamento, ventilação, iluminação e aquecimento de água).

No final do século 20, para reduzir a dependência de gás e petróleo do exterior e cumprir o compromisso de redução das emissões de gases com efeito de estufa para 8 % abaixo dos níveis de 1990 até 2012, a Comunidade Europeia adotou um documento com diretrizes para atingir estas metas, a Diretiva Europeia do Desempenho Energético dos Edifícios (*Energy Performance of Buildings Directive - EPBD*), 2002/91/UE, publicada em 16 de dezembro de 2002.

Assim, a Diretiva 2002/91/CE (EPBD), impôs aos Estados Membros da União Europeia a emissão de Certificados Energéticos nos seguintes casos:

²Áustria, Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Portugal, Espanha, Suécia e Reino Unido.

³Método baseado na análise de simulações de um número limitado de casos através de regressão (BRASIL, 2013b).

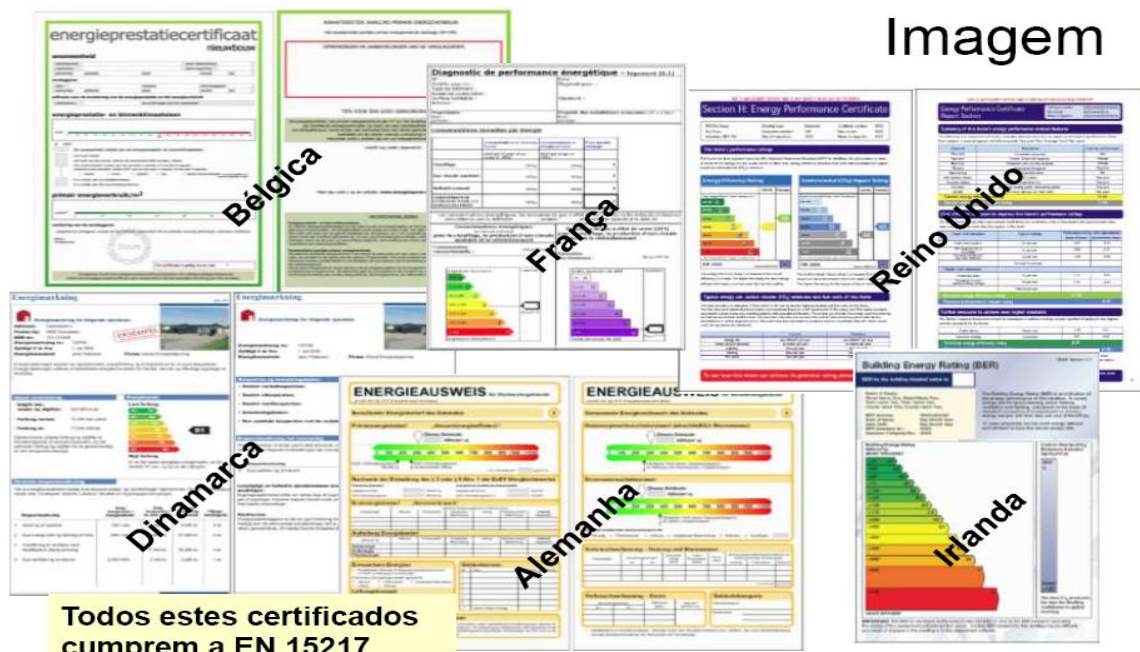
⁴Método cujo desempenho da envoltória da edificação é determinado por meio de simulação computacional, através da modelagem da geometria da edificação sob avaliação e simulações para duas condições: uma para a edificação quando naturalmente ventilada e outra para a edificação quando condicionada artificialmente (BRASIL, 2013b).

⁵Recurso energético que se encontra disponível na natureza (petróleo, gás natural, energia hídrica, energia eólica, biomassa, solar).

- Obtenção de licença de utilização em edifícios novos;
- Reabilitação importante de edifícios existentes (custo > 25% do valor do edifício sem terreno);
- Periodicamente para todos os edifícios públicos (de serviços) com mais de 1000m²;
- Quando da locação ou venda de edifícios residenciais e de serviços existentes (validade do certificado: máx. de 10 anos).

A Comissão Europeia de Normalização (CEN) pretendia com a publicação direcionar a forma como os diferentes países europeus deveriam tornar os seus edifícios mais energeticamente mais eficientes e determinar a obrigatoriedade de programas de certificação de edificações e avaliação de desempenho térmico em todos os seus países membros, até 2006. No entanto, não foi imposto um formato específico para a certificação energética de cada país, mas determinou-se que os certificados obedeceriam a certa uniformidade em termos de imagem e conteúdo de informação (Figura 2.6).

Figura 2.6 – Certificados de eficiência energética de países da Comunidade Europeia



Fonte: ADENE, 2012.

Na União Europeia, a maioria dos Países Membros desenvolveu sistemas para controle e/ou monitorização da emissão dos certificados para garantia do

controle de qualidade dos certificados emitidos, manutenção de bases de dados sobre o processo de Certificação, monitorização da taxa de implementação das recomendações produzidas quando da emissão dos certificados e monitorização da evolução da qualidade energética do setor.

A seguir será apresentada, mais detalhadamente, a política energética de alguns países da Comunidade Europeia.

Alemanha

Segundo a *Deutsche Energie-Agentur GmbH* (Agência Alemã de Energia) 75% dos edifícios existentes na Alemanha foram construídos antes de 1979, o que implica em alto consumo de energia com sistemas de iluminação e principalmente condicionamento de ar, além da ausência do uso de materiais isolantes em envoltórias.

Em 2007, com a nova versão da prescrição normativa alemã, a obrigatoriedade dos certificados energéticos abrange não só as edificações novas como também as existentes, cujo foco principal é a intenção de utilizar o certificado para informar ao usuário o desempenho energético atual da edificação além dos seus potenciais de melhoria. Os certificados para estas edificações devem ser emitidos independentemente dos edifícios terem sofrido reformas ou obras de retrofit, bastando apenas que entrem no mercado imobiliário. Ou seja, tendo o proprietário o desejo de alugar ou vender o seu imóvel este deve primeiro ser certificado, como forma de garantir que o novo usuário esteja ciente do desempenho energético da edificação que irá ocupar (CUNHA, 2008; DENA, 2012).

Espanha

Na Espanha a transposição da Diretiva Europeia se realizou mediante reformulações no quadro regulamentar espanhol, no qual foram incluídos novos requerimentos no setor de edificações, relativos ao consumo de energia, iluminação, isolamento, calefação, climatização, água quente sanitária e utilização da energia solar (CONSTRUMÁTICA, 2011).

O CTE inclui o Documento Básico Economia de Energia, onde se estabelecem cinco exigências de eficiência energética e energias renováveis que deverão ser cumpridas pelos novos edifícios e os que sofrerem reformas, que são: limitação de demanda energética; rendimento das instalações térmicas; eficiência energética das instalações de iluminação; contribuição solar mínima de água quente Sanitária e contribuição fotovoltaica mínima de energia elétrica.

Para qualificar a Eficiência Energética de uma habitação ou edifício, o Código estabelece a opção prescritiva ou de desempenho.

França

A França em 1960 começou a construir uma verdadeira política de gestão da energia. Nesta época, dois eixos bem definidos de política energética foram fixados pelo governo francês: pelo lado da oferta dever-se-ia desenvolver a energia nuclear para a produção de eletricidade; pelo lado da demanda, dever-se-ia gerenciar o consumo. Em 1974, com a criação da Agência para a Conservação de Energia (*Agence pour les Économies d'Énergie* - AEE), os meios correspondentes ao último eixo foram imediatamente implantados com a lei sobre a conservação de energia, a regulamentação sobre o isolamento térmico das edificações e as temperaturas de aquecimento para o condicionamento ambiental. Este organismo foi encarregado de conceber e de implantar a política governamental sobre a demanda de energia (ORNSTEIN et al., 1995; CEPAL, 2010).

A ADEME é responsável pela regulamentação de eficiência energética em edificações. A eficiência energética das Edificações residenciais e comerciais é avaliada através do certificado de desempenho energético, obrigatório para imóveis novos ou imóveis construídos que serão alugados ou colocados à venda. Os parâmetros para avaliação são definidos pelo decreto de 15 de setembro de 2006, alterado posteriormente pelos decretos de 04 de maio de 2009, 11 de outubro de 2010 e 21 de março de 2011. As principais informações disponíveis no certificado de desempenho energético são o consumo anual de energia primária (kWh/m²/ano), as emissões de CO₂ (kgCO₂g/m²/ano), as principais características térmicas e construtivas da edificação e as quantidades e custos anuais referentes ao consumo

de energia final de cada processo (MINISTÈRE DE L'EMPLOI DE LA COHÉSION SOCIALE ET DU LOGEMENT, 2006).

Itália

Na Itália, a certificação é obrigatória desde 1992 por meio do Decreto Legislativo nº 192, o qual utilizou como base os princípios de desempenho energético já introduzidos pela Lei 10/91 e visa a emissão de certificados para edificações novas, restauradas ou reconstruídas. No entanto, só em 2009, após a aprovação de um regulamento, estabelecendo os métodos de cálculo e limites mínimos para o desempenho energético de edifícios e sistemas de aquecimento de água é que esta obteve êxito em sua aplicação (ALFONSO, 2011).

A certificação tornou-se efetiva a partir de julho de 2009, quando entraram em vigor as Diretrizes Nacionais para a Certificação Energética de Edifícios (*Linee Guida Nazionali per La Certificazioni Energética Degli Edifici*) que com 8 anexos, dispõe sobre a aplicação da certificação e sua acessibilidade aos cidadãos que estão construindo, reformando, comprando ou alocando imóveis. Em suma, objetiva fornecer informações sobre a qualidade energética dos edifícios e munir usuários de ferramentas acessíveis, de fácil compreensão, valorizando a relação custo-benefício de se aplicar estratégias de incremento da eficiência energética em edificações. (ALLEGATO, 2009 apud ALFONSO, 2011).

Portugal

Portugal implantou em 1990 o seu regulamento energético, considerando as diversas regiões do seu território no continente e de suas possessões no Atlântico. O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), aprovado pelo Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de fevereiro, foi o instrumento legal a indicar os níveis de desempenho de edifícios novos e de grandes remodelações e pretendia limitar potenciais de consumos sendo, portanto, pouco exigente nos seus objetivos. Isso em função da viabilidade econômica para atender as exigências de qualidade térmica da envolvente dos edifícios (HORTA, 2006).

Portugal, com a finalidade de atender os objetivos da Diretriz Europeia e melhorar a eficiência energética das edificações implementou em 2006 o Sistema

Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar nos Edifícios (SCE), com a revisão dos dois regulamentos: Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) e Regulamento dos Sistemas energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). A nova versão do RCCTE impõe limites aos consumos energéticos das edificações, fixa as condições ambientais de referência para cálculo dos consumos energéticos nominais, segundo padrões típicos admitidos como as médias prováveis, para a temperatura ambiente, ventilação e garantia de uma qualidade do ar interior aceitável. O Regulamento ampliou suas exigências, definindo também valores para taxas de renovação de ar (HORTA, 2006; PORTUGAL, 2006; FERNANDES, 2009).

Reino Unido

A primeira vez que o Reino Unido incluiu algo sobre eficiência energética em suas regulamentações para edifícios foi em 1974, com o objetivo de conservar seus estoques de combustíveis. Em 1984 o objetivo passou a ser conservação de combustíveis e eletricidade. Em 1991, novas mudanças no cenário mundial levaram o foco da regulamentação à eficiência energética de edifícios residenciais e não residenciais, para o controle de emissões de CO₂, buscando evitar a perda de calor através de controle e efficientização dos sistemas de iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água.

Os certificados energéticos das edificações no Reino Unido são fruto da Diretiva Europeia 2002-91-CE, que estabelece condições relativas ao desempenho energético dos edifícios. Os certificados são obrigatórios para todas as edificações com área igual ou superior a 1000m², desde 30 de dezembro de 2008 (DEPARTAMENT PF FINANCE AND PERSONNEL, 2008).

b) Políticas para eficiência energética de edificações na América do Norte

Estados Unidos

Os Estados Unidos foram os pioneiros no desenvolvimento dos códigos nas Américas e suas normas têm influenciado várias outras. Após a crise de energia da década de 70 vários Estados americanos desenvolveram um código em eficiência energética de edificações e, em 1975, nos Estados Unidos foi aprovado o Ato pela Conservação e Produção de Energia (*Energy Production and Conservation Act – APCA*), mas a institucionalização da política da racionalização de energia só foi ocorrer em 1977 com os Planos Energéticos Nacionais – NEP 1 e 2 e a criação do Departamento do Estado para a Energia – DOE (KAEHLER, 1993; GOULART, 2005).

Um grande marco nos EUA foi o “*Energy Policy Act*”, de 1992, com o qual cada Estado foi obrigado a revisar seu Código em eficiência energética para edificações comerciais de modo que este equivalesse ou superasse as exigências da norma ASHRAE Standard 90.1-1989 ou do *Model Energy Code*. A norma ASHRAE 90.1 passaria a constituir a base para a definição de medidas de poupança energética em edifícios comerciais (incluindo os edifícios verticais multiresidenciais) e o *Model Energy Code* (MEC), que mais tarde foi substituído pelo *International Energy Conservation Code* (IECC) do *International Code Council*, base para o setor residencial, para moradias e edifícios de até três pisos.

Atualmente, o código IECC abrange tanto edificações comerciais como residenciais, enquanto a norma ASHRAE 90.1 diz respeito apenas a edifícios comerciais e residenciais multifamiliares⁶.

A *Standard 90, Energy Conservation in New Building Design*, da *American Society Of Heating, Refrigerating And Air-conditioning* (ASHRAE) foi a primeira norma de eficiência energética em edificações, elaborada como parte do programa dos EUA de incentivo à eficiência energética. Ela evoluiu para a *Standard 90.1*, para edificações comerciais e residenciais multifamiliares⁷ e a *Standard 90.2*, para edificações residenciais (ASHRAE, 2010).

Desde a sua publicação, em 1975, o standard ASHRAE 90-1 passou por várias publicações, sendo a versão mais atual a de 2010 e o IECC, que foi publicado

⁶ Os edifícios unifamiliares e multifamiliares de até 3 pavimentos são regulados pela norma ASHRAE 90.2 – Energy Efficient Design of Low Rise Residential Building.

⁷ Os edifícios unifamiliares e multifamiliares de até 3 pavimentos são regulados pela norma ASHRAE 90.2 – Energy Efficient Design of Low Rise Residential Building.

pela primeira vez em 1998 com base no MEC de 1995, tem como versão mais recente a de 2012.

Canadá

Os códigos canadenses são formulados pelo *National Research Council* (NRC) e propostos para adoção pelos estados. O código proposto pelo NRC é o *Model National Energy Code of Canada for Buildings*, indicado para todas as edificações que não se enquadram no *Model National Energy Code of Canada for Houses*, incluindo edificações residenciais verticais (acima de 3 pavimentos) e edificações não residenciais. Baseia-se em extensivas análises de custo benefício, considerando clima, tipos de combustíveis, custos da energia e custos na construção.

É composto pelos requisitos obrigatórios para o envoltório, iluminação artificial interna e externa, condicionamento do ambiente e sistema de aquecimento de água. Depois de atendidos os requisitos obrigatórios, pode-se optar por utilizar o método prescritivo ou o método de desempenho da edificação (OFFICE OF THE AUSTRALIAN BUILDING CODES, 2000).

México

O México foi um dos primeiros países da América Latina a adotar o Código de Eficiência Energética. O marco regulatório mexicano, no que diz respeito à eficiência energética de edificações compreende essencialmente ao conjunto de Normas Mexicanas que assumem dois tipos: as *Normas Oficiales Mexicanas* (NOM) e as *Normas Mexicanas* (NMX). As primeiras são de caráter obrigatório, enquanto as segundas são de caráter voluntário, a menos que sejam referenciadas em alguma NOM.

A norma mexicana para edifícios não residenciais NOM 008 de 1995 (Eficiência energética em Edificações, envoltória de edifícios não residenciais) foi atualizada em 2001. Ela eliminou a opção prescritiva, mantendo somente a opção de cálculo dos ganhos térmicos do edifício proposto, que não devem ultrapassar os ganhos térmicos do edifício de referência na situação de verão/primavera. A edificação de referência deve ser semelhante à proposta, porém com um percentual

de janelas na fachada de 40%, coeficiente de sombreamento igual a 1, além de outras características que variam de acordo com o clima. Depois de construída, a edificação deve apresentar uma etiqueta de eficiência energética no seu hall de entrada, com a razão entre o seu ganho térmico global e o ganho térmico global da edificação de referência (COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA, 1995; COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA, 2001).

Recentemente, em 2011, entrou em vigor a norma NOM-020-ENER-2011 (Eficiência energética em edificações, Envoltória de edifícios para habitação), cujo objetivo é limitar os ganhos de calor nos edifícios para uso residencial através de sua envoltória, com o objetivo de minimizar uso de energia nos sistemas de resfriamento. Essa norma se aplica para os edifícios residenciais novos e para aqueles que passarem por ampliações (CONUEE, 2012).

c) Políticas para eficiência energética de edificações na Ásia

O continente asiático é regionalizado em cinco partes, quais sejam, Extremo Oriente, Sul da Ásia, Sudeste da Ásia, Países da ex-União Soviética e Oriente Médio. Grandes diferenças climáticas, culturais, linguísticas, construtivas, econômicas, sociais e políticas são marcantes e transparecem na variedade de normas.

Japão

Dada à elevada dependência energética do Japão, o país foi fortemente afetado pela crise do petróleo de 1973. Desde essa época que a eficiência energética é um assunto prioritário no país, que apresenta uma das economias mais eficientes do mundo, tomando como indicador a intensidade energética (SHIEL, JEFFERS e DYAR, 2011).

A primeira lei japonesa sobre uso racional de energia data de 1979, embora inicialmente contemplasse apenas o setor industrial, foi incorporando medidas de melhoria de eficiência energética para edifícios nas suas revisões, sendo a última de 2008. Em sua última versão consta uma seção sobre edifícios que enfatiza medidas

para prevenção da perda de calor através de paredes, janelas, etc. e a qualidade dos materiais fornecidos para isto; além da necessária eficiência de aparelhos de ar condicionado, ventiladores, sistema de aquecimento de água, etc. Tais medidas são obrigatórias para edifícios em reforma, ampliação ou construção com área de piso igual ou maior que 2.000m² (SHIEL, JEFFERS e DYAR, 2011).

Para aprovação da obra os responsáveis (proprietários) devem apresentar um relatório de medidas de economia de energia; depois da obra concluída, devem enviar relatórios periódicos sobre a manutenção destas medidas. Os administradores de edifícios comerciais podem ser submetidos a uma auditoria energética gratuita organizada pelo "*Energy Conservation Center*" nacional. Os fabricantes são orientados de forma técnica para melhoria de desempenho de seus produtos e são estimulados a participarem do programa voluntário de etiquetagem para conservação de energia. Em todos estes aspectos tem existido suporte técnico do Centro de Eficiência Energética do Japão (*Energy Efficiency Center of Japan*), um centro não governamental apoiado por indústrias existente desde 1978 (ASIA BUSINESS COUNCIL, 2007).

Atualmente, o Japão tem três códigos do consumo energético em edifícios, um dirigido ao setor comercial e dois para o setor residencial. A norma do setor comercial intitula-se "Critério para Clientes sobre a Racionalização de energia em Edifícios" (CCREUB). Para o setor residencial, o Japão apresenta as normas "Orientações de projeto para racionalização do uso de energia em residências" e "Critérios para Clientes sobre a Racionalização de energia em residências" (CCREUH).

Hong Kong

O Código de Obras de Hong Kong de 1995 indica que a edificação deve atender a um valor geral de transferência térmica (OTTV) indicado no *Code of Practice of OTTV for Buildings* para edificações comerciais e hotéis. O Código de Obras de Hong Kong define edificações comerciais como sendo escritórios, lojas, lojas de departamentos, ambientes de entretenimento coletivo, restaurantes, outras edificações com objetivos de comércio exceto hotéis, edifícios industriais, escolas, estacionamentos, locais de armazenamento e edificações como subestações e

similares (BUILDING AUTHORITY OF HONG KONG, 1995; HONG KONG GOVERNMENT, 1997).

As variáveis consideradas no cálculo do OTTV são área de superfícies opacas, transparentes e total, coeficiente de sombreamento da superfície transparentes, fator solar, diferença de temperatura equivalente da superfície opaca, absorvidade e transmitância térmica da superfície opaca, sendo as superfícies opacas paredes ou coberturas e as transparentes, aberturas envidraçadas verticais ou zenitais (HONG KONG GOVERNMENT, 1997).

No ano de 2000, o Código foi renovado a fim de estabelecer novos e mais rigorosos limites de OTTV, sendo diferenciados para duas volumetrias: as que se assemelham a torres (verticais) e as que se assemelham a pódios (horizontais) (HONG KONG GOVERNMENT, 2000).

d) Políticas para eficiência energética de edificações na Oceania



Austrália

Na Austrália, há um órgão central com poder para regular as edificações, porém, cada estado ou província tem poder de adotar sua própria regulamentação. O *Building Code of Australia*, elaborado pelo *Australian Building Code Board* é referenciado por todos os estados e províncias, com pequenas variações entre si.

Em 2002, o *Australian Capital Territory* e o *Victorian* tratavam da eficiência energética de edifícios com características de habitação (residenciais unifamiliares, multifamiliares verticais, hotéis, motéis, asilos) e de uso misto (residência anexada a edifício comercial).

Do pacote de medidas previsto para a melhoria da eficiência energética das edificações, a principal foi à atualização do Código de obras da Austrália (BCA), em 2010, com a inclusão de requisitos de eficiência energética mais severa (ABCB, 2011b).

Ao longo dos últimos anos, muito empenho foi destinado à melhoria de desempenho de edificações residenciais australianas, mas pouco se tem dito sobre as outras tipologias. Segundo informações do *Australian Building Codes Board*

(ABCB, 2008), emendas para estabelecer um código referencial para edifícios não residenciais em nível nacional foi proposto em 2006.

e) Políticas para eficiência energética de edificações na África

No continente africano um dos países pioneiros no desenvolvimento de um código de desempenho energético de edifícios foi a Costa do Marfim. Países do Norte da África, tais como Tunísia e o Egito têm programas relacionados com padrões energéticos em edificações, enquanto a Argélia e Marrocos estão em processo de desenvolvimento e adoção. Na África do Sul vigoram padrões mistos/voluntários e está em desenvolvimento um padrão de eficiência energética para edifícios para o setor residencial e comercial no âmbito da política nacional de eficiência energética (IWARO e MWASHA, 2010a).

f) Política para eficiência energética de edificações na América Latina

No tocante à eficiência energética, os países latino-americanos apresentam obstáculos específicos à implementação de ações de efficientização energética nos setores público e privado. Algumas barreiras existentes na América Latina são (1) a defasagem da indústria latino-americana; (2) a falta de capacitação técnica; (3) poucas fontes de financiamento para projetos de eficiência energética e a (4) a falta de estruturação de programas e legislação voltados para eficiência energética (BRASIL, 2011c).

Apesar da diversidade dos países latinos americanos, quanto às ações de eficiência energética, a atenção o estímulo à eficiência energética ainda não é satisfatória, comparada aos demais continentes.

Jamaica

O Código de Construção de Eficiência Energética (EEBC) foi desenvolvido pelo Bureau of Standards Jamaica (BSJ) e declarado padrão nacional voluntário em

1994. Ele está basicamente dividido em duas seções, a primeira trata dos requisitos de eficiência energética em edifícios e casas e a segunda apresenta os benefícios e os padrões de eficiência energética (BSJ, 2012).

Chile

O principal documento do marco regulatório chileno no que diz respeito à eficiência energética em edificações é o Decreto Lei nº 458, Lei geral de Urbanismo e Construções publicado pela primeira vez em 1976 e revisto mais recentemente em 2010 (CHILE, 2010). De caráter obrigatório, este documento estabelece os requisitos a serem cumpridos pelos projetos de urbanismo e de construção.

Os requisitos definidos na OGUC, de natureza prescritiva, aplicam-se tanto a novas construções dos setores residencial e comercial como a edificações existentes que passam por reforma e/ou ampliação.

Argentina

O marco regulatório argentino quanto à regulamentação energética de edificações tem tido desenvolvimento expressivo nos últimos anos. Merece destaque o Decreto Presidencial 140/07, no qual fica definida a criação do Programa Nacional de Uso Racional e Eficiente de Energia (PRONUREE) destinado a melhorar a eficiência energética dos setores consumidores de energia, sob o comando da Secretaria de Energia do país.

Esse documento estabelece padrões para novas edificações e para edificações existentes, sendo de caráter voluntário em todo o país com exceção da Província de Buenos Aires onde o seu cumprimento é obrigatório (PROVINCIA BUENOS AIRES, 2010).

Venezuela

Em relação à eficiência energética em edificações, o país ainda está num estágio inicial relativamente ao desenvolvimento de um marco regulatório. Apesar da inexistência de legislação nacional no sentido de exigir medidas de eficiência

energética nas edificações, o município Maracaibo no Norte do País está em vigor a regulamentação *Ordenanza sobre Calidad Térmica de Edificaciones en el Municipio Maracaibo* (OCATEM). O instrumento legal foi publicado em 2005 e tem caráter obrigatório. A sua finalidade é garantir que as condições de projeto e construção de novas edificações proporcionem condições térmicas confortáveis para os ocupantes com redução do consumo de energia elétrica com ar condicionado (VENEZUELA, 2005; 2009).

A seguir apresenta-se a situação brasileira com mais detalhes por se tratar do contexto do estudo.

2.3 Políticas para eficiência energética de edificações: contexto brasileiro

O Brasil possui desde 1985 programas de eficiência energética, reconhecidos internacionalmente, como o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização de uso dos Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Mesmo antes destes, ainda em 1975, o Grupo de Estudos sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) organizou, em colaboração com o Ministério das Minas e Energia, um seminário sobre conservação de energia, tratando-se, portanto de uma iniciativa pioneira no país (CABRAL, 2006).

O PROCEL foi criado pela Portaria interministerial nº 1.877, de 1985, tendo o objetivo de “racionalizar o uso de energia elétrica e, como decorrência da maior eficiência, propiciar o mesmo produto ou serviço com menor consumo, eliminando desperdícios e assegurando redução global de custos e de investimentos em novas instalações no sistema elétrico”. De fato, estima-se que o custo médio do programa de conservação seria de 25% a 30% mais barato do que o custo marginal da expansão da matriz energética (CABRAL, 2006).

Em 1993, o PROCEL foi uma das linhas mestras da Campanha Nacional Contra o Desperdício de Energia lançada pelo Ministério das Minas e Energia, tendo um dos seus projetos de maior êxito a concessão anual do Selo PROCEL de Economia de Energia. A ideia era estimular a fabricação de equipamentos e eletrodomésticos mais eficientes e competitivos.

A primeira iniciativa no âmbito de legislações para promover a eficiência energética no país surgiu como consequência da crise de energia de 2001, quando foi sancionada a Lei Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia” (BRASIL, 2001a).

Em seguida, o Decreto nº 4.059 de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001b) regulamentou a Lei estabelecendo “níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, bem como as edificações construídas”. Apontou também a necessidade de “indicadores técnicos e regulamentação específica” para níveis de eficiência energética no país. O Decreto criou o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e, especificamente para edificações, o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (GT- MME) para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil visando ao uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2001b).

Em 2003 foi lançado o Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações (PROCEL Edifica) que desenvolve e apoia projetos na área de conservação de energia em edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, sendo estabelecidas seis vertentes de ação: arquitetura bioclimática, indicadores referenciais para edificações, certificação de materiais e equipamentos, regulamentação e legislação, remoção de barreiras à conservação da energia e, por fim, educação. Essas atividades incluem pesquisas e apoio à produção de novas tecnologias, materiais e sistemas construtivos, além de estimular o desenvolvimento de equipamentos eficientes, utilizados em edificações. Para tanto, são desenvolvidas bases de dados climáticos e estudos de posse e hábitos de uso de eletrodomésticos, em âmbito regional; estimuladas a produção de bibliografias e ferramentas de avaliação das condições de conforto e consumo de energia de diferentes tipologias arquitetônicas, nas oito regiões bioclimáticas brasileiras, com o objetivo de apoiar estudos e ampliar o nível de conhecimento técnico do setor. Junto às universidades, são realizados projetos de capacitação de laboratórios e oferecidas bolsas de pesquisa (BRASIL, 2011c).

Em junho de 2004 foi assinado o Convênio entre a Eletrobrás e a Universidade Federal de Santa Catarina, convênio ECV 007/2004 PROCEL / UFSC,

para desenvolvimento da base técnica para esta regulamentação. A partir dos estudos desenvolvidos verificou-se que as várias soluções eficientes de projeto (envoltória) em conjunto com o uso de equipamentos eficientes podem levar estas soluções para diferentes níveis de classificação de eficiência do edifício. Diante desse quadro, o GT optou por desenvolver uma regulamentação para etiquetagem de edifícios, em vez de uma norma de prescrições mínimas, pois pode trazer um diferencial de mercado para edificações mais eficientes.

No final de 2005 foi criada a Secretaria Técnica de Edificações (ST Edificações), responsável pelas questões técnicas que envolvem os indicadores de eficiência energética, sendo coordenada pelo Programa PROCEL⁸ e contando com a participação de IMAM, IAB, CBIC, Caixa Econômica e várias Universidades (UFSC, UnB, UFMG, UFRJ, etc.).

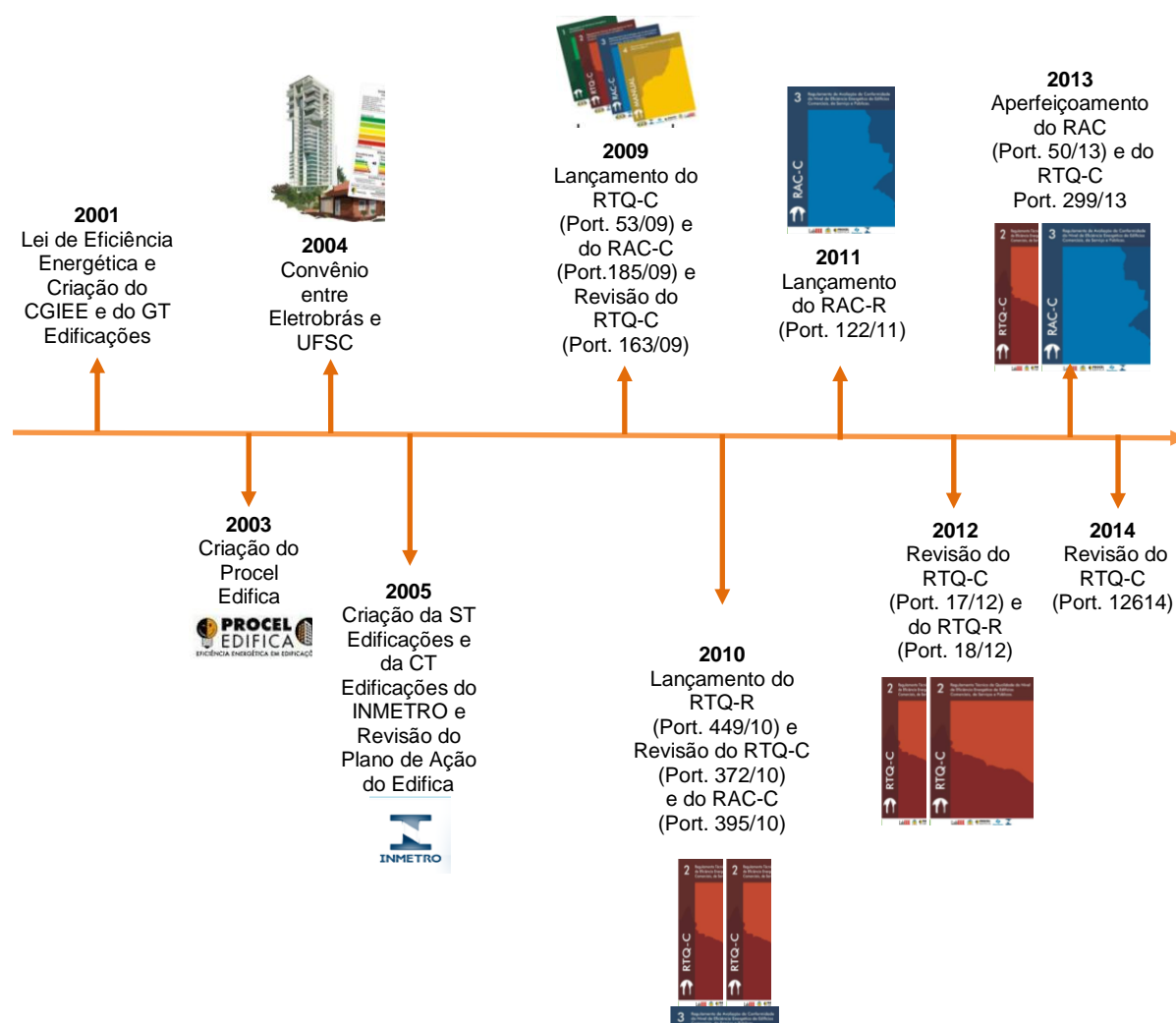
Em 2006, o INMETRO foi incluído no processo através da criação da Comissão Técnica de Edificações, onde é discutido e definido o processo de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e em setembro do mesmo ano, na quarta reunião do GT-MME, a versão experimental do texto da regulamentação de etiquetagem de nível de eficiência de edifícios foi aprovada pelo CGIEE.

A Figura 2.7 apresenta a cronologia das ações que culminaram nas legislações brasileira de etiquetagem, desde a primeira iniciativa com a lei da Eficiência Energética em 2001, até a última revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações (RAC), que se aplicam às Edificações residenciais, Comerciais, de Serviços e Públicas novas ou existentes, em 2013.

Conforme pode ser observado, as regulamentações para Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos e para Edifícios Residenciais ocorreram em 2009 e 2010, respectivamente.

⁸ Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica criado em 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, transformado em Programa de Governo sob a coordenação executiva da ELETROBRÁS.

Figura 2.7 – Histórico das ações para etiquetagem no Brasil



A etiquetagem de equipamentos e edifícios é um mecanismo utilizado em diversos países do mundo e têm sido responsável por uma grande parcela da conservação de energia conseguida. O Brasil vem conseguindo excelentes resultados no que diz respeito aos equipamentos, cujo regulamento é compulsório e tem contribuído para retirar do mercado produtos ineficiente.

Os equipamentos voltados para as edificações, no entanto, ainda possuem resultado pouco expressivos no sentido de modificar praticas construtivas ineficientes consolidadas no mercado, devido ao pouco tempo de existência e ao caráter voluntário.

2.4 Normas e regulamentações brasileiras de eficiência energética em edifícios

A regulamentação brasileira para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações quanto à eficiência energética, sendo o objetivo da regulamentação criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética das edificações.

A classificação das edificações pode ser realizada através de dois métodos: o Prescritivo e o de Simulação. O Método Prescritivo se caracteriza pela adoção de equações, tabelas e parâmetros limites, onde é obtida uma pontuação que indica o nível de eficiência parcial dos sistemas e total do edifício. O Método de Simulação utiliza um programa de simulação computacional, onde o desempenho do edifício é comparado ao desempenho de edifícios referenciais de acordo com o nível de eficiência. O nível de eficiência da edificação e/ou dos sistemas é indicado na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e a concessão da etiqueta de eficiência energética é realizada através do INMETRO.

Para obter a classificação geral do edifício, as classificações por requisitos devem ser avaliadas, resultando numa classificação final que varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Para isso, pesos são atribuídos para cada requisito, e de acordo com a pontuação final, é obtida uma classificação geral que também varia de A a E. Os pesos ficaram distribuídos da seguinte forma: 30% para o sistema de iluminação, 40% para o sistema de condicionamento de ar e 30% para a envoltória. Os equivalentes numéricos adotados (EqNum) para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos no Quadro 2.2.

Quadro 2.2 - Equivalente numérico (EqNum) para cada nível de eficiência

Nível de eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

2.4.1 *Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos*

As metodologias para a classificação do nível de eficiência energética de edifícios comerciais são: os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) que se encontram definidos nas portarias publicadas pelo INMETRO.

Como pode ser observado na Figura 2.8, o RTQ-C e o RAC-C foram lançados em 2009, através das Portarias Nº 53 de 27 de fevereiro de 2009 (BRASIL, 2009a) e Nº185 de 22 de junho de 2009, respectivamente (BRASIL, 2009c). O RTQ-C passou por quatro revisões: Portaria Nº 163 em 08 de julho de 2009 (BRASIL, 2009b), Portaria Nº 372 em 17 de setembro de 2010 (BRASIL, 2010a), Portaria Nº 17 em 16 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012a) e Portaria Nº 299 em 19 de junho de 2013 e o RAC-C por duas revisões: Portaria Nº 395 em 11 de outubro de 2010 (BRASIL, 2010b) e Portaria Nº 50 em 01 de janeiro de 2013 (BRASIL, 2013a).

O RTQ-C aplica-se a edifícios condicionados, parcialmente condicionados e não condicionados. Edifícios de uso misto, tanto residencial e comercial, como residencial e de serviços ou residencial e público, devem ter suas parcelas não residenciais avaliadas separadamente.

Por meio da aplicação do procedimento descrito no RTQ-C é possível a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE, a qual especifica o nível de eficiência que alcança a edificação, classificando-a entre os níveis A (mais eficiente) e E (menos eficiente).

A ENCE poderá ser fornecida em três momentos: para o projeto da edificação, para a edificação pronta depois de obtido o “*habite-se*” e finalmente para edificação existente após reforma.

A obtenção da classificação geral da edificação somente será alcançada quando analisados todos os sistemas que compõem a edificação: envoltória, iluminação e ar condicionado; caso contrário, pode-se optar pela classificação parcial dos sistemas de iluminação, e/ou ar condicionado desde que a envoltória já tenha sido avaliada. Uma equação pondera estes sistemas através de pesos e ainda permite somar à pontuação final bonificações que podem ser adquiridas com uso de

energia renovável, cogeração e racionalização do consumo de água. Tais iniciativas poderão receber até um ponto na classificação geral.

2.4.2 Regulamento técnico da qualidade do nível de eficiência energética de edificações residenciais

O Regulamento da Qualidade para do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R) e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RAC-R), como para os edifícios comerciais, de serviços e públicos, a classificação do nível de eficiência energética de edifícios residenciais foram definidos através de portarias publicadas pelo INMETRO⁹.

O RTQ-R foi lançado em 2010, com a Portaria Nº 449 de 25 de novembro de 2010 (BRASIL, 2010c) e revisado pelas Portarias Nº 18, de 16 de janeiro (BRASIL, 2012b) e Nº 126, de 19 de março de 2014 (BRASIL, 2014). Por outro lado, o RAC-C foi aprovado pela Portaria Nº 122, de 15 de março de 2011 (BRASIL, 2011a) e, recentemente, em fevereiro de 2013 foi revisado pela Portaria Nº 50, que estabelecer os critérios para o Programa de Avaliação da Conformidade de Eficiência Energética de Edificações, tanto para Edificações Residenciais quanto para Comerciais, de Serviços e Públicos.

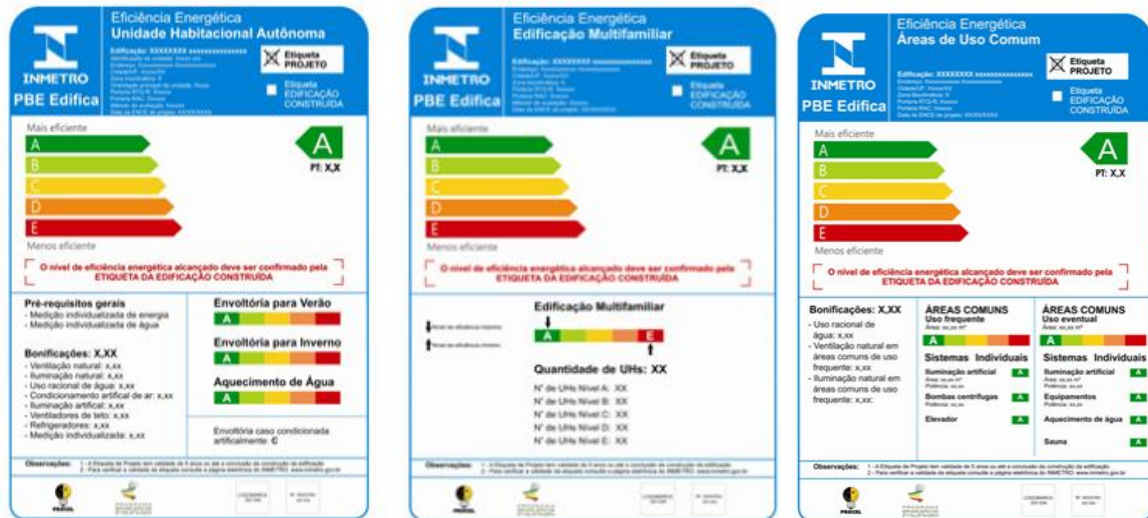
A estrutura do regulamento é dividida em três grupos para avaliação:

- a) Unidades habitacionais autônomas: edificações unifamiliares e unidades autônomas de edificações multifamiliares;
- b) Edificações multifamiliares: edifícios de apartamentos e condomínios horizontais;
- c) Áreas de uso comum de condomínios residenciais.

Cada um destes grupos pode receber uma etiqueta, conforme a Figura 2.8.

⁹ Para que o edifício possa ser classificado conforme o RTQ-R deve atender às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) vigentes e aplicáveis.

Figura 2.8 – Modelo da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para edifícios residenciais



Fonte: ELETROBRÁS, 2013

No que se refere às unidades habitacionais autônomas e às edificações unifamiliares, a classificação se baseia na avaliação do desempenho térmico da envoltória e na eficiência do sistema de aquecimento de água, podendo a pontuação final ser acrescida de bonificações, iniciativas que aumentam a eficiência da unidade habitacional de até 1 (um) ponto na classificação geral da unidade habitacional.

As edificações multifamiliares, por sua vez, são classificadas a partir da ponderação da avaliação de suas unidades habitacionais autônomas constituintes.

As áreas de uso comum são classificadas a partir da avaliação da eficiência do sistema de iluminação artificial, do sistema de aquecimento de água, dos elevadores, das bombas, dos equipamentos e das bonificações.

O RTQ-R estabelece, para edificações multifamiliares, como pré-requisito geral para os níveis A ou B, a medição individualizada de eletricidade e da água das unidades habitacionais autônomas, exceto em edificações construídas antes da publicação do regulamento.

A aplicação do RTQ-R não garante a eficiência energética de um edifício, pois maiores níveis de eficiência podem ser alcançados a partir de estratégias definidas em projeto e iniciativa de membros ligados à execução da edificação, sendo eles: arquitetos, engenheiros e empreendedores. Os usuários da edificação

também são determinantes para alcançar altos níveis de eficiência através de seus hábitos e consumo de energia, diminuindo assim o desperdício (INMETRO, 2012).

Como para as Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos, de acordo com a pontuação final obtida atribui-se uma classificação que varia do nível A ao E, sendo o nível de eficiência de cada requisito equivalente a um número de pontos correspondentes.

O texto do Regulamento é estruturado em seis partes. A primeira traz as definições, símbolos e unidades. A segunda trata dos objetivos do regulamento; dos pré-requisitos gerais e dos procedimentos para a determinação da eficiência. A terceira aborda as Unidades Habitacionais Autônomas, estabelecendo os critérios para avaliação da Envoltória, do Sistema de aquecimento de água e das Bonificações. Enfoca a Envoltória levando em consideração os pré-requisitos (transmitância térmica, ventilação natural e iluminação natural) e os procedimentos para determinação da eficiência da envoltória (opção do método prescritivo e de simulação).

A quarta e quinta partes tratam de edificações unifamiliares e multifamiliares, respectivamente abordando os procedimentos para determinação da eficiência. A sexta parte aborda as Áreas de Uso Comum, dispõem sobre os pré-requisitos, procedimento e bonificações das áreas comuns de uso frequente e de uso eventual.

O RTQ-R apresenta dois métodos de classificação: o método prescritivo e o método de simulação computacional. No método prescritivo, o desempenho da unidade habitacional (UH) é determinado pelo seu equivalente numérico (EqNumEnv) estabelecido através das equações de regressão múltipla para unidades habitacionais autônomas, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada (Figura 2.9). O equivalente numérico de desempenho térmico da envoltória a ser utilizado para o cálculo da pontuação geral da UH deve ser o referente à eficiência quando naturalmente ventilada.

Figura 2.9 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: ABNT, 2005b

O método prescritivo também estipula pré-requisitos que devem ser atendidos por ambiente e seu não atendimento implica na classificação “C” (EqNum = 3) da unidade habitacional autônoma. Os pré-requisitos relacionados à envoltória são definidos por Zona Bioclimática (ABNT, 2005b) e se referem às transmitâncias e absorvâncias térmicas das paredes externas e coberturas, e às condições das aberturas para ventilação e iluminação naturais.

O equivalente numérico da envoltória deve ser obtido para aquecimento (EqNumEnvAmb_A) para as zonas bioclimáticas de 1 a 4 e para resfriamento (EqNumEnvAmb_{Resfr}) para as zonas 1 a 8, conforme a Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Equivalente numérico a ser obtido de acordo com a zona bioclimática

EqNumEnv	Zona bioclimática							
	1	2	3	4	5	6	7	8
EqNumEnv _{Resfr}	X	X	X	X	X	X	X	X
EqNumEnv _A	X	X	X	X				

O equivalente numérico deve ser calculado para os ambientes de permanência prolongada, que correspondem aos ambientes de ocupação contínua incluindo sala de estar, sala de jantar, sala íntima, dormitório, escritório, sala de TV ou de uso similar aos citados. Ponderando-se os equivalentes numéricos pela área útil dos ambientes avaliados obtém-se o equivalente numérico da unidade habitacional para aquecimento ou resfriamento.

Para obtenção do $\text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}}$ é calculado o indicador de graus hora para resfriamento GHR (em °C.h) e para o EqNumEnv_A é calculado o indicador de consumo relativo para aquecimento CA (em kWh/m². ano), de acordo com a zona bioclimática (BRASIL, 2009).

Para cada zona bioclimática há uma tabela com faixas de valores para estes indicadores, que correspondem a um equivalente numérico variando de 1 a 5. Cada equivalente numérico, por sua vez, corresponde a um nível de eficiência que varia de “A” a “E” (mais eficiente ao menos eficiente) de acordo com o Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Relação entre nível de eficiência e equivalente numérico

Equivalente Numérico	Nível de eficiência
5	A
4	B
3	C
2	D
1	E

Nas zonas bioclimáticas de 5 a 8 em que é necessário o cálculo do equivalente numérico apenas para resfriamento, o equivalente numérico da unidade habitacional é obtido diretamente através deste. Nas zonas 1 a 4 em que são calculados os equivalentes numéricos para aquecimento e resfriamento, o equivalente numérico da unidade habitacional é obtido através de distribuição de pesos de acordo com a zona bioclimática, conforme a Tabela 2.2. Para a zona 4, por exemplo, multiplica-se o $\text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}}$ por 0,68 e o EqNumEnv_A por 0,36. A soma dos valores obtidos resultará no equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional.

Tabela 2.2 – Distribuição de pesos de acordo com a zona bioclimática.

Zona bioclimática	EqNumEnv _{Resfr}	EqNumEnv _A
1	0,08	0,92
2	0,44	0,56
3	0,64	0,36
4	0,68	0,32

Para os sistemas de aquecimento de água são avaliados os sistemas elétrico, a gás, solar e bomba de calor. Havendo mais de um sistema instalado, o equivalente numérico final é obtido através da ponderação da eficiência obtida para cada sistema pela respectiva demanda de água quente.

O nível de eficiência de sistemas de aquecimento solar pode ser obtido através de simulação ou de método prescritivo, sendo este último baseado no método de cálculo proposto pela norma brasileira *Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto* - NBR 15.569 (ABNT, 2008).

Para sistemas de aquecimento a gás (Gás Natural - GN ou Gás Liquefeito de Petróleo - GLP) e elétrico de acumulação, o nível de eficiência é obtido de acordo com a classificação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE (BRASIL, 2009).

Para sistemas de aquecimento elétrico de passagem, nos quais estão incluídos os chuveiros elétricos, o nível de eficiência é obtido de acordo com a potência (W) do aparelho. Para sistemas que utilizam bombas de calor, o nível de eficiência é obtido de acordo com o coeficiente de performance (COP) do equipamento (em unidades de W/W).

Os itens de bonificação são relativos à iluminação e ventilação natural, ao uso racional de água, ao condicionamento artificial de ar, à iluminação artificial, ao uso de eletrodomésticos eficientes (ventilador de teto e refrigerador) e à medição individualizada de água.

2.5 Eficiência energética na arquitetura

O desempenho térmico e energético de edificações é um fator importante, notadamente no setor residencial. Uma edificação projetada para o clima no qual está inserida torna-se confortável, além de economizar energia.

O partido projetual, a orientação da edificação, os materiais de composição de sua envoltória¹⁰, as áreas de aberturas e os elementos de fachada, enfim, toda a constituição do edifício pode e irá afetar o seu comportamento energético, após a construção. Isto porque estes fatores serão responsáveis pelas trocas térmicas entre ambientes externos e internos e, simultaneamente, pela captação de iluminação e ventilação natural de forma direta ou indireta. Tais trocas físicas, entre os meios externos e internos, determinarão o conforto ambiental incidente sobre os usuários da edificação, que quando em desconforto recorrerão a equipamentos e instalações que auxiliem na promoção de um ambiente agradável. Ou seja, um projeto que não leve em consideração o desempenho energético do edifício construído pode promover o uso desnecessário de sistemas artificiais de climatização e iluminação e, conseqüentemente, resultar no excessivo consumo de energia elétrica ao longo de sua vida útil (ROCHA, 2004).

a) Forma e orientação

A forma e a geometria da edificação possuem influencia no consumo de energia, principalmente em edificações ventiladas naturalmente. Além de determinar as áreas de superfícies verticais e horizontais da envoltória de troca de calor entre os ambientes internos e externos, também influencia na quantidade de luz e de calor (MOSSORÓ, 1985).

Há recomendações clássicas, como as de Olgyay (1963) que ressaltam as formas alongadas para climas quentes e as formas compactas para climas frios, com vistas de ampliar ou reduzir superfícies para a troca de calor, respectivamente. No entanto, Pedrini e Lamberts (2003) destacam que a influencia da forma e da

¹⁰A envoltória, segundo o RTQ-R, é o conjunto de planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, tais como fachadas, empenas, cobertura, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem. Não incluídos pisos, estejam eles ou não em contato com o solo.

geometria no consumo energético está relacionada também às características da envoltória da edificação.

A forma da edificação deve respeitar a orientação solar mais favorável ao local. Antes de projetar os espaços do empreendimento, deve-se analisar as condições da orientação solar do terreno, conforme análises qualitativas e quantitativas dos lotes. Dessa forma, deve ser observado qual é a orientação solar de cada face limite do terreno.

Segundo Serra (1989) as principais características da forma que influenciam o desempenho das edificações em função do clima são:

- Compacidade: relação entre a área de superfície externa e volume do edifício;
- Porosidade: proporção entre volumes cheios e vazios em termos de planta baixa;
- Esbeltez: fator de alongamento do volume no sentido de sua verticalidade;
- Assentamento: grau de assentamento do edifício sobre o solo.

Mascaró (1985) estabelece relações entre a carga térmica recebida por uma edificação e a sua forma e orientação, enfatizando que a importância da orientação em relação à radiação solar está associada à latitude local. Pedrini e Lamberts (2003) complementam que as relações entre a forma, a orientação e a carga térmica recebida pelas edificações dependem também do desempenho da envoltória.

No cálculo do desempenho térmico utilizando o RTQ-R, as equações não contemplam o fator de forma, sendo esta avaliada indiretamente.

b) Fechamentos

Segundo LAMBERTS (2013), as trocas de energia (luz e calor) entre os meios exterior e interior acontecem através da envoltória do edifício, constituída por paredes e cobertura. As paredes das fachadas e coberturas externas recebem grandes cargas térmicas, e a variação diária de temperatura pode ser elevada, dependendo do material, da cor e da orientação.

Deste modo, é conveniente distinguir os fechamentos em dois tipos: fechamentos opacos e fechamentos translúcidos ou transparentes (aberturas), sendo a principal diferença entre eles a sua capacidade ou incapacidade de transmitir a radiação solar para o ambiente interno (Transmitância Térmica) ¹¹.

A intensidade do fluxo de calor pelo material depende da sua condutividade térmica, propriedade dependente da densidade do material. A espessura do fechamento determina o tempo que o calor levará para atravessá-lo. Assim, a transmissão de calor nos fechamentos opacos demora algum tempo (normalmente algumas horas), enquanto nos fechamentos transparentes é quase instantânea.

b.1) Fechamentos Opacos

Em fechamentos opacos somente há transmissão de calor quando existe uma diferença de temperatura entre as superfícies interna e externa. O sentido do fluxo de calor será sempre da superfície mais quente para a mais fria. Para melhor entendimento do fenômeno, pode-se subdividi-lo em três fases:

1ª fase – troca de calor com o meio

Nesta fase a parede externa receberá calor do meio por convecção e radiação. A radiação incidente, parte será refletida e parte absorvida, cujo valor dependerá respectivamente da refletividade (ρ) e da absorvidade (α) do material. A absorção é uma característica superficial do material de construção e varia com sua cor e brilho.

O Quadro 2.5 apresenta alguns materiais utilizados na construção civil e algumas cores, por exemplo, 0,7 quer dizer que 70% da radiação incidente será absorvida e os 30% será refletida.

¹¹ A *Transmitância Térmica* é 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.

Quadro 2.5 – Absortividade¹² de cores e superfícies

Tipo de superfície		Absortividade (α)
Chapa de alumínio (nova e brilhante)		0,05
Chapa de alumínio (oxidada)		0,15
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)		0,25
Caiçãõ nova		0,12 / 0,15
Concreto aparente		0,65 / 0,80
Telha de barro		0,75 / 0,80
Tijolo aparente		0,65 / 0,80
Reboco claro		0,30 / 0,50
Revestimento asfáltico		0,85 / 0,98
Pintura:	branca	0,20
	amarela	0,30
	verde claro	0,40
	verde escuro	0,70
	vermelha	0,74
	preta	0,97

Nota: ABNT, 2005a

2ª fase – condução através do fechamento

Considerando a elevação da temperatura da superfície externa do fechamento, haverá um diferencial entre esta e a temperatura da superfície interna, que se traduzirá na troca de calor entre as duas. Segundo LAMBERTS (2013), nesta fase a troca térmica será por condução e a intensidade do fluxo de calor pelo material dependerá da condutividade térmica (λ), que é a propriedade que depende da densidade do material e representa sua capacidade de conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo.

O Quadro 2.6 pode ser observado o valor da condutividade térmica de alguns materiais, quanto maior for λ , maior será o calor transmitido entre as superfícies.

¹² Ou Absortância.

Quadro 2.6 – Condutividade térmica de alguns materiais

Material	Condutividade térmica λ[W/mK]
Concreto	1,50
Tijolo	0,65
Madeira	0,14
Isopor	0,03

Fonte: LAMBERTS et al., 2013.

Outro fator importante é a espessura do fechamento, através da qual se calcula o valor da resistência térmica, propriedade do material em resistir à passagem de calor. Esse fator pode reduzir consideravelmente as trocas de calor em elementos opacos empregando materiais de baixa condutividade ou fechamentos com múltiplas camadas.

Cada camada que compõe um fechamento apresenta uma resistência térmica diferente. O inverso da resistência total do fechamento (resistência das superfícies interna e externa) é sua transmitância térmica (U), através da qual se pode avaliar o comportamento de uma superfície opaca em relação à transmissão de calor.

Outra característica importante dos fechamentos é a inércia térmica¹³. O material armazena calor em seu interior em consequência de sua massa térmica, quanto maior a massa térmica, maior o calor retido, podendo ser devolvido ao ambiente quando a temperatura do ar for menor que a da superfície.

3ª fase – troca de calor com o meio interior

Com o aumento da temperatura das superfícies internas as trocas térmicas ocorrerão por convecção, dependendo da resistência superficial interna do fechamento (R_{si}), e por radiação, dependendo da emissividade superficial do material (ϵ).

Corbella e Yannas (2003) enfatizam a importância do conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção e das leis básicas de

¹³Inércia térmica é a capacidade que tem os corpos de permanecer no estado em que se encontram.

transferência de calor para se prever a resposta de uma edificação às variações climáticas do local onde esta inserida, visando especificar materiais que possam obter o conforto térmico e, conseqüentemente o baixo consumo energético.

No RTQ-R (BRASIL, 2012b) o parâmetro “fechamentos opacos” é, inicialmente, avaliado em relação aos pré-requisitos da envoltória, através da verificação dos valores da transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada em relação ao estabelecido para a Zona Bioclimática em que a edificação se localiza. Posteriormente, no cálculo da equação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional este parâmetro compõe várias parcelas da equação, tais como, absorvância de superfície externa de cobertura (α_{cob}), absorvância externa das paredes externas (α_{par}), presença de fechamento superior voltado para o exterior (cob), nível da capacidade térmica (CT_{alta} e CT_{baixa}), capacidade térmica da cobertura (CT_{cob}), capacidade térmica das paredes externas (CT_{par}), existência de paredes externa no ambiente (P_{amb}) e transmitância térmica da cobertura, paredes externas e vidro (U_{cob} , U_{par} e U_{vid}).

b.2) Fechamentos Translúcidos ou Transparentes (aberturas)

O RTQ-R define como sendo aberturas todas as áreas da envoltória do edifício, abertas ou com fechamento translúcido ou transparente (que permitam a entrada da luz e/ou ar) incluindo, por exemplo, janelas, painéis plásticos, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro), paredes de blocos de vidro e aberturas zenitais (BRASIL, 2012b).

As principais trocas térmicas em uma edificação acontecem geralmente nas aberturas, que compreendem janelas, aberturas zenitais e qualquer outro elemento transparente ou translúcidos na arquitetura.

A orientação das superfícies transparentes define o horário e a época da exposição do ambiente à radiação solar direta. Já o tamanho da abertura determina a quantidade de trocas térmicas. Na hora de dimensionar as aberturas deve-se levar em conta, além das trocas térmicas, a iluminação natural do ambiente (GOULART, 2012).

Nas aberturas ocorrem os três tipos básicos de trocas térmicas: condução, convecção e radiação. Nas duas primeiras, o comportamento é semelhante ao dos fechamentos opacos, ocorre a transmissão de calor se há uma diferença de temperatura entre suas superfícies interior e exterior, acrescentando aos transparentes a possibilidade do controle das trocas de ar entre interior e exterior, basicamente ao abri-los e fechá-los. Porém, a radiação que incide sobre os fechamentos transparentes constitui o principal problema nos períodos quentes, já que a parcela de calor é diretamente transmitida para o interior.

O vidro e similares, ao receber a radiação solar absorvem, refletem ou transmitem dependendo do comprimento de onda do raio incidente. A parcela absorvida pelo vidro se converte em calor e pode ser reemitida, tanto para o exterior quanto para o interior, na forma de radiação de onda longa e a parcela refletida será maior quanto maior for o ângulo de incidência da radiação solar.

Toda edificação necessita de quantidades adequadas de ventilação e iluminação natural. Existem dois tipos de ventilação nas edificações: a higiênica e a térmica. A ventilação higiênica tem caráter permanente, pois é necessária a qualquer hora e em todas as épocas do ano. Já a ventilação térmica é necessária apenas quando o ar interior da edificação está mais quente que o ar exterior e está causando desconforto ao calor (ROSA, SEDREZ e SATTTLER, 2001).

Segundo Sattler (2004) e Lamberts et al.(2013) as principais estratégias para uma ventilação adequada são:

- Promover a ventilação cruzada – ar que entra deve ter alguma saída oposta;
- Aberturas de entrada de ar localizadas nas zonas dos ventos predominantes;
- Ventilação mais adequada é aquela em que o fluxo de ar entra pelos dormitórios e sai pela parte de serviço;
- Abertura de entrada de ar deve estar situada mais baixa que a de saída– o ar quente tende a subir;
- No inverno é interessante manter uma ventilação higiênica, ou seja, acima do nível da cabeça do usuário, junto ao forro.

No RTQ-R este parâmetro é, inicialmente, avaliado em relação aos pré-requisitos da envoltória, através da verificação do percentual de abertura para

ventilação natural, da existência de abertura em mais de uma fachada do ambiente (ventilação cruzada) e do acesso à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada. Posteriormente, no cálculo da equação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional este parâmetro compõe as parcela que verificam a orientação da fachada da abertura (A_b), a área da abertura da fachada (A_{Ab}) e a proporção da abertura para ventilação em relação à abertura do vão (F_{vent}).

d) Proteções Solares

As proteções solares em aberturas das edificações são recursos importantes para a redução dos ganhos térmicos. Porém, deve-se tomar cuidado para não prejudicar demais a iluminação natural dos espaços internos.

A proteção solar pode ser interna ou externa. As internas são basicamente as cortinas ou persianas, de fácil manuseio, pois é só abrir ou fechá-las de acordo com a necessidade, porém a desvantagem, no caso dos climas quentes, é de não evitar o efeito estufa, pois radiação solar que as atinge se transforma em calor, permanecendo no ambiente interno (LAMBERTS et al., 1997).

A proteção externa é formada por elementos utilizados com a finalidade de bloquear a radiação direta dos raios solares sobre as aberturas bem como impedir a penetração de chuvas nos ambientes. As proteções solares externas são varandas, marquises, sacadas, beirais, toldos, pergolas, combogos, brises, películas refletivas, prateleiras de luz externa, etc. Tais elementos externos funcionam como elementos compositivos da fachada e devem ser concebidos visando a linguagem arquitetônica do edifício. Frota (2004) ressalta o uso de brises como um recurso de composição de grande riqueza quanto ao resultado estético e, ao mesmo tempo, destaca o controle da insolação como valioso meio para a redução do uso da energia elétrica com os sistemas de condicionamento térmico artificial.

No RTQ-R o parâmetro proteção solar é avaliado no cálculo da equação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional na parcela que define a presença de dispositivos de proteção solar externos às aberturas (somb).

2.6 Brasília

Brasília é a sede dos três principais ramos do governo brasileiro e hospeda 124 embaixadas estrangeiras. A cidade também abriga a sede de muitas das principais empresas brasileiras. A política de planejamento da cidade foi feita com a localização de prédios residenciais em grandes áreas urbanas, a construção da cidade através de enormes avenidas e a sua divisão em setores.

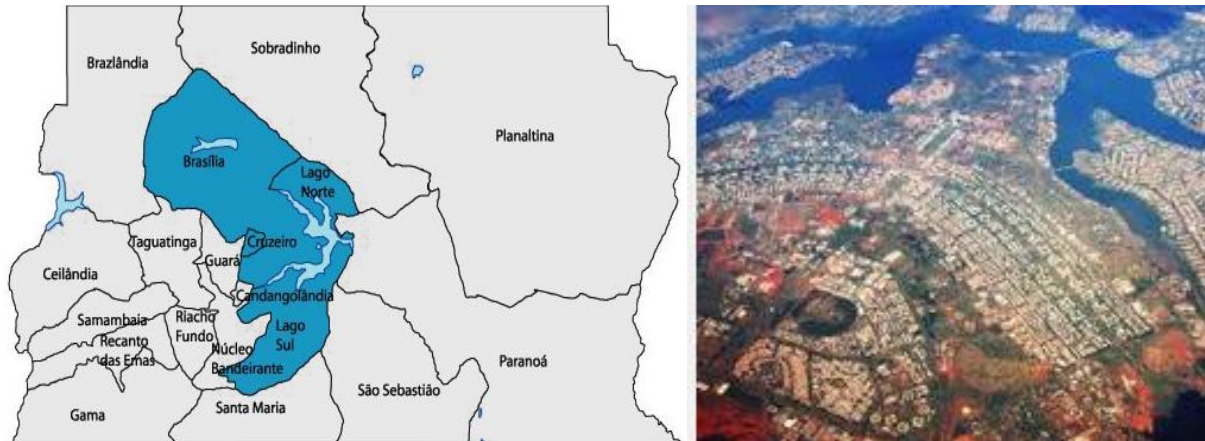
2.6.1 Características climáticas e geográficas

A cidade de Brasília está localizada na região Centro-Oeste do país, no Planalto Central (Figura 2.10), a 15°50'16" sul, 47°42'48" Oeste, em uma altitude de cerca de 1.200 metros acima do nível do mar, com relevo plano, apresentando algumas leves ondulações. Possui uma área de 5.802 Km², e no censo de 2010, sua população era de 2.570.160 habitantes, sendo, então, a quarta cidade brasileira mais populosa (IBGE, 2012).

Quanto à classificação climática, segundo a classificação de Köppen, Brasília apresenta-se como um clima tropical de altitude caracterizando-se por grandes amplitudes diárias e duas estações definidas: quente-úmida (verão) e seca (inverno). A estação chuvosa começa em outubro e termina em abril, representando 84% do total anual. A estação seca vai de maio a setembro, sendo que, no trimestre mais seco (junho/agosto), e a precipitação representa somente 2% do total anual. Em termos totais anuais, a precipitação média no Distrito Federal varia entre 1.200 mm e 1.700 mm (CAMPOS, 2004).

A temperatura média anual varia de 18° a 22°C, sendo os meses de setembro e outubro os mais quentes, com médias superiores a 22°C. Considera-se o mês de julho o mais frio, com temperaturas médias que variam entre 16 e 18°C (FONSECA, 2001).

Figura 2.10 – Localização da cidade de Brasília e Plano Piloto



Fonte: www.fotos-imagens.net

A umidade relativa do ar cai de valores superior a 70%, no início da seca, para menos de 20%, no final do período. Coincidindo com o período mais quente, nos meses de agosto e setembro, a umidade pode chegar a 12%, secura típica de deserto (FONSECA, 2001).

A cidade encontra-se na Zona Bioclimática 4 (ABNT, 2005b), para a qual são feitas as seguintes recomendações com relação à arquitetura residencial:

- Aberturas médias para ventilação (de 15 a 25% da área de piso)
Necessário sombreamento das aberturas;
- Vedações externas¹⁴: parede pesada; cobertura leve e isolada;
- Estratégias de condicionamento térmico passivo: no verão, resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento; ventilação seletiva nos períodos quentes em que a temperatura interna é superior à externa; no inverno, aquecimento solar da edificação e vedações internas pesadas (inércia térmica).

14

Vedações externas		Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico - φ Horas	Fator solar - FS _o %
Parede	Pesada	U ≤ 2,20	φ ≥ 6,5	FS _o ≤ 3,5
Cobertura	Leve isolada	U ≤ 2,00	φ ≤ 3,3	FS _o ≤ 6,5

2.6.2 Construção de Brasília

A construção de Brasília tem íntima relação com a questão nacional, pois sua construção simbolizou a construção de um novo Brasil (GOMES, 2008). Mudar a capital era sonho antigo na história do Brasil, segundo Costa e Medeiros (2009), desde 1750 existem registros sugerindo a transferência da capital do Brasil para o centro do território. Inicialmente o objetivo era ocupar as grandes áreas do interior e garantir a posse e posteriormente passou a ser questões político-estratégicas e de segurança (BICALHO, 2011). Com a Proclamação da República, em 1889, a interiorização transformou-se em lei constitucional. Em 1891, a primeira Constituição da República estabeleceu uma área de 14.400 km² no planalto brasileiro para a construção da nova capital federal. No ano seguinte, o presidente Floriano Peixoto decidiu enviar uma comissão técnico-científica, chefiada pelo astrônomo e geógrafo Luiz Cruls, para delimitar o local exato para a cidade.

O relatório Cruls publicado em 1894, contendo mais de 300 páginas, se tornou um dos mais completos relatos sobre a região do Planalto (CRULS, 1995). Segundo Fonseca (2001), a área demarcada e denominada de Quadrilátero Cruls recebeu oficialmente o nome de Distrito Federal.

Em 1922, nas comemorações do centenário da independência do Brasil, foi lançada a Pedra Fundamental da nova capital no Morro de Centenário, a 9 km de Planaltina. Na Constituição promulgada em 1946 estava previsto que um novo estudo sobre região fosse feito. Em 1948 o presidente Eurico Gaspar Dutra nomeou a Comissão chefiada pelo general Djalma Poli Coelho, que, depois de dois anos, chegaram à conclusão de que a área demarcada pela Missão Cruls era a ideal para a nova capital. Em 1955, o presidente Café Filho delimitou uma área de 50 mil quilômetros quadrados, onde hoje é o atual Distrito Federal (BRASIL 2012).

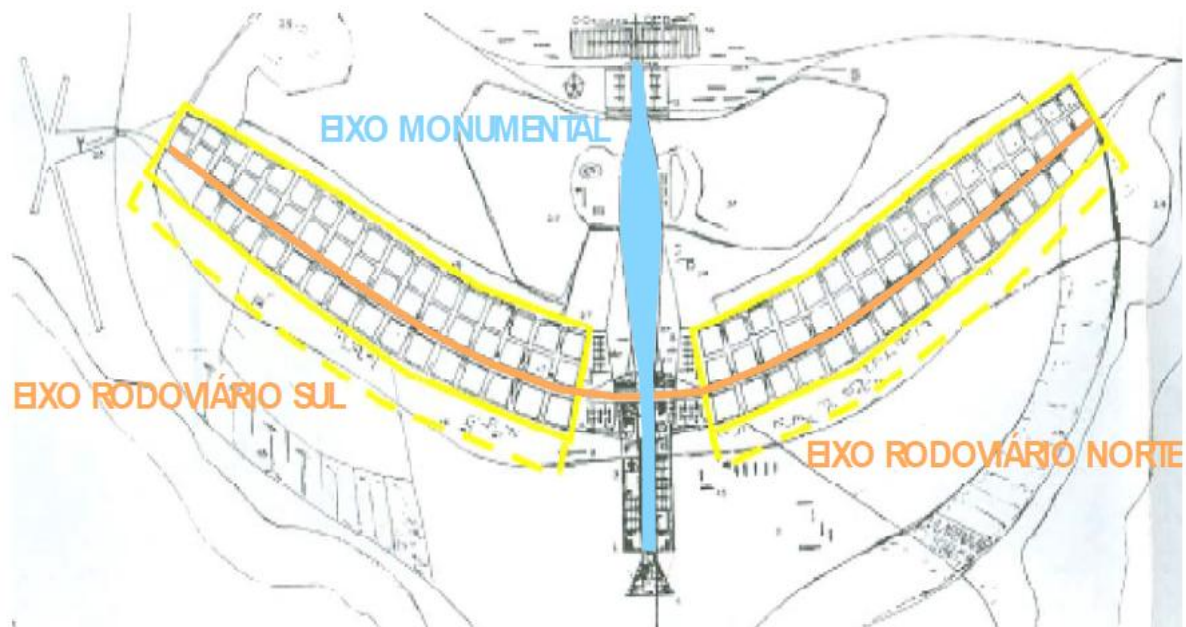
No ano seguinte, o então presidente Juscelino Kubitschek de Oliveira começou o processo de instalação da Nova Capital. Depois de um concurso, a equipe do urbanista Lúcio Costa e o grupo de arquitetos encabeçado por Oscar Niemeyer passou a projetar Brasília.

2.6.3 A concepção do Plano Piloto

Brasília foi criada seguindo os preceitos da Carta de Atenas, documento redigido no Congresso Internacional de Arquitetura Moderna por Le Corbusier, em 1933, que ressalta o zoneamento seletivo segundo uma divisão de áreas em quatro funções: circular, habitar, recrear e trabalhar (NUNES, 2010).

O projeto de Lúcio Costa para a nova capital federal teve como ponto de partida “dois eixo cruzando-se em ângulo reto, ou seja, o próprio sinal da cruz” (COSTA, 1987). O Plano Piloto é cortado de Norte a Sul pelo chamado “Eixão”, que tem função circulatória-tronco, com pistas centrais de alta velocidade (Figura 2.11). E, de Leste a Oeste pelo chamado “Eixo Monumental”, que recebeu o centro cívico e administrativo, o setor cultural, o centro comercial e de diversões e o setor administrativo municipal.

Figura 2.11 – Projeto de Plano Piloto apresentado no concurso



Fonte: CARPINTERO, 1998

A solução encontrada para o setor residencial foi a criação das superquadras, projetadas para abrigar os moradores da cidade. Entre elas, encontram-se quadras comerciais e de serviços, formando um pequeno núcleo autossustentável (Figura 2.12). São essas quadras comerciais que abrigam grande

parte dos restaurantes, bares, lojas e prestadores de serviço de Brasília (NUNES, 2010).

Estruturalmente, uma superquadra é um conjunto de edifícios residenciais sobre pilotis ligados entre si por um acesso comum, ocupando uma área delimitada, que seria respaldada pela utilização de elementos como uma faixa de 20 m de vegetação, envolvendo uma área de 240 m x 240 m, totalizando 280 m x 280 m em cada superquadra. O solo é público, não há cerca e muros de modo que esta faixa teria a função de delimitar e criar um sentido de individualidade das superquadras através do uso de diferentes espécies arbóreas, chegando a alcançar até 84% da área (ROMERO, 2001). As Superquadras 100, 200 e 300 possuem no máximo 11 blocos, enquanto as 400 podem ter até 20 edifícios (LEITÃO, 2009).

Figura 2.12 – Superquadras com edificações residenciais e quadras comerciais e de serviços

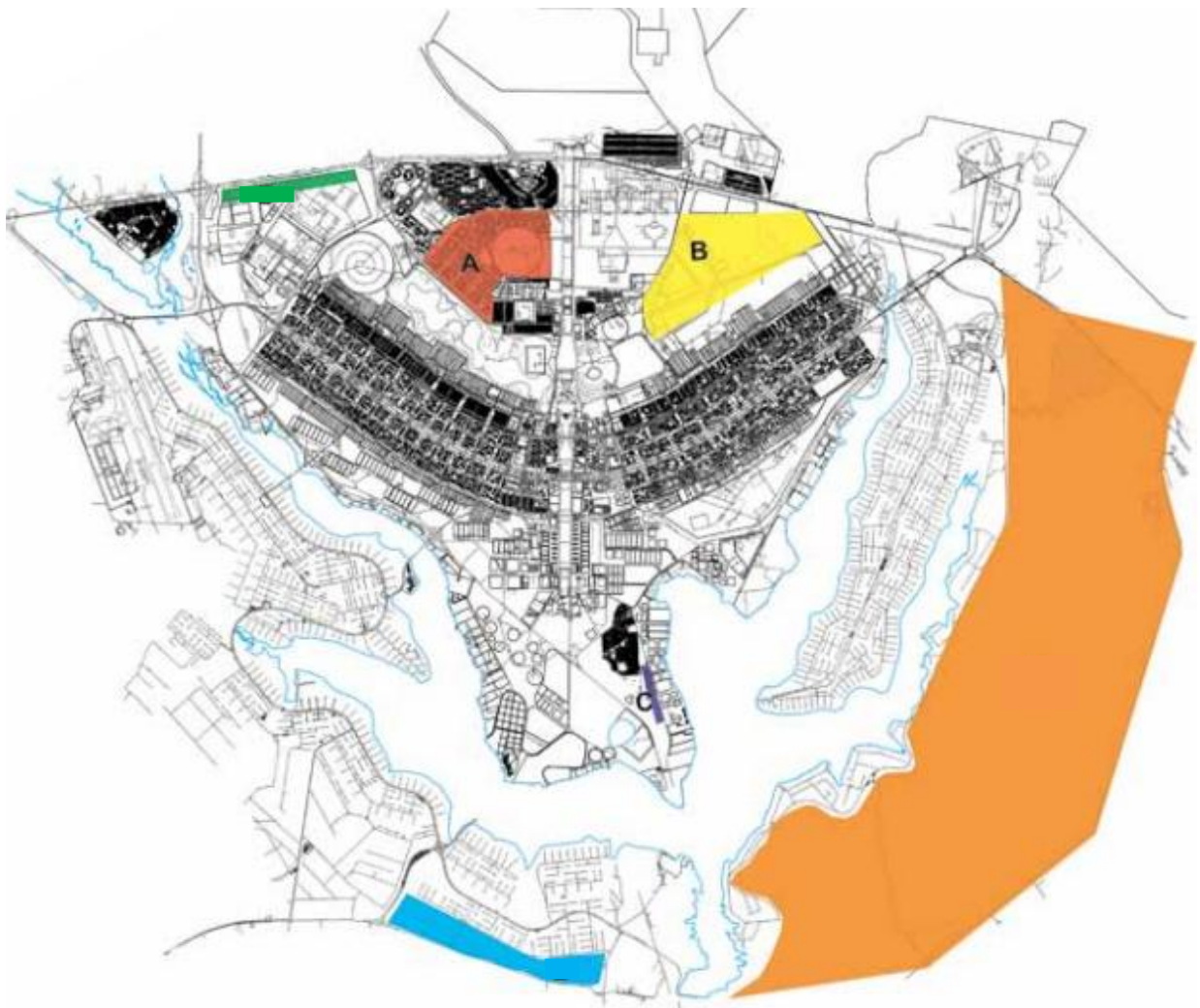


Fonte: <http://www.google earth>

A implantação de Brasília partiu do pressuposto de que sua expansão se faria através de cidades satélites, e não da ocupação urbana gradativa das áreas contíguas ao núcleo original. Em virtude do crescimento demasiado da população em Brasília, viu-se a necessidade de expandir o Plano Piloto. Entre 1985/1987 o arquiteto Lúcio Costa fez um estudo acerca das características urbanísticas e a partir daí foi elaborado o documento “Brasília Revisitada” (LEITÃO, 2009).

O urbanista entendeu que, visando abrir perspectiva futura de maior oferta habitacional multifamiliar em áreas que, embora afastadas, vinculam-se ao núcleo original tanto através da presença do lago como pelas duas pontes que se pretende construir poderiam, caso fosse necessário, ser construídas mais duas zonas, o Setor Sudoeste e o Noroeste (Figura 2.13) que poderiam ser chamadas "Asas Novas" — Asa Nova Sul e Asa Nova Norte (SCHVARBERG, 2009).

Figura 2.13 – Novas áreas residenciais propostas em Brasília Revisada



Fonte: LEITÃO, 2009.
Nota: A = Bairro Sudoeste; B = Bairro Noroeste.

Criado em 10 de julho de 1989, como parte integrante do Projeto “Brasília Revisitada”, do urbanista Lucio Costa, o Sudoeste foi projetado para dar moradia a mais de 50 mil habitantes, em uma área de aproximadamente 5,6 milhões de metros

quadrados (Figura 2.14). A região está situada próxima ao Parque da Cidade e dispõe de diversificada atividade comercial – supermercado, gastronomia, saúde, moda, etc. – instalada em 37 comércios locais, além de instituições de ensino e sociais (SALGADO, 2011; LEITÃO, 2009).

Figura 2.14 – Vista aérea do Setor Sudoeste

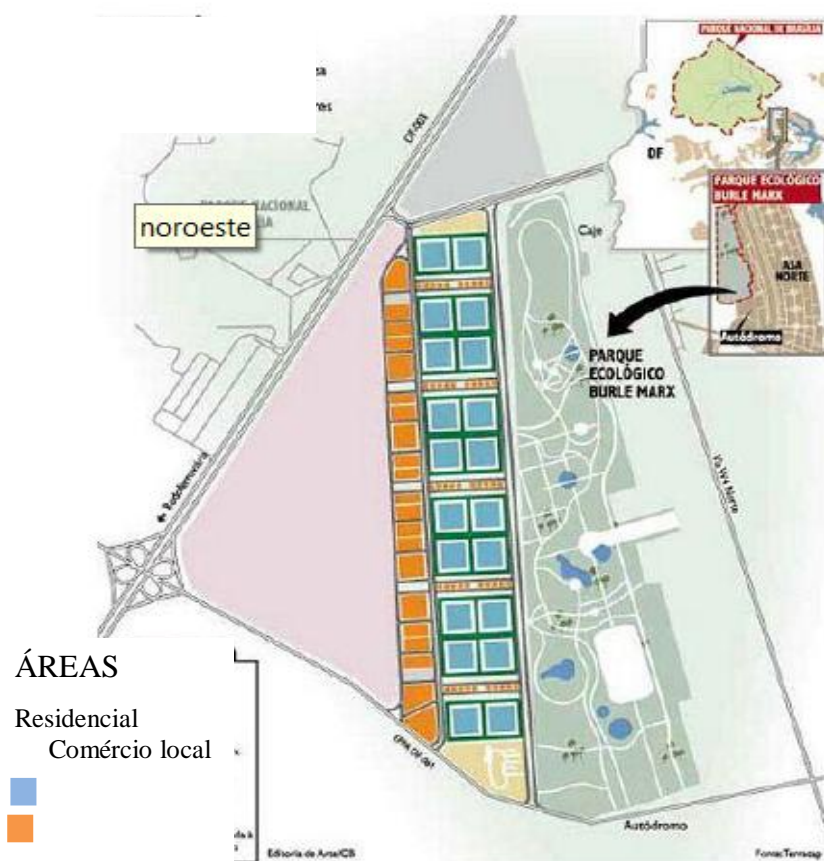


Fonte: <http://www.google earth>

Já o Bairro Noroeste (Figura 2.15) foi projetado dentro do conceito cidade-parque que caracteriza Brasília. Buscou-se o equilíbrio entre a ocupação urbana e a proteção dos parques que ficam ao seu redor (COSTA, 1987).

São poucos prédios integrados a uma grande área verde, conforme as orientações de Lúcio Costa, que planejou Brasília como cidade-parque. Menos de 30% do Noroeste serão edificáveis e o restante (583 hectares) é composto por três áreas ecológicas urbanas: o Parque Burle Marx; a Arie Cruls, uma área de relevante interesse ecológico exigida pelo IBAMA e que não pode ser edificada; e a reserva ambiental do córrego do Bananal, uma espécie de corredor verde que liga o Noroeste ao Parque Nacional de Brasília, uma das maiores áreas de preservação do Distrito Federal (LEITÃO, 2009).

Figura 2.15 – Projeto do Setor Noroeste



Fonte: TERRACAP, 2010

2.6.4 Arquitetura do Plano Piloto de Brasília

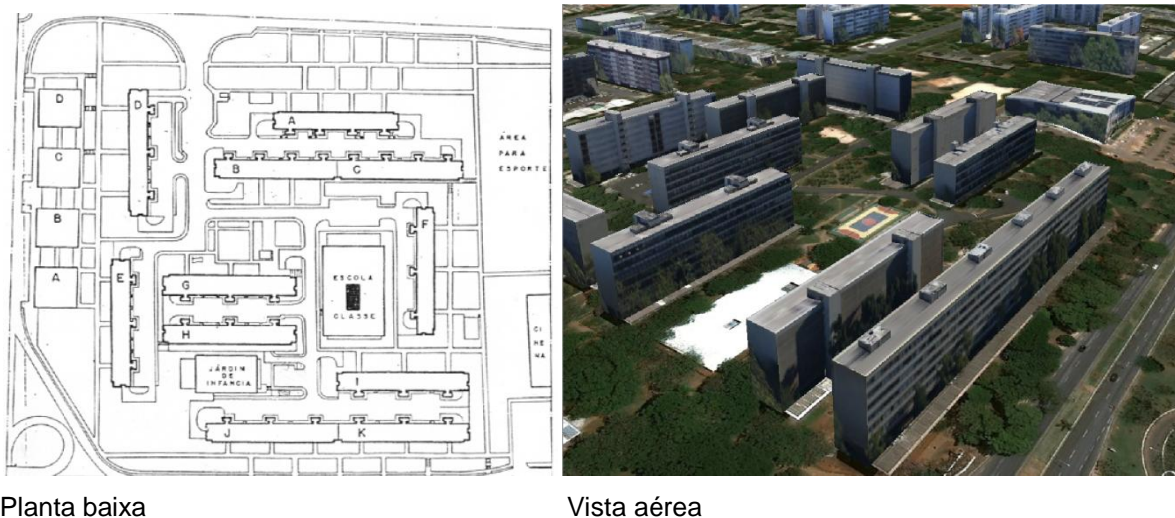
Lúcio Costa, em seu Relatório do Plano Piloto sobre os edifícios, faz uma única descrição acerca dos edifícios, afirmando que “dentro destas superquadras os blocos residenciais podem dispor-se da maneira mais variada, obedecendo, porém a dois princípios gerais: gabarito máximo uniforme talvez seis pavimentos e pilotis (...)” (LEITÃO, 2009, pg.40). Ainda no Relatório do Plano Piloto Lúcio Costa determina que os edifícios residenciais sejam construídos sobre pilotis.

A implantação de prédios residenciais dentro das superquadras deu-se com disposição de maneira variada, mas obedecendo a princípios básicos: gabarito uniforme de seis pavimentos sobre pilotis livres e superquadras duplas com prédios de três pavimentos (quadras econômicas), cinturão verde de emolduramento (vinte metros de largura), acesso único de veículos e separação do tráfego de veículos do

trânsito de pedestres. É muito comum a repetição de um projeto, não somente dentro de uma superquadra, mas também nas quadras vizinhas. Mesmo alterando cores e materiais de acabamento existem várias quadras onde todos os seus blocos seguem a mesma linguagem.

Os edifícios implantados nos limites das superquadras possuem a fachada principal voltada para o limite externo e os edifícios do interior são voltados para praças internas ou áreas com equipamentos públicos. Os estacionamentos são, com grande frequência, implantados no espaço entre os blocos periféricos e internos. A Figura 2.16 ilustra um exemplo de implantação típica de superquadras.

Figura 2.16 – Localização dos estacionamentos, exemplo da SQN 106



Planta baixa

Vista aérea

Fonte: <http://www.google earth>

Em 1969 foram lançados os blocos residenciais das superquadras do Plano Piloto. A projeção padrão no caso dos blocos residenciais é retangular com dimensões de 12,5 m x 85 m, sendo comum a justaposição de duas projeções formando um bloco duplo muito comprido de 12,5 m de largura e 170,0 m e comprimento. A forma delgada e a altura de seis pavimentos resultam em edifícios na forma de lâmina, com duas fachadas principais para onde se abrem as janelas e duas fachadas que são normalmente cegas (BRAGA, 2005).

Segundo Flores (2004) e Amorim e Flores (2005), após estudo em 117 quadras em Brasília em um total de 1.392 edifícios, é possível dividir os edifícios de Brasília, conforme seu período de construção, em dois grandes grupos. O primeiro

grupo diz respeito aos edifícios construídos nos anos 1960 até fins de 1970 e o segundo os edifícios construídos a partir de 1980 até 2004.

Nos primeiros 20 anos (1960 -1980) a arquitetura produzida em Brasília seguiu os princípios do Movimento Moderno, especialmente do Racionalismo Carioca e do Brutalismo Paulista (FISCHER, 2000), sendo as características típicas dessa época edifícios com janelas corridas na fachada principal (principalmente a janela horizontal Corbusiana), brise-soleil, empenas cegas e vedação por cobogós na fachada secundária ocultando as áreas de serviço (Figura 2.17).

Flores (2004), em seu estudo, identificou 418 edifícios com janelas corridas e sem nenhum tipo de proteção solar, todos construídos entre 1960 e 1980, o que representou cerca de 30% do total de edifícios pesquisados, sendo 162 edifícios desta mesma tipologia, (32%) nas quadras 400, e 256 edifícios (29%) nas quadras 100, 200 e 300.

Figura 2.17 – Edifícios construídos de 1960 a 1980, (a) SQS 106 Bloco B e (b) SQS 111 Bloco J



Fonte: FLORES, 2004

Pode ser observado que nessa época houve uma grande repetição de projetos, resultando por vezes em edifícios mal implantados, inclusive no que diz respeito à orientação solar. No entanto, por causa desta repetição, é possível identificar as tipologias de fachada que mais se repetem no Plano Piloto, ilustrando bem as características formais do período. Essas edificações apresentam fachadas revestidas com pastilhas pequenas de 2,5 cm x 2,5 cm ou com reboco pintado, além da presença cobogós como elemento de vedação (FLORES, 2004).

Como consequência de transformações no campo da arquitetura e do aumento da atividade no campo imobiliário, a partir da década de 80 os edifícios residenciais passam a apresentar outras características (Figura 2.18).

Figura 2.18 – Edifícios construídos a partir da década de 1980 até 2004



Fonte: Flores, 2004

Nesta época é destacada a presença de fachadas com revestimento cerâmico, especialmente a cerâmica esmaltada de 10 cm x 10 cm, além da utilização de placas de mármore ou granito e pouco uso do concreto aparente, sendo outra característica marcante a presença de varandas em cerca de 90% das edificações.

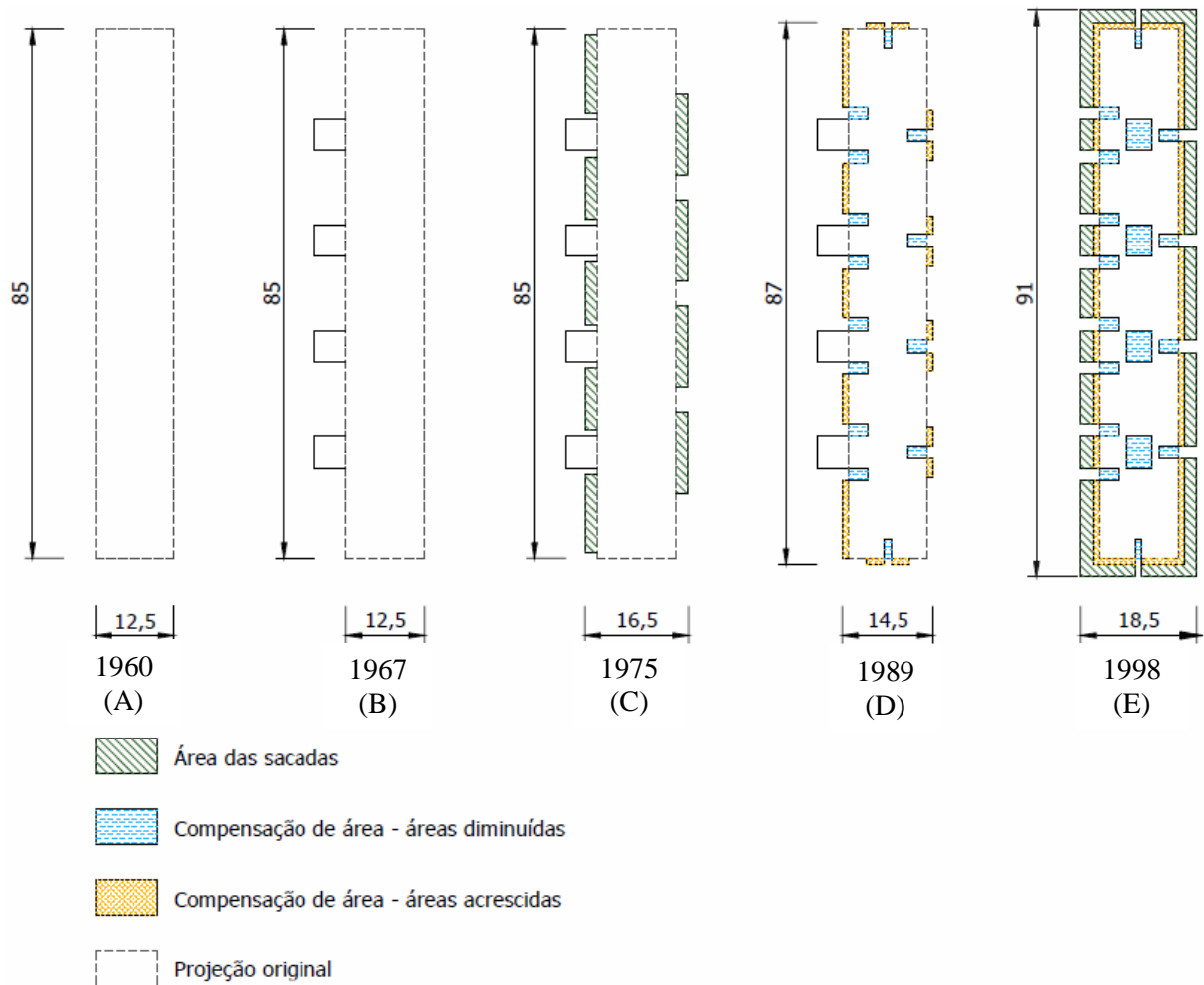
Os blocos de Brasília cresceram, aumentaram sua largura e ficaram superpovoados. Eles ficaram 6m mais largos, 5m mais altos e com 2.360 moradores além do planejado em 1960. A largura aumentou por conta das varandas e das áreas de compensação – espaços perdidos com elevadores e escadas. Esticaram por causa das garagens, que ergueram os pilotis acima do nível do solo, e também devido à ocupação da cobertura, que em alguns blocos mais parece um sétimo andar (LEITÃO, 2009).

Paulatinamente, várias modificações foram sendo introduzidas pelos novos Códigos de Obras e Edificações, visando principalmente o aumento do aproveitamento da área construída. Na Figura 2.19 os esquemas auxiliam a compreender os mecanismos introduzidos pelos diferentes Códigos de Obras e Edificações. O esquema “A” ilustra a projeção típica com 12,5 m x 85,0 m que, devido a sua largura e a exigência pelo Código de 1960, as fachadas laterais dos

blocos são cegas, resultando numa clara divisão entre frente e fundo. O esquema “B” mostra a mesma projeção com as torres de circulação vertical do bloco localadas em área pública. Esta solução foi adotada na prática desde o início da implantação do Plano Piloto, no entanto regulamentada somente pelo Código de 1967.

No esquema “C” já aparecem as varandas (ou sacadas), com até 2 m de balanço para fora dos limites da projeção. Esta alteração foi regulamentada pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Governo Distrital (CAU), através da Decisão N^o 21 em 1975, que excluiu suas áreas do cálculo da área máxima da construção.

Figura 2.19 – As sucessivas mudanças nas projeções das edificações



Fonte: BATISTA et al., 2003; LEITÃO, 2009.

Conforme o indicado no esquema “D”, o Código de 1989 confirmou as varandas e autorizou a compensação das áreas das reentrâncias criadas na projeção devido a poços de ventilação e iluminação. Esta área passou a poder ser compensada em seu perímetro em balanço até 1metro. Ainda neste Código, também foi autorizada a compensação da área total de circulações verticais situadas no interior da projeção para além de seu perímetro.

Como as varandas vinham sendo fechadas com esquadrias, vidro ou outros materiais, o Código de 1998 legalizou a situação de fato e permitiu que áreas previstas para varandas fossem incorporadas aos ambientes já na etapa de projeto. A combinação de tais permissões resulta no esquema “E”.

Desta forma verifica-se que as edificações mais recentes possuem características variadas emprestadas do Pós-Modernismo, tendo como traços mais característicos a presença de varandas, gerando formas mais recortadas; a ocupação das empenas; apartamentos não vazados e a predominância de certos tipos de fechamentos opacos e transparentes (FLORES, 2004).

Os prédios desse período concentram-se mais na Asa Norte, uma vez que lá há quadras de ocupação mais recente do que na Asa Sul. Contribuem para aumentar um pouco a variedade visual de Brasília, não havendo repetição de projetos como no primeiro grupo, tornando a classificação por tipologias de fachada mais abrangente (FLORES, 2004).

Nas áreas residenciais mais novas de Brasília, como por exemplo, o Setor Noroeste (Figura 2.20), passou a existir uma preocupação com construções mais sustentáveis. Para tanto, foi elaborado pela Terracap¹⁵ o chamado “Manual Verde”¹⁶, onde constam todas as diretrizes que deverão ser seguidas na construção dos edifícios do Setor Noroeste. Dentre elas, constam algumas diretrizes e indicações relativas à eficiência energética (GDF, 2009).

O Setor Noroeste é o último setor habitacional a ser construído na área tombada como patrimônio histórico e cultural da Humanidade foi idealizado pelo

¹⁵ A Terracap é uma empresa pública que faz parte da administração indireta do Distrito Federal, responsável pelos projetos de parcelamento e de ocupação das terras públicas, planejando a implantação de áreas para residências, comércio ou serviços públicos. (TERRACAP, 2007)

¹⁶ Recomendações arquitetônicas, urbanísticas e paisagística que deverão integrar os editais de contratação de obras que integram o Plano de Gestão Ambiental Integrado do Setor Habitacional Noroeste. (TERRACAP, 2007)

próprio Lúcio Costa quando divulgou, em meados dos anos de 1980, o projeto Brasília Revisitada. Localizado no final da Asa Norte, próximo do parque da Água Mineral, foi concebido para ser um bairro ecológico, e, mais uma vez, 100% planejado, com 24 quadras comerciais, 20 quadras residenciais e 220 prédios modernos, ruas largas, estacionamentos amplos, ciclovia e um novo parque, o Burle Marx.

Figura 2.20 – Área do Setor Noroeste reportada no Manual verde



Fonte: GDF, 2009

Criado em 2007 e oficialmente inaugurado no começo de 2012, o bairro é um canteiro de obras onde estruturas ainda sendo erguidas se misturam na paisagem a prédios já ocupados, com ainda pouca infraestrutura.

Diferentemente da proposta de Lúcio Costa, os edifícios podem ter na cobertura 30% de edificação e pavimentos de áreas coletivas, caso haja desnível no terreno implantado. As coberturas podem ser usadas para áreas comuns ou áreas de lazer privadas (desde que não seja um espaço autônomo). O projeto do Setor Habitacional Noroeste está enquadrado na categoria de bairros e o Manual Verde foi elaborado principalmente com base no critério LEED-ND (Neighborhood) versão Piloto (GDF, 2009).

De acordo com o Manual Verde, uma das características do novo setor, composto por residências de seis pavimentos, é que as edificações serão abastecidas com energia solar e gás natural. Também segundo o Manual, os edifícios residenciais deverão apresentar nível de eficiência energética mínimo “C”, conforme o RTQ-R (GDF, 2009).

Quanto à projeção e forma das edificações, além das plantas retangulares idênticas às das superquadras tradicionais do Plano Piloto, surgem as plantas quadradas (Figura 2.20).

Figura 2.20 – Edifícios em construção no setor Noroeste



Projeção retangular



Projeção quadrada

Fonte: www.google.com.br

3.0 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa elaborada a partir de um estudo de caso. O trabalho consistiu na aplicação do regulamento técnico de qualidade referente à Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R comparando a arquitetura através da análise da envoltória de edificações de diferentes épocas em setores de Brasília.

A coleta de dados foi baseada na técnica de observação direta intensiva (LAKATOS; MARCONI, 2007) através do levantamento de informações: dos projetos, de memoriais e in loco. O método de avaliação utilizado para obtenção da classificação do nível de eficiência energética da envoltória foi o prescritivo, apresentado pelo RTQ-R (BRASIL, 2012b).

A determinação do nível de eficiência da envoltória segue o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (BRASIL, 2012b), o qual descreve a metodologia que deve ser adotada para a classificação do nível de eficiência da envoltória.

O método de avaliação da envoltória compreende o estudo do desempenho térmico da mesma que, segundo o RTQ-R, é definida como sendo “o conjunto de planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, tais como fachadas, empenas, cobertura, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem”. Não estão incluídos pisos, estejam eles ou não em contato com o solo. A envoltória possui relação direta com os níveis de conforto da edificação e sua aplicação, de acordo com o RTQ-R, neste estudo, limitou-se apenas à sua avaliação do nível de eficiência energética. Segundo o regulamento a envoltória pode ser avaliada sob três parâmetros conforme a Quadro 3.1 (BRASIL 2010c).

A avaliação é realizada em relação à habitação ventilada naturalmente, no intuito de promover conforto e postergar a utilização de sistemas de condicionamento artificial; por este motivo neste estudo não foi avaliado o nível de eficiência da envoltória para ambientes condicionados artificialmente (C_R)¹⁷.

¹⁷Consumo relativo para refrigeração é o consumo anual de energia (em kWh) por metro quadrado necessário para refrigeração do ambiente durante o período de 21 h às 8 h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 24°C.

Quadro 3.1 – Indicador de avaliação da envoltória.

INDICADOR	CONDIÇÃO	DESCRIÇÃO
Eficiência para Resfriamento GHR - Graus Horas de Resfriamento (°C.h)	Verão	Representa o somatório anual de graus-hora, calculado para a temperatura base de 26°C para resfriamento. O cálculo é realizado através da temperatura operativa do ambiente
Eficiência para Aquecimento CA - Consumo relativo anual para aquecimento (kWh/m ²)	Inverno	Representa o consumo necessário para aquecimento do ambiente durante o período de 21 h às 8 h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 22 °C.
Eficiência para Refrigeração CR - Consumo relativo anual para refrigeração (kWh/m ²)	Ambientes condicionados artificialmente	Representa o consumo anual de energia (em kWh) por metro quadrado necessário para refrigeração do ambiente durante o período de 21 h às 8 h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 24°C.

Fonte: BRASIL, 2010c

O resultado da eficiência da envoltória é representado por equivalente numérico (EqNumEnv). Para obter este número é necessário obter primeiramente o equivalente numérico da envoltória de cada ambiente de permanência prolongada (EqNumEnvAmb). Estes foram obtidos após a aplicação de equações de regressão múltipla, onde o resultado fornece também o desempenho térmico para resfriamento (EqNumEnv_{Resfr}), para aquecimento (EqNumEnv_A) e/ou para ambientes condicionados artificialmente (EqNumEnv_{Refrig}) de cada ambiente.

A classificação da envoltória foi elaborada em três etapas. Inicialmente foi verificado o atendimento aos pré-requisitos da envoltória, no segundo momento, foram coletados os dados necessários para serem trabalhados com as especificações do regulamento; por fim, o nível de eficiência energética da envoltória foi obtido através de cálculos, conforme as equações e as tabelas apresentadas no regulamento, bem como lançamento dos dados obtidos na primeira etapa. A partir disto, foram feitas análises e considerações a respeito da classificação obtida.

3.1 Tipologias estudadas

Para analisar comparativamente o nível de eficiência energética de edificações residenciais através da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade

da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais foi escolhida a cidade de Brasília por se tratar de uma cidade planejada, aonde, ao longo das últimas décadas vem sendo implantadas novas edificações residenciais, inclusive em novos bairros.

Esta projeção quadrada foi objeto desta pesquisa para representar o Grupo 3, por se tratar de uma projeção mais problemática, mais compacta e voltada para diferentes orientações.

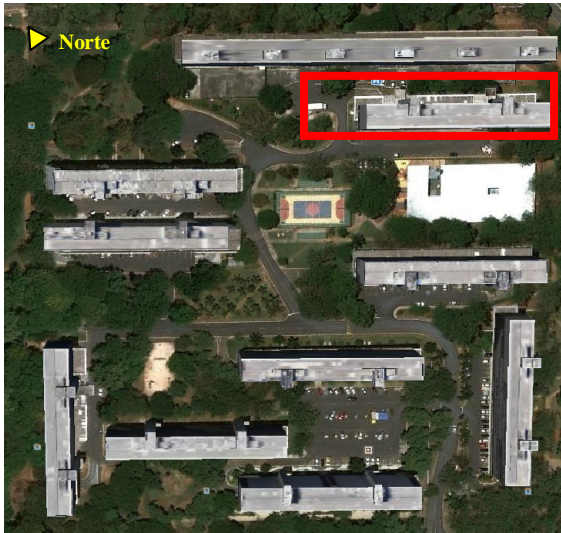
Nesta pesquisa, para uma análise comparativa do nível de eficiência energética de edificações residenciais no contexto da cidade de Brasília, foram escolhidas três edificações. As duas primeiras, correspondem das edificações construídas no período de 1960 até 1980 e no período de 1980 até 2004, correspondendo respectivamente aos Grupos 1 e 2 (FLORES, 2004) e a terceira um projeto de edificação do Setor Noroeste (de 2005 até hoje). Para a escolha das tipologias foi considerado o critério de representatividade, quantidade de prédios com as mesmas características.

No seu estudo Flores (2004) pesquisou 1.392 edifícios de 117 quadras do Plano Piloto, objetivando examinar suas diferentes tipologias e situação da preservação arquitetônica. Com base na tipologia, Flores (2004) dividiu os edifícios, conforme seu período de construção, em dois grandes grupos, adotados na presente pesquisa: o Grupo 1 abrange os edifícios construídos nos anos 1960 até fins de 1970, o Grupo 2 compreende edifícios construídos de 1980 até 2004. O Grupo 3, para efeito desta pesquisa, abrange os edifícios construídos desde 2005 até presente.

Representando o Grupo 1, edificações construídas nas décadas de 1960 e 1970, foi selecionada uma edificação do Setor Sul na Superquadra 111 - Bloco I (SQS 111I) que tem como características construtivas janelas corridas (principalmente a janela horizontal Corbusiana), presença do quebra-sol, empenas cegas e cobogós ocultando as áreas de serviço¹⁸ (Figura 3.1).

¹⁸ A presença de cobogós ou outros elementos vazados ocultando os compartimentos menos nobres, tais como as empenas cegas eram exigências do código de obras de 1960.

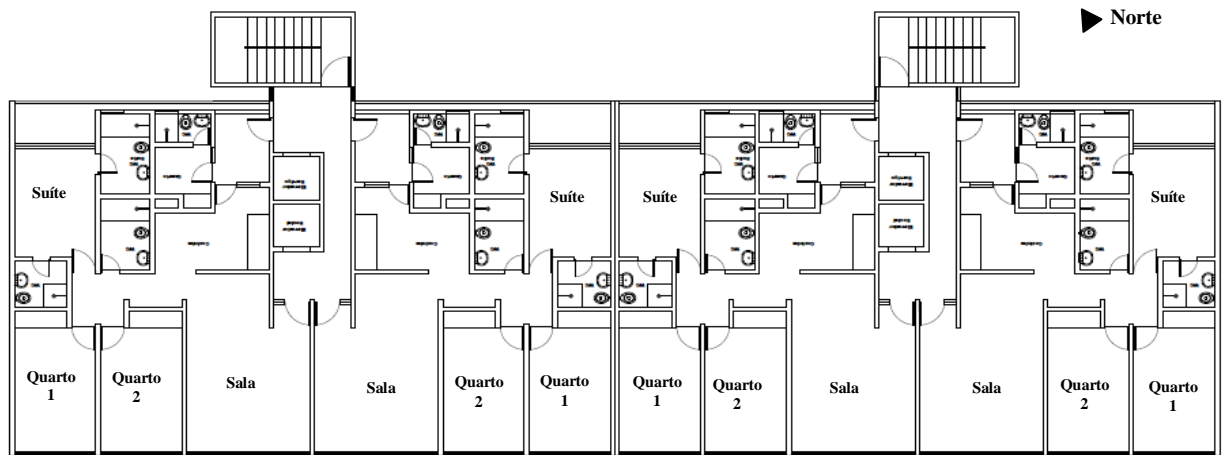
Figura 3.1 – Edifício do Grupo 1 localizado na SQS111 I: locação, perspectiva, planta baixa do pavimento tipo e fachadas



Vista aérea da localização



Perspectiva



Planta baixa pavimento tipo



Fachada Leste– Principal



Fachada Oeste – Posterior

Para representar o Grupo 2, edificações construídas na década de 1980 até 2004, foi escolhida a edificação localizada no Setor Sul na Superquadra 216 – Bloco CD(SQS 216 CD), cujos traços mais característicos são a presença de varandas e predominância de certos tipos de fechamentos opacos e transparentes (Figura 3.2 e 3.3).

Figura 3.2 – Edifício do Grupo 2 localizado na SQS 216: localização e perspectiva

► Norte

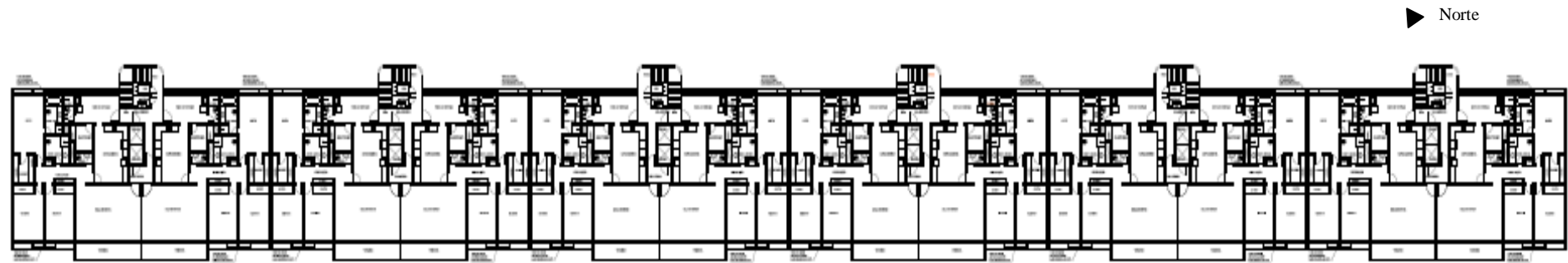


Vista aérea da localização



Perspectiva

Figura 3.3 – Edifício do Grupo 2, localizado na SQS 216 CD: planta baixa do pavimento tipo e fachadas



Planta baixa pavimento tipo



Fachada Leste – Principal

Fachada Oeste – Posterior

Finalmente, para representar o novo modelo de edificação do Setor Noroeste, onde se destaca a grande presença de vidros espelhados nas fachadas, foi escolhido um projeto, em execução, localizado no Setor Noroeste na Superquadra 110 - Bloco J (SQWN 110 J). Devido à recomendação da Construtora, não será identificada a localização do mesmo (Figura 3.4 e 3.5).

Figura 3.4 – Edifício do Grupo 3 localizado na SQWN 110 J: perspectiva e fachada Oeste/Leste

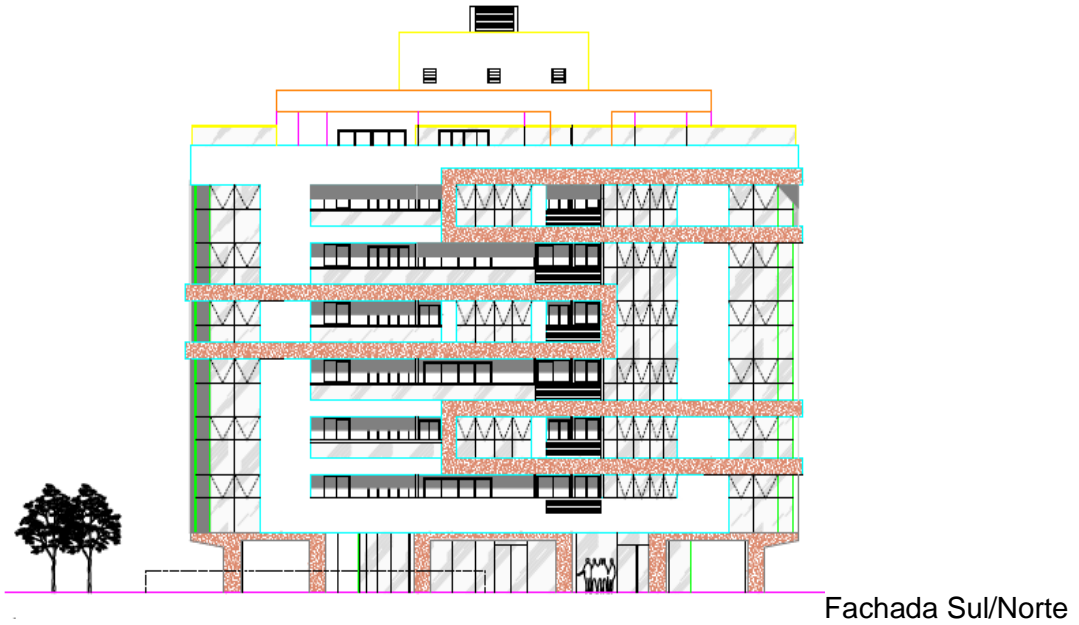
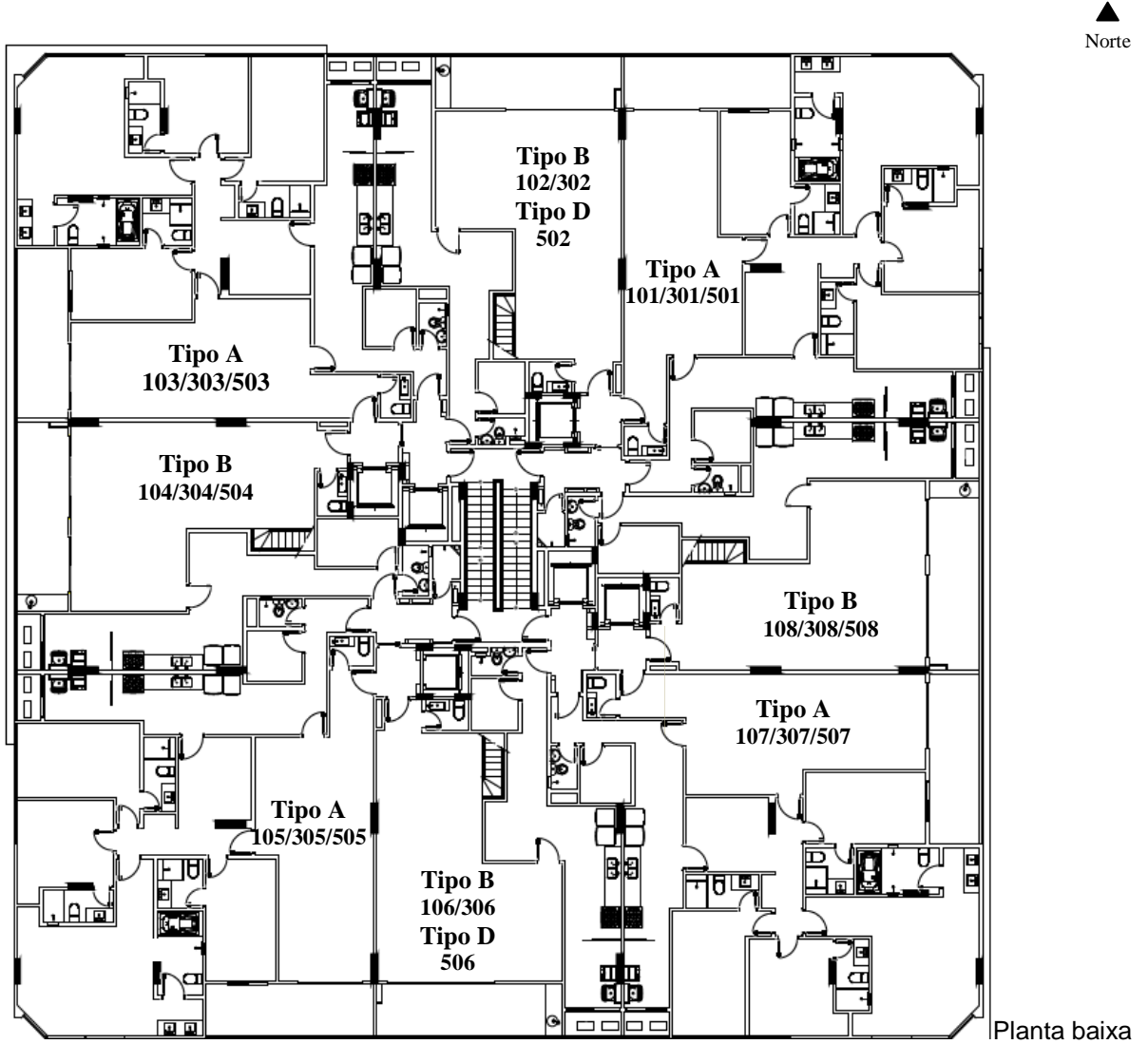


Perspectiva



Fachada Oeste/Leste

Figura 3.5 – Edifício do Grupo 3 localizado na SQWN 110 J: planta baixa do pavimento tipo e fachada Sul/Norte



3.2 Levantamento de dados

Para a determinação da eficiência da envoltória pelo método prescritivo o RTQ-R define pré-requisitos relacionados às características térmicas de transmitância, capacidade térmica e absortância das superfícies e a características físicas relativas à iluminação e ventilação naturais, para os quais são necessários os levantamentos de dados.

3.2.1 *Dados para cálculo do nível de eficiência energética da envoltória*

O RTQ-R separa ambientes de permanência prolongada e áreas de permanência transitória para o cálculo e análise da eficiência energética. Nesta pesquisa estas áreas foram observadas no projeto e com esta separação foram calculadas as áreas de piso, pé direito, áreas de janelas e aberturas, áreas das paredes com face oeste e áreas das paredes externas totais.

Os sombreamentos proporcionados por partes da edificação, tanto horizontal como vertical, foram medidos para obtenção dos ângulos verticais (AVS) e horizontais de sombreamento (AHS), medidos de 0 a 45°.

Com base no memorial descritivo foram observados, ainda, os tipos de construção quanto ao material empregado nas paredes, coberturas e acabamento de pintura e coloração, tanto interno quanto externo.

3.2.2. *Verificação do atendimento aos pré-requisitos*

a) Características térmicas de transmitância, capacidade térmica e absortância solar das superfícies.

De posse do Zoneamento Bioclimático Brasileiro da NBR 15220-3 (ABNT, 2005b) foi verificado o zoneamento de Brasília e constatado que está inserida na Zona Bioclimática 4. A partir desta informação os valores limites adotados de

transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância para as características dos componentes construtivos das paredes externas e coberturas foram obtidos com base no RTQ-R (BRASIL, 2012b).

Primeiramente foram levantadas as tipologias dos materiais constituintes de cobertura, forro, paredes e fechamentos externos e suas composições. A Norma Brasileira NBR 15220-2 (ABNT, 2005a) traz uma série de tabelas e considerações de cálculo que, com base nas características das paredes, coberturas e materiais constituintes, o cálculo de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância devem ser efetuados. De posse do resultado foi possível caracterizar as edificações quanto à transmitância, capacidade térmica e absorvância solar.

As edificações que tinham mais de um tipo de cobertura tiveram cálculos de áreas das coberturas individuais aplicadas às transmitâncias daquela característica. Em seguida por média ponderada foi calculada a transmitância média.

Com relação aos materiais constituintes das paredes e da cobertura, a transmitância foi calculada considerando todas as camadas da cobertura entre o exterior e o interior do ambiente. Deste modo, foi levada em consideração a média ponderada das áreas de cobertura e fechamentos externos, pelas transmitâncias de cada parcela. Os resultados foram chamados de transmitância média de cobertura e transmitância média de paredes.

Quanto à capacidade térmica dos materiais, a norma NBR 15220-2 apresenta o detalhamento completo do método de cálculo e inclui exemplos de cálculo. Foram usadas equações específicas para os componentes de camadas homogêneas e não homogêneas.

A absorvância solar refere-se aos valores das paredes externas e da cobertura, que estão geralmente relacionados à cor da superfície. A norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005a), no seu Anexo B, apresenta uma lista de valores de absorvância conforme os tipos de superfícies, materiais e cores. A absorvância solar adotada foi a média das absorvâncias das paredes da fachada e cobertura ponderadas pelas áreas que ocupam.

b) Características físicas das aberturas relativas à ventilação e iluminação naturais

As unidades habitacionais devem atender também aos pré-requisitos de ventilação natural, quanto ao percentual de áreas de abertura para ventilação e a ventilação cruzada.

Para obter o nível máximo de eficiência, ambientes de permanência prolongada devem atender percentuais mínimos de áreas de aberturas para ventilação. O cálculo do percentual de áreas de abertura para ventilação natural é feito de acordo com a Equação 3.1.

$$A = 100 \left(\frac{A_V}{AU_{amb}} \right) \quad \text{(Equação 3.1)}$$

Onde:

A: percentual de abertura para ventilação em relação à área útil do ambiente (%);

A_V: área de abertura para ventilação (m²);

AU_{amb}: área útil do ambiente (m²).

O RTQ-R, no seu Anexo II, apresenta uma tabela de desconto das esquadrias que pode ser utilizada para a determinação da abertura para ventilação. No caso de esquadrias não contempladas nesse anexo deve-se calcular a área efetiva de abertura para ventilação, desconsiderando os caixilhos.

Na Zona Bioclimática 4, a unidade habitacional deve possuir ventilação cruzada por escoamento do ar entre as aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas. Para verificar o atendimento quanto à ventilação cruzada deve-se calcular a proporção indicada na Equação 3.2.

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0,25 \quad \text{(Equação 3.2)}$$

Onde:

A₁: somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m²);

A₂: somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m²);

Em ambientes de permanência prolongada o acesso à iluminação natural deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior, tal que a soma destas áreas correspondam a no mínimo 12,5% da área útil do ambiente. O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo Nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumAmb_{Resfr}$) e para aquecimento ($EqNumAmb_A$).

A Tabela de Desconto das Esquadrias (Anexo II do RTQ-R) pode ser utilizada para a determinação da área de abertura para iluminação natural. No caso de esquadrias não contempladas nesse anexo, deve-se calcular a área efetiva de abertura para iluminação, desconsiderando os caixilhos.

3.2.3 Determinação do equivalente numérico da envoltória

O desempenho da edificação ventilada naturalmente é avaliado através do indicador de graus-hora de resfriamento (GH_R) e do consumo relativo para aquecimento (C_A), sendo que o primeiro avalia o desempenho térmico da edificação para o calor enquanto que o segundo avalia o desempenho para frio.

O manual do RTQ-R fornece equações de cálculo para os indicadores de GH_R e do C_A e recomenda que os resultados obtidos sejam classificados de acordo com as Tabelas propostas.

No entanto, o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) elaborou uma planilha eletrônica no Microsoft Office Excel (Figura 3.6), a qual já foi exaustivamente testada e tem uso gratuito. Logo, nesta pesquisa foi usada a planilha disponibilizada pelo LabEEE, uma vez que ela agiliza o processo de cálculo.

Os equivalentes numérico da envoltória da unidade habitacional de resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$) e de aquecimento ($EqNumEnv_A$) foram obtidos através da respectiva ponderação pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{amb}).

Após a definição dos pré-requisitos, cálculo do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional para resfriamento e para aquecimento e de acordo com a Zona Bioclimática foi selecionado no RTQ-R (BRASIL, 2012b) a

Equação correspondente e calculado o Equivalente Numérico da Envoltória para a unidade habitacional autônoma.

Figura 3.6 – Planilha eletrônica para cálculo de GHR , CR e CA elaborada pelo LabEEE

	#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ambiente	Nome AUAmb										
Cobertura	U_{COB} CT_{COB} α_{COB}										
Paredes	U_{PAR} CT_{PAR} α_{PAR}										
Característica construtiva	CTbaixa CTalta										
Situação do piso e cobertura	cob solo pil										
Áreas de Parede Externa	APambN APambS APambL APambO										
Áreas de aberturas	AAbN AAbS AAbL AAbO										
Características das Aberturas	Fvent Somb										
Características Gerais	PD AparInt Cultura										
Características para frio	Isol U_{VID} VID										
GHR	ZB4										
CR	ZB4										
CA	ZB4										

Finalmente para conhecer o equivalente numérico da envoltória da edificação pondera-se o equivalente numérico de cada unidade habitacional pela sua área.

No próximo capítulo serão apresentados os resultados dos cálculos para eficiência energética da envoltória das edificações estudadas, bem como discussão e análise comparativa entre estas edificações.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

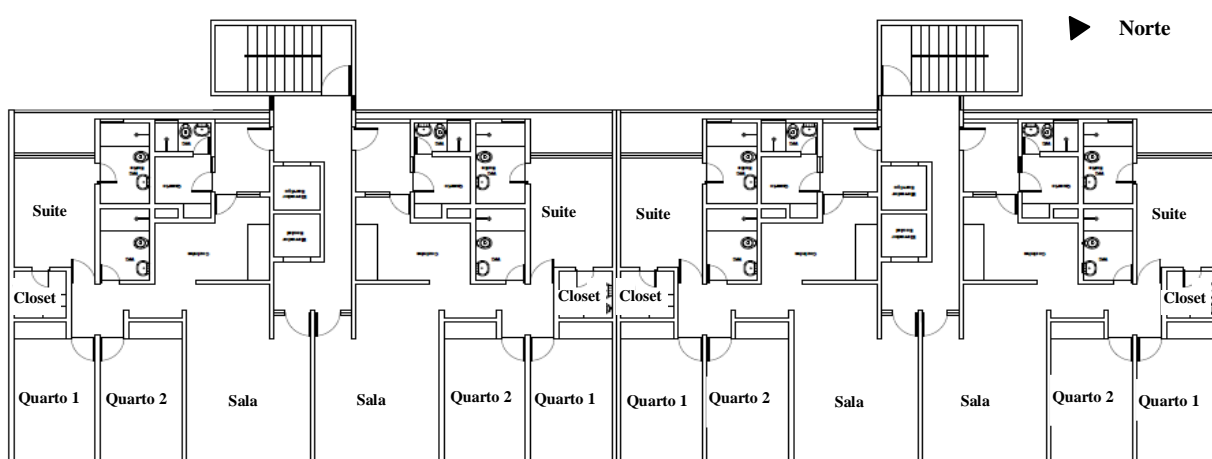
A seguir são apresentados os resultados dos cálculos da eficiência energética da envoltória das edificações estudadas.

4.1 Caso 1: Edifício residencial localizado na SQS 111, Bloco I

O edifício representativo do Grupo 1, localizado na superquadra 111 - bloco I do setor sul de Brasília (SQS 111 I) apresenta formato retangular e um total de 8 (oito) pavimentos, sendo 1 (um) subsolo, 1 (um) térreo e 6 (seis) pavimentos tipo, perfazendo um total de 48 (quarenta e oito) unidades habitacionais.

No subsolo estão elevadores, escadas, garagens e depósitos. No pavimento térreo se localizam os elevadores, escadas, guarita, WC, recepção e pilotis aberto. No pavimento tipo estão 4 (quatro) unidades habitacionais, elevadores, escadas, halls, depósitos e lixeiras (Figura 4.1).

Figura 4.1 – Edifício residencial localizado na SQS 111I: planta baixa do pavimento tipo

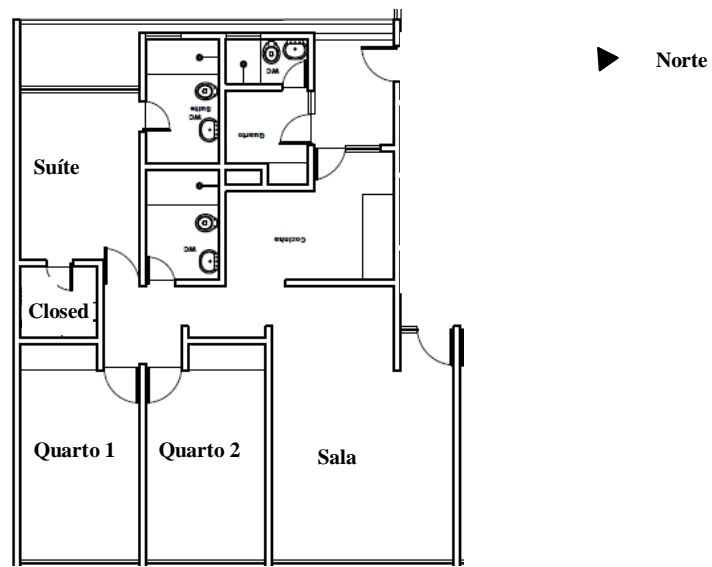


A fachada leste, fachada principal, é composta por janelas de vidro (50% de abertura para ventilação) sem proteção solar. A fachada oeste possui, além das janelas de vidro, elementos vazados de bloco cerâmico que estão instalados à frente

das janelas. As fachadas norte e sul não possuem aberturas para o exterior (Figura 4.2).

Cada unidade habitacional (Figura 4.2) é composta por 1 (uma) sala, 1 (um) hall, 1 (um) WC social, 2 (dois) quartos, 1 (uma) suíte, 1 (um) closet, 1 (um) WC suíte, 1 (uma) copa/cozinha, 1 (um) quarto empregada, 1 (um) WC serviço e 1 (uma) área de serviço, totalizando uma área de 102,96 m².

Figura 4.2 – Edifício residencial localizado na SQS 111I: planta baixa da unidade habitacional e fachadas



Fachada Leste – Principal



Fachada Oeste - Posterior

Em todas as unidades habitacionais, de todos os pavimentos, as paredes externas da sala e do quarto 2 estão voltadas para a orientação leste. Nas unidades habitacionais 01, as paredes externas do quarto 1 estão orientadas para o leste e sul e as da suíte para oeste e sul. Já na unidade habitacional 08 as paredes externas do quarto 1 estão orientadas para o leste e norte e as da suíte para o oeste e norte.

4.1.1 Verificação do atendimento aos pré-requisitos

Para verificar as características de absorvência solar, transmitância térmica e capacidade térmica das superfícies foram levantadas in loco, as tipologias dos materiais constituintes, da cobertura e paredes, e suas composições, e realizada também uma pesquisa documental em projetos arquitetônicos e memoriais descritivos.

A cobertura da edificação em estudo é composta por telha de fibrocimento, espessura de 0,7cm, com laje de concreto de 20 cm. A transmitância da cobertura é de $U = 1,99 [W/(m^2K)]$, a capacidade térmica é de $451 [kJ/m^2K]$ e a absorvência é de 0,40(Tabela 4.1).

As paredes dessa edificação são compostas por tijolos cerâmicos (10 cm x 20 cm x 20 cm), de oito furos redondos assentados na menor dimensão, com espessura total de 15 cm, sendo 10 cm do tijolo, 2,5 cm de reboco interno, 2,5 cm de reboco externo e argamassa de assentamento de 1,0 cm de espessura. A transmitância (U) da parede é de $2,24 W/(m^2K)$, a capacidade térmica (CT) é de $167 kJ/m^2K$ e a absorvência (α) é de 0,73 (Tabela 4.1).

Quadro 4.1 – Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvência da cobertura e paredes referentes ao edifício da SQS 111 I, conforme as Tabelas D.4 e D.3 da NBR 15220-3 (ABNT, 2005)

	Transmitância Térmica - U	Capacidade Térmica - CT	Absorvência
Coberta	1,99 W/(m ² K)	451 kJ/m ² K	0,40
Paredes	2,24 W/(m ² K)	167 kJ/m ² K	0,73

As características físicas relativas à ventilação natural foram verificadas a partir do levantamento das áreas de abertura para ventilação, estudados os percentuais de áreas mínimas de abertura para ventilação e a existência de ventilação cruzada em ambientes de permanência prolongada.

Na Tabela 4.1 pode-se observar as áreas levantadas para a determinação do percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação e a proporção das aberturas para ventilação cruzada.

Tabela 4.1 – Ventilação natural (percentual de abertura para ventilação) e ventilação cruzada (proporção das aberturas para ventilação natural) das unidades habitacionais do edifício localizado na SQS 111 I

AMBIENTES PERMANENCIA PROLONGADA	VENTILAÇÃO NATURAL			VENTILAÇÃO CRUZADA		
	AU _{amb} (m ²)	A _v (m ²)	A (%)	A ₁ (m ²)	A ₂ (m ²)	A ₂ /A ₁
Quarto 1	12,75	2,16	16,94			
Quarto 2	12,75	2,16	16,94	7,60	4,68	0,62
Suíte	10,66	2,16	20,26			
Sala	24,70	3,28	13,28			

Nota: AU_{amb} = área útil do ambiente, A_v = área de abertura para ventilação, A = % de áreas de abertura para ventilação, A₁ = somatório das áreas de aberturas para ventilação nas fachadas com maior área de abertura para ventilação e A₂ = somatório das áreas de aberturas para ventilação nas fachadas das demais orientações, A₁/A₂ = proporção das aberturas para ventilação natural.

As características físicas relativas à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada foram obtidas através do levantamento de dados das áreas de aberturas para iluminação natural e área útil do piso (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Percentual de iluminação natural em ambientes de permanência prolongada das unidades autônomas do edifício SQS 111 I

AMBIENTES PERMANENCIA PROLONGADA	ÁREA ÚTIL DO AMBIENTE	ÁREA DE ILUMINAÇÃO	PERCENTUAL DE ÁREA DE ILUMINAÇÃO EM RELAÇÃO DA ÁREA ÚTIL DO AMBIENTE
	AU _{amb} (m ²)	AI (m ²)	
Quarto 1	12,75	4,32	33,9%
Quarto 2	12,75	4,32	33,9%
Suíte	10,66	4,32	40,5%
Sala	24,70	6,56	26,6%

O Quadro 4.2 apresenta um resumo dos pré-requisitos avaliados para a envoltória e seus respectivos valores estabelecidos no RTQ-C para a Zona Bioclimática 4.

Quadro 4.2 – Resumo dos pré-requisitos, quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQS 111 I

1. Pré-requisitos Transmitância térmica (U); em $[W/(m^2K)]$, Capacidade térmica (CT); em $[kJ/(m^2K)]$ e absorvância solar (α); adimensional							
	Calculado	Limite para ZB4	Atende ?		Calculado	Limite para ZB4	Atende ?
Paredes	$\alpha = 0,73$ $U = 2,24$ $CT = 167$	Para $\alpha > 0,60$ $U \leq 2,50$ $CT \geq 130$	Sim Sim	Coberta	$\alpha = 0,40$ $U = 1,99$ $CT = 451$	Para $\alpha \leq 0,60$ $U \leq 2,30$ $CT = \text{Sem exigência}$	Sim Sim
2. Pré-requisito Ventilação natural - % área mínima de abertura para ventilação							
% área mínima de abertura para ventilação (A)				Ventilação cruzada			
	Calculado (%)	Limite para ZB4 (%)	Atende ?		Calculado (%)	Limite para ZB4	Atende ?
Quarto 1	A = 16,94	A \geq 8,00	Sim	Proporção das aberturas	A1/A2 = 0,62	A1/A2 \geq 0,25	Sim Sim
Quarto 2	A = 16,94		Sim				
Suíte	A = 20,26		Sim				
Sala	A = 13,28		Sim				
3. Pré-requisito Iluminação natural							
	Calculado (m^2)	Limite para ZB4 12,5% AU_{amb}		Atende?			
Quarto 1	Ai = 4,32	1,59		Sim			
Quarto 2	Ai = 4,43	1,59		Sim			
Suíte	Ai = 4,32	1,33		Sim			
Sala	Ai = 6,56	3,09		Sim			

Com base no Quadro 4.2 pode-se concluir que os pré-requisitos:

- Transmitância térmica, Capacidade térmica, Absorvância, para paredes e coberta, ficaram dentro dos limites estabelecidos para a Zona Bioclimática 4;
- Ventilação natural: os valores calculados para os percentuais de área mínima para ventilação natural ($A \geq 8,00\%$) e a proporção de aberturas para ventilação cruzada ($A1/A2 \geq 0,25$) foram superiores aos estabelecidos no RTQ-R (BRASIL, 2012);

- Iluminação natural: as áreas de abertura para iluminação natural dos ambientes de permanência prolongada foram superiores a 12% da área útil do ambiente, valor estabelecido pelo RTQ-R.

Deste modo, foi verificado que todos os pré-requisitos (Transmitância térmica, Capacidade térmica, Absortância, Ventilação natural e Iluminação natural) foram atendidos para este edifício, não sendo, portanto empecilho à obtenção da eficiência energética máxima.

4.1.2 Determinação da eficiência da envoltória pelo Método Prescritivo

O equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv) está relacionado à avaliação do projeto arquitetônico e seu rebatimento no desempenho térmico da edificação. Para obter o EqNumEnv foi necessário calcular, primeiramente, o equivalente numérico da envoltória de cada ambiente de permanência prolongada (Equivalente Numérico da Envoltória do Ambiente – EqNumEnvAmb).

Estes foram obtidos após a aplicação das equações constantes no RTQ-R (BRASIL, 2012), onde o resultado forneceu o Equivalente Numérico de Resfriamento da Envoltória do Ambiente (EqNumEnv_{Resfr}), que é calculado pelo indicador graus-hora para resfriamento (GH_R), e o Equivalente Numérico de Aquecimento da Envoltória do Ambiente (EqNumEnv_A), que é calculado pelo consumo relativo anual para aquecimento (C_A) de cada ambiente, sempre levando em consideração a Zona Bioclimática em que a edificação está localizada,

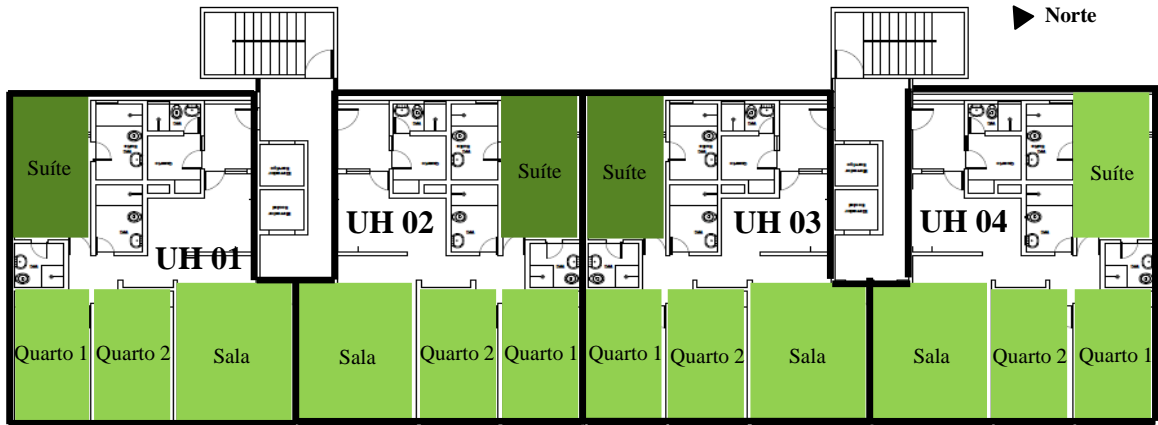
No Apêndice A encontram-se as tabelas com os resultados do desempenho da envoltória para resfriamento (graus hora de resfriamento – GH_R e para aquecimento¹⁹ (CA) para ambientes de permanência prolongada, bem como o Equivalente numérico da envoltória e sua respectiva etiqueta.

O 1º pavimento o EqNumEnvAmb_{Resfr} obteve nível “5” (cor verde escuro) nas suítes das unidades habitacionais (UH) de 01 a 03 e nível “4” (cor verde claro) nos demais ambientes (Figura 4.3). Com base nos cálculos efetuados, observa-se que a orientação da parede lateral externa das suítes UH 01 (Sul) e 04

¹⁹O consumo relativo para aquecimento só é calculado para as Zona Bioclimáticas de 1 a 4

(Norte) foi o fator determinante para a mudança nível dos ambientes (de nível “5” para “4”).

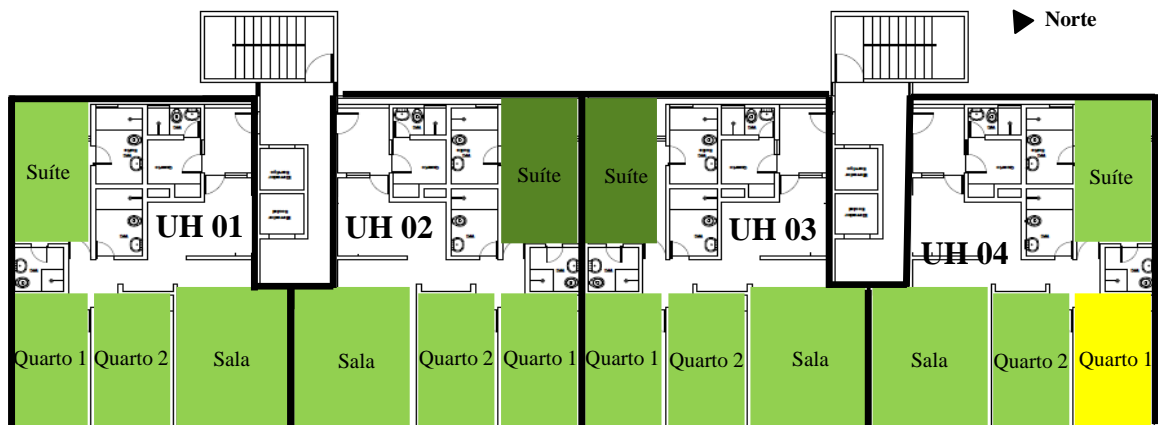
Figura 4.3 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 1º pavimento do Edifício SQS 111 I



Nota: Ambientes na cor verde escuro $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}} = 5$ e na cor verde claro $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}} = 4$.

Do 2º ao 5º pavimento (Figura 4.4), o $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}}$ no quarto 1 da UH 04 foi nível “3” (cor amarela), nas suítes das UH 01, 02 e 03 foi nível “5” (cor verde escuro) e nos demais ambientes “4” (cor verde claro).

Figura 4.4 – Equivalente numérico de resfriamento da envoltória do ambiente para as unidades habitacionais do 2º ao 5º pavimento do Edifício SQS 111 I



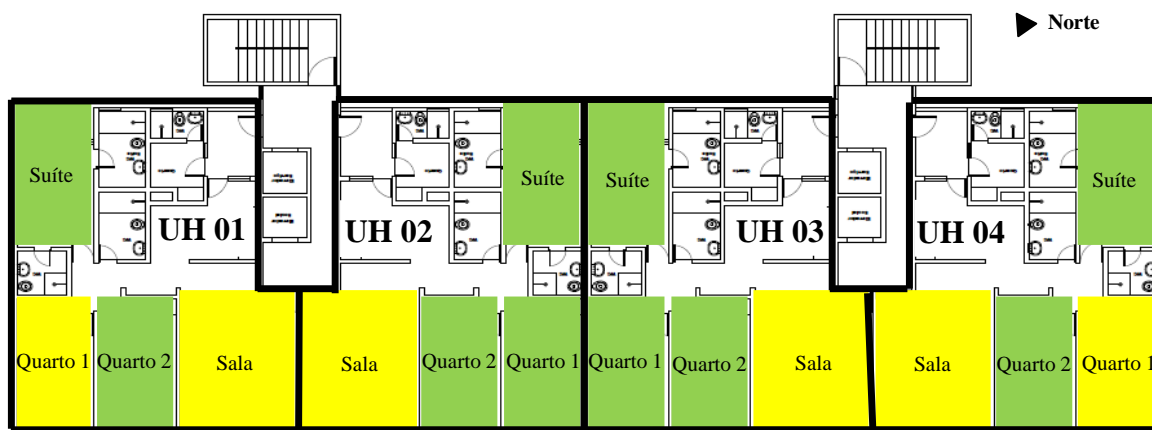
Nota: Ambientes na cor verde escuro $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}} = 5$, na cor verde claro $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}} = 4$ e na cor amarela $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}} = 3$.

Apesar dos ambientes suíte e quarto 1 da UH 04 estarem localizados na fachada Norte, apenas no quarto 1 este fator foi capaz de alterar o nível da UH 04 em relação à UH 01 (fachada sul) de “4” (cor verde claro) para nível “3” (cor amarela). Neste caso, com base nos cálculos efetuados, observa-se que a orientação da parede lateral externa dos quartos 1 da UH 01 (Sul) e da UH 04 (Norte) foi o fator determinante para a mudança nível dos ambientes (de nível “4” para “3”).

Vale ressaltar que para o quarto 1 da UH 04 no 1º pavimento o valor do GH_R foi de 1370, ficando muito próximo ao valor máximo do nível “4” (de 727 a 1453), enquanto que do 2º ao 5º o valor de GH_R foi de 1564, ficando muito próximo ao mínimo para o nível “3” (de 1454 a 2181).

No 6º pavimento (Figura 4.5), as salas de todas as UH e os quartos 1 das UH 01 e 04 obtiveram o $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ nível “3” (cor amarela) e nos demais ambientes o nível foi “4” (cor verde claro).

Figura 4.5 – Equivalente numérico de resfriamento da envoltória do ambiente para os ambientes das unidades habitacionais do 6º pavimento do Edifício SQS 111 I



Nota: Ambientes na cor verde claro $EqNumEnvAmb_{Resfr} = 4$ e na cor amarela $EqNumEnvAmb_{Resfr} = 3$.

Como pode ser observado, no 1º pavimento, foram verificados os melhores $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ devido, provavelmente, à influência da circulação de ar no pilotis amenizando a carga térmica dos ambientes, avaliada no RTQ-R pelo parâmetro binário Situação do Piso (pil). Por outro lado, no 6º pavimento, os $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ foram reduzidos pela influência da radiação solar recebida pela cobertura, considerada no RTQ-R pelo parâmetro binário Situação da Coberta (cob).

Já para o $EqNumEnvAmb_A$ foi obtido o nível “5” em todos os ambientes de todos os pavimentos (Apêndice A).

Após a ponderação dos $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ e $EqNumEnvAmb_A$ de cada UH foram calculados os $EqNumEnv_{Resfr}$ e os $EqNumEnv_A$ de cada UH (Apêndice A). Posteriormente foi determinado o equivalente numérico da envoltória para a UH ($EqNumEnv$) através da equação específica para a Zona Bioclimática 4 (Eq 4.1).

$$EqNumEnv = 0,68 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,32 \times EqNumEnv_A \quad (\text{Equação 4.1})$$

Onde:

$EqNumEnv$: equivalente numérico da envoltória;

$EqNumEnv_{Resfr}$: equivalente numérico da envoltória de cada unidade autônoma para resfriamento;

$EqNumEnv_A$: equivalente numérico da envoltória de cada unidade autônoma para aquecimento;

Analisando a Tabela 4.3 observa-se que, em todos os pavimentos, o nível de eficiência energética foi “B” para todas as unidades habitacionais, ou seja, o $EqNumEnv$ de todas as UH foi de aproximadamente 4,00 (variou de 3,86 e 4,43).

Tabela 4.3– Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício SQS 111 I

Pav	UH	$0,68 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,32 \times EqNumEnv_A$	$EqNumEnv$	Nível de eficiência
1º	01	$0,68 \times 4,17 + 0,32 \times 5,00$	4,43	B
	02 a 03	$0,68 \times 4,17 + 0,32 \times 5,00$	4,43	B
	04	$0,68 \times 4,00 + 0,32 \times 5,00$	4,32	B
2º ao 5º	01	$0,68 \times 4,00 + 0,32 \times 5,00$	4,32	B
	02 a 03	$0,68 \times 4,17 + 0,32 \times 5,00$	4,43	B
	04	$0,68 \times 3,85 + 0,32 \times 5,00$	4,22	B
6º	01	$0,68 \times 3,32 + 0,32 \times 5,00$	3,86	B
	02 a 03	$0,68 \times 3,48 + 0,32 \times 5,00$	3,97	B
	04	$0,68 \times 3,32 + 0,32 \times 5,00$	3,86	B

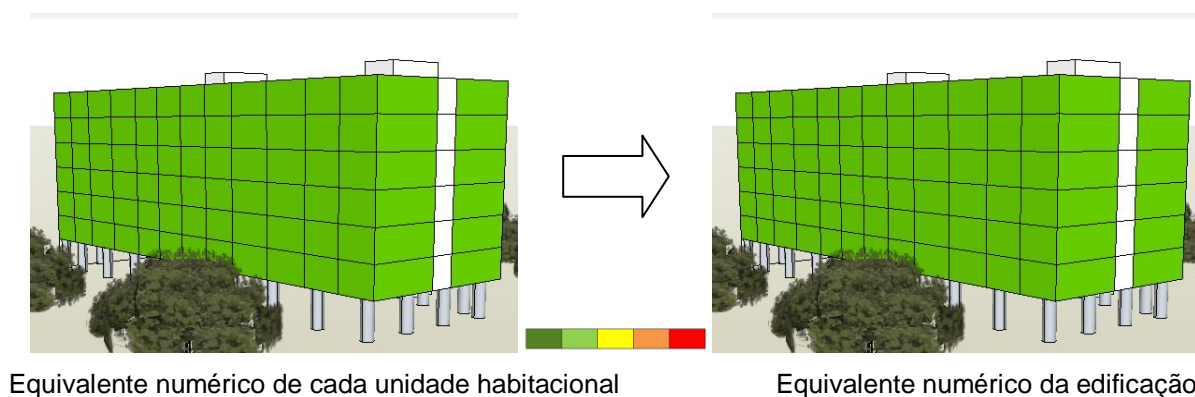
A classificação do nível de eficiência desta edificação multifamiliar é o resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação pela área útil das UHs (Tabela 4.4). Deste modo, a edificação do Grupo 1 obteve nível de eficiência “B”.

Tabela 4.4 – Cálculo da Etiqueta final da envoltória do Edifício SQS 111 I

ETIQUETA FINAL – SQS 111 BLOCO I					
Andar	UH	ETIQUETA	EqNum	ÁREA ÚTIL	ETIQUETA DA EDIFICAÇÃO
1º	1	B	4	102,96	4,00
	2	B	4	102,96	
	3	B	4	102,96	
	4	B	4	102,96	
2º	1	B	4	102,96	
	2	B	4	102,96	
	3	B	4	102,96	
	4	B	4	102,96	
3º	1	B	4	102,96	
	2	B	4	102,96	
	3	B	4	102,96	
	4	B	4	102,96	
4º	1	B	4	102,96	
	2	B	4	102,96	
	3	B	4	102,96	
	4	B	4	102,96	
5º	1	B	4	102,96	
	2	B	4	102,96	
	3	B	4	102,96	
	4	B	4	102,96	
6º	1	B	4	102,96	
	2	B	4	102,96	
	3	B	4	102,96	
	4	B	4	102,96	
ETIQUETA FINAL – SQS 111 BLOCO I – “B”					

Finalmente, como todos os pré-requisitos da envoltória avaliados (Transmitância térmica, Condutividade térmica, Absortância, Ventilação natural e Iluminação natural) foram atendidos, a edificação pode obter a eficiência máxima (Figura 4.6).

Figura 4.6 – Edifício SQS 111 I: Equivalente numérico de cada unidade habitacional e Equivalente numérico da edificação



A Tabela 4.5 apresenta a simulação da classificação da envoltória das unidades habitacionais e o nível de eficiência energética da edificação, considerando diferentes orientações geográficas. Portanto, se a edificação SQS 111 I tivesse orientação Sul o nível de eficiência energética seria A, mas para as demais orientações o nível seria B.

Tabela 4.5 – Classificação da envoltória de acordo com a orientação da edificação na SQS 111I

Pavimento	UH	Equivalente Numérico da envoltória da unidade habitacional (UH)			
		Leste	Oeste	Norte	Sul
1º	01	4,43	4,22	4,74	4,78
	02/03	4,43	4,43	4,79	5,00
	04	4,32	4,22	4,74	4,90
2º ao 5º	01	4,32	4,22	4,42	4,78
	02/03	4,43	4,43	4,43	4,64
	04	4,22	4,22	4,32	4,78
6º	01	3,86	3,75	4,16	3,96
	02/03	3,96	3,75	4,43	4,32
	04	3,86	3,17	4,22	4,32
Eficiência energética da edificação		4,00 B	4,00 B	4,17 B	4,83 A

4.2 Caso 2: Edifício residencial localizado na SQS 216, Bloco CD

O segundo edifício objeto desse estudo foi o edifício localizado na Superquadra Sul 216 – Bloco CD de Brasília (SQS 216 CD), representativo do Grupo 2. Esta edificação apresenta formato retangular, tem fachada principal voltada

para o leste e possui 8 (oito) pavimentos, sendo 1 (um) subsolo, 1 (um) pavimento térreo e 6 (seis) pavimentos tipo, perfazendo um total de 48 (quarenta e oito) unidades habitacionais (Figuras 4.7 e 4.8).

No subsolo estão os elevadores, escadas, garagens, lixeiras, WCs e depósitos e no pavimento térreo estão os elevadores, escadas, guarita, recepção, WC, depósito e pilotis aberto. O pavimento tipo é composto por 12 (doze) unidades habitacionais, halls, elevadores, escadas, depósitos e lixeiras.

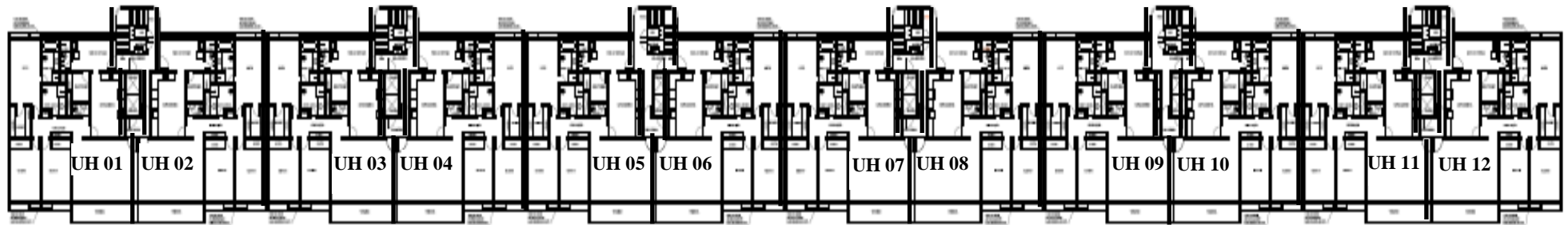
A fachada leste, fachada principal, é composta por varandas, janelas de vidro e fechamentos opacos. Na fachada oeste as janelas menores também são de vidro.

Figura 4.7 – Fachadas do edifício residencial localizado na SQS 216 CD

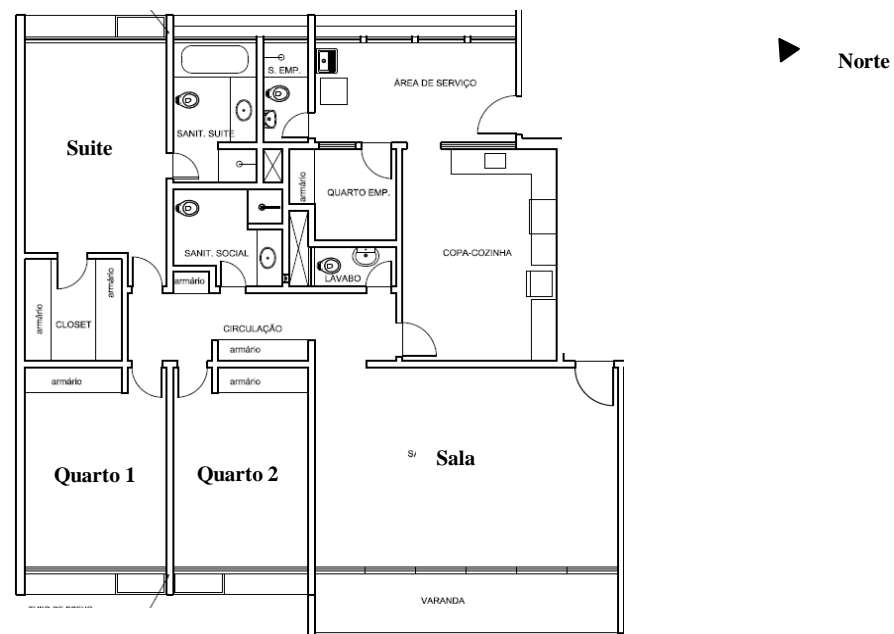


Cada unidade habitacional (Figura 4.8) é composta por 1 (uma) sala, 1 (uma) varanda, 1 (um) lavabo, 1 (uma) circulação, 1 (um) WC social, 2 (dois) quartos, 1 (uma) suíte, 1 (um) closet, 1 (um) WC suíte, 1 (uma) copa/cozinha, 1 (um) quarto empregada, 1 (um) WC serviço e 1 (uma) área de serviço, totalizando uma área de 179,36 m².

Figura 4.8 – Edifício residencial localizado na SQS 216CD: planta baixa do pavimento tipo e planta baixa da unidade habitacional



Planta baixa do pavimento tipo



Planta baixa da unidade habitacional

Os ambientes de permanência prolongada, locais de ocupação contínua por um ou mais indivíduos, das unidades habitacionais da edificação estudada foram identificados como sendo sala, quarto 1, quarto 2 e suíte.

Em todas as unidades habitacionais, de todos os pavimentos, as paredes externas da sala e do quarto 2 estão voltadas para a orientação leste. Nas unidades habitacionais 01, as paredes externas do quarto 1 estão orientadas para o leste e sul e as da suíte para oeste e sul. Já na unidade habitacional 12 as paredes externas do quarto 1 estão orientadas para o leste e norte e as da suíte para o oeste e norte.

4.2.1 Verificação do atendimento aos pré-requisitos

A composição das paredes, lajes e cobertura foram semelhantes à descrita para a edificação da SQS 111 I, sendo, portanto, a transmitância (U), a capacidade térmica (CT) e a absorvância (α) conforme a Tabela 4.3.

Quadro 4.3 – Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância da cobertura e paredes referentes ao edifício SQS 216 CD

	Transmitância Térmica - U	Capacidade Térmica - CT	Absorvância
Coberta	1,99 W/(m ² K)	451 kJ/m ² K	0,40
Paredes	2,24 W/(m ² K)	167 kJ/m ² K	0,73

As características físicas relativas à ventilação natural foram verificadas a partir do levantamento das áreas de abertura para ventilação, estudados os percentuais de áreas mínimas de abertura para ventilação e a existência de ventilação cruzada em ambientes de permanência prolongada.

Na Tabela 4.6 pode-se observar as áreas levantadas para a determinação do percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação e a proporção das aberturas para ventilação cruzada. Verifica-se que o pré-requisito relativo a ventilação natural foi atendido, uma vez que em todos os ambientes de permanência prolongada os percentuais de abertura para ventilação ($\geq 8\%$) e ventilação cruzada ($A_1/A_2 \geq 0,25\%$) foram atendidos.

Tabela 4.6 – Ventilação natural (percentual de aberturas para ventilação) e ventilação cruzada (proporção das aberturas para ventilação natural) das unidades habitacionais do edifício localizado SQS 216 CD

AMBIENTES PERMANENCIA PROLONGADA	VENTILAÇÃO NATURAL			VENTILAÇÃO CRUZADA		
	AU _{amb} (m ²)	A _v (m ²)	A (%)	A ₁ (m ²)	A ₂ (m ²)	A ₂ /A ₁
Quarto 1	15,42	1,82	11,80	12,81	3,54	0,28
Quarto 2	15,42	1,82	11,80			
Suíte	16,89	1,82	10,78			
Sala	52,55	9,17	17,45			

Nota: AU_{amb} = área útil do ambiente, A_v = área de abertura para ventilação, A = % de áreas de abertura para ventilação, A₁ = somatório das áreas de aberturas para ventilação nas fachadas com maior área de abertura para ventilação, A₂ = somatório das áreas de aberturas para ventilação nas fachadas das demais orientações e A₁/A₂= proporção das aberturas para ventilação natural.

As características físicas relativas à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada foram obtidas através do levantamento de dados das áreas de aberturas para iluminação natural e área útil do piso. De posse desses valores foi verificado que o pré-requisito iluminação natural atende ao estabelecido para a Zona Bioclimática 4 ($\geq 12\%$ da AU_{amb}), ou seja, as áreas de abertura para iluminação natural dos ambientes de permanência prolongada foram superiores a 12% da área útil do ambiente (Tabela 4.7).

Tabela 4.7– Percentual de iluminação natural em ambientes de permanência prolongada das unidades autônomas do edifício SQS 216 CD

AMBIENTES PERMANENCIA PROLONGADA	ÁREA ÚTIL DO AMBIENTE	ÁREA DE ILUMINAÇÃO	PERCENTUAL DE ÁREA DE ILUMINAÇÃO EM RELAÇÃO DA ÁREA ÚTIL DO AMBIENTE
	AU _{amb} (m ²)	AI (m ²)	
Quarto 1	15,42	3,64	14,3%
Quarto 2	15,42	3,64	14,3%
Suíte	16,89	3,64	21,5%
Sala	52,55	18,34	34,9%

O Quadro 4.4 apresenta um resumo dos pré-requisitos avaliados para a envoltória e seus respectivos valores estabelecidos no RTQ-C para a Zona Bioclimática 4.

Tabela 4.4 – Resumo dos pré-requisitos, quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQS 216 CD

1. Pré-requisitos Transmitância térmica (U); em [W/(m ² K)], Capacidade térmica (CT); em [kJ/(m ² K)] e absorvância solar (α); adimensional							
	Calculado	Limite para ZB4	Atende ?		Calculado	Limite para ZB4	Atende ?
Paredes	$\alpha = 0,73$ U = 2,24 CT = 167	Para $\alpha > 0,60$ U \leq 2,50 CT \geq 130	Sim Sim	Coberta	$\alpha = 0,40$ U = 1,99 CT = 451	Para $\alpha \leq 0,60$ U \leq 2,30 CT = Sem exigência	Sim Sim
2. Pré-requisito Ventilação natural - % área mínima de abertura para ventilação							
% área mínima de abertura para ventilação (A)				Ventilação cruzada			
	Calculado (%)	Limite para ZB4 (%)	Atende ?		Calculado (%)	Limite para ZB4 (%)	Atende ?
Quarto 1	A = 11,80	A \geq 8,00	Sim	Proporção das aberturas	A1/A2 = 0,28	A1/A2 \geq 0,25	Sim
Quarto 2	A = 11,80		Sim				
Suíte	A = 10,78		Sim				
Sala	A = 17,45		Sim				
3. Pré-requisito Iluminação natural							
	Calculado (m ²)	Limite para ZB4 12,5% AU _{amb}		Atende?			
Quarto 1	AI = 3,64	1,93		Sim			
Quarto 2	AI = 3,64	1,93		Sim			
Suíte	AI = 3,64	2,11		Sim			
Sala	AI = 18,34	6,57		Sim			

Pode-se concluir que todos os pré-requisitos (Transmitância térmica, Capacidade térmica, Absorvância, Ventilação natural e Iluminação natural) foram atendidos a edificação do Grupo 2, não sendo, portanto empecilho à obtenção da eficiência energética máxima.

4.2.2 Determinação da eficiência da envoltória pelo Método Prescritivo

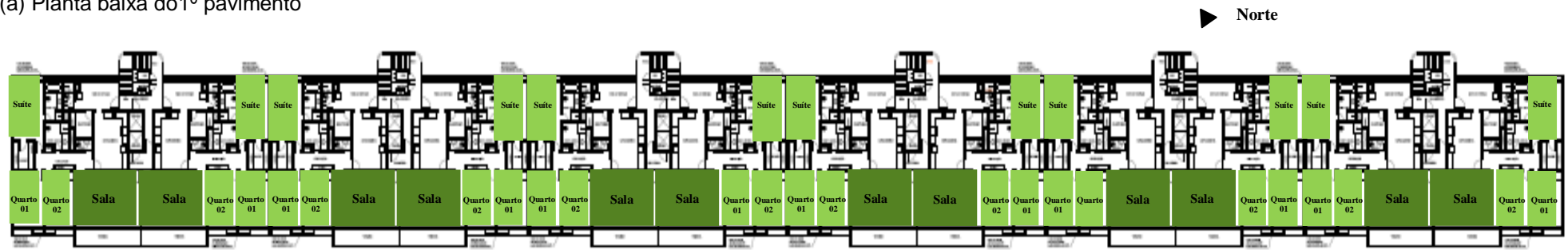
No Apêndice B encontram-se as tabelas com os resultados do desempenho da envoltória para resfriamento (graus hora de resfriamento – GHR) e aquecimento (CA) para os ambientes de permanência prolongada e o Equivalente numérico da envoltória e sua respectiva etiqueta.

Do 1º ao 5º o EqNumEnvAmb_{Resfr} o nível foi “5” (cor verde escuro) na sala de todas as unidades habitacionais e nível “4” (cor verde claro) nos demais ambientes (Figuras 4.9a e 4.9b), podendo ser observado que a influência do pilotis não foi capaz de alterar a condição dos ambientes.

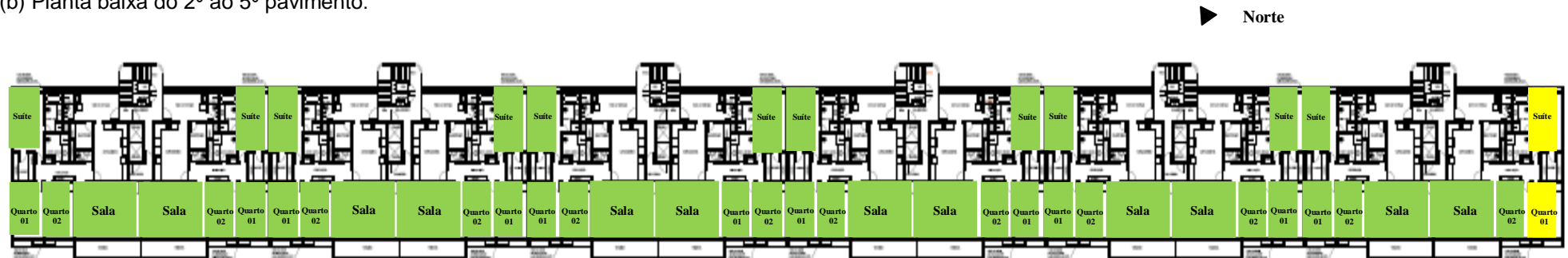
Figura 4.9 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do edifício SQS 216 CD



(a) Planta baixa do 1º pavimento



(b) Planta baixa do 2º ao 5º pavimento.



(c) Planta baixa do 6º pavimento

Nota: Ambientes na cor verde escuro $E_{qNumEnvAmb_{Resfr}} = 5$, na cor verde claro $E_{qNumEnvAmb_{Resfr}} = 4$ e na cor amarela $E_{qNumEnvAmb_{Resfr}} = 3$.

No 6º pavimento o $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}}$ foi nível “3” (cor amarela) no quarto 1 e suíte da UH 08 e nível “4” (cor verde claro) nos demais ambientes (Figura 4.9c). Como pode-se observar a redução do $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}}$ do quarto 1 e da suíte da UH 08 pode ser atribuída à influência da associação da orientação da parede lateral externa (Fachada norte) com a radiação solar recebida pela coberta.

Por outro lado o EqNumEnvAmb_A foi “5” em todos os ambientes de todos os pavimentos.

Pela ponderação dos $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}}$ e EqNumEnvAmb_A de cada UH foram calculados os $\text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}}$ e EqNumEnv_A e, utilizado a equação específica para a Zona Bioclimática 4, foi determinado o equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv) para a cada UH (Tabela 4.8).

Tabela 4.8 – Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício SQS 216 CD

Pav	UH	$0,68 \times \text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}} + 0,32 \times \text{EqNumEnv}_A$	EqNumEnv	Nível de eficiência
1º	01	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
	02 a 07	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
	08	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
2º ao 5º	01	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
	02 a 07	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
	08	$0,68 \times 4,52 + 0,32 \times 5,00$	4,68	A
6º	01	$0,68 \times 4,00 + 0,32 \times 5,00$	4,32	B
	02 a 07	$0,68 \times 4,00 + 0,32 \times 5,00$	4,32	B
	08	$0,68 \times 3,68 + 0,32 \times 5,00$	4,10	B

Como se pode observar na Tabela 4.9, das 48 unidades habitacionais, apenas as 8 unidades habitacionais localizadas no 6º pavimento atingiram nível de eficiência “B”, ou seja, o EqNumEnv foi de aproximadamente 4,00 (variou de 4,10 a 4,32). Nas demais UH localizadas do 1º ao 5º o nível de eficiência foi “A” ($\text{EqNumEnv} = 4,68$).

Finalmente, como todos os pré-requisitos da envoltória avaliados (Transmitância térmica, Condutividade térmica, Absortância, Ventilação natural e Iluminação natural) foram atendidos, a edificação pode obter a eficiência máxima.

A classificação do nível de eficiência desta edificação multifamiliar é o resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais

autônomas da edificação pela área útil das UHs (Tabela 4.9 e Figura 4.10). Deste modo, a edificação do Grupo 2 obteve nível de eficiência “A”.

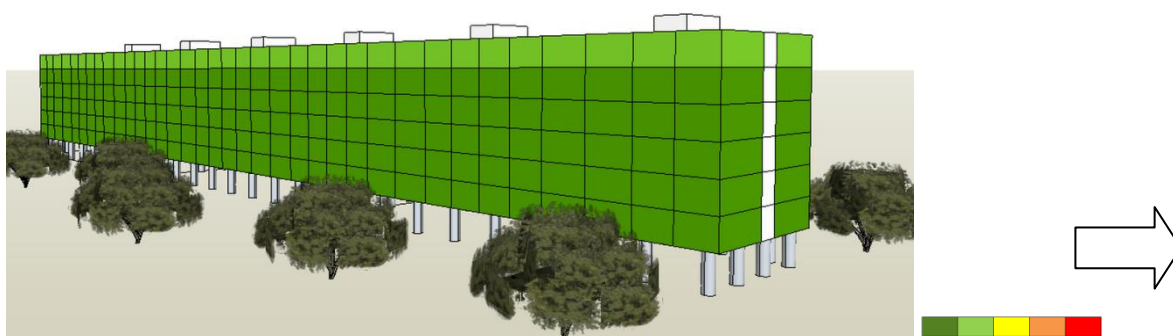
Tabela 4.9 – Cálculo da Etiqueta final da envoltória do Edifício SQS 216 CD - Continua

Andar	UH	ETIQUETA	EqNum	ÁREA ÚTIL	ETIQUETA DA EDIFICAÇÃO
1º	1	A	5	179,36	4,85
	2	A	5	179,36	
	3	A	5	179,36	
	4	A	5	179,36	
	5	A	5	179,36	
	6	A	5	179,36	
	7	A	5	179,36	
	8	A	5	179,36	
	9	A	5	179,36	
	10	A	5	179,36	
	11	A	5	179,36	
	12	A	5	179,36	
2º	1	A	5	179,36	
	2	A	5	179,36	
	3	A	5	179,36	
	4	A	5	179,36	
	5	A	5	179,36	
	6	A	5	179,36	
	7	A	5	179,36	
	8	A	5	179,36	
	9	A	5	179,36	
	10	A	5	179,36	
	11	A	5	179,36	
	12	A	5	179,36	
3º	1	A	5	179,36	
	2	A	5	179,36	
	3	A	5	179,36	
	4	A	5	179,36	
	5	A	5	179,36	
	6	A	5	179,36	
	7	A	5	179,36	
	8	A	5	179,36	
	9	A	5	179,36	
	10	A	5	179,36	
	11	A	5	179,36	
	12	A	5	179,36	
4º	1	A	5	179,36	
	2	A	5	179,36	
	3	A	5	179,36	
	4	A	5	179,36	
	5	A	5	179,36	
	6	A	5	179,36	
	7	A	5	179,36	
	8	A	5	179,36	
	9	A	5	179,36	
	10	A	5	179,36	
	11	A	5	179,36	
	12	A	5	179,36	

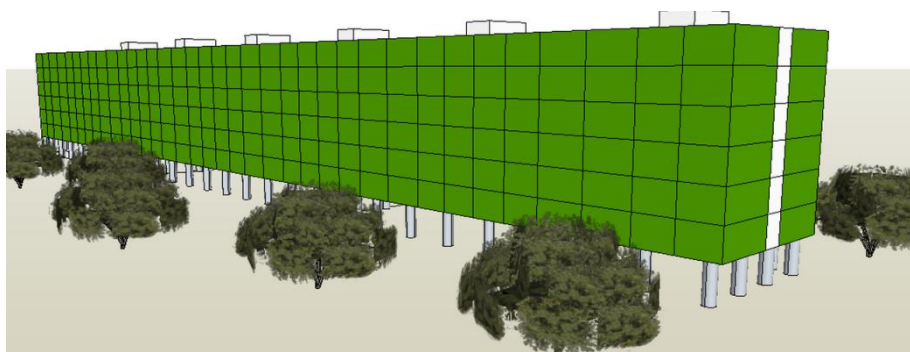
Tabela 4.9 – Cálculo da Etiqueta final da envoltória do Edifício SQS 216 CD - Continuação.

Andar	UH	ETIQUETA	EqNum	ÁREA ÚTIL	ETIQUETA DA EDIFICAÇÃO
5º	1	A	5	179,36	4,85
	2	A	5	179,36	
	3	A	5	179,36	
	4	A	5	179,36	
	5	A	5	179,36	
	6	A	5	179,36	
	7	A	5	179,36	
	8	A	5	179,36	
	9	A	5	179,36	
	10	A	5	179,36	
	11	A	5	179,36	
	12	A	5	179,36	
6º	1	B	4	179,36	
	2	B	4	179,36	
	3	B	4	179,36	
	4	B	4	179,36	
	5	B	4	179,36	
	6	B	4	179,36	
	7	B	4	179,36	
	8	B	4	179,36	
	9	B	4	179,36	
	10	B	4	179,36	
	11	B	4	179,36	
	12	B	4	179,36	
ETIQUETA FINAL - SQS 216 BLOCO CD – “A”					

Figura 4.10 – Edifício SQS 216 CD: Equivalente numérico de cada unidade habitacional e Equivalente numérico da edificação



Equivalente numérico de cada unidade habitacional



Equivalente numérico da edificação.

A melhoria do nível de eficiência pode ser atribuída a incorporação de novos elementos arquitetônicos, por exemplo, as varandas, às edificações levando a uma sensível melhoria no desempenho térmico dos ambientes internos.

A Tabela 4.10 apresenta a simulação da classificação da envoltória das unidades habitacionais e o nível de eficiência energética da edificação, considerando diferentes orientações geográficas. Para a edificação SQS 216 CD, o nível de eficiência energética seria sempre A, independentemente da orientação.

Tabela 4.10 – Classificação da envoltória de acordo com a orientação da edificação na SQS 216CD

Pavimento	UH	Equivalente Numérico da envoltória da unidade habitacional (UH)			
		Leste	Oeste	Norte	Sul
1º	01	4,68	4,68	4,78	4,78
	02/03	4,68	4,68	5,00	5,00
	04	4,68	4,68	4,78	4,78
2º ao 5º	01	4,68	4,68	4,68	4,78
	02/03	4,68	4,68	4,79	4,89
	04	4,68	4,68	4,68	4,89
6º	01	4,32	4,10	4,22	4,21
	02/03	4,32	4,21	4,32	4,32
	04	4,10	4,22	4,22	4,21
Eficiência Energética da edificação		4,83 A	4,83 A	4,83 A	4,83 A

4.3 Caso 3: Edifício residencial localizado na SQNW 110, Bloco J

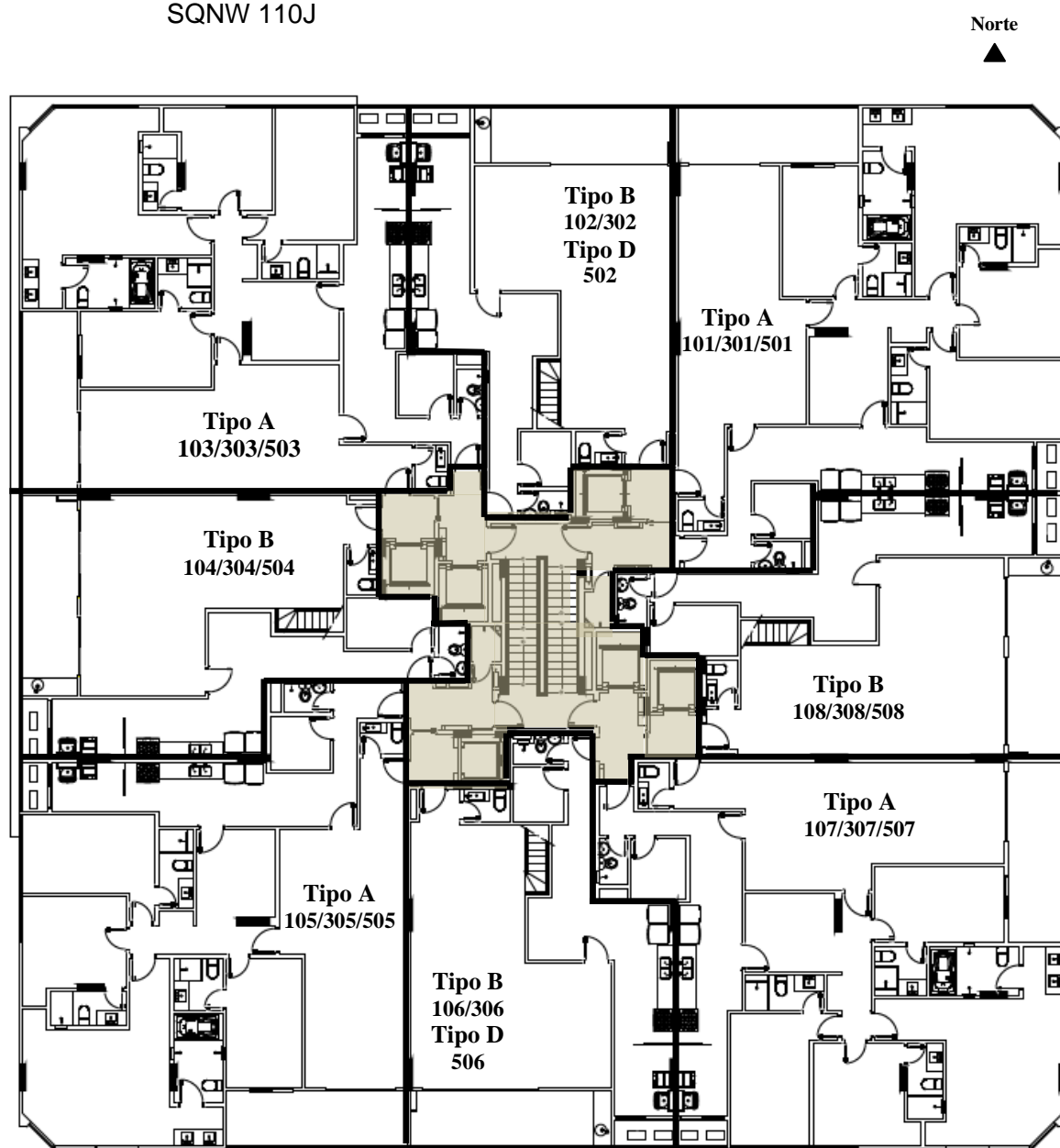
O edifício localizado na Superquadra 110 – Bloco J do Setor Noroeste de Brasília (SQNW 110 J) apresenta projeção de formato quadrado, com plantas de apartamentos variadas, sendo 1 (um) subsolo, 1 (um) térreo, 3 (três) pavimentos tipo - 1º, 3º e 5º, 2 (dois) pavimentos tipo - 2º e 4º, 1 (um) pavimento 6º, 1 (um) pavimento 7º e 1 (uma) cobertura, totalizando 36 (trinta e seis) unidades habitacionais, das quais 20 (vinte) são **Tipo A**, 10 (dez) **Tipo B**, 4 (quatro) **Tipo C** e 2 (duas) **Tipo D**.

No subsolo estão os elevadores, escadas, halls, garagens, bicicletário, depósitos, circulações, sala telefônica, casa de bombas, cômodo de pressurização e reservatório inferior. No pavimento Térreo estão os elevadores, escadas, halls,

lixeiras, recepção, sala segurança, salão de eventos, bar, copas, WCs, vestiários, e pilotis aberto. Do 1º ao 6º pavimento, a área de uso comum é composta por 06 (seis) elevadores, 02 (duas) lixeiras, escadas e halls.

Nos 1º, 3º e 5º pavimentos (Figura 4.11) a área privativa é composta por 12 (doze) unidades habitacionais do **Tipo A** (101, 103, 105, 107, 301, 303, 305, 307, 501, 503, 505 e 507), 10 (dez) unidades habitacionais duplex do **Tipo B** (102, 104, 106, 108, 302, 304, 306, 308, 504 e 508), e 2 (duas) unidades habitacionais triplex do **Tipo D** (502 e 506).

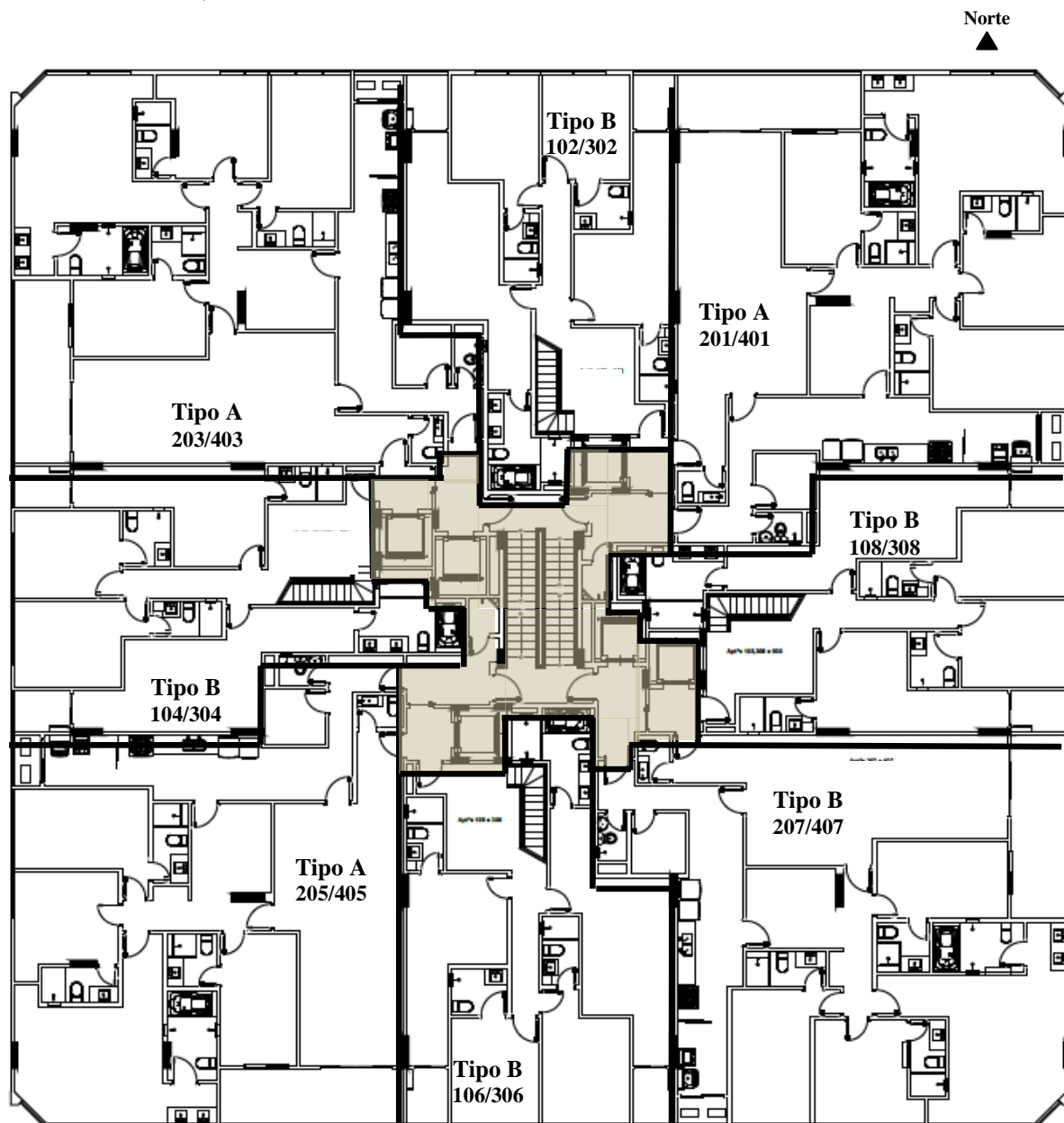
Figura 4.11 – Planta baixa dos 1º, 3º e 5º pavimentos do edifício residencial localizado na SQNW 110J



Nota: Ambientes na cor cinza = Área de uso comum.

Nos 2º e 4º pavimentos (Figura 4.12), a área privativa é composta por 8 (oito) unidades habitacionais **Tipo A** (201, 203, 205, 207, 401, 403, 405 e 407) e 8 (oito) unidades habitacionais duplex **Tipo B** (102, 104, 106, 108, 302, 304, 306 e 308).

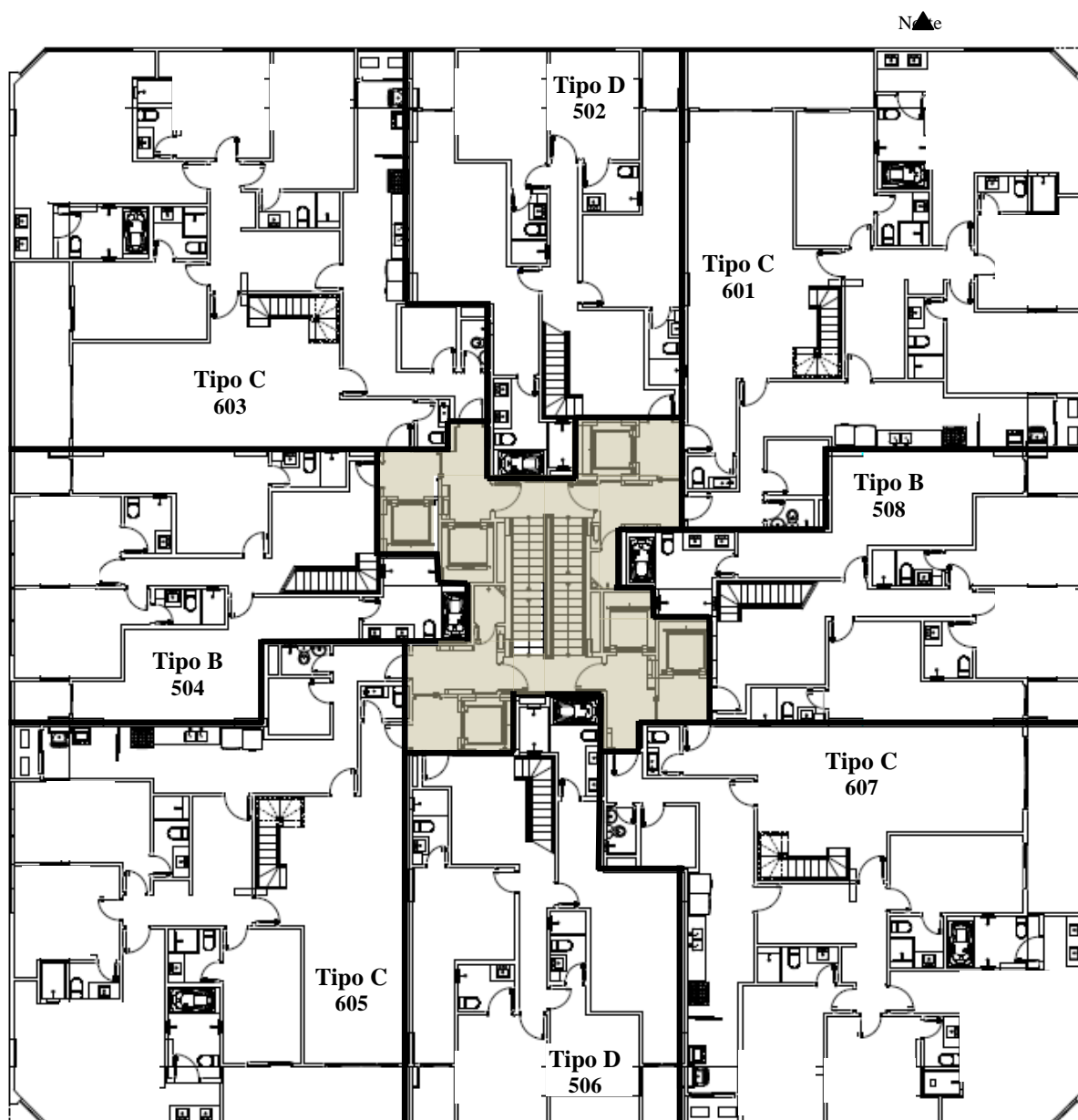
Figura 4.12 – Planta baixa dos 2º e 4º pavimentos do edifício residencial localizado na SQNW 110J



Nota: Ambientes na cor cinza = Área de uso comum.

No 6º pavimento (Figura 4.13) a área privativa é constituída por 2 (duas) unidades habitacionais duplex do **Tipo B** (504 e 508), 4 (quatro) unidades habitacionais duplex do **Tipo C** (601, 603, 605 e 607) e 2 (duas) unidades habitacionais triplex do **Tipo D** (502 e 506).

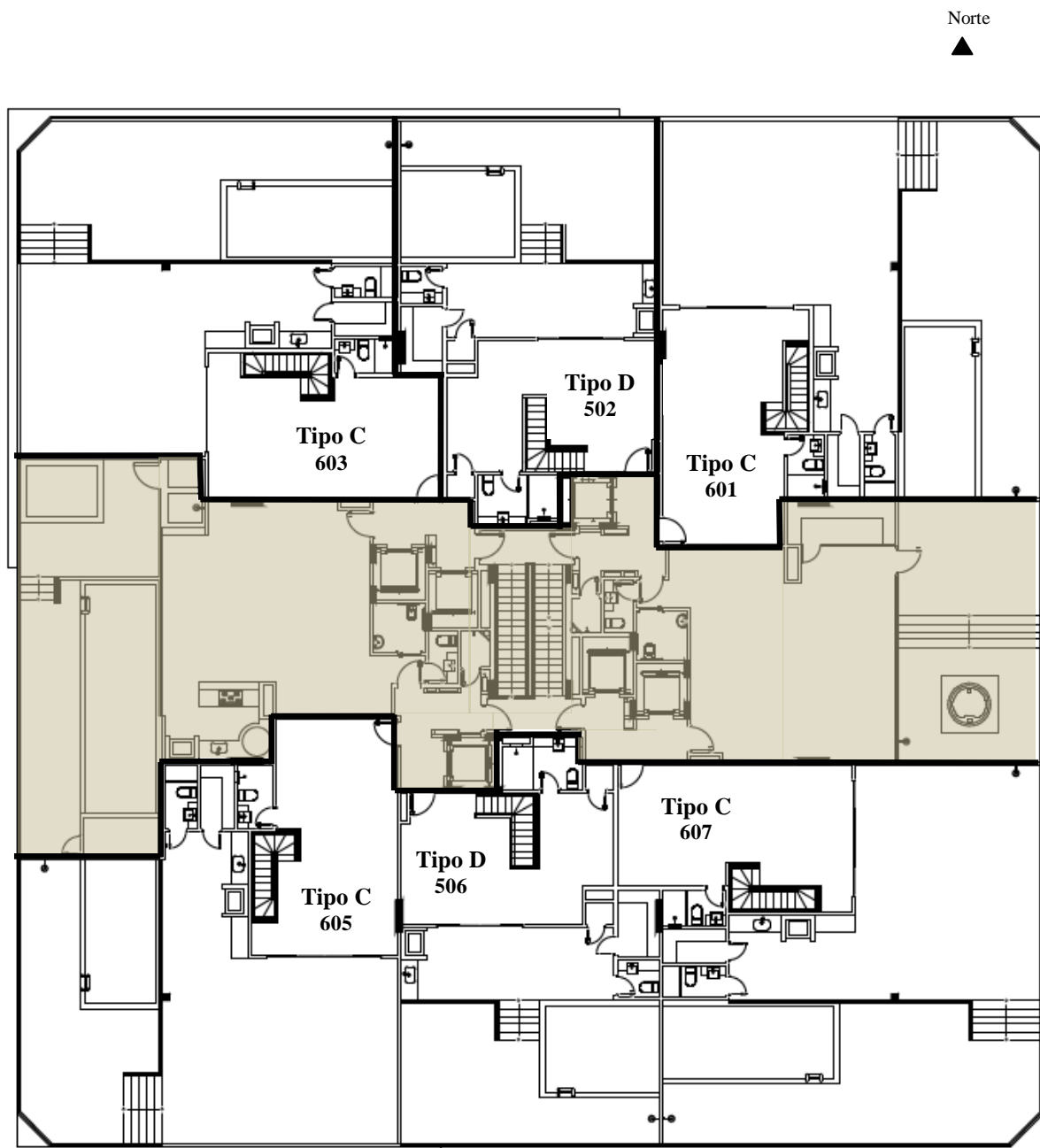
Figura 4.13 – Planta baixa do 6º pavimento do edifício residencial localizado na SQNW 110J



Nota: Ambientes na cor cinza = Área de uso comum.

No 7º pavimento (Figura 4.14), na área de uso comum, situam-se 06 (seis) elevadores, 02 (duas) lixeiras, escadas, halls, sauna, fitness, espaço gourmet, WCs, spa, piscinas, terraço. A área privativa é composta por 4 (quatro) unidades habitacionais duplex do **Tipo C** (601, 603, 605 e 607) e 2 (duas) unidades habitacionais triplex do **Tipo D** (502 e 506).

Figura 4.14 – Planta baixa do 7º pavimento do edifício residencial, localizado na SQNW 110 J

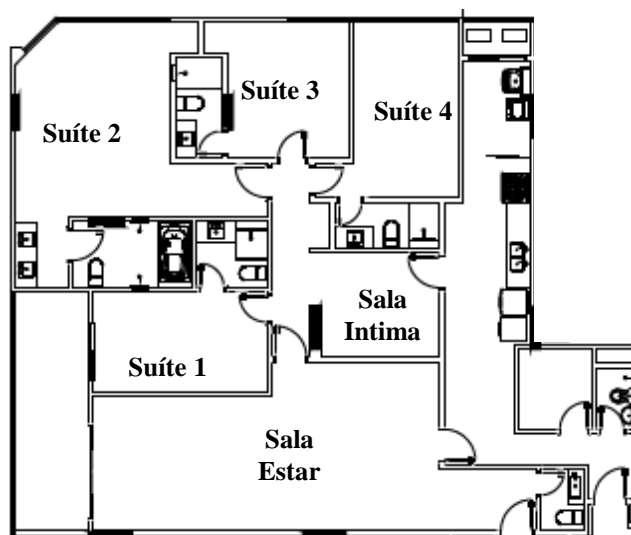


Nota: Ambientes na cor amarela = Área de uso comum, na cor azul e branca = unidades habitacionais.

a) Unidades habitacionais do Tipo A

As unidades habitacionais do Tipo A (Figura 4.15) dispõem dos seguintes cômodos: 1 (um) lavabo, 1 (uma) sala estar/jantar, 1 (uma) varanda, 1 (uma) sala íntima, 4 (quatro) suítes, 4 (quatro) WCs suítes, 1 (uma) cozinha/área de serviço, 1 (um) depósito, WC serviço e 1 (uma) circulação, totalizando uma área de 154,09 m².

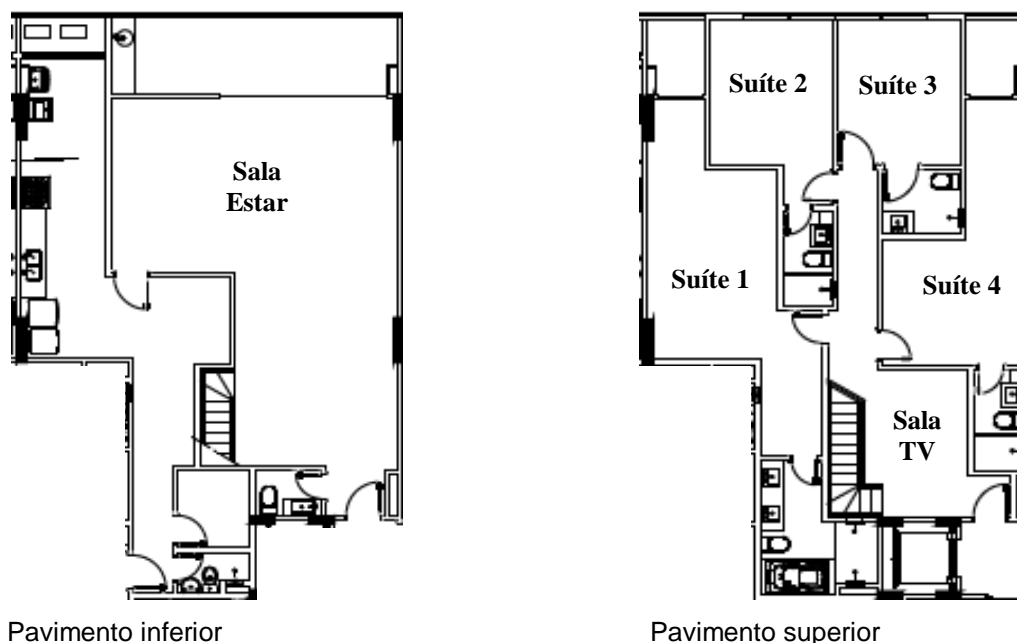
Figura 4.15 – Planta baixa das unidades habitacionais Tipo A do edifício residencial localizado na SQNW 110J



b) Unidades habitacionais do Tipo B

As unidades habitacionais do Tipo B (Figura 4.16) possuem 2 (dois) pavimentos (duplex). No pavimento inferior estão 1 (um) lavabo, 1 (uma) sala estar/jantar, 1 (uma) varanda, 1 (uma) cozinha/área de serviço, 1 (um) depósito, 1 (um) WC serviço e 1 (uma) escada. No pavimento superior estão 1 (uma) sala TV, 4 (quatro) suítes, 4 (quatro) WCs suítes, 1 (uma) circulação e 2 (duas) varandas, totalizando uma área de 203,44 m².

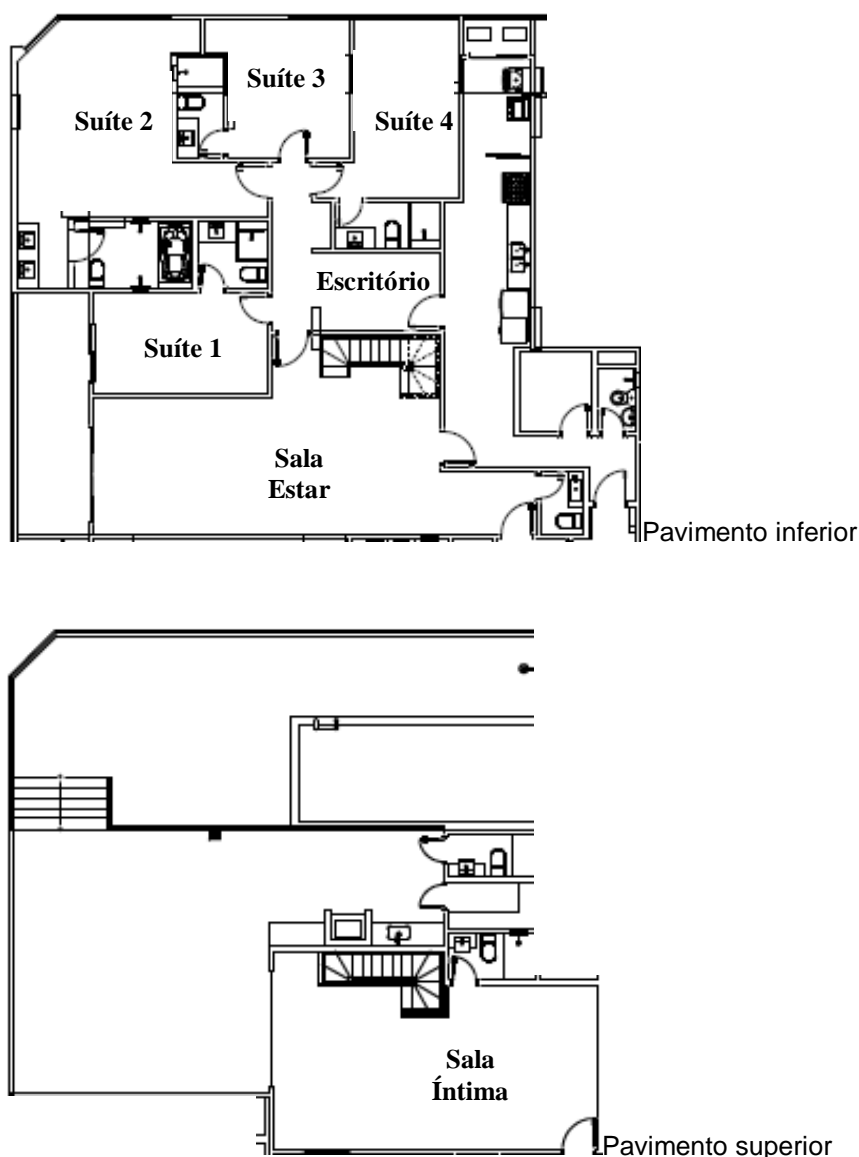
Figura 4.16 – Planta baixa das unidades habitacionais Tipo B do edifício residencial localizado na SQNW 110J



c) Unidades habitacionais do Tipo C

As unidades habitacionais do Tipo C (Figuras 4.17) também possuem 2 (dois) pavimentos (duplex). No pavimento inferior estão 1 (um) lavabo, 1 (uma) sala estar/jantar, 1 (uma) varanda, 1 (uma) sala escritório, 4 (quatro) suítes, 4 (quatro) WCs suítes, 1 (uma) cozinha/área de serviço, 1 (um) depósito, WC serviço, 1 (uma) circulação e 1 (uma) escada. No pavimento superior tem 1 (uma) sala íntima, 1 (uma) escada, 1 (um) WC, 1 (uma) sauna, 1 (um) banho, além de 1 (uma) piscina, 1 (um) deck, 1 (uma) casa de máquinas, 1 (uma) churrasqueira e 1 (um) terraço descoberto, totalizando uma área de 211,03 m².

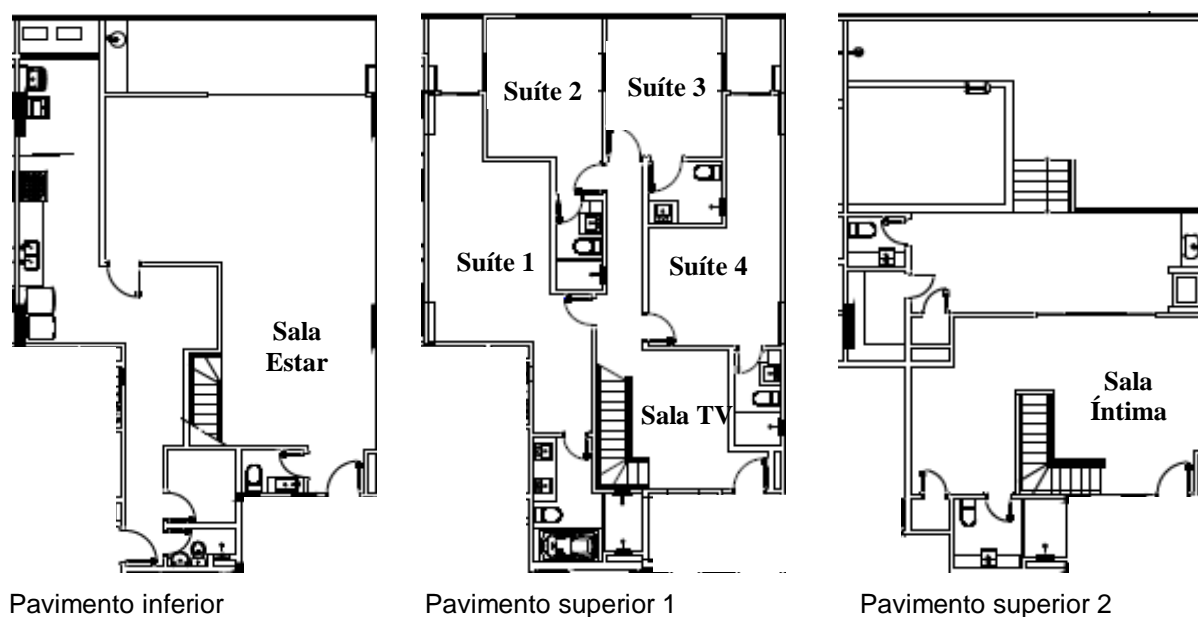
Figura 4.17 – Planta baixa das unidades habitacionais Tipo C do edifício residencial localizado na SQNW 110J



d) Unidades habitacionais do Tipo D

As unidades habitacionais do Tipo D (Figuras 4.18) possuem 3 (três) pavimentos (triplex). Os dois primeiros pavimentos são iguais ao Tipo B e no terceiro pavimento estão 1 (uma) sala íntima, 1 (uma) escada, 1 (um) WC, 1 (uma) sauna, 1 (um) banho, além de 1 (uma) piscina, 1 (um) deck, 1 (uma) casa de máquinas e 1 (uma) churrasqueira, totalizando uma área de 239,16 m².

Figura 4.18 – Planta baixa das unidades habitacionais Tipo D do edifício residencial localizado na SQNW 110J



4.3.1 Verificação do atendimento aos pré-requisitos

A composição das paredes, lajes e cobertura foram semelhantes às descritas para as edificações SQS 111 I e SQS 216 CD, sendo, portanto, a transmitância (U), a capacidade térmica (CT) e a absorvância (α) conforme a Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância da cobertura e paredes referentes ao edifício SQWN 110 J

	Transmitância Térmica - U	Capacidade Térmica - CT	Absorvância
Coberta	1,99 W/(m ² K)	451 kJ/m ² K	0,40
Paredes	2,24 W/(m ² K)	167 kJ/m ² K	0,73

Conforme pode ser observado no Quadro 4.6, para todos os ambientes de permanência prolongada os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar foram atendidos, para todas as unidades habitacionais.

Quadro 4.6 – Resumo dos pré-requisitos transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQNW 110 J

	Calculado	Limite ZB4	Atende?		Calculado	Limite ZB4	Atende?
Paredes	$\alpha = 0,73$ $U = 2,24$ $CT = 167$	Para $\alpha > 0,60$ $U \leq 2,50$ $CT \geq 130$	Sim Sim	Coberta	$\alpha = 0,40$ $U = 1,99$ $CT = 451$	Para $\alpha \leq 0,60$ $U \leq 2,30$ $CT = \text{Sem exigência}$	Sim Sim

NOTA: Transmitância térmica (U), em $[W/(m^2K)]$; Capacidade térmica (CT), em $[kJ/(m^2K)]$ e absorvância solar (α), adimensional

As características físicas relativas à ventilação natural foram verificadas a partir do levantamento das áreas de abertura para ventilação, estudados os percentuais de áreas mínimas de abertura para ventilação e a existência de ventilação cruzada em ambientes de permanência prolongada.

Na Tabela 4.11 podem ser observadas as áreas levantadas para a determinação do percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação natural e a proporção das aberturas para ventilação cruzada.

Tabela 4.11 – Ventilação natural (percentual de abertura para ventilação) e ventilação cruzada (proporção das aberturas para ventilação natural) das unidades habitacionais do edifício localizado na SQNW110 J

AMBIENTES PERMANENCIA PROLONGADA	VENTILAÇÃO NATURAL			VENTILAÇÃO CRUZADA		
	AU _{amb} (m ²)	A _V (m ²)	A (%)	A ₁ (m ²)	A ₂ (m ²)	A ₂ /A ₁
Unidade habitacional Tipo A – 101, 103, 105, 107, 201, 203, 205, 207, 301, 303, 305, 307, 401, 403, 405, 407, 501, 503, 505, 507.						
Sala estar	39,00	2,76	7,1%			
Suíte 1	11,62	0,90	7,7%			
Suíte 2	12,45	2,48	19,9%	6,14	4,98	0,81
Suíte 3	8,35	0,96	11,5%			
Suíte 4	8,90	1,62	18,2%			
Sala íntima	8,60	0,00	0,0%			
Unidade habitacional Tipo B – 102, 104, 106, 108, 302, 304, 306, 308, 504, 508.						
Sala estar	51,90	4,60	8,9%			
Suíte 1	22,00	1,15	5,2%			
Suíte 2	9,20	1,32	14,3%			
Suíte 3	8,00	1,29	16,1%	9,51	0,00	0,00
Suíte 4	15,40	1,15	7,5%			
Sala TV	10,70	0,00	0,0%			
Unidade habitacional Tipo C – 601, 603, 605, 607.						
Sala estar	42,10	2,76	6,6%			
Suíte 1	11,62	0,90	7,7%			
Suíte 2	12,45	2,48	19,9%			
Suíte 3	8,35	0,96	11,5%	6,14	4,98	0,81
Suíte 4	8,90	1,62	18,2%			
Sala íntima	35,30	4,60	13,0%			
Escritório	6,42	0,0	0,0%			
Unidade habitacional Tipo D – 502, 506.						
Sala estar	51,90	4,60	8,9%			
Suíte 1	22,00	1,15	5,2%			
Suíte 2	9,20	1,32	14,3%			
Suíte 3	8,00	1,29	16,1%	9,51	0,00	0,00
Suíte 4	15,40	1,15	7,5%			
Sala TV	10,70	0,00	0,0%			
Sala íntima	29,50	3,45	11,7%			

Nota: AU_{amb} = área útil do ambiente, A_v = área de abertura para ventilação, A = % de áreas de abertura para ventilação, A₁ = somatório das áreas de aberturas para ventilação nas fachadas com maior área de abertura para ventilação e A₂ = somatório das áreas de aberturas para ventilação nas fachadas das demais orientações, A₁/A₂ = proporção das aberturas para ventilação natural.

No pré-requisito de ventilação natural (Quadro 4.7), o percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação natural não foi atendido em pelo menos três dos ambientes de cada tipo de UH, implicando em no máximo nível “C” (EqNum = 3) no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento (EqNumEnvAmb_{Resfr}).

Quadro 4.7 – Resumo dos pré-requisitos ventilação natural quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQNW 110 J

Unidade habitacional Tipo A - 101, 103, 105, 107, 201, 203, 205, 207, 301, 303, 305, 307, 401, 403, 405, 407, 501, 503, 505, 507.							
Área mínima de abertura para ventilação (A)				Ventilação cruzada (A1/A2)			
	Calculado	Limite ZB4	Atende?	Proporção das aberturas	Calculado	Limite ZB4	Atende?
Sala estar	A = 7,1%	A ≥ 8,0%	Não		0,81%	≥ 0,25%	Sim
Suíte 1	A = 7,7%		Não				
Suíte 2	A = 19,9%		Sim				
Suíte 3	A = 11,5%		Sim				
Suíte 4	A = 18,2%		Sim				
Sala intim.	A = 0,0%		Não				
Unidade habitacional Tipo B – 102, 104, 106, 108, 302, 304, 306, 308, 504, 508.							
Área mínima de abertura para ventilação (A)				Ventilação cruzada (A1/A2)			
	Calculado	Limite ZB4	Atende?	Proporção das aberturas	Calculado	Limite ZB4	Atende?
Sala estar	A = 8,9%	A ≥ 8,0%	Sim		0,00%	≥ 0,25%	Não
Suíte 1	A = 5,2%		Não				
Suíte 2	A = 14,3%		Sim				
Suíte 3	A = 16,1%		Sim				
Suíte 4	A = 7,5%		Não				
Sala TV	A = 0,0%		Não				
Unidade habitacional Tipo C – 601, 603, 605, 607.							
Área mínima de abertura para ventilação (A)				Ventilação cruzada (A1/A2)			
	Calculado	Limite ZB4	Atende?	Proporção das aberturas	Calculado	Limite ZB4	Atende?
Sala estar	A = 6,6%	A ≥ 8,00	Não		0,81%	≥ 0,25%	Sim
Suíte 1	A = 7,7%		Não				
Suíte 2	A = 19,9%		Sim				
Suíte 3	A = 11,5%		Sim				
Suíte 4	A = 18,2%		Sim				
Sala intim. Escritório	A = 13,0% A = 0,0%		Sim Não				
Unidade habitacional Tipo D – 502 – 506.							
Área mínima de abertura para ventilação (A)				Ventilação cruzada (A1/A2)			
	Calculado	Limite ZB4	Atende?	Proporção das aberturas	Calculado	Limite ZB4	Atende?
Sala estar	A = 8,9%	A ≥ 8,00	Sim		0,00	≥ 0,25	Não
Suíte 1	A = 5,2%		Não				
Suíte 2	A = 14,3%		Sim				
Suíte 3	A = 16,1%		Sim				
Suíte 4	A = 7,5%		Não				
Sala intim. Escritório	A = 0,0% A = 11,7%		Não Sim				

No Quadro 4.7 também se pode observar que, em relação à ventilação cruzada, as UH Tipo – B e D não promovem condições de escoamento de ar entre

aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas e orientações da edificação, não permitindo o fluxo de ar necessário para atender condições de conforto e higiene, o que implica que a UH atingirá no máximo o nível C no equivalente numérico da envoltória para resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$).

As características físicas relativas à iluminação natural (Tabela 4.12) foram obtidas através do levantamento das áreas de aberturas para iluminação natural e da área útil do piso de cada ambiente de permanência prolongada.

Tabela 4.12 – Percentual de iluminação natural em ambientes de permanência prolongada das unidades autônomas do edifício SQNW 110 J

AMBIENTES PERMANENCIA PROLONGADA	ÁREA ÚTIL DO AMBIENTE	ÁREA DE ILUMINAÇÃO	PERCENTUAL DE ÁREA DE ILUMINAÇÃO EM RELAÇÃO DA ÁREA ÚTIL DO AMBIENTE
	$AU_{amb} (m^2)$	$AI (m^2)$	
Unidade habitacional Tipo A – 101, 103, 105, 107, 201, 203, 205, 207, 301, 303, 305, 307, 401, 403, 405, 407, 501, 503, 505, 507.			
Sala estar	39,00	5,52	14,1%
Suíte 1	11,62	1,80	15,5%
Suíte 2	12,45	4,95	39,8%
Suíte 3	8,35	1,92	23,0%
Suíte 3	8,90	3,24	36,4%
Sala Íntima	8,60	0,00	0,0%
Unidade habitacional Tipo B – 102, 104, 106, 108, 302, 304, 306, 308, 504, 508.			
Sala estar	51,90	9,20	17,7%
Suíte 1	22,00	2,30	10,4%
Suíte 2	9,20	2,64	28,7%
Suíte 3	8,00	2,58	32,2%
Suíte 3	15,40	2,30	14,9%
Sala TV	10,70	0,00	0,0%
Unidade habitacional Tipo C – 601, 603, 605, 607.			
Sala estar	42,10	5,52	13,1%
Suíte 1	11,62	1,80	15,5%
Suíte 2	12,45	4,95	39,8%
Suíte 3	8,35	1,92	23,0%
Suíte 3	8,90	3,24	36,4%
Sala íntima	35,30	9,20	26,1%
Escritório	6,42	0,00	0,0%
Unidade habitacional Tipo D – 502, 506.			
Sala estar	51,90	9,20	17,7%
Suíte 1	22,00	2,30	10,4%
Suíte 2	9,20	2,64	28,7%
Suíte 3	8,00	2,58	32,2%
Suíte 3	15,40	2,30	14,9%
Sala TV	10,70	0,00	0,0%
Sala íntima	29,50	6,90	23,4%

Como pode ser observado no Quadro 4.8, pelo menos um dos ambientes de todas UH não tem acesso direto à iluminação natural e na suíte 1 da UH Tipo B a soma das áreas de aberturas para iluminação natural do ambiente não corresponde ao mínimo estabelecido ($\geq 12,5\%$ da área útil do ambiente).

Quadro 4.8 – Resumo dos pré-requisitos iluminação natural quanto ao atendimento dos valores estabelecidos pelo RTQ-R, para o edifício situado na SQNW 110 J

Unidade habitacional Tipo A – 101, 103, 105, 107, 201, 203, 205, 207, 301, 303, 305, 307, 401, 403, 405, 407, 501, 503, 505, 507.			
	Calculado	Limite ZB4: $AI \geq 12,5\% AU_{amb}$	Atende?
Sala estar	$AI = 5,52 \text{ m}^2$	$AI \geq 4,88 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 1	$AI = 1,80 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,45 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 2	$AI = 4,95 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,56 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 3	$AI = 1,92 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,04 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 4	$AI = 3,24 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,11 \text{ m}^2$	Sim
Sala TV	$AI = 0,00 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,08 \text{ m}^2$	Não
Unidade habitacional Tipo B – 102, 104, 106, 108, 302, 304, 306, 308, 504, 508.			
	Calculado	Limite ZB4 $\geq 12,5\% AU_{amb}$	Atende?
Sala estar	$AI = 9,20 \text{ m}^2$	$AI \geq 6,49 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 1	$AI = 2,30 \text{ m}^2$	$AI \geq 2,75 \text{ m}^2$	Não
Suíte 2	$AI = 2,64 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,15 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 3	$AI = 2,58 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,00 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 4	$AI = 2,30 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,93 \text{ m}^2$	Sim
Sala TV	$AI = 0,00 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,34 \text{ m}^2$	Não
Unidade habitacional Tipo C – 601, 603, 605, 607.			
	Calculado	Limite ZB4 $\geq 12,5\% AU_{amb}$	Atende?
Sala estar	$AI = 5,52 \text{ m}^2$	$AI \geq 5,26 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 1	$AI = 1,80 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,45 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 2	$AI = 4,95 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,56 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 3	$AI = 1,92 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,04 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 4	$AI = 3,24 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,11 \text{ m}^2$	Sim
Sala íntima	$AI = 9,20 \text{ m}^2$	$AI \geq 4,41 \text{ m}^2$	Sim
Escritório	$AI = 0,00 \text{ m}^2$	$AI \geq 0,80 \text{ m}^2$	Não
Unidade habitacional Tipo D – 502 – 506.			
	Calculado	Limite ZB4 $\geq 12,5\% AU_{amb}$	Atende?
Sala estar	$AI = 9,20 \text{ m}^2$	$AI \geq 6,49 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 1	$AI = 2,30 \text{ m}^2$	$AI \geq 2,75 \text{ m}^2$	Não
Suíte 2	$AI = 2,64 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,15 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 3	$AI = 2,58 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,00 \text{ m}^2$	Sim
Suíte 4	$AI = 2,30 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,93 \text{ m}^2$	Sim
Sala TV	$AI = 0,00 \text{ m}^2$	$AI \geq 1,34 \text{ m}^2$	Não
Escritório	$AI = 6,90 \text{ m}^2$	$AI \geq 3,69 \text{ m}^2$	Sim

O não atendimento a este pré-requisito implica em no máximo nível C ($EqNum = 3$) nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$) e para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$).

Pode-se concluir que apenas os pré-requisitos Transmitância térmica, Capacidade térmica e Absortância foram atendidos para este edifício, enquanto que os pré-requisitos Ventilação natural e Iluminação natural não foram atendidos em alguns ambientes. Isto implica que, os ambientes de permanência prolongada que não atenderam ao pré-requisito Ventilação natural (percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação e ventilação cruzada) pode obter, no máximo, nível C ($EqNum = 3$) no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento. Já o não atendimento ao pré-requisito Iluminação natural implica em no máximo nível C ($EqNum = 3$) nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento e para aquecimento.

4.3.2 *Determinação da eficiência da envoltória pelo Método Prescritivo*

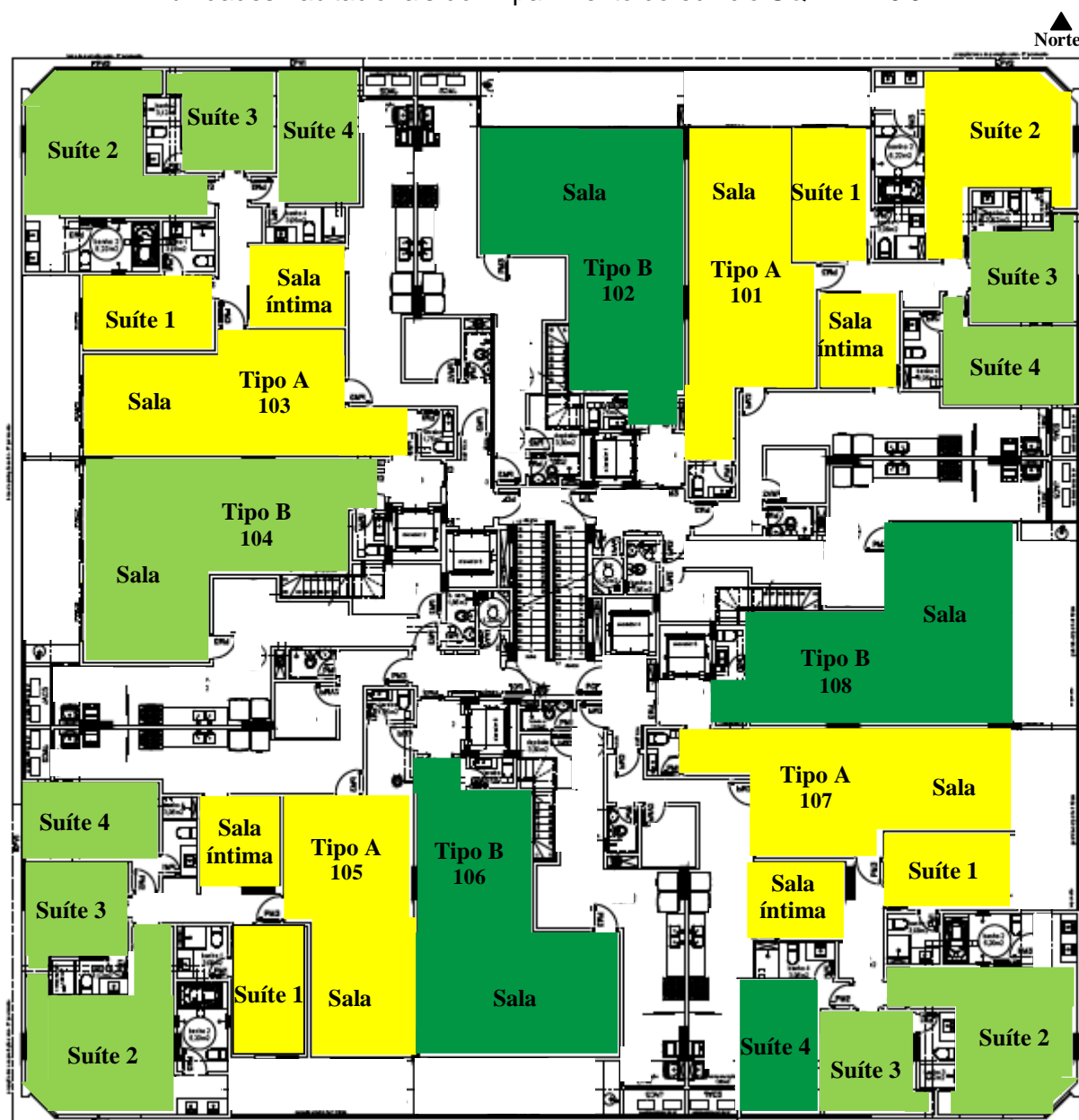
No Apêndice C estão as tabelas com os resultados do desempenho térmico da envoltória para resfriamento e aquecimento para ambientes de permanência prolongada, bem como o Equivalente numérico da envoltória e respectiva etiqueta.

As Figuras 4.19 e 4.20 ilustram o comportamento dos Equivalentes Numérico da Envoltória dos Ambientes para resfriamento das UH nos 1º, 3º e 5º pavimentos.

No 1º pavimento merece destaque as suítes das UH tipo A (103 - suíte 2, 105 - suíte 4 e 107 - suíte 4) que obtiveram um nível acima dos seus correspondentes localizados no 2º, 3º, 4º e 5º pavimentos, devido está sob o Pilotis, o que produz uma ventilação adicional na laje de piso.

Vale ressaltar que nas UH tipo A, nas salas de estar, suíte 1 e sala íntima, os $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ foram reduzidos para nível “3” (cor amarela) por não atenderem ao pré-requisito de ventilação natural, relativo ao percentual de abertura para ventilação.

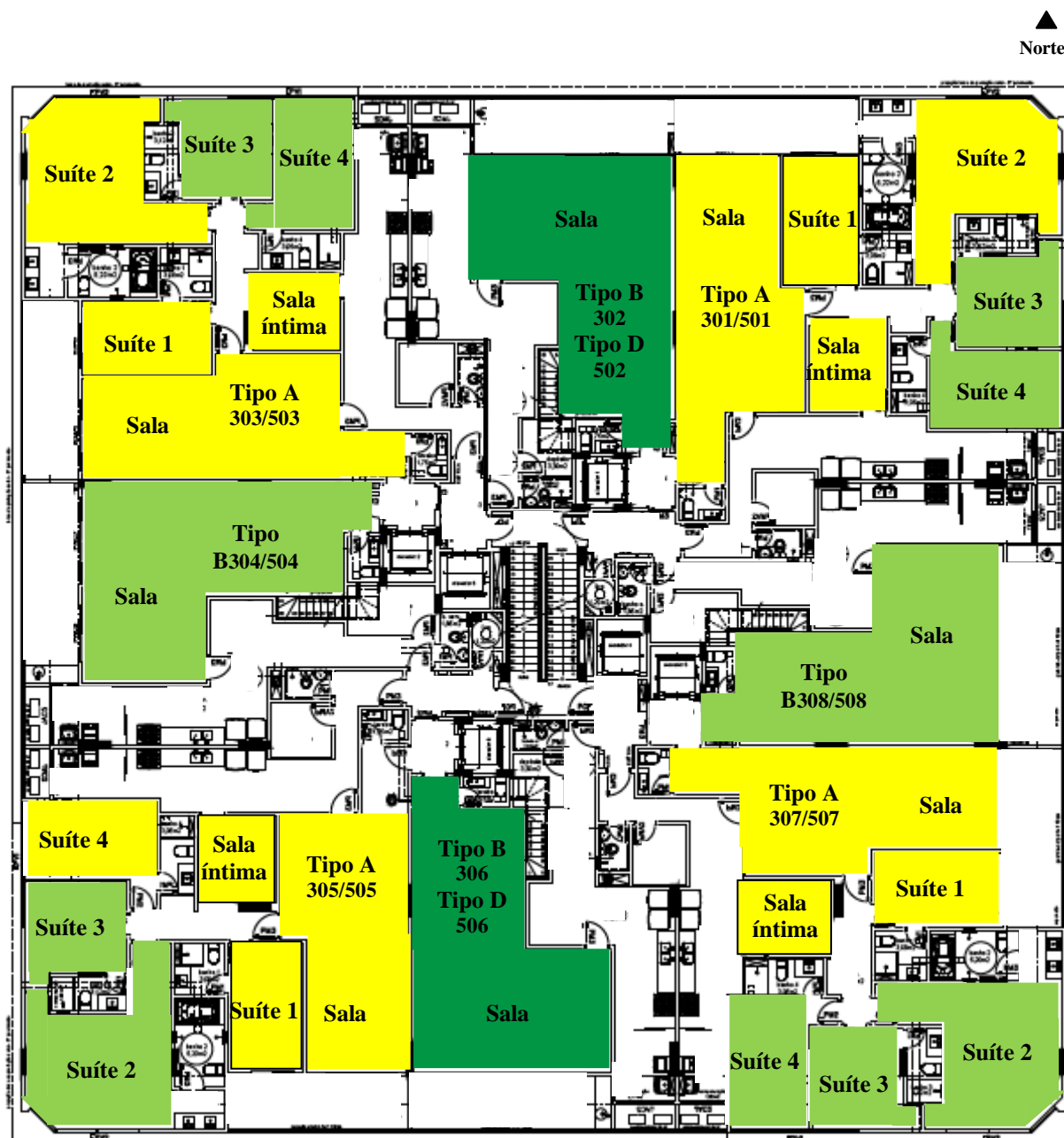
Figura 4.19 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 1º pavimento do edifício SQNW 110 J



Na Figura 4.21 pode ser observado que nos 2º e 4º pavimentos os Equivalentes Numéricos da Envoltória dos Ambientes para resfriamento atingiram os níveis "3" (cor amarela) ou "4" (cor verde claro).

Nas unidades habitacionais tipo B, as suítes 1 e 4 que tinham atingiram o nível "5" e a sala TV o nível "4" (Apêndice C), também teve seu nível reduzido para nível "3" por não atender o pré-requisito da envoltória quanto ao percentual mínimo de abertura para ventilação e por não atender ao pré-requisito ventilação cruzada todas as UH tipo B obtiveram EqNumEnv nível "3".

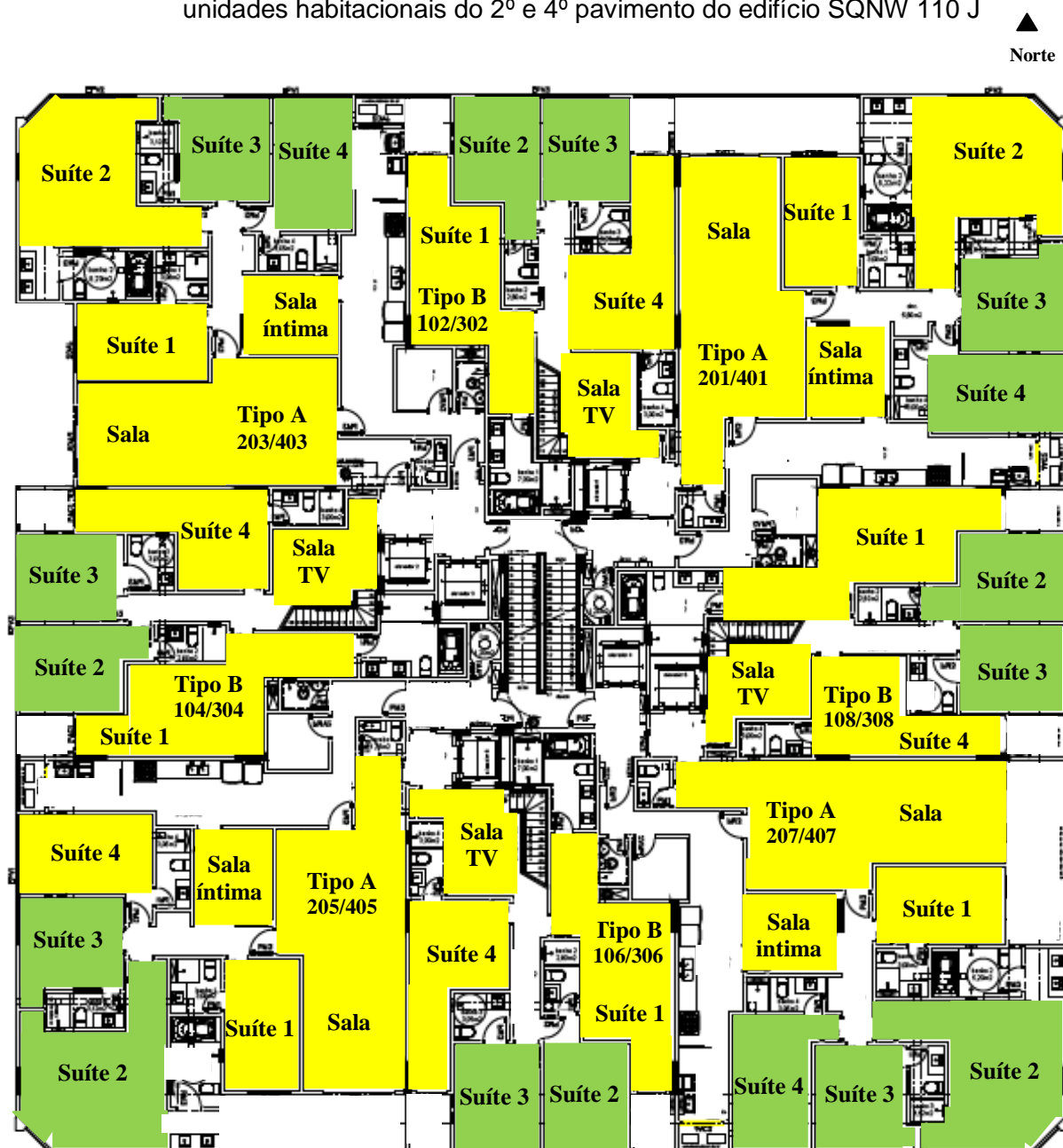
Figura 4.20 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 3º e 5º pavimento do edifício SQNW 110 J



Nota: Ambientes na cor verde escuro = nível "5"; na cor verde claro = nível "4" e na cor amarela = nível "3".

Como pode ser observado na Figura 4.22, devido a influência da cobertura, os $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ das UH 504 e 508, tipo B, foram inferiores aos das demais UH tipo B localizadas no 1º e 3º pavimentos.

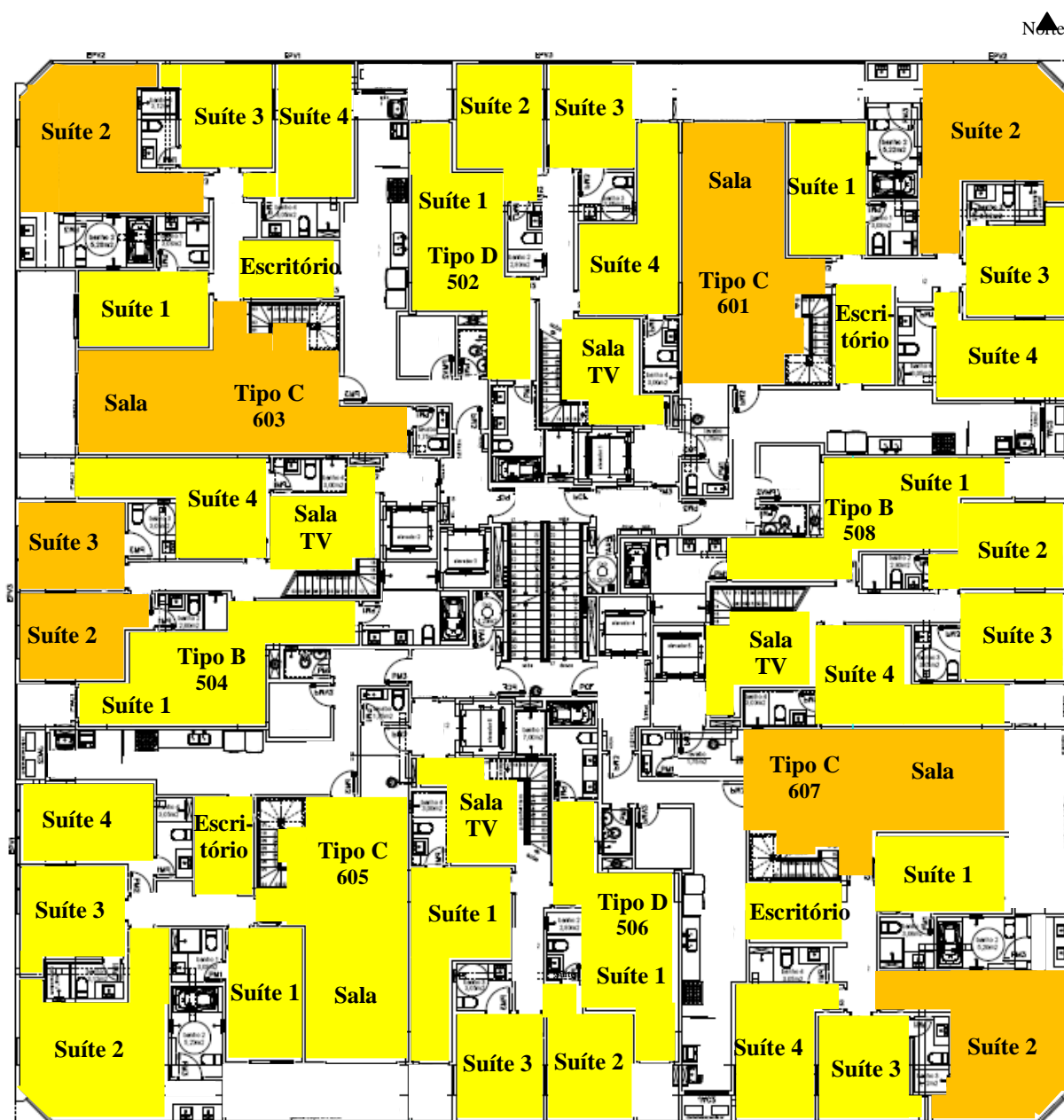
Figura 4.21 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 2º e 4º pavimento do edifício SQNW 110 J



Nota: Ambientes na cor verde claro = nível "4" e na cor amarela = nível "3".

No 6º pavimento, nas UH tipo C, merece destaque a suíte e sala íntima da UH 605 que obtiveram um nível acima das demais UH tipo C, provavelmente por está numa orientação mais favorável. Nestas UH a suíte 1 e o escritório tiveram seu $E_{qNumEnvAmb_{Resfr}}$ reduzidos por não atender ao percentual mínimo de abertura para ventilação.

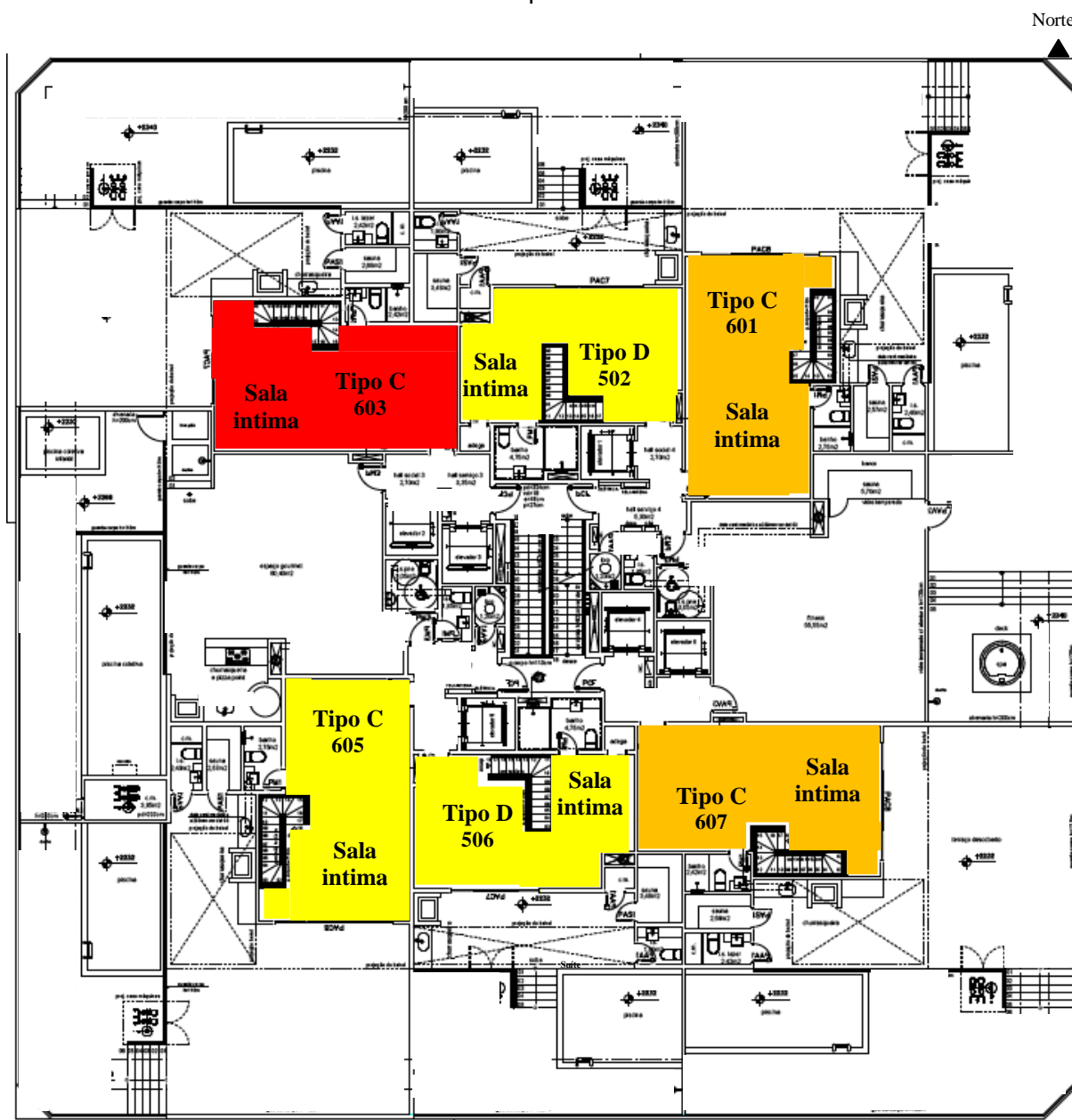
Figura 4.22 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 6º pavimento do edifício SQNW 110 J



Já as UH tipo D atingiram os mesmos $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}}$, inclusive com sua redução na suíte 1 e 4, de nível "5" para nível "3", por não atender aos pré-requisitos de percentual de abertura para ventilação e também tiveram seu $\text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}}$, nível "3" por não possuir ventilação cruzada.

No 7º pavimento (Figura 4.23) se localiza as salas íntimas das UH tipo C, cujo $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Resfr}}$ variou de nível "3" a nível "1", conforme a orientação do ambiente.

Figura 4.23 – Equivalente numérico da envoltória de resfriamento para os ambientes das unidades habitacionais do 7º pavimento do edifício SQNW 110 J



Nota: Ambientes na cor amarela = nível "3" e na cor laranja = nível "2" e na cor vermelha = nível "1";

O Equivalente Numérico da Envoltória dos Ambientes para aquecimento ($EqNumEnvAmb_A$) foram nível "3" para as salas íntima/Escritório de todas as UH e nível "5" para os demais ambientes (Apêndice E).

A Tabela 4.13 mostra o resultado do nível de eficiência das UH de todos os pavimentos.

Tabela 4.13 – Resultado do nível de eficiência das unidades habitacionais (UH) de todos os pavimentos (Pav) do edifício SQS 110 J

Pav	UH	$0,68 \times \text{EqNumEnv}_{\text{Resfr}} + 0,32 \times \text{EqNumEnv}_A$	EqNumEnv	ETIQUETA
1º	101	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	102	$0,68 \times 4,03 + 0,32 \times 4,82$	4,28	C*
	103	$0,68 \times 3,33 + 0,32 \times 4,81$	3,81	B
	104	$0,68 \times 3,59 + 0,32 \times 4,82$	3,98	C*
	105	$0,68 \times 3,33 + 0,32 \times 4,81$	3,81	B
	106	$0,68 \times 4,03 + 0,32 \times 4,82$	4,28	C*
	107	$0,68 \times 3,43 + 0,32 \times 4,81$	3,87	B
	108	$0,68 \times 4,03 + 0,32 \times 4,82$	4,28	C*
2º	201	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	203	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	205	$0,68 \times 3,23 + 0,32 \times 4,81$	3,74	B
	207	$0,68 \times 3,33 + 0,32 \times 4,81$	3,81	B
3º	301	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	302	$0,68 \times 4,03 + 0,32 \times 4,82$	4,28	C*
	303	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	304	$0,68 \times 3,59 + 0,32 \times 4,82$	3,98	C*
	305	$0,68 \times 3,23 + 0,32 \times 4,81$	3,74	B
	306	$0,68 \times 4,03 + 0,32 \times 4,82$	4,28	C*
	307	$0,68 \times 3,33 + 0,32 \times 4,81$	3,81	B
	308	$0,68 \times 3,59 + 0,32 \times 4,82$	3,98	C*
4º	401	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	403	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	405	$0,68 \times 3,23 + 0,32 \times 4,81$	3,74	B
	407	$0,68 \times 3,33 + 0,32 \times 4,81$	3,81	B
5º	501	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	502	$0,68 \times 3,71 + 0,32 \times 4,60$	3,99	C*
	503	$0,68 \times 3,19 + 0,32 \times 4,81$	3,71	B
	504	$0,68 \times 3,30 + 0,32 \times 4,82$	3,78	C*
	505	$0,68 \times 3,23 + 0,32 \times 4,81$	3,74	B
	506	$0,68 \times 3,71 + 0,32 \times 4,60$	3,99	C*
	507	$0,68 \times 3,33 + 0,32 \times 4,81$	3,81	B
	508	$0,68 \times 3,44 + 0,32 \times 4,82$	3,88	C*
6º	601	$0,68 \times 2,33 + 0,32 \times 4,90$	3,15	C
	603	$0,68 \times 2,05 + 0,32 \times 4,57$	2,86	C
	605	$0,68 \times 3,05 + 0,32 \times 4,23$	3,43	C
	607	$0,68 \times 2,05 + 0,32 \times 4,90$	2,96	C

NOTA: As etiquetas das unidades habitacionais marcadas com asterisco (*) indicam que seus valores foram reduzidos por não atender aos pré-requisitos.

Ponderando os $EqNumEnvAmb_{Resfr}$ e $EqNumEnvAmb_A$ das UH foram calculados os $EqNumEnv_{Resfr}$ e $EqNumEnv_A$ e, utilizado a equação específica para a Zona Bioclimática 4, determinado o equivalente numérico da envoltória ($EqNumEnv$) para a cada UH.

Como se pode observar na Tabela 4.19, das 36 unidades habitacionais, 20UH atingiram nível de eficiência “B”, ou seja, o $EqNumEnv$ foi de aproximadamente 4,00 (variou entre 3,71 e 3,87) e as demais UH nível de eficiência foi “C”, sendo 4 (quatro) com $EqNumEnv$ variando de 2,86 a 3,43 e 12 (doze) tiveram seu nível reduzido por não ter atendido aos pré-requisitos.

Finalmente, como o pré-requisito Ventilação natural não foi atendido em alguns ambientes de permanência prolongada, estes obtiveram, no máximo o nível C ($EqNum = 3$) no equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento. E o não atendimento ao pré-requisito Iluminação natural implicou em no máximo nível C ($EqNum = 3$) nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para resfriamento e para aquecimento.

A Tabela 4.14 e a Figura 4.24 ilustram a classificação do nível de eficiência desta edificação multifamiliar é o resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação pela área útil das UHs. Deste modo, a edificação do Grupo 3 obteve nível de eficiência “C”.

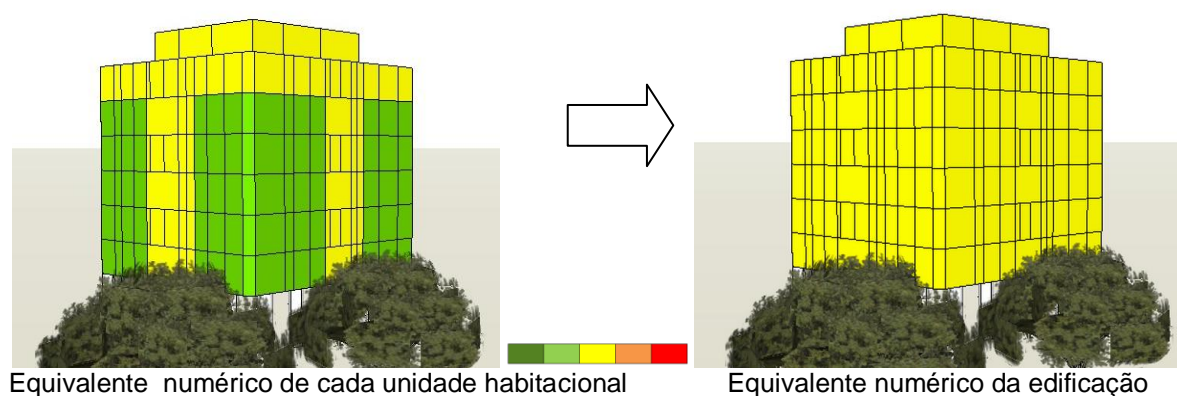
Tabela 4.14 – Cálculo da Etiqueta final da envoltória do edifício SNW 110 J

Andar	UH	ETIQUETA	EqNum	ÁREA ÚTIL	ETIQUETA DA EDIFICAÇÃO
1º	101	B	4	154,09	3,48
	102	C	3	203,44	
	103	B	4	154,09	
	104	C	3	203,44	
	105	B	4	154,09	
	106	C	3	203,44	
	107	B	4	154,09	
	108	C	3	203,44	
2º	201	B	4	154,09	
	203	B	4	154,09	
	205	B	4	154,09	
	207	B	4	154,09	
3º	301	B	4	154,09	
	302	C	3	203,44	
	303	B	4	154,09	
	304	C	3	203,44	
	305	B	4	154,09	
	306	C	3	203,44	
	307	B	4	154,09	
	308	C	3	203,44	

Tabela 4.14 – Cálculo da Etiqueta final da envoltória do edifício SNW 110 J - Continuação

Andar	UH	ETIQUETA	EqNum	ÁREA ÚTIL	ETIQUETA DA EDIFICAÇÃO
4º	401	B	4	154,09	3,48
	403	B	4	154,09	
	405	B	4	154,09	
	407	B	4	154,09	
5º	501	B	4	154,09	
	502	C	3	239,16	
	503	B	4	154,09	
	504	C	3	201,44	
	505	B	4	154,09	
	506	C	3	239,16	
	507	B	4	154,09	
	508	C	3	203,44	
6º	601	B	4	179,36	
	603	B	4	179,36	
	605	B	4	179,36	
	607	B	4	179,36	
ETIQUETA FINAL - SQS 110 BLOCO J – “C”					

Figura 4.24 – Edifício SQNW 110 J: Equivalente numérico de cada unidade habitacional e Equivalente numérico da edificação



A Tabela 4.15 apresenta a simulação da classificação da envoltória e o nível de eficiência energética das unidades habitacionais da edificação do Grupo 3 considerando que cada fachada fosse um edifício.

Tabela 4.15 – Classificação da envoltória de acordo com a orientação da edificação na SNW 110 J

Pavimento	UH - Tipo	Equivalente Numérico da envoltória da unidade habitacional (UH)			
		Leste	Oeste	Norte	Sul
1º	101 – A			3,71	
	102 – B			4,28*	
	103 – A		3,81		
	104 – B		3,98*		
	105 – A				3,81
	106 – B				4,28*
	107 – A	3,87			
	108 – B	4,28*			
2º e 4º	201/401 – A			3,71	
	203/403 – A		3,71		
	205/405 – A				3,74
	207/407 – A	3,81			
3º e 5º	301/501 – A			3,71	
	302 – B			4,28*	
	502 – D			3,99*	
	303/503 – A		3,71		
	304 – B		3,98*		
	504 – B		3,78*		
	305/505 – A				3,74
	306 – B				4,28*
	506 – D				3,99*
	307/507 – A	3,81			
308 – B	3,98*				
508 – B	3,88*				
6º	601 – C			3,15	
	603 – C		2,86		
	605 – C				3,48
	607 – C	2,96			
Eficiência Energética da edificação		3,48 C	3,48 C	3,47 C	3,47 C

Nota: Equivalente numérico reduzido por não atender aos pré-requisitos da envoltória = *

A seguir, no Quadro 4.9, pode-se observar o resumo dos níveis de eficiência atingidos por cada uma das edificações estudadas.

Quadro 4.9 – Resumo do Nível de Eficiência das edificações estudadas

Edifício	Formato	Total de UH	EqNumEnv	Etiqueta
SQS 111 I	Retangular	24	4,00	B
SQS 216 CD	Retangular	48	4,85	A
SQNW 110 J	Quadrado	36	3,48	C

A partir dos resultados obtidos é notável a influência da forma e orientação das edificações, das aberturas, das paredes externas e sombreamento dos ambientes de permanência prolongada no desempenho energético da unidade habitacional.

No próximo capítulo são expostas as principais conclusões referentes às análises dos resultados obtidos, bem como as limitações do trabalho e sugestões para futuros trabalhos.

5.0 CONCLUSÕES

Nesta pesquisa foi verificado que a edificação do Grupo 1 obteve nível de eficiência “B” (EqNumEnv de 4,43 a 3,86 para todas UH), a do Grupo 2 obteve nível de eficiência “A” (EqNumEnv = 4,68 para 20 UH e de 4,10 a 3,32 para 8 UH) e a do Grupo 3 nível de eficiência “C” (EqNumEnv de 3,87 a 3,71 para 20 UH e de 3,00 a 2,86 para 16 UH).

Os resultados apontam a edificação do Grupo 2 como a mais eficiente, e que o edifício representativo do Grupo 3 (Bairro Noroeste) atingiu níveis de eficiência energética inferiores aos dos construídos nas décadas anteriores, principalmente por não atender aos pré-requisitos da envoltória.

Nota-se a influência da forma das edificações e orientação das edificações, da presença das proteções solares, da área de paredes externas das unidades habitacionais, assim como das aberturas (forma/posição e quantidade) para ventilação e iluminação natural.

5.1 O Regulamento Técnico da Qualidade de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais

No Brasil, o Regulamento Técnico da Qualidade de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais – RTQ-R, foco deste trabalho, é o primeiro processo para a avaliação da eficiência energética de edificações concebido especificamente para a realidade do país e alinhado às principais tendências mundiais de políticas governamentais neste sentido.

Para o entendimento do método prescritivo do RTQ-R é necessário um estudo minucioso, uma vez que algumas definições, numa primeira leitura, apresentam-se de difícil compreensão, dentre estas se pode citar a quantificação das áreas, volumes e sombreamento.

A metodologia do regulamento apresenta relativa complexidade devido à quantidade de variáveis técnicas e arquitetônicas solicitadas, sendo necessário que os profissionais envolvidos no processo sejam minimamente treinados para tal. As maiores dificuldades encontradas no âmbito deste trabalho foram na obtenção de

alguns dados técnicos exigidos pela metodologia do RTQ-R, tais como a composição das paredes, dados técnicos dos vidros utilizados, etc., dados estes que nem sempre estão disponíveis nos projetos analisados, especialmente os mais antigos (décadas de 70 e 80).

5.2 Variáveis mais influentes nos resultados obtidos

A partir dos resultados obtidos é notável a influência de algumas variáveis, tais como a forma e orientação da edificação, quantidade e orientação das aberturas e paredes externas, do sombreamento destas e da compartimentação interna das unidades habitacionais no desempenho da envoltória das unidades habitacionais.

a) Forma e orientação da edificação

As edificações dos dois primeiros grupos estudadas possuem forma retangular com fachadas laterais cegas e estão implantadas na mesma orientação, com todas as unidades habitacionais numa mesma orientação (leste) e recebendo radiação térmica e ventilação adequadas. Por outro lado, a edificação do Grupo 3 estudada, com forma quadrada, possui unidades habitacionais em todas as orientações, proporcionando ocasionalmente radiação térmica indesejável, o que levou a uma classificação inferior.

b) Aberturas

As edificações dos Grupos 1 e 2 atenderam aos pré-requisitos da envoltória relacionados à área de aberturas para ventilação natural, enquanto que na edificação do Grupo 3 alguns ambientes de permanência prolongada, como a sala íntima e o escritório, não apresentavam aberturas externas, comprometendo a ventilação natural e limitando os equivalentes numéricos do ambiente e da unidade habitacional. Além disto, as unidades habitacionais centrais dessa edificação, com apenas uma fachada, apresentaram ausência de ventilação cruzada. Nessas unidades as aberturas externas de duas das quatro suítes eram muito reduzidas

comprometendo a ventilação e prejudicando ainda mais o desempenho térmico da unidade habitacional.

Com relação à área de aberturas para iluminação natural, também no grupo 3 a área mínima de aberturas não corresponde ao estabelecido pelo RTQ-R. Há aqui uma contradição intrínseca, uma vez que esta edificação apresenta ambientes com grandes aberturas, enquanto outros sequer possuem a área mínima de aberturas para iluminação natural. Nos grupos de edificações mais antigas (1 e 2) há áreas de aberturas mais regulares e que atendem ao mínimo exigido.

c) Paredes externas

Verificou-se nos três casos que a maior área de paredes externas diminui o equivalente numérico da envoltória do ambiente e, conseqüentemente, age na diminuição do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional. A orientação das paredes externas, como já mencionado, também é um fator de influência, tendo o seu efeito sido maior na diminuição dos equivalentes numéricos quando a orientação foi Leste e Norte, comparado à Leste e Sul.

d) Sombreamento das aberturas (proteções solares)

Das três edificações analisadas a do Grupo 2 é aquela em que todos os ambientes de permanência prolongada dispõem de proteção solar externa (representada pelas varandas), apresentando a melhor condição do ponto de vista do sombreamento. A segunda melhor condição é a da edificação do Grupo 3, que apresenta entre dois e três ambientes de permanência prolongada com proteção solar externa, seguida da edificação do Grupo 1 que apresenta apenas um ambiente sombreado. Os níveis de eficiência energética dos Grupos 1 e 2 refletem diretamente as condições de sombreamento das edificações, no entanto o nível de eficiência da edificação do Grupo 3, que apresenta bom sombreamento, é prejudicado por outros fatores, entre os quais a ausência de aberturas na sala íntima/sala de TV. Observa-se aqui que a evolução da arquitetura de Brasília, que permitiu o acréscimo de varandas na projeção dos edifícios e conseqüentemente o alargamento das

mesmas, foi benéfica do ponto de vista da eficiência energética²⁰, permitindo a criação de elementos de sombreamento aos ambientes adjacentes, que na primeira geração de edifícios (Grupo 1) não existia.

e) Compartimentação interna das unidades habitacionais

Do ponto de vista dos ambientes de permanência prolongada, nos dois primeiros Grupos a compartimentação interna das unidades habitacionais é semelhante em relação à composição (sala, dois quartos e suíte) e às orientações (leste para sala e quarto e oeste para suíte), enquanto na edificação do Grupo 3 a divisão interna (sala estar, sala íntima e quatro suítes) e as orientações são diversas até mesmo entre suas próprias unidades habitacionais. No caso do Grupo 3, percebe-se que devido a esta maior compartimentação interna, que deriva da forma mais compacta (quadrada) da planta, pelo menos um dos ambientes de todas as UHs não tem acesso direto à iluminação natural. Também devido a esta compartimentação interna algumas das UHs neste grupo não promovem condições de escoamento de ar entre aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas e orientações da edificação, conforme exigido pelo RTQ-R. Pode-se destacar, ainda, que pelo menos um dos ambientes de permanência prolongada neste caso não possui abertura para o exterior. Todas estas condições atuam diminuindo o nível de eficiência da edificação, conforme demonstram os cálculos efetuados.

Deve-se notar, ainda, com relação às variáveis, que nos três casos estudados as variáveis relativas à composição dos materiais de paredes e coberturas (U e Ct) e também relativas às cores das fachadas (absortância) foram praticamente idênticas, tendo sido adotados valores iguais para as três edificações. Este fato fez com que nos casos estudados os materiais construtivos não tivessem nenhuma influência no desempenho energético e eficiência das edificações, diminuindo o número de variáveis a serem analisadas,

Com relação à arquitetura do Plano Piloto de Brasília, surpreendentemente as edificações mais recentes (Grupo 3), projetadas para um bairro novo (Noroeste),

²⁰ Cabe ressaltar, no entanto, que em muitos edifícios estas varandas foram posteriormente fechadas com vidros para incorporação ao espaço do ambiente adjacente, o que modifica completamente o desempenho energético, perdendo-se o elemento de proteção solar. Este é um fenômeno bastante recorrente na atualidade.

candidato a uma certificação de sustentabilidade, não atingiram o mesmo patamar de eficiência comparativamente às edificações mais antigas (Grupos 1 e 2). A edificação do Grupo 3 analisada, a ser construída no novo bairro Noroeste, atingiu etiqueta “C” na envoltória. No entanto, não é possível afirmar que esta não atingiria nível “C” na Etiqueta Geral, conforme exigido pelo Manual Verde que regulamenta as construções na área, pois isto dependeria de outros fatores. No entanto, comparativamente, teve pior desempenho com relação às demais dos grupos 1 e 2, que obtiveram respectivamente “B” e “A”.

As edificações da época intermediária, de 1980 até 2004 (Grupo 2), que ainda possuem compartimentação interna das UHs respeitando condições de ventilação cruzada e o acréscimo da possibilidade de uso de varandas²¹, apresentam condições de maior eficiência energética, tendo atingido nível “A” na envoltória.

Pode-se afirmar que o conhecimento das diversas **variáveis** envolvidas na classificação dos requisitos pode gerar benefícios ao projeto, contribuindo para a obtenção de níveis mais eficientes de classificação. A melhoria da eficiência energética da envoltória e a interação da edificação com o meio em que está inserida podem contribuir na redução do uso de iluminação artificial e de sistemas de refrigeração mecânica, responsáveis pela maior parte da energia consumida nos edifícios residenciais.

O RTQ-R surge como uma ferramenta para estimular o emprego de técnicas de projeto e estratégias bioclimáticas para a criação de soluções arquitetônicas mais adequadas ao ambiente climático em que estão inseridas, funcionando também como instrumento para análise de diferentes tipos arquitetônicos, e possibilidades projetuais presentes e futuras. A sua aplicação, aliada à utilização das demais normas de desempenho, poderá contribuir para redução do consumo de energia em edifícios residenciais.

²¹ Não se pode afirmar que as varandas foram introduzidas nesta época por razões de melhoria do conforto térmico, mas sim predominantemente para aumentar a área construída dos edifícios. Tiveram, no entanto, efeito positivo pois proporcionaram elementos de proteção solar.

5.3 Limitações do trabalho

A pesquisa foi sujeita às seguintes limitações decorrentes das restrições enfrentadas durante o desenvolvimento do trabalho:

- Dificuldade de acesso às edificações e principalmente às unidades habitacionais para conferência dos projetos arquitetônicos que, em muitos casos, não apresentavam boa legibilidade;
- Impossibilidade da avaliação de um maior número de edificações, formando um panorama mais completo do parque residencial do Plano Piloto de Brasília;
- Impossibilidade de avaliação completa dos edifícios (incluindo aquecimento de água e áreas comuns), especialmente devido ao fato de que os dados de projeto de instalações das edificações mais antigas são praticamente inexistentes.

5.4 Sugestões para estudos futuros

Os resultados obtidos neste trabalho levam à sugestão dos seguintes temas de trabalhos futuros:

- Fazer a etiquetagem completa das edificações estudadas, abordando também o sistema de aquecimento de água e as áreas comuns. Isto seria especialmente interessante no caso da avaliação do parque construído mais recentemente;
- Aprofundar o estudo dos casos através de simulações computacionais, verificando detalhadamente o impacto da modificação de cada variável identificada como importante (orientação, forma, aberturas e proteção solar);
- Complementar o estudo dos casos através do levantamento dos consumos reais de energia dos edifícios, visando estabelecer uma base de dados relativa à classificação de eficiência energética (etiqueta) e consumo de energia.
- Realizar estudos similares em cidades de zonas bioclimática diversas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCB – AUSTRALIAN BUILDING CODES BOARD. **Energy Efficiency Provisions for Multi-Residential and Commercial Buildings**. Disponível em:

<http://www.abcb.gov.au/index.cfm?objectid=7387480C-28B9-IIDE-835E001B2FB900AA>. Acesso em: 12 fev. 2012. 2011a.

ABCB – AUSTRALIAN BUILDING CODES BOARD. **Energy Efficiency Provisions for Housing**. Disponível em: <http://www.abcb.gov.au/index.cfm?objectid=7384D70B-28B9-11DE-835E001B2FB900AA>. Acesso em: 12 fev. 2012. 2011b

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações Parte 2: Método de Cálculo da Transmitância Térmica, da Capacidade Térmica, do Atraso Térmico e do Fator de Calor Solar de Elementos e Componentes de Edificações**. Rio de Janeiro, 2005a. 21p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 - Desempenho Térmico de Edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005b. 23p.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15569 - Sistemas de aquecimento solar de água em circuito direto: Projeto e Instalação**. Rio de Janeiro, 2008. 36p.

ADENE. Módulo Certificação RCCTE. **Introdução ao Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE)**. Disponível em: http://www.adene.pt/pt-pt/form/.../Tema%201_RCCTE_C%2094e95.pdf. Acesso em: 1 set. 2012.

ALFONSO, M. B. **A aplicabilidade do requisito técnico da qualidade do nível de eficiência energética em edificações comerciais existentes: a problemática da prospecção**. 2011. 35 f. Monografia (Especialização em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

AMORIM, C. N.; FLORES, A. L. **Edifícios residenciais das superquadras do plano piloto, Brasília: aspectos de preservação e conforto ambiental**. In Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió/AL.

ARAUJO, A. C. P. **Como comercializar créditos de carbono**. 6ed. São Paulo: Trevisan, 2008.

ASIA BUSINESS COUNCIL. **Energy efficiency building standards in Japan, 2007**. Disponível em: http://www.asiabusinesscouncil.org/docs/BEE/papers/BEE_Policy_Japan.pdf/>. Acesso em: 12 mar. 2012.

ASHRAE. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. **Standard 90.1-2007: energy standard for buildings except low-rise residential buildings**. Atlanta, 2010.

AZEVEDO, H. J. G. **A realidade da preservação do meio ambiente no Brasil**. 2011. 63f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) – Universidade Candido Mendes, Rio de Janeiro, 2011.

BATISTA, G. N.; FRANÇA, D. A.; LEITÃO, F. FISCHER, S. **Os blocos residenciais das superquadras**. Artigo – FAU/UnB, Brasília, 2003.

BICALHO, M. F. A cidade do Rio de Janeiro e o sonho de uma capital americana: da visão de D. Luís da Cunha à sede do vice-reinado (1736-1763). **História** (São Paulo) v.30, n.1, p.37-55, 2011.

BRAGA, D. K. **Arquitetura Residencial das superquadras do Plano Piloto de Brasília: aspectos de conforto térmico**. 2005. 150 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2005. Editora, 2002.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Eletrobrás. Procel Edifica. **Manual de Conservação de Energia Elétrica** – Edifícios Públicos e Comerciais, Eletrobrás, 1994.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 10.295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001a.

BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2001b.

BRASIL. Câmara dos Deputados. Coordenação de Publicações. **Brasília: capital e mudança**. Série cadernos do Museu, n. 3. Brasília: Câmara dos Deputados-Centro de documentação e informação, 2005.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 53, de 27 de fevereiro de 2009**. Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 163, de 08 de junho de 2009**. Aprova a revisão do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 185, de 22 de junho de 2009**. Aprova o Regulamento de Avaliação da Conformidade do nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro, 2009c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 372, de 17 de setembro de 2010.** Aprova a revisão dos Requisitos Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ). Rio de Janeiro, 2010a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 395, de 11 de outubro de 2010.** Aprova a revisão dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2010b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 449, de 25 de novembro de 2010.** Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2010c.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 122, de 15 de março de 2011.** Aprova os Requisitos de Avaliação da Conformidade do nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2011a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 17, de 16 de janeiro de 2012.** Aprova retificações nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2012a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012.** Aprova revisão do Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2012b.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Eletrobrás. Procel Edifica. **Gestão Energética.** 2011c. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?> . Acesso em: 25 out. 2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 50, de 01 de fevereiro de 2013.** Aprova o aperfeiçoamento dos Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações. Rio de Janeiro, 2013a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 299, de 19 de junho de 2013.** Aprova o aperfeiçoamento do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2013b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 126, de 19 de março de 2014**. Inclusão do Anexo IV ao Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2014.

BSJ – Bureau of Standards Jamaica. **Oficina de Normalización de estándares de eficiência energética**. Disponível em: <<http://www.olade.org/portal-eficiencia-energetica/experiencias-regionales/buro-de-estandares-de-jamaica-jbs>> Acesso em: 18 fev. 2012.

BUILDING AUTHORITY OF HONG KONG. **Code of Practice of Overall Thermal Transfer Value in Buildings**. 1995. Disponível em: http://www.info.gov.hk/bd/english/documents/code/e_ottv.htm. Acesso em: 26/02/2012.

CABRAL. L. M. M. (Coord.). **Procel: 20 anos**. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, 2006.

CAMPOS, E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 34, p.41-48. 2004.

CARPINTERO, A. C. C. **Brasília, Prática e Teoria Urbanística no Brasil, 1956-1957**. 1998. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CEPAL – Comisión Económica para la América Latina y el Caribe, División de Recursos Naturales e Infraestructura. **Situación y perspectivas de la eficiencia energética en América Latina y El Caribe**. Santiago, 2010.

CHILE. Ministerio de La Vivienda. **Decreto-Ley 458**. Ley General de Urbanismo e Construcciones de 23 noviembre de 2010.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA. **Eficiencia energética integral en edificios no residenciales - NOM-008-ENER**. Cidade do México: Secretaría de Energía, 1995.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA **Eficiencia energética integral en edificios no residenciales - NOM-008- ENER**. Cidade do México: Secretaría de Energia, 2001.

CONSTRUMÁTICA. **Eficiência energética**. Disponível em: <http://www.construmatica.com/construpedia/Eficiencia_Energética>. Acesso em: 21 dez. 2011.

CONUEE – Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. **Norma NOM-020-ENER-2011: Eficiencia energética en edificaciones.- Envoltente de edificios para uso habitacional**. Disponível em: www.conuee.gov.mx. Acesso em: 20 out. 2012.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Recan, 2003.

COSTA, L. **Brasília Revisitada**. Anexo I do Decreto nº 10.829/1987 – GDF e da Portaria nº 314/1992 – Iphan. Brasília, 1987.

COSTA, G. G.; MEDEIROS, V. A. S. **A Cartografia do Distrito Federal**. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA, 2009, Ouro Preto, MG. Anais... Minas Gerais: SBCH, 2009.

CRULS, L. **Relatório da Comissão Exploratória do Planalto Central: Relatório Cruls**. 6ed. Brasília: CODEPLAN, 1995.

CUNHA, E. G. **Análise da Norma de Eficiência Energética Alemã EnEV 2007 e Apresentação de Possíveis Contribuições para o Caso Brasileiro**. Pós-Doutorado (Pós-Doutorado no Departamento de Energia e Meio Ambiente) – Universidade de Kassel, Alemanha, 2008.

DENA – DeutscheEnergie-Agentur GmbH. **Energy Performance Certificate for buildings**. Disponível em:

<<http://www.dena.de/en/topics/buildings/projects/projekt/energy-performance-certificate-for-buildings/>>. Acesso em: 29 mar. 2012.

DEPARTMENT OF FINANCE AND PERSONNEL. **Improving the Energy Efficiency of Our Buildings**. 2008. Disponível em www.dfpni.gov.uk. Acesso em: 28 jan. 2011.

DINCER, I. Environmental impacts of energy. **Energy Policy**, vol. 27(14), pp. 845-854, 1999.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2013: Ano base 2012**. Rio de Janeiro: EPE, 2013a. 288p.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Resenha mensal do mercado**, ano VI, n.64, Rio de Janeiro. 2013b.

FERNANDES, J. T. **Código de obras e edificações do DF**: inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética. 2009. 249 f. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

FISCHER, S.; BATISTA, G. **GuiArquitetura Brasília**. São Paulo, Editora Abril, 2000.

FLORES, A. L. Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edifícios Residenciais: preservação da arquitetura nas superquadras do Plano Piloto – Brasília. **Relatório** (Relatório de Pesquisa Convênio Procel/UNB). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2004. 25p.

FONSECA, F. O. **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Brasília: SEMARH, 2001.

GDF – Governo do Distrito Federal. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Manual Verde Plano de Gestão Ambiental de Implantação- Setor Habitacional Noroeste**. Brasília: Terracap, 2009.

GOMES, A. L. de A. **Brasília: de espaço a lugar, de sertão a capital (1956 – 1960)**. 2008. 351 f. Tese (Doutorado em História) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GOULART, S. V. G. **Convênio ECV-007/2004 Eletrobrás/UFSC: AET n° 03/04 - levantamento da experiência internacional: experiência nos Estados Unidos**. Florianópolis: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações Engenharia Civil da UFSC, 2005. Relatório LabEEE-2005. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/RT200508.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2011.

GOULART, S. V. G. **Sustentabilidade nas Edificações e no Espaço Urbano**. Apostila da Disciplina Desempenho Térmico de Edificações. Laboratório de Eficiência Energética em edificações, UFSC. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161_Sustentabilidade_a_postila_0.pdf. Acesso em: 23 nov. 2012.

HONG KONG GOVERNMENT. **Building (Energy Efficiency) Regulation, Chap 123**. 1997. Disponível em: <<http://www.arch.hku.hk/research/BEER/besc.htm>>. Acesso em: 09 fev. 2012.

HONG KONG GOVERNMENT **Revision of Energy Efficiency of Buildings - Building (Energy Efficiency) Regulation, Chap 123**. 2000. Disponível em: <http://www.arch.hku.hk/research/BEER>. Acesso em: 09 fev. 2004.

HORTA, C. Eficiência Energética dos Edifícios: O Novo Enquadramento Legislativo. Urbanismo Sustentável e Eco – Arquitectura. In: COLÓQUIO SOBRE URBANISMO SUSTENTÁVEL E ECO-ARQUITECTURA NA LOURINHÃ, 2006, Lourinhã, Portugal. **Anais...** Portugal: CEIFA Ambiente, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeção da população**. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa> Acesso em: 05 jan. 2013.

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária. **Relatório anual de 2012**. Brasília, 2013. Disponível em: http://www.infraero.gov.br/images/stories/Infraero/Contas/Relatorios/relatorio_anual2012.pdf. Acesso em: 12 jan. 2013.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe.asp>. Acesso em: 25 ago. 2012.

IWARO; MWASHA. Implications of Building Energy Standard for Energy Conservation in Developing Countries. In: Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, 8th. **Anais...** Arequipa, Perú. 2010a

JANDA, K. B.; BUSCH, J. F. Worldwide status of energy standards for buildings. **Energy**, v.19, n.1 p.27-44. 1994.

JANDA, K. B. Worldwide status of energy standards for buildings: a 2007 update. In The fifth annual improving energy efficiency in commercial buildings, **Anais...** Frankfurt, Alemanha, 2008.

JANDA, K. B. Worldwide status of energy standards for buildings: a 2009 update. In European Council for an Energy Efficient Economy 2009, Summer Study, **Anais....** La Colle sur Loup, France, 2009.

KAEHLER, J. W. M. **Un outil d'Aide à la Décision et de Gestion des Actions pour la Maîtrise de la Demande d'Énergie** - de la Conception au Développement. 1993. 257 f. Tese (Doutorado) - Ecole Nationale Supérieure des Mines, Paris, 1993.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2007. 315p.

LAMBERTS, R. **Eficiência Energética e Mudanças Climáticas**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007a.

LAMBERTS, R. GOULART, S.; CARLO J.; WESTPHAL, F. Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos. IN: IX ENCONTRO NACIONAL E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2007, Ouro Preto, MG. **Anais...Ouro Preto**: 2007b.

LAMBERTS, R; CARLO, J. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem de eficiência energética de edifícios – parte 1: método presuntivo. **Ambiente construído**. Porto Alegre, v.10, n.2, p.7-26, 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**, São Paulo: ProLivros, 2013.

LEITÃO, F. (Org.). **Brasília 1960-2010: passado, presente e futuro**. Brasília: Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, 2009. 272p.

LIMIRO, D. **Créditos de carbono: protocolo de Kyoto e projetos de MDL**. Curitiba: Juruá, 2009.

LIU, F.; MEYER, A. S.; HOGAN, J. F. **Mainstreaming Buildings Energy Efficiency Codes in Developing Countries: Gold Experiences and Lessons from Early Adopters**. Washington, D.C.: The World Bank, 2010 (World Bank Working Paper nº 204).

MARTINEZ, M. F.; ALVES, M. B.; PEREIRA, L. A.; BAYER, P. O. Redução de consumo de energia elétrica através de conceitos Green Building. **Eletrônica de Potência**, vol. 14, no. 2, 2009.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. São Paulo: Nobel, 1985.

MINISTÈRE DE L'EMPLOI DE LA COHÉSION SOCIALE ET DU LOGEMENT. **Arrêté du 15 septembre 2006 relatif au diagnostic de performance énergétique pour les bâtiments existants proposés à la vente en France métropolitaine Texte** – Revue de Critique et de Théorie Littéraire. 2006. Disponível em <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidText=JORFTEXT000000788395>. Acesso em: 13 mai. 2012.

NUNES, A. S. **Impacto da eficiência energética na iluminação residencial com lâmpadas fluorescentes compactas**: enfoque oferta x demanda. 2003. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NUNES, L. **Portal do Arquiteto**, 2010. Disponível em: < Texto 05: <http://www.portaldoarquiteto.com/destaques/urbanismo/4283-entenda-o-plano-piloto-de-brasilia>>. Acesso em 20 fev. 2011.

OFFICE OF THE AUSTRALIAN BUILDING CODES. **International survey of building energy codes**. Australian Greenhouse Office, Canberra: Commonwealth of Australia, 2000. 88p.

OLGYAY, V. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism**. New York: Princeton, 1963. 190p.

ORNSTEIN, S. W.; BRUNA, G.; ROMERO, M. A. **Ambiente construído e comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental**. São Paulo: Studio-Nobel/FUPAM, 1995.

PATUSCO, J. A. M. **Balanco Energético Nacional**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 2003.

PEDRINI, A.; LAMBERTS, R. **Influencia do tamanho e forma sobre o consumo de energia de edificações de escritório em clima quente**. ENCAC – COTEDI 2003.

PETRAGLIA, G.; JÚNIOR, C.; COELHO, F. **Eficiência energética na arquitetura**. 2010. Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2010-1/tecnologia_sustentavel/tecnologia_sustentavel_2010-1.pdf> Acesso em: 20 jan. 2012.

PORTUGAL. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. **Decreto-lei n. 79, de 4 de abril de 2006**. Aprova o regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios. Lisboa, 2006. Disponível em: <http://www.ordemengenheiros.pt/Portals/0/DL79_2006.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2012.

PROVINCIA BUENOS AIRES. **Decreto Buenos Aires 1030/2010**. Condiciones de condicionamientos Térmicos exigibles em La construcción de edificios. Normativas, alcances y disposiciones de diseño en edificios de habitación humana. Regulamentación de la Ley N° 13.059. La Plata. 2 de julio de 2010.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; FERGUS, N. A. **Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas**. Um guia de sobrevivência para o século XXI. Tradução de Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384p.

ROCHA, A. M. **Avaliação das condições de conforto térmico ao calor em edificações habitacionais multipavimentadas na cidade de Ijuí – RS**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2004.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Brasília: Editora UnB, 2001. 226p.

ROSA, T. F.; SEDREZ, M. M.; SATTTLER, M. A. **Conforto Ambiental em um Contexto de Sustentabilidade: o Protótipo Alvorada**. Ciência & Ambiente, Santa Maria, v.12, n.22, p.91-106, 2001.

SALGADO, C. R. M. M. C. **Estudo urbano e qualidade de vida: um estudo sobre a visão dos moradores em relação à ampliação do Setor Sudoeste em Brasília**. Dissertação de Mestrado Universidade de Brasília Faculdade de Arquitetura, 2011 183f. História da região administrativa do Noroeste-Octogonal.<http://www.omb100.com/sudoeste-octogonal/historia><http://www.brasil.gov.br/brasil/conteudo/historia/2003/sudoeste-octogonal>.

SATTTLER, M. A. **Edificações sustentáveis: interface com a natureza do lugar**. In: Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas Cidades: estratégias a partir de Porto Alegre. ALMEIDA, G.; MENEGAT, R. (Orgs.). Porto Alegre: Editora UFRGS, 2004.

SCHVARSBERG, A. **A construção do bairro Setor Noroeste feita pelo Correio Brasiliense**: uma análise do discurso do jornal a respeito do projeto, enquanto empreendimento imobiliário, projeto urbanístico, sócio-político e ambiental para a capital. 2009. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Comunicação Social - Jornalismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SHIEL, P.; JEFFERS, N.; DYAR, M. **Energy Conservation Measures in Japan**. Trinity College Dublin, 2011.

TERRACAP– Agência de Desenvolvimento do Distrito Federal. 2010. Disponível em: <<http://www.terracap.df.gov.br/internet/index.php?sccid=46&sccant=45>>. Acesso em: 23 de fev. de 2012.

URGE-VORSATZ. D., (Coord.). **Energy End Use (Efficiency): Buildings (Comercial and Residential)**. Austria0, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2009. (KM10, Global Energy Assessment Report).

WEC – WORLD ENERGY COUNCIL. **Energy Efficiency Policies around the World: Review and Evaluation**. Janeiro, 2008.

VENEZUELA. **Ordenanza sobre calidad térmica de edificaciones en el municipio Maracaibo**. 2005.

VENEZUELA. **La eficiencia energética en Venezuela**. Reunión Intergubernamental de América Latina Y el Chile. Situación Y perspectivas de La eficiencia energética en América Latina e El Caribe – CEPAL. Santiago do Chile, 2009.

APÊNDICE A
CÁLCULO DA ETIQUETA DA ENVOLTÓRIA DAS UNIDADES HABITACIONAS
DO EDIFÍCIO SQS 1111

Tabela A.1 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais do 1º pavimento para o edifício SQS 111 I

1º PAVIMENTO – UH 01		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	1120	966	606	858
	Eficiência	B	B	A	B
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	4825	3928	5575	3537
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	5	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,17	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,43	
Etiqueta			B		
1º PAVIMENTO – UH 02 A 03		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	966	966	473	858
	Eficiência	B	B	A	B
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	3928	3928	4688	3537
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	5	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,17	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,43	
Etiqueta			B		
1º PAVIMENTO – UH 04		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	1370	966	890	858
	Eficiência	B	B	B	B
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	3680	3928	4469	3537
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,00	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,32	
Etiqueta			B		

Tabela A.2 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais do 2º ao 5º pavimento para o edifício SQS 111 I

2º AO 5º PAVIMENTO – UH 01		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	1313	1160	800	1052
	Eficiência	B	B	B	B
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	3346	2449	4096	2058
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,00	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,32	
Etiqueta			B		
2º AO 5º PAVIMENTO – UH 02 A 03		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	1160	1060	667	1052
	Eficiência	B	B	A	B
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	2449	2449	3209	2058
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	5	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,17	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,43	
Etiqueta			B		
2º AO 5º PAVIMENTO – UH 04		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	1564	1160	1084	1052
	Eficiência	C	B	B	B
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	2201	2449	2990	2058
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3	4	4	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				3,58	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,22	
Etiqueta			B		

Tabela A.3 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais do 6º pavimento para o edifício SQS 111 I

6º PAVIMENTO – UH 01		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	1602	1448	1068	1459
	Eficiência	C	B	B	C
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	4692	3795	5417	3550
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3	4	4	3
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				3,32	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				3,86	
Etiqueta			B		
6º PAVIMENTO – UH 02 A 03		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	1448	1448	935	1459
	Eficiência	B	B	B	C
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	3795	3795	4530	3550
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	3
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				3,48	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				3,96	
Etiqueta			B		
6º PAVIMENTO – UH 04		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		12,75	12,75	10,33	24,70
GH_R	Condição	1853	1331	1351	1459
	Eficiência	C	B	B	C
C_A	Condição (kWh/m ² .ano)	3548	3795	4311	3550
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3	4	4	3
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				3,32	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				3,86	
Etiqueta			B		

APÊNDICE B
CÁLCULO DA ETIQUETA DA ENVOLTÓRIA DAS UNIDADES HABITACIONAS
DO EDIFÍCIO SQS 216 C-D

Tabela BC.1 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais do 1º pavimento para o edifício SQS 216 C-D

1º PAVIMENTO – UH 01		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	926	752	928	200
	Eficiência	B	B	B	A
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	4809	3909	4743	2361
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	5
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,52	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,68	
Etiqueta				A	
1º PAVIMENTO – UH 02 A 11		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	752	752	749	200
	Eficiência	B	B	B	A
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	3909	3909	3841	2361
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,52	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,68	
Etiqueta				A	
1º PAVIMENTO – UH 12		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	1166	752	1161	200
	Eficiência	B	B	B	A
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	3653	3909	3577	2361
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	5
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,52	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,68	
Etiqueta				A	

Tabela B2 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais do 2º ao 5º pavimento para o edifício SQS 216 C-D

2º AO 5º PAVIMENTO – UH 01		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	1119	946	1122	394
	Eficiência	B	B	B	A
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	3330	2431	3264	882
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	5
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,52	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,68	
Etiqueta				A	
2º AO 5º PAVIMENTO – UH 02 A 11		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	943	943	943	394
	Eficiência	B	B	B	A
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	2431	2431	2362	882
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	5
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,52	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,68	
Etiqueta				A	
2º AO 5º PAVIMENTO – UH 12		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	1360	946	1354	394
	Eficiência	B	B	B	A
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	2174	2431	2098	882
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	5
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,52	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,68	
Etiqueta				A	

Tabela B.3 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais do 6º pavimento para o edifício SQS 216 C-D

6º PAVIMENTO – UH 01		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	1434	1261	1452	1079
	Eficiência	B	B	B	B
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	4709	3809	4661	2713
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,00	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,32	
Etiqueta			B		
6º PAVIMENTO – UH 02 A 11		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	1261	1261	1273	1079
	Eficiência	B	B	B	B
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	3809	3809	3758	2713
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	4	4	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				4,00	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,32	
Etiqueta			B		
6º PAVIMENTO – UH 12		Quarto 1	Quarto 2	Suíte	Sala
AU _{amb} (m ²)		15,42	15,42	16,89	52,55
GH _R	Condição	1675	1261	1684	1079
	Eficiência	C	B	C	B
C _A	Condição (kWh/m ² .ano)	3553	3809	3495	2713
	Eficiência	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3	4	3	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5
EqNumEnv _{Resfr}				3,68	
EqNumEnv _A				5,00	
EqNumEnv				4,10	
Etiqueta			B		

APÊNDICE C
CÁLCULO DA ETIQUETA DA ENVOLTÓRIA DAS UNIDADES HABITACIONAS
DO EDIFÍCIO SQWN 110 J

Tabela C.1 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 101, 102 e 103 do 1º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo A - 101		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AU _{amb} (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	-52	71	1492	1118	1085	888
	Eficiência	A	A	C	B	B	B
C _A	Condição	3044	4023	3828	4083	3875	4618
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,19		
EqNumEnv _A					4,81		
EqNumEnv					3,71		
Etiqueta				B			
Unidade Habitacional Tipo B- 102		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV
AU _{amb} (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70
GH _R	Condição	471	303	1130	1156	302	972
	Eficiência	A	A	B	B	A	B
C _A	Condição	1676	2205	1781	1824	2445	3062
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		5	3*	4	4	3*	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					4,03		
EqNumEnv _A					4,82		
EqNumEnv					4,28		
Etiqueta				C			
Unidade Habitacional Tipo A - 103		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AU _{amb} (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	59	241	1427	969	986	888
	Eficiência	A	A	B	B	B	B
C _A	Condição	3605	4680	3828	3263	3284	4618
	Eficiência	A	A	A	A	A	3
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	4	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,33		
EqNumEnv _A					4,81		
EqNumEnv					3,81		
Etiqueta				B			

Tabela C.2 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 104, 105 e 106 do 1º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo B – 104		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV	
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70	
GH _R	Condição	972	472	1418	1442	471	972	
	Eficiência	B	A	B	B	A	B	
C _A	Condição	2516	2644	2444	2491	2884	3062	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	3*	4	4	3*	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3	
EqNumEnv _{Resfr}							3,59	
EqNumEnv _A							4,82	
EqNumEnv							3,98	
Etiqueta					C*			
Unidade Habitacional Tipo A – 105		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	-255	-121	1076	1228	1296	888	
	Eficiência	A	A	B	B	B	B	
C _A	Condição	4556	5405	5373	4083	3875	4618	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	4	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							3,33	
EqNumEnv _A							4,81	
EqNumEnv							3,81	
Etiqueta					B			
Unidade Habitacional Tipo B – 106		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV	
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70	
GH _R	Condição	-28	67	837	865	66	972	
	Eficiência	A	A	B	B	A	B	
C _A	Condição	3405	3555	3199	3241	3795	3062	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		5	3*	4	4	3*	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							4,03	
EqNumEnv _A							4,82	
EqNumEnv							4,28	
Etiqueta					C*			

Tabela C.3 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 107 e 108 do 1º pavimento e 201 do 2º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo A - 107		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	27	176	1142	734	656	888
	Eficiência	A	A	B	B	A	B
C _A	Condição	3605	4680	5373	4690	4709	4618
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	5	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}						3,43	
EqNumEnv _A						4,81	
EqNumEnv						3,87	
Etiqueta				B			
Unidade Habitacional Tipo B- 108		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70
GH _R	Condição	642	357	1245	1271	356	972
	Eficiência	A	A	B	B	A	B
C _A	Condição	2516	2644	2444	2491	2884	3062
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		5	3*	4	4	3*	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}						4,03	
EqNumEnv _A						4,82	
EqNumEnv						4,28	
Etiqueta				C*			
Unidade Habitacional Tipo A - 201		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	142	265	1686	1311	1279	1081
	Eficiência	A	A	C	B	B	B
C _A	Condição	1565	2544	2349	2604	2396	3139
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}						3,19	
EqNumEnv _A						4,81	
EqNumEnv						3,71	
Etiqueta				B			

Tabela C.4 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 203, 205 e 207 do 2º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo A - 203		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	253	435	1620	1162	1180	1081
	Eficiência	A	A	C	B	B	B
C _A	Condição	2126	3201	2349	1785	1805	3139
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,19		
EqNumEnv _A					4,81		
EqNumEnv					3,71		
Etiqueta				B			
Unidade Habitacional Tipo A – 205		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	-61	72	1270	1421	1490	1081
	Eficiência	A	A	B	B	C	B
C _A	Condição	3077	3926	3894	2604	2396	3139
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	3	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,23		
EqNumEnv _A					4,81		
EqNumEnv					3,74		
Etiqueta				B			
Unidade Habitacional Tipo A - 207		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	221	370	1335	928	850	1081
	Eficiência	A	A	B	B	B	B
C _A	Condição	2126	3201	3894	3211	3230	3139
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	4	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,33		
EqNumEnv _A					4,81		
EqNumEnv					3,81		
Etiqueta				B			

Tabela C.5 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 301, 302 e 303 do 3º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo A - 301		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	142	265	1686	1311	1279	1081	
	Eficiência	A	A	C	B	B	B	
C _A	Condição	1565	2544	2349	2604	2396	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							3,19	
EqNumEnv _A							4,81	
EqNumEnv							3,71	
Etiqueta					B			
Unidade Habitacional Tipo B-302		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV	
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70	
GH _R	Condição	665	303	1130	1156	302	972	
	Eficiência	A	A	B	B	A	B	
C _A	Condição	197	2205	1781	1824	2445	3062	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		5	3*	4	4	3*	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							4,03	
EqNumEnv _A							4,82	
EqNumEnv							4,28	
Etiqueta					C			
Unidade Habitacional Tipo A - 303		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	253	435	1620	1162	1180	1081	
	Eficiência	A	A	C	B	B	B	
C _A	Condição	2126	3201	2349	1785	1805	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							3,19	
EqNumEnv _A							4,81	
EqNumEnv							3,71	
Etiqueta					B			

Tabela C.6 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 304, 305 e 306 do 3º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo B-304		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70
GH _R	Condição	1166	472	1418	1442	471	972
	Eficiência	B	A	B	B	A	B
C _A	Condição	1037	2644	2444	2491	2884	3062
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	3*	4	4	3*	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,59		
EqNumEnv _A					4,82		
EqNumEnv					3,98		
Etiqueta					C*		
Unidade Habitacional Tipo A - 305		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	-61	72	1270	1421	1490	1081
	Eficiência	A	A	B	B	C	B
C _A	Condição	3077	3926	3894	2604	2396	3139
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	3	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,23		
EqNumEnv _A					4,81		
EqNumEnv					3,74		
Etiqueta					B		
Unidade Habitacional Tipo B - 306		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70
GH _R	Condição	166	67	837	865	66	972
	Eficiência	A	A	B	B	A	B
C _A	Condição	1927	3555	3199	3241	3795	3062
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		5	3*	4	4	3*	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					4,03		
EqNumEnv _A					4,82		
EqNumEnv					4,28		
Etiqueta					C		

Tabela C.7 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 307 e 308 do 3º pavimento e 401 do 4º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo A - 307		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	221	370	1335	928	850	1081
	Eficiência	A	A	B	B	B	B
C _A	Condição	2126	3201	3894	3211	3230	3139
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	4	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,33		
EqNumEnv _A					4,81		
EqNumEnv					3,81		
Etiqueta					B		
Unidade Habitacional Tipo B-308		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70
GH _R	Condição	836	357	1245	1271	356	972
	Eficiência	B	A	B	B	A	B
C _A	Condição	1037	2644	2444	2491	2884	3062
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	3*	4	4	3*	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,59		
EqNumEnv _A					4,82		
EqNumEnv					3,98		
Etiqueta					C*		
Unidade Habitacional Tipo A - 401		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60
GH _R	Condição	142	265	1686	1311	1279	1081
	Eficiência	A	A	C	B	B	B
C _A	Condição	1565	2544	2349	2604	2396	3139
	Eficiência	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,19		
EqNumEnv _A					4,81		
EqNumEnv					3,71		
Etiqueta					B		

Tabela C.8 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 403, 405 e 407 do 4º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo A - 403		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	253	435	1620	1162	1180	1081	
	Eficiência	A	A	C	B	B	B	
C _A	Condição	2126	3201	2349	1785	1805	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							3,19	
EqNumEnv _A							4,81	
EqNumEnv							3,71	
Etiqueta				B				
Unidade Habitacional Tipo A - 405		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	-61	72	1270	1421	1490	1081	
	Eficiência	A	A	B	B	C	B	
C _A	Condição	3077	3926	3894	2604	2396	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	3	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							3,23	
EqNumEnv _A							4,81	
EqNumEnv							3,74	
Etiqueta				B				
Unidade Habitacional Tipo A - 407		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	221	370	1335	928	850	1081	
	Eficiência	A	A	B	B	B	B	
C _A	Condição	2126	3201	3894	3211	3230	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	4	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							3,33	
EqNumEnv _A							4,81	
EqNumEnv							3,81	
Etiqueta				B				

Tabela C.9 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 501, 502 e 503 do 5º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo A - 501		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	142	265	1686	1311	1279	1081	
	Eficiência	A	A	C	B	B	B	
C _A	Condição	1565	2544	2349	2604	2396	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}					3,19			
EqNumEnv _A					4,81			
EqNumEnv					3,71			
Etiqueta					B			
Unidade Habitacional Tipo D – 502		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	Sala TV
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	29,50	10,70
GH _R	Condição	665	303	1929	1906	302	1746	972
	Eficiência	A	A	C	C	A	C	B
C _A	Condição	197	2205	1875	1903	2445	2198	3062
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		5	3*	3	3	3*	3	4
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	5
EqNumEnv _{Resfr}					3,71			
EqNumEnv _A					4,60			
EqNumEnv					3,99			
Etiqueta					C*			
Unidade Habitacional Tipo A - 503		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	253	435	1620	1162	1180	1081	
	Eficiência	A	A	C	B	B	B	
C _A	Condição	2126	3201	2349	1785	1805	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	4	4	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}					3,19			
EqNumEnv _A					4,81			
EqNumEnv					3,71			
Etiqueta					B			

Tabela C.10 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 504, 505 e 506 do 5º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo B – 504		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala TV	
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70	
GH _R	Condição	1166	472	2217	2192	471	972	
	Eficiência	B	A	D	D	A	B	
C _A	Condição	1037	2644	2538	2570	2884	3062	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		4	3*	2	2	3*	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							3,30	
EqNumEnv _A							4,82	
EqNumEnv							3,78	
Etiqueta				C				
Unidade Habitacional Tipo A - 505		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	-61	72	1270	1421	1490	1081	
	Eficiência	A	A	B	B	C	B	
C _A	Condição	3077	3926	3894	2604	2396	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	4	4	3	3*	
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	
EqNumEnv _{Resfr}							3,23	
EqNumEnv _A							4,81	
EqNumEnv							3,74	
Etiqueta				B				
Unidade Habitacional Tipo D – 506		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	Sala TV
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	29,50	10,70
GH _R	Condição	166	67	1636	1616	66	1614	972
	Eficiência	A	A	C	C	A	C	B
C _A	Condição	1927	3555	3293	3320	3795	3845	3062
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		5	3*	3	3	3*	3	3
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	3*	5
EqNumEnv _{Resfr}							3,71	
EqNumEnv _A							4,60	
EqNumEnv							3,99	
Etiqueta				C*				

Tabela C.11 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 507 e 508 do 5º pavimento e 601 do 6º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo A - 507		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		39,00	11,62	12,45	8,35	8,90	8,60	
GH _R	Condição	221	370	1335	928	850	1081	
	Eficiência	A	A	B	B	B	B	
C _A	Condição	2126	3201	3894	3211	3230	3139	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
	EqNumEnvAmb _{Resfr}	3*	3*	4	4	4	3*	
	EqNumEnvAmb _A	5	5	5	5	5	3*	
	EqNumEnv _{Resfr}				3,33			
	EqNumEnv _A				4,81			
	EqNumEnv				3,81			
Etiqueta					B			
Unidade Habitacional Tipo B – 508		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	
AUamb (m ²)		51,90	22,00	9,20	8,00	15,40	10,70	
GH _R	Condição	836	357	2043	2021	356	972	
	Eficiência	B	A	C	C	A	B	
C _A	Condição	1037	2644	2538	2570	2884	3062	
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	
	EqNumEnvAmb _{Resfr}	4	3*	3	3	3*	3*	
	EqNumEnvAmb _A	5	5	5	5	5	3*	
	EqNumEnv _{Resfr}				3,44			
	EqNumEnv _A				4,82			
	EqNumEnv				3,88			
Etiqueta					C*			
Unidade Habitacional Tipo C – 601		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	Escritório
AUamb (m ²)		42,10	11,62	12,45	8,35	8,90	35,30	6,42
GH _R	Condição	2226	1161	2615	2076	2066	2621	1216
	Eficiência	D	B	D	C	C	D	B
C _A	Condição	1955	2668	2483	2687	2486	1265	3218
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	A
	EqNumEnvAmb _{Resfr}	2	3*	2	3	3	2	3*
	EqNumEnvAmb _A	5	5	5	5	5	5	3*
	EqNumEnv _{Resfr}				2,33			
	EqNumEnv _A				4,90			
	EqNumEnv				3,15			
Etiqueta					C*			

Tabela C.12 – Cálculo da etiqueta da envoltória das unidades habitacionais 603, 605 e 607 do 6º pavimento para o edifício SQWN110J

Unidade Habitacional Tipo C – 603		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	Escritório
AUamb (m ²)		42,10	11,62	12,45	8,35	8,90	35,30	6,42
GH _R	Condição	2338	1020	2194	1790	1800	3131	1216
	Eficiência	D	B	D	C	C	E	B
C _A	Condição	2516	7790	6947	6334	6361	1844	3218
	Eficiência	A	B	B	B	B	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		2	3*	2	3	3	1	3*
EqNumEnvAmb _A		5	4	4	4	4	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					2,05			
EqNumEnv _A					4,57			
EqNumEnv					2,86			
Etiqueta					C*			
Unidade Habitacional Tipo C – 605		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	Escritório
AUamb (m ²)		42,10	11,62	12,45	8,35	8,90	35,30	6,42
GH _R	Condição	2024	657	1844	2049	2111	2069	1216
	Eficiência	C	A	C	C	C	C	B
C _A	Condição	6466	8515	8493	7153	6952	2931	3218
	Eficiência	B	B	B	B	B	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		3*	3*	3	3	3	3	5*
EqNumEnvAmb _A		4	4	4	4	4	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					3,05			
EqNumEnv _A					4,23			
EqNumEnv					3,43			
Etiqueta					C*			
Unidade Habitacional Tipo C – 607		Sala estar	Suíte 1	Suíte 2	Suíte 3	Suíte 4	Sala intima	Escritório
AUamb (m ²)		42,10	11,62	12,45	8,35	8,90	35,30	6,42
GH _R	Condição	2359	1266	2265	1692	1636	2703	1216
	Eficiência	D	B	D	C	C	D	B
C _A	Condição	2516	3325	4029	3294	3320	2738	3218
	Eficiência	A	A	A	A	A	A	A
EqNumEnvAmb _{Resfr}		2	3*	2	3	3	2	3*
EqNumEnvAmb _A		5	5	5	5	5	5	3*
EqNumEnv _{Resfr}					2,05			
EqNumEnv _A					4,90			
EqNumEnv					2,96			
Etiqueta					C			