



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA
EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL
PELO MÉTODO SIMPLIFICADO DA INI-R**

Willian Zimi Ortega Padilha

2023

CAMPO GRANDE/MS

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA
EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS)
PELO MÉTODO SIMPLIFICADO DA INI-R

WILLIAN ZIMI ORTEGA PADILHA

Dissertação do Mestrado Profissional apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Silva Moreira

CAMPO GRANDE
SETEMBRO / 2023



FOLHA DE APROVAÇÃO

WILLIAN ZIMI ORTEGA PADILHA

ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL PELO MÉTODO SIMPLIFICADO DA INI-R

Redação final do Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado pela Banca Examinadora em 04 de setembro de 2023, na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade.

Banca examinadora:

Dr. Frederico Silva Moreira - (Orientador)

Dr. Arthur Santos Silva.

Dr. Ary Rodrigues Alves Netto.

Dr. Jair de Jesus Fiorentino.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Frederico Silva Moreira, Professor do Magisterio Superior**, em 16/10/2023, às 23:52, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Arthur Santos Silva, Professor do Magisterio Superior**, em 19/10/2023, às 17:01, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Ary Rodrigues Alves Netto, Usuário Externo**, em 23/10/2023, às 07:58, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4396273** e o código CRC **EDFBFCC2**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

Referência: Processo nº 23104.027348/2023-86

SEI nº 4396273

Dedico este trabalho aos meus filhos Enzo, Fabrizio, Giuliana e Vítor, que sirva de inspiração para responderem os “porquês” que juntarem no caminho. Aos meus irmãos. À minha companheira de vida, Dra. Lúcia Helena da Silva, pela perseverança em tudo e pelo apoio de sempre e, à minha grande inspiração, meu PAI (Don Padilla), “gladiadores enfrentam tudo e nunca desistem”.

AGRADECIMENTOS

Em nome do Prof. Dr. Frederico Silva Moreira, meus agradecimentos aos docentes do PPGEES/FAENG/UFMS que, ao transferir o conhecimento, também aguçam a nossa curiosidade pela ciência, pela busca de soluções aos problemas que a engenharia nos apresenta, objetivando assim a melhoria contínua da AEC-Arquitetura, Engenharia e Construção no dia a dia profissional.

Nunca é tarde para retornar aos bancos escolares. A experiência do ensino síncrono virtual possibilitou tal retorno. A cadeira continua sendo a mesma, o meu respeito e admiração pelos docentes, maiores ainda.

Não poderia deixar de agradecer à UFMS e à CAPES pelo fomento à ciência, mesmo quando as ondas não foram favoráveis e o mar ficou difícil de navegar, perseverantes, continuaram com o tirocínio, afinal, mar calmo nunca forjou bons navegantes. Viva a CIÊNCIA.

*“A Arquitetura é impiedosa: é o que é,
funciona ou não e você pode ver e perceber
claramente a diferença.”*

Jacques Herzog, 2010.

RESUMO

Após um período marcado pela falta de investimento significativo na habitação pública, o Brasil testemunhou um processo de revitalização do setor, que ganhou impulso com o Programa de Aceleração do Desenvolvimento (PAC) e, posteriormente, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Muito embora o lançamento do PMCMV tenha coincidido com um cenário global de crise financeira, sua capacidade de manter os investimentos no setor da construção civil é digna de destaque, no entanto, é crucial avaliar sua eficácia em relação às necessidades habitacionais em constante evolução. Nesse contexto, este trabalho concentra-se na análise de envoltória por meio do método simplificado da INI-R em um bloco específico de um conjunto habitacional de Habitação de Interesse Social (HIS). A fase inicial do trabalho envolveu o uso de software BIM para avaliar a irradiação solar na envoltória das Unidades Habitacionais Autônomas (UHs) em um conjunto residencial localizado em Campo Grande, Mato Grosso do Sul. O resultado dessa análise direcionou a seleção de um bloco em particular, com base na maior irradiação solar registrada em suas superfícies de fachada. Posteriormente, o bloco selecionado passou por uma avaliação abrangente de desempenho térmico da envoltória, utilizando o método simplificado da INI-R do PBE Edifica. Os resultados técnicos obtidos conduziram a discussões substanciais que apontaram para um desempenho insatisfatório das Unidades Habitacionais Autônomas (UHs) analisadas. Este estudo aborda questões relacionadas ao desempenho térmico de edificações, assim como a importância da arquitetura bioclimática como uma ferramenta crucial para conceber estratégias visando aprimorar o conforto térmico em ambientes construídos. Além disso, reafirma a necessidade contínua de adaptação e melhoria dos programas de habitação de interesse social no Brasil, a fim de atender às demandas habitacionais em constante evolução e fornecer soluções habitacionais eficientes e que promovam o bem-estar e a qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Eficiência Energética, INI-R, Habitação de Interesse Social.

ABSTRACT

After a period marked by a significant lack of investment in public housing, Brazil witnessed a revitalization of the sector, gaining momentum through the Programa de Aceleração do Desenvolvimento (PAC) and subsequently, the Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Although the launch of PMCMV coincided with a global financial crisis, its ability to sustain investments in the construction industry is noteworthy. However, it is crucial to assess its effectiveness in addressing ever-evolving housing needs. In this context, this work focuses on envelope analysis using the simplified INI-R method in a specific block of a Social Housing (HIS) development. The initial phase of the work involved the use of BIM software to assess solar radiation on the envelopes of Autonomous Housing Units (UHs) in a residential complex located in Campo Grande, Mato Grosso do Sul. The result of this analysis directed the selection of a particular block, based on the highest solar radiation recorded on its façade surfaces. Subsequently, the selected block underwent a comprehensive evaluation of thermal envelope performance using the simplified INI-R method from PBE Edifica. The technical results obtained led to substantial discussions that indicated unsatisfactory performance of the analyzed Autonomous Housing Units (UHs). This study addresses issues related to the thermal performance of buildings, as well as the significance of bioclimatic architecture as a critical tool for devising strategies to enhance thermal comfort in built environments. Furthermore, it underscores the ongoing need for adaptation and improvement of social interest housing programs in Brazil to meet constantly evolving housing demands and provide efficient housing solutions that promote the well-being and quality of life of the population.

Keywords: Energy Efficiency, INI-R, Social Housing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Vista da Vila Operária. Av. Salvador de Sá, Rio de Janeiro.....	25
Figura 3. Vista do Conj. Habitacional Pedregulho, Rio de Janeiro	27
Figura 4. Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães – Guarulhos, SP	28
Figura 5. Cronologia da HIS no Brasil	31
Figura 6. Linhas de ventilação Cruzada	38
Figura 7. Uso de placas para isolamento térmico	39
Figura 8. Tipos construtivos considerando a inércia térmica.....	39
Figura 9. Elementos de sombreamento	40
Figura 10. Orientação solar	40
Figura 11. Telhados verdes.....	41
Figura 12. Conforto térmico através do controle de aquecimento passivo	42
Figura 13. Conforto térmico através aquecimento e ventilação naturais.....	42
Figura 14. Zonas Bioclimáticas Brasileiras.....	43
Figura 15. IHM do metamodelo de aplicação da INI-R.....	50
Figura 16. Visão geral do formulário para simulação Método Simplificado INI-R.....	51
Figura 17. Localização do empreendimento.....	58
Figura 18. Vista da implantação do empreendimento.	59
Figura 19. Análise de irradiação Solar, Software Formit da Autodesk®.....	63
Figura 20. Modelo Digital do Residencial Mato Grosso, Norte	65
Figura 21. Vista Geral do Pavimento Tipo do Residencial Mato Grosso	65
Figura 22. Planta Arquitetônica de Apartamentos tipo	66
Figura 23. Vista de Corte, níveis de Piso, Bloco Tipo Residencial Mato Grosso.....	66
Figura 24. Planta de Vistas de Fachadas do Residencial Mato Grosso	67
Figura 25. Vista de Fachadas A e B do Bloco Tipo, Residencial Mato Grosso	67
Figura 26. Vista de Fachadas C e D do Bloco Tipo, Residencial Mato Grosso.....	68

Figura 27. Marco UTM(743271, 7728028), deslocamento angular	69
Figura 28. Medidas pavimento tipo e níveis, Bloco 5 do Residencial Mato Grosso ..	73
Figura 29: Medidas do Apartamento Tipo final 1 e 2, do Residencial Mato Grosso ..	74
Figura 30: Ângulos Verticais de Obstrução do Entorno (<i>AVE</i>).....	75
Figura 31: Ângulos Verticais de Obstrução do Entorno (<i>AVE</i>) edificação próxima....	76
Figura 32. Fachadas de Máxima irradiação Solar (Wh/m^2)	76
Figura 33. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Sala	78
Figura 34. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 1	79
Figura 35. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 2	80
Figura 36. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Sala	81
Figura 37. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 1	82
Figura 38. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 2	83
Figura 39. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Sala	84
Figura 40. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 1	85
Figura 41. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 2	86
Figura 42. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Sala	88
Figura 43. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 1	89
Figura 44. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 2	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Déficit Habitacional segundo a Fundação João Pinheiro	22
Tabela 2. Composição do Déficit Habitacional. Brasil 1890/1991	29
Tabela 3. Especificações do PMCMV	31
Tabela 4. Sistemas e Critérios adotados no referencial PROCEL – Edifica.....	34
Tabela 5. Limites de aplicação do método simplificado	49
Tabela 6. Classificação de eficiência energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$	54
Tabela 7. Critério de classificação de eficiência energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$	56
Tabela 8. Classificação de eficiência energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$...	56
Tabela 9. Características construtivas da edificação	64
Tabela 10. Critério de avaliação de desemp. térmico para condições de inverno.....	70
Tabela 11. Irradiação Máxima Verificada (Wh/m^2), meses de 2022.....	70
Tabela 12. Irradiação Máxima Verificada (Wh/m^2), Blocos	71
Tabela 13. Irradiação Máxima verificada (Wh/m^2), Bloco 5.....	71
Tabela 14. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 01/11/21/31, APP: Sala, Bloco 5	78
Tabela 15. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 01/11/21/31, APP: Dorm. 1, Bloco 5..	79
Tabela 16. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 01/11/21/31, APP Dorm. 2, Bloco 5...	80
Tabela 17. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 02/12/22/32 APP: Sala, Bloco 5	81
Tabela 18. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 02/12/22/32, APP: Dorm. 1, Bloco 5..	82
Tabela 19. Parâmetros arquitetônicos, Apto 02/12/22/32, APP: Dorm. 2, Bloco 5....	83
Tabela 20. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 03/13/23/33, APP: Sala, Bloco 5	85
Tabela 21. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 03/13/23/33, APP: Dorm. 1, Bloco 5..	86
Tabela 22. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 03/13/23/33, APP: Dorm. 2, Bloco 5..	81
Tabela 23. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 04/14/24/34, APP: Sala, Bloco 5	87
Tabela 24. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 04/14/24/34, APP: Dorm. 1, Bloco 5..	89

Tabela 25. Parâmetros arquitetônicos, Apto 04/14/24/34, APP: Dorm. 2, Bloco 5....	90
Tabela 26. Propriedades termofísicas para o Modelo Real e de Referência	91
Tabela 27. Resultados da simulação Método Simplificado, Apto 01	92
Tabela 28. Classificação de Eficiência Energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$	94
Tabela 29. $\Delta PHFT_{mín}$ e $RedCgTT_{mínB}$, atendimento Classe B de Efi. Energética.	95
Tabela 30. $\Delta PHFT_{mín}$ e $RedCgTT_{mínA}$, atendimento Classe A de Efi. Energética.	95
Tabela 31. Classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $CgTT_{UH}$	98
Tabela 32. $RedCgTT_{mínD}$ para o atendimento da Classe D de Ef. Energética.....	102
Tabela 33. Resultados da simulação Método Simplificado, Apto 02	106
Tabela 34. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 03.....	110
Tabela 35. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 04.....	114
Tabela 36. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 11	118
Tabela 37. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 12.....	122
Tabela 38. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 13.....	126
Tabela 39. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 14.....	130
Tabela 40. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 21	134
Tabela 41. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 22.....	138
Tabela 42. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 23.....	142
Tabela 43. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 24.....	146
Tabela 44. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 31	150
Tabela 45. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 32.....	154
Tabela 46. Resultado das validações da INI-R	160

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evolução do Procel e Procel Edifica	33
Gráfico 2. Diagrama Psicrométrico de Givoni.....	35
Gráfico 3. Crescimento populacional mundial	46
Gráfico 4. Irradiação diária média mensal (kWh/m ²)	60
Gráfico 5. Temperaturas de Campo Grande/MS.....	61
Gráfico 6. Umidade relativa do ar de Campo Grande/MS	62
Gráfico 7. Obtenção de $\Delta PHFT_{\text{mín}}$, quando $PHFT_{UH,ref} < 70\%$	99
Gráfico 8. Incidência Solar nas fachadas do Bloco 5	158

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AEC	Arquitetura Engenharia e Construção
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP	Ambiente de Permanência Prolongada
APT	Ambiente de Permanência Transitória
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
HIS	Habitação de Interesse Social
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade aplicado em Residências
FCP	Fundação da Casa Popular
IAPs	Institutos de Aposentadoria e Pensões
BNH	Banco Nacional da Habitação
COHAB	Companhia de Habitação Popular
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PAIH	Plano de Ação Imediata para a Habitação
FGTS	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço
PAR	Programa de Arrendamento Residencial
PNH	Plano Nacional de Habitação
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
ELETRONBRAS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
CB3E	Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
RTQs	Regulamentos Técnicos da Qualidade
PBE Edifica	Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações
ASHRE	American Society Of Heating, Refrigerating And A-C Engineers

ZB	Zona Bioclimática
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
UHs	Unidades Habitacionais Autônomas
CO	Monóxido de Carbono
POE	Post-occupancy evaluation
BPE	Building Performance Criteria
PPGEES	Prog. de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade
FAENG	Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
BIM	Building Information Modeling
EquNum	Equivalente Numérico
MME	Ministério de Minas e Energia
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
USP	Universidade de São Paulo
FAU	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
IES	Instituição de Ensino Superior
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

Wh/m ²	Unidade de medida de Irradiação solar
m ²	Unidade de medida de área em metro quadrado
kg	Unidade de medida de massa em kilograma
g	Unidade de medida de massa em grama
%	Porcentagem
m/s	Unidade de medida de velocidade
T	Temperatura, °C.
CT (kJ/(m ² .K))	Capacidade térmica
CgTA (kWh/ano)	Carga térmica de aquecimento
CgTR (kWh/ano)	Carga térmica de refrigeração
CgTT (kWh/ano)	Carga térmica total
λ (W/(m.K))	Condutividade térmica
CA (kWh/ano)	Consumo para aquecimento
CR (kWh/ano)	Consumo para refrigeração
FS	Fator solar
Δ PHFT (%)	Incremento do percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa
Δ PHFTmín (%)	Incremento mínimo do percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa
RedCgTT (%)	Redução da carga térmica total
RedCgTTmín (%)	Redução mínima da carga térmica total
R (m ² .K/W)	Resistência térmica de elementos e componentes
U (W/(m ² .K))	Transmitância térmica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	20
1.1. OBJETIVOS.....	22
1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	24
2.1. A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS) NO BRASIL	24
2.2. DESEMPENHO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.....	32
2.2.1. ESTRATÉGIAS PASSIVAS PARA O CONFORTO TÉRMICO	38
2.2.2. ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO.....	43
2.3. O PBE EDIFICA E A INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO (INI-R).....	46
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
3.1. OBJETO DE ESTUDO.....	57
3.2. AVALIAÇÃO DE ENVOLTÓRIA.....	59
3.2.1. DETERMINAÇÃO DO CASO CRÍTICO PARA APLICAÇÃO DA INI-R, MÉTODO SIMPLIFICADO.....	60
3.2.2. DISCUSSÃO DE RESULTADOS	63
4. LEVANTAMENTO DE CAMPO	64
4.1. CARACTERIZAÇÃO DO CONJUNTO RESIDENCIAL DE HIS	64
4.2. MODELAGEM DAS EDIFICAÇÕES	65
4.3. COLETA DE DADOS DE SIMULAÇÕES PARA CASO CRÍTICO	68
4.3.1. GEORREFERENCIAMENTO E CASO CRÍTICO (Wh/m ²)	69

5. ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO SIMPLIFICADO DA INI-R	73
5.1. PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS DE APPs DO BLOCO 05, PARA APLICAÇÃO DA INI-R (MÉTODO SIMPLIFICADO)	77
5.1.1. BLOCO 05, APPS APARTAMENTOS 01/11/21/31	77
5.1.2. BLOCO 05, APPS APARTAMENTOS 02/12/22/32	81
5.1.3. BLOCO 05, APPS APARTAMENTOS 03/13/23/33	84
5.1.4. BLOCO 05, APPS APARTAMENTOS 04/14/24/34	87
5.2. RESULTADOS E VALIDAÇÃO DA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA.....	92
5.2.1. BLOCO 05, APARTAMENTO 01	92
5.2.2. BLOCO 05, APARTAMENTO 02.....	98
5.2.3. BLOCO 05, APARTAMENTO 03.....	102
5.2.4. BLOCO 05, APARTAMENTO 04.....	106
5.2.5. Bloco 05, Apartamento 11	110
5.2.6. Bloco 05, Apartamento 12	114
5.2.7. BLOCO 05, APARTAMENTO 13.....	118
5.2.8. BLOCO 05, APARTAMENTO 14.....	122
5.2.9. BLOCO 05, APARTAMENTO 21	126
5.2.10. BLOCO 05, APARTAMENTO 22.....	130
5.2.11. BLOCO 05, APARTAMENTO 23.....	134
5.2.12. BLOCO 05, APARTAMENTO 24.....	138
5.2.13. BLOCO 05, APARTAMENTO 31	142
5.2.14. BLOCO 05, APARTAMENTO 32.....	146
5.2.15. BLOCO 05, APARTAMENTO 33.....	150
5.2.16. BLOCO 05, APARTAMENTO 34.....	154

6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	158
6.1. O USO DO FORMIT COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO PARA TOMADA DE DECISÕES.....	158
6.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO INI-R.....	160
7. CONCLUSÃO.....	162
REFERÊNCIAS.....	165
ANEXO 1. FIGURAS E TABELAS DE DADOS DE IRRADIAÇÃO SOLAR (Wh/m^2) NAS FACHADAS DAS EDIFICAÇÕES.....	168

1. INTRODUÇÃO

O ser humano é um contínuo experimentador e essa característica o impulsiona a mensurar tudo aquilo que lhe é apresentado, sejam forma, cor, gosto, textura e massa, contexto sensorial ao que submete tudo, passando estas inferências a formar a sua memória relacionada ao objeto. De tal forma, permanentemente o ser humano está julgando o seu ambiente de forma intuitiva e orgânica, baseado em sua experiência e necessidades (ONO *et al.*, 2018).

Diante dessa característica natural humana, julgar os ambientes nos quais habita, consolida o ser humano como o personagem transformador de seu meio, uma vez que as necessidades podem motivá-lo a transformar o meio em que habita, dando-lhe a oportunidade de fazê-lo de forma ordenada ou não, aliado ao seu contexto social e cultural, usando meios adequados ou não. Porém, o movimento de transformação é que integra o homem ao meio, positiva ou negativamente sem qualquer juízo de valor.

Desde os primórdios da humanidade, a moradia tem sido uma necessidade fundamental para a sobrevivência e o bem-estar do homem. A busca por abrigo e segurança é intrínseca ao ser humano e, este tem sido um fator determinante no desenvolvimento da sociedade ao longo dos séculos. Ademais da necessidade física, a ligação emocional à moradia transcende sua função básica, moldando identidades individuais e coletivas, influenciando as relações sociais e impactando a qualidade de vida do indivíduo, do grupo familiar e, conseqüentemente, das sociedades.

Segundo (VILLA; ORNSTEIN, 2016) é a moradia o ambiente mais observado e testado pelo ser humano, e mesmo antes de possuí-la como propriedade objeto/valor, a moradia é um desejo, uma meta a alcançar.

Para (ONO; ORNSTEIN; VILLA; FRANÇA, 2018) apud (ZAIDI, 1975), sensorialmente, a moradia que deixa de ser meramente um objeto edificado, passa a ser emocionalmente um lar, aquele lugar que agrega e une indivíduos sob um mesmo abrigo, com organização intuitiva de espaço, de ordem, que determina as responsabilidades e representa o começo e o fim do dia, a partida e o ponto de chegada daqueles indivíduos que a habitam. A busca por uma moradia agradável e termicamente confortável é inerente à natureza humana. Desde as primeiras habitações rudimentares até as construções de alta tecnologia dos dias de hoje, o homem tem trabalhado incessantemente para criar ambientes internos que o protejam

das variações climáticas extremas e proporcionem uma sensação de acolhimento. Os estudos sobre conforto térmico buscam entender e definir as condições ambientais que proporcionam uma sensação de bem-estar, sem a necessidade de esforços excessivos para a regulação da temperatura corporal e, o desempenho térmico adequado das edificações é a ferramenta essencial para atingir esse objetivo.

No contexto da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), o ambiente construído assume um papel central na busca pelo conforto, de tal forma o projeto arquitetônico, aliado a características de iluminação natural, ventilação e materiais aplicados na edificação, desempenha crucial papel na criação de espaços funcionais e confortáveis.

Para (RUPP; VÁSQUEZ; LAMBERTS, 2015), o conforto térmico não se limita apenas às sensações físicas, mas também está profundamente ligado às dimensões emocionais e psicológicas. Um ambiente que proporciona uma temperatura adequada e constante pode influenciar positivamente o humor, a concentração e a produtividade das pessoas que o habitam. A sensação de estar no controle do próprio ambiente, com a possibilidade de ajustar a temperatura conforme as preferências pessoais, cria uma atmosfera de segurança e pertencimento, contribuindo para uma ligação emocional mais forte com a moradia.

As normas de desempenho de edificações avaliam e regulamentam o setor da construção civil, garantindo um padrão mínimo de qualidade e desempenho das edificações residenciais (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2014). No Brasil a NBR 15575 normatiza projeto e sua relação com os sistemas de edificações.

Outro panorama, este social, evidencia a necessidade da existência de programas habitacionais no Brasil, uma vez que as construções habitacionais possuem um elevado custo, forçando assim a participação dos governos para amenizar o déficit habitacional que o país enfrenta.

Desta forma abordaremos o tema habitação para fins de compreensão da importância de programas habitacionais públicos, que para as famílias de baixa renda representa o principal meio de aquisição de moradia.

A Tabela 1 apresenta o déficit habitacional brasileiro, agrupado por tipo e evolução desde 2016 a 2019. Dela podemos extrair a informação de que o déficit

habitacional se manteve estável nos anos de 2018 e 2019, entretanto, pode-se perceber que a coabitação apresenta ligeira redução no período supracitado.

Tabela 1. Déficit Habitacional segundo a Fundação João Pinheiro

Especificação	Ano			
	2016	2017	2018	2019
Habitação Precária	1.296.754	1.490.695	1.423.686	1.482.585
Rústicos	760.264	801.668	711.303	696.849
Improvisados	536.490	689.027	712.383	785.736
Coabitação	1.546.103	1.527.259	1.400.701	1.358.374
Cômodos	137.223	117.378	99.546	96.968
Unidades Conviventes	1.408.880	1.409.882	1.301.155	1.261.407
Ônus excessivo aluguel urbano	2.814.391	2.952.708	3.045.653	3.035.739
Déficit Habitacional	5.657.249	5.970.663	5.870.041	5.876.699

Fonte: (PINHEIRO, 2021).

O empreendimento objeto de estudo foi executado com recursos públicos, enquadrado como Habitação de interesse social (HIS), tendo sido entregue em 2020 e encontra-se habitado.

O método construtivo do empreendimento em estudo foi de concreto moldado no local, cujas vantagens são o custo da obra, prazo de execução menor que métodos convencionais e redução de desperdício de material em obra.

1.1. OBJETIVOS

Considerando a técnica construtiva utilizada o objetivo específico do trabalho é a avaliação/análise de envoltória através da aplicação do INI-R para UHs, pelo método simplificado, a fim de verificar se as edificações analisadas seguem as diretrizes e critérios de desempenho mínimos para atender as expectativas e níveis de satisfação de usuários de empreendimentos semelhantes.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

Ética de habitação

- Fundamentação teórica:

- Habitação Social no Brasil
- Eficiência Energética de edificações

- Etapas da Pesquisa:

- Georreferenciamento do Conjunto habitacional
- Avaliação da incidência solar nas fachadas dos edifícios
- Escolha do caso crítico, pela incidência solar na envoltória para fins de aplicação do método simplificado da INI-R
- Avaliação do caso crítico conforme INI-R pelo método Simplificado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL (HIS) NO BRASIL

O início das HIS no Brasil data no período denominado era Vargas (1930-1954), momento em que o Estado passa a intervir nas atividades de AEC (arquitetura, engenharia e construção) e no próprio mercado do aluguel, passando a ser protagonista de ações que afetam diretamente a sociedade no que tange a moradia, concorrendo contra as ditas “livres forças do mercado” (BONDUKI, 1994).

Segundo (BONDUKI, 1994), antes do período Vargas, a República Velha apoiava a iniciativa privada na construção de habitações, visando principalmente aumentar o retorno financeiro dos investidores. Isso ocorreu porque, à época, a produção e a indústria nas áreas urbanas tinham um papel secundário, e as casas para aluguel eram vistas principalmente como uma oportunidade de lucro, fornecendo residências para a crescente população urbana que estava deixando o campo devido ao crescimento da atividade agrícola voltada para a exportação. Em um curto espaço de tempo, áreas que anteriormente consistiam em chácaras com características predominantemente rurais foram subdivididas em lotes e transformadas em zonas urbanas altamente povoadas.

Como o perfil da moradia no auge do êxodo urbano era especulativo, era comum em cidades como São Paulo que as soluções habitacionais expurgassem áreas verdes, passando a surgir as edificações de recuos inexistentes, utilizando assim o máximo de áreas dos terrenos urbanos.

Vale salientar que a expansão imobiliária ocorrida nos grandes centros, tais como São Paulo, que sextuplicou a população urbana na primeira metade do século XX, equalizou a oferta e procura de moradias urbanas com o surgimento de pequenas *células habitacionais insalubres* denominadas cortiço, que além de precárias condições, eram tidas como inimigas número 1 da saúde pública (BONDUKI, 1994).

De fato, nem o estado assumia a sua responsabilidade sobre uma política habitacional ou mesmo sobre uma legislação clara sobre valores de aluguéis, panorama que era gerador de conflitos entre proprietários e inquilinos, assim como a sociedade não via e/ou esperava do Estado uma postura diferente à inércia apresentada.

Contudo, há relatos de casos pontuais de moradias construídas pelo poder público no Rio de Janeiro e no Recife (1906), tidos como os primeiros ensaios do que viria a ser a política habitacional brasileira. Na Av. Salvador de Sá (Figura 1), em virtude da demolição de vários cortiços para abertura da Av. Central, foram construídas 106 unidades habitacionais pelo poder público, o que representou a gênese da HIS no Brasil (BONDUKI, 1994).

Figura 1. Vista da Vila Operária. Av. Salvador de Sá, Rio de Janeiro



Fonte: Arquivo Geral da Cidade do Rio de Janeiro (2000)

A característica das Vilas operárias era de fornecer moradia a baixo custo para os funcionários das fábricas. Esta iniciativa era uma medida para manter os funcionários próximo às fábricas.

A efervescência do movimento modernista em São Paulo motivou também a arquitetura a ter um novo olhar público sobre conjuntos habitacionais, quando as primeiras experiências modernas no campo da habitação são casas destinadas à classe média, construídas no início da década de 1920.

Na Figura 2 pode ser visto o projeto pioneiro de habitação moderna voltada para trabalhadores no Brasil. Elaborado pelos arquitetos Gregori Warchavchik e Lúcio Costa, resultou na criação do conjunto habitacional da Gamboa no Rio de Janeiro, referido projeto foi concebido em 1932 (RUBIN; BOLFE, 2014).

Figura 2. Vila Operária da Gamboa, 1933 – Rio de Janeiro



Fonte: <https://vitruvius.com.br/index.php/revistas/read/arquitextos/03.027/762> (2002).

Em 1946 o governo Dutra cria a Fundação da Casa Popular (FCP), programa habitacional pós-guerra, como uma resposta à crise habitacional. De fato, esta iniciativa vem a destacar a ausência anterior de políticas públicas do estado no combate ao déficit habitacional brasileiro.

Assim como hoje, com os programas mais modernos de habitação popular, a Fundação da Casa Popular se propunha a criar mecanismos e objetivos amplos de habitação popular que, além da habitação em si, propunha soluções de saneamento, infraestrutura e formação de mão de obra qualificada para a construção civil da época. Tais propósitos contrastavam com a real aplicação de recursos e/ou orçamento de estado definido para referida fundação.

A construção do Conjunto Pedregulho (Figura 3) teve início em 1946 como parte da política habitacional da época. Este projeto foi concebido pelo arquiteto Affonso Eduardo Reidy e Carmem Portinho. Ele representa um exemplo notável da arquitetura moderna e coloca o Brasil na vanguarda dos movimentos internacionais, como destacado por Siqueira e de Sousa Araújo (2014).

Figura 3. Vista do Conj. Habitacional Pedregulho, Rio de Janeiro.



Fonte: Arquivo LabHab-UFRJ, Laboratório de Habitação (2009).

Em 1964 foi criado o BNH-Banco Nacional da Habitação, oriundo do SFH-Sistema Financeiro da Habitação, Lei 4380/64, em contraponto aos IAPs (Institutos de Aposentadoria e Pensões) e FCP, os quais possuíam um caráter compulsório de investimento, num primeiro momento voltados a pessoas carentes, denominados Planos A e B, e posteriormente pessoas de recursos medianos, Plano C.

Foi com os incentivos do BNH que o Brasil entrou em uma nova fase da construção de HIS, normalmente voltadas para a periferia, contudo, diferente das IAPs, com recurso próprio permanente, favorecendo assim a sustentação do sistema de crédito habitacional para famílias de baixa renda.

Durante seu período de atuação, o BNH financiou cerca de 4,8 milhões de habitações, representando aproximadamente 25% do total de residências construídas no país entre 1964 e 1986. Esses financiamentos englobaram todas as faixas de renda e foram realizados tanto por meio da promoção privada das COHAB (Companhias de Habitação Popular) quanto através de incorporadoras imobiliárias. No entanto, é importante notar que a população de baixa renda foi responsável por apenas 20% desses financiamentos. Além das habitações, o BNH também financiou projetos de infraestrutura urbana e instalações sociais que estavam relacionados aos empreendimentos habitacionais, como destacado por Rubin e Bolfe (2014).

No âmbito municipal, eram as COHABs que davam respaldo técnico às construções habitacionais (Figura 4) financiadas pelo BNH. Sendo que essa dependência unilateral das COHABs para o investimento habitacional, cancelou a sua mudança na participação de construções populares, passando de executores para órgãos assessores, diminuindo assim paulatinamente a participação nas questões habitacionais nos municípios, quando o BNH entrou em declínio.

Figura 4. Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães – Guarulhos, SP



Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.088/207> (2008)

Com o fim do BNH em 1986, surgiram alternativas pontuais de habitação nos estados e municípios, porém sem a diretriz governamental como política de estado, não contribuíram com a diminuição do déficit habitacional durante as décadas de 80 e 90.

A promulgação da Constituição Federal em 1988 passa a tornar obrigatória a implementação de Planos Diretores em cidades com mais de 20mil habitantes (LACERDA *et al.*, 2005). Este marco passa a ser o instrumento legal básico da política de desenvolvimento e expansão urbana. Contudo, não foi suficiente para abreviar o lapso temporal na implementação de políticas públicas de estado para a habitação, entretanto, promoveu uma ampla discussão no que tange ao planejamento urbano.

Em 1990, o então presidente da república Fernando Collor de Mello, diante da crise habitacional brasileira, conforme indicado na Tabela 2 (PINHEIRO, 1995), autorizou o uso de fundos públicos para financiar o PAIH (Plano de Ação Imediata para a Habitação), que incluía a ambiciosa meta de construir 200.000 unidades habitacionais em um período desafiador de seis meses, contudo, os resultados obtidos não foram bem-sucedidos (ZAPELINI; LIMA; GUEDES, 2017).

Tabela 2. Composição do Déficit Habitacional. Brasil 1890/1991

CATEGORIA	1980	1991
Coabitação Familiar		
Total	2.785.661	3.128.978
Urbana	...	2.601.035
Rural	...	527.943
Habitação Precária		
Total	2.988.707	1.874.380(1)
Urbana	859.789	756.550
Rural	2.128.918	1.117.830(1)
Total	5.774.368	5.003.358(1)
Urbana	...	3.357.585
Rural	...	1.645.773(1)

Fonte: (PINHEIRO, 1995)

Em 1995, no governo de Fernando Henrique Cardoso, recursos oriundos do FGTS são retomados como base para o investimento habitacional individual, através de financiamento público, tomando como garantia recursos desse fundo, rejeitando programas convencionais de construção de grandes conjuntos habitacionais, individualizando a solução do problema habitacional brasileiro, sem a tutela do estado. Por razões de corrupção o uso do FGTS foi interrompido no período de 1991 a 1995, conforme indica o Gráfico (BONDUKI, 2008). Mesmo assim, o governo de Fernando Henrique Cardoso promoveu programas como o Pró-Moradia e o PAR-Programa de Arrendamento Residencial, ambos utilizando de forma individualizada, os recursos do FGTS.

Com a criação do Ministério das Cidades, no governo do então presidente Luís Inácio Lula da Silva, a política habitacional encontra um novo rumo. O foco desta inclusão retoma o direito a serviços básicos à população excluída, o que engloba saneamento, educação, lazer e moradia. Passam então a figurar novos fóruns de discussão da habitação pública no país: Conselho das Cidades, criação do SNH-Sistema Nacional de Habitação, frente à PNH-Política Nacional de Habitação (BONDUKI, 2008).

Paralelamente ao crescimento econômico no início dos anos 2000, aumenta o investimento público em habitação e, conseqüentemente, o protagonismo do FGTS para o financiamento da moradia. O PAC-Programa de Aceleração do Crescimento (2005), é o advento das grandes construções de infraestrutura com recursos públicos, para implantação, em 2009, do PMCMV-Programa Minha Casa Minha Vida, que

retoma a política de estado de financiamento da HIS. Nesse modelo, foram construídas 5,5 milhões de unidades habitacionais nos últimos 10 anos, de vigência do PMCMV, contudo o déficit habitacional continua sendo um sério problema social no país (CUNHA, 2020).

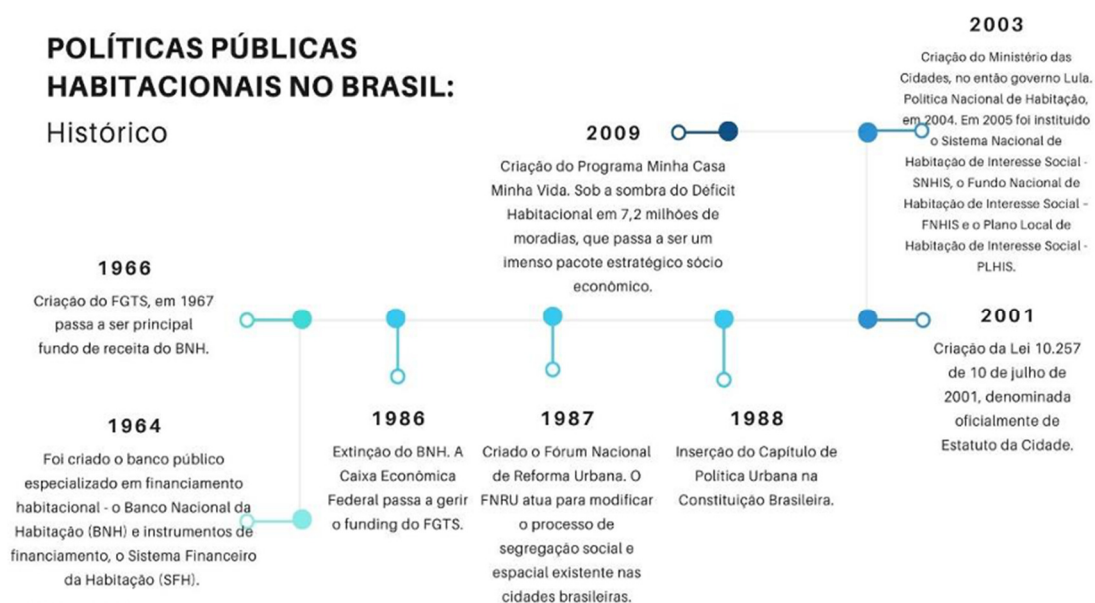
Via de regra, diferentemente das primeiras construções de conjuntos habitacionais, hoje as moradias destinadas a famílias de baixa renda estão muito distantes dos núcleos urbanos, o que de certa forma impõe um confinamento às famílias que ali habitam, já que a mobilidade urbana, além de precária, tem um alto custo para esta faixa de público (ELIAS; RAVACHE, 2021).

Ao analisarmos o principal desafio de saúde pública que assolou globalmente os anos de 2020 e 2021, a Pandemia Covid-19, torna-se evidente a magnitude de seu impacto na saúde mental da população e, por conseguinte, a relevância do ambiente construído. Durante dois anos, as medidas de isolamento social afetaram de alguma forma, as interações humanas, seja através do trabalho remoto, do *lockdown*, destacando o papel da qualidade da habitação na saúde física e mental dos indivíduos. Essa qualidade habitacional, quando combinada com a infraestrutura urbana e serviços públicos, desempenha um papel determinante na promoção da saúde pública (DOS REIS *et al.*, 2021).

Ao se comparar o Conjunto Pedregulho com outros empreendimentos arquitetônicos e construtivos destinados às populações de baixa renda, fica evidente que o Conjunto Pedregulho se destaca pela qualidade de seus espaços, pela sofisticação de suas formas, pela adequada integração urbana e pelo caráter revolucionário de seu programa habitacional. No entanto, o que se segue é uma série de empreendimentos malsucedidos, nos quais as habitações são guiadas exclusivamente pelo princípio de minimizar custos e alcançar grande escala, em detrimento da qualidade e do cuidado na concepção e execução.

Na Figura 5 indica a cronologia das HIS no Brasil e os eventos mais importantes no âmbito das políticas públicas de Estado, no que tange à habitação.

Figura 5. Cronologia da HIS no Brasil



Fonte: (ROLNIK, 2017)

O PMCMV, dentro de suas exigências, procedeu com as especificações básicas para as edificações unifamiliares e multifamiliares que poderiam fazer parte do programa de HIS no Brasil, a partir de 2009, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Especificações do PMCMV

Componente	Material / Técnica Construtiva
Compartimentos	Sala, cozinha, área de serviço, 2 dormitórios e banheiro
Pé-direito	Mínimo de 2,30m nos banheiros e 2,50m nos demais cômodos.
Piso	Cerâmica em toda a unidade, hall e áreas de circulação internas. Cimentado alisado nas escadas.
Cobertura	Telha cerâmica ou de fibrocimento (espessura mínima de 5 mm) sobre laje, estrutura de madeira ou metálica. Laje inclinada coberta com telhas.
Esquadrias	Portas internas em madeira, e metálica no acesso à unidade. Vão livre de 0,80 m x 2,10 m. Janelas de alumínio para regiões litorâneas e de aço para demais regiões. Vão de 1,5m² nos dormitórios e 2,0m² na sala.
Revest. Interno	Massa única, gesso (exceto áreas molhadas) ou concreto regularizado.
Revest. Externo	Massa única ou concreto regularizado.
Sustentabilidade	Medição individualizada de água e gás. Aquecimento solar/térmico: Instalação de kit completo – opcional.

Fonte: Caixa Econômica Federal (2011).

2.2. DESEMPENHO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

É inegável que a arquitetura moderna teve não somente impacto social como também predominância durante o século XX. Inúmeras pesquisas, em particular após as crises energéticas ocorridas a partir da década de 70, quando um novo olhar sobre as cidades, sobre o crescimento demográfico e a saúde do planeta passaram a ser difundidos no meio acadêmico e passou a circundar a indústria da construção.

Nas décadas de 1960 e 1970 começaram as reflexões mundiais sobre os danos causados ao meio ambiente, e os primeiros esforços de uma consciência ecológica. A partir dos anos 80, ganhou força a Arquitetura Bioclimática, que consiste no projeto de edificações, tendo em consideração as condições climáticas, utilizando os recursos disponíveis na natureza, em suas características físicas e climáticas como sol, vegetação, chuva e vento para minimizar os impactos ambientais e reduzir o consumo energético (GRZEGOWSKI; DINIZ, 2021).

A busca por eficiência energética e conservação dos recursos naturais passaram a ser pauta presente nas ações governamentais, e a complexa relação entre desenvolvimento e manutenção do habitat se tornaram questões fundamentais em um mundo cada vez mais consciente das limitações dos recursos disponíveis.

No contexto brasileiro, essa preocupação se materializou ao longo das décadas por meio de uma série de programas, sendo os principais exemplos o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica). Esses programas não apenas refletem o comprometimento do governo e da sociedade em relação à sustentabilidade, mas também evidenciam a evolução das políticas de eficiência energética no país.

O PROCEL, lançado em 1985 durante o governo de José Sarney, marca o início formal das iniciativas brasileiras voltadas para a conservação de energia elétrica. Criado em um contexto de crise energética e instabilidade no fornecimento de eletricidade, o PROCEL tinha como objetivo central promover ações que reduzissem o consumo energético sem comprometer o desenvolvimento econômico. Dentre suas principais atividades, destacam-se ações de educação, incentivo à pesquisa e desenvolvimento de tecnologias eficientes, além da criação de padrões de eficiência para equipamentos elétricos. Esse programa foi um marco não apenas pela

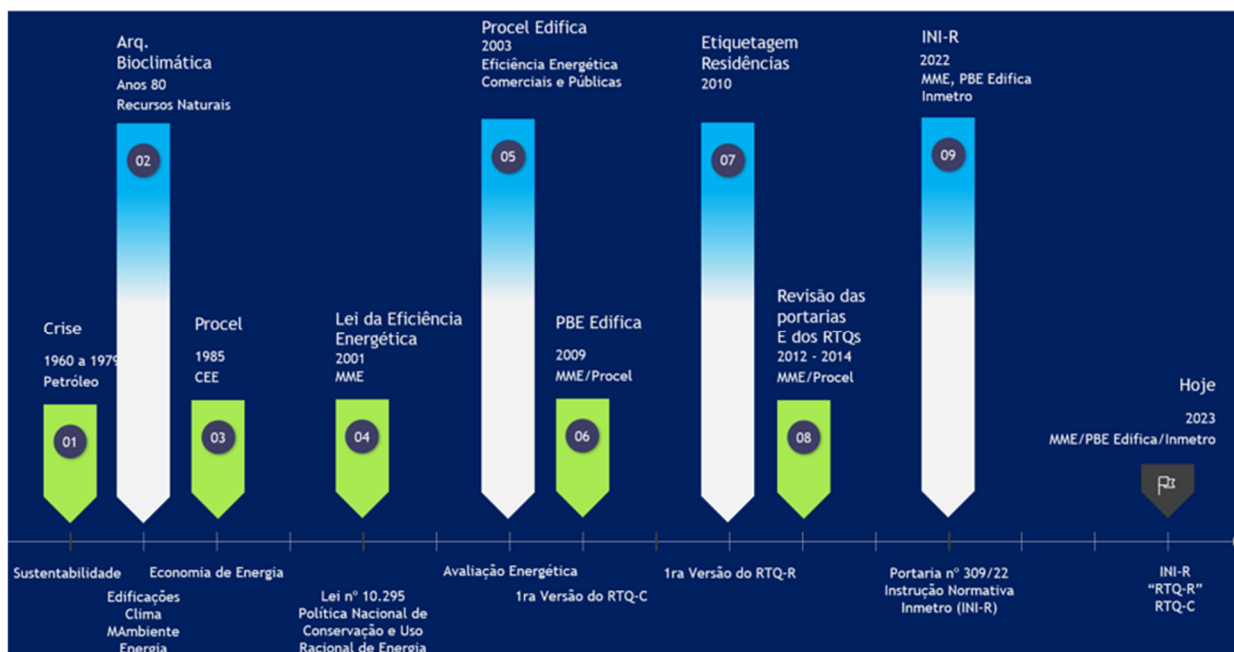
sua pioneira abordagem no país, mas também por estabelecer as bases para políticas futuras de conservação de energia (CABRAL *et al.*, 2006).

A evolução natural desse esforço resultou na criação do PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem, que se expandiu para além do setor elétrico para abranger a eficiência energética em diferentes áreas. No âmbito do PBE, uma vertente significativa é o PBE Edifica, focado na eficiência energética de edifícios.

Lançado posteriormente, mas intrinsecamente conectado à trajetória do PROCEL, o PBE Edifica surge em resposta ao crescimento urbano acelerado e ao aumento da demanda energética nos espaços construídos.

Iniciado em 2010 (Gráfico 1), durante o governo de Luiz Inácio Lula da Silva, o PBE Edifica tem como propósito a classificação de edifícios de acordo com sua eficiência energética, similar ao sistema de etiquetagem de eletrodomésticos, como forma de incentivar a eficiência energética nas edificações públicas e privadas, o que em 2017 foi consolidado através de regulamentação específica, ação conjunta entre o Procel Edifica e o CB3E-Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. Assim, são implementados os RTQs-Regulamentos Técnicos da Qualidade que aplicados a edificações resultaram nos RTQ-R, RTQ-C, residencial e comercial, respectivamente.

Gráfico 1. Evolução do Procel e Procel Edifica



Fonte: Elaborado pelo autor

A Tabela 4 indica quais são os critérios abordados/analizados no Procel Edifica, para fins de avaliação da eficiência energética em edificações.

Tabela 4. Sistemas e Critérios adotados no referencial PROCEL - Edifica

Sistemas	Critérios
Desempenho Térmico da Envoltória (DTE) do edifício	Exigências observando limites para: a transmitância térmica, a capacidade térmica, a absortância solar, o percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação natural e a obrigatoriedade de ventilação cruzada.
Sistemas de Aquecimento de água	Tubulações condutoras e reservatórios de água quente em conformidade com normativas técnicas específicas e providos de isolamento térmico. Coletores solares instalados com observância da correta orientação azimutal e ao ângulo de inclinação. Equipamentos com nível de eficiência energética ENCE “A” ou “B”. Reservatórios dimensionados conforme normas específicas e satisfazer exigências PROCEL; Instalação deverá ser realizada com mão de obra qualificada (QUALISOL BRASIL ou QUALINSTAL GÁS.) Aquecedores a gás instalados em locais com ventilação e abrigados. Aquecedores (chuveiros, torneiras e hidromassagem) em conformidade com Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Aquecedor elétrico por acumulação (boiler) deve satisfazer a qualificação ENCE “A” ou “B”. Aquecimento com bombas de calor em conformidade com normas ASHRAE Standard 146, ASHRAE 13256 ou AHRI. Utilização de caldeiras com uso de combustíveis fósseis classificado como nível “E”
Áreas de uso comum	Uso de motores assíncronos de alto rendimento ou atender o programa de Metas de Motores Trifásicos. Uso de lâmpadas de alto rendimento e comandadas controles automáticos liga/desliga. As bombas centrífugas em conformidade com Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) bem como ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Elevadores deve atentar para: tempo médio em standby, tempo médio em viagem, quantidade de unidades habitacionais na edificação e a frequência de uso de cada equipamento. A envoltória deve obedecer ao exigido para a envoltória do edifício principal. Equipamentos para sistema de ar-condicionado em conformidade com Selo PROCEL ou a classificação ENCE. Demais equipamentos obedecer ao que está preceituado no Programa Brasileiro de Etiquetagem: ENCE; Selo PROCEL; ou Selo CONPET

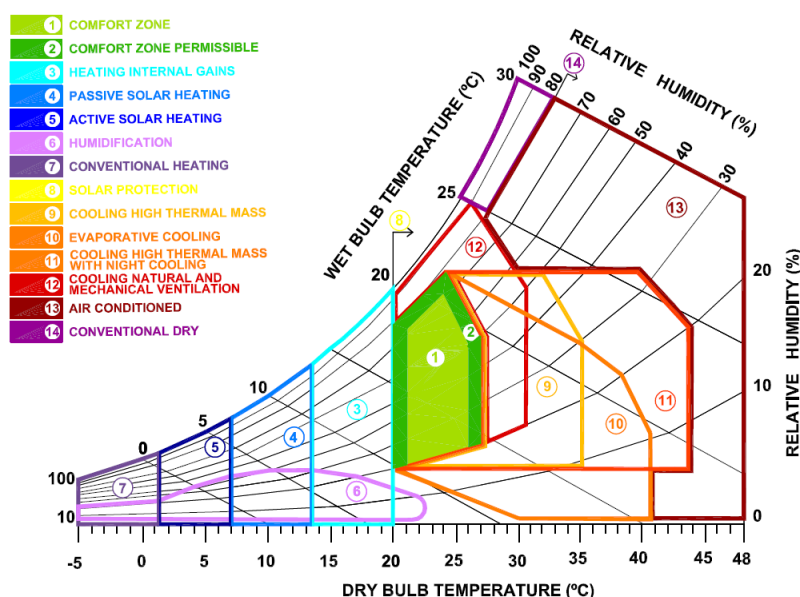
Fonte: (MENEHELLI; SALES, 2022).

No contexto da missão histórica da arquitetura, que tem sido tradicionalmente a proteção do ser humano contra as condições adversas do ambiente externo, a abordagem da Arquitetura Bioclimática visa atingir o conforto térmico humano por meio de uma interação consciente com as condições climáticas externas. É relevante observar que essa interação sempre esteve implicitamente presente na prática arquitetônica ao longo da história, mas foi por meio dos estudos de pesquisadores

como Victor Olgyay e Baruch Givoni que essa interação passou a ser quantificada e compreendida de maneira mais precisa.

Uma das ferramentas para a base da avaliação bioclimática é o Diagrama Psicrométrico de Givoni, mostrado no Gráfico 2. Trata-se de um diagrama bioclimático que foi dividido em diferentes zonas, para as quais é necessário usar estratégias passivas ou ativas, cujo objetivo seja alcançar o conforto humano dentro de uma edificação (MANZANO-AGUGLIARO *et al.*, 2015).

Gráfico 2. Diagrama Psicrométrico de Givoni



Fonte: (MANZANO-AGUGLIARO *et al.*, 2015)

O eixo x representa a temperatura do bulbo seco e o eixo y mostra a umidade relativa do ar. As curvas psicrométricas no gráfico representam a umidade relativa que, ao interagir com a temperatura de bulbo úmido, delimitam as zonas que devem ser avaliadas, para fins de definição das estratégias a serem tomadas a fim de obter o conforto térmico.

Conforme verifica-se no Gráfico 2, são identificadas 14 zonas com base nas características de temperatura do bulbo e umidade do ar. Destes, as zonas Z₁ e Z₂ são as zonas de conforto ideal. Assim, podemos definir as condições climáticas e associá-las a estratégias arquitetônicas, para mudar as condições ambientais de uma edificação. Sempre que possível, deve-se optar por estratégias passivas, uma vez que consomem energia zero. Quando isso não é possível, essas estratégias serão

aplicadas para ajudar a reduzir o uso de dispositivos que consumam menor energia (MANZANO-AGUGLIARO *et al.*, 2015).

Na Arquitetura Bioclimática, para estudar as possíveis estratégias ao conforto térmico, dentre as primeiras avaliações a serem efetuadas, a geolocalização da edificação é o início. Definida a localização, as características ambientais locais definirão e delimitarão a zona bioclimática no Diagrama de Givoni.

Se diante da avaliação geográfica da edificação, integrada à bioclimatologia local, se encontrar dentro da zona de conforto, não será necessário efetuar nenhuma correção térmica. Em contrapartida, se, caso feitas as avaliações iniciais edificação se encontrar fora da zona de conforto, deverão ser implementadas estratégias arquitetônicas passivas para chegar à zona de conforto requerida ao ambiente.

A zona de conforto rotulada como zona Z_1 no Gráfico 2, indica a condição ideal para o corpo humano. Estatisticamente, esta zona é confortável para 70% da população. Em termos representativos, a área refere-se ao corpo humano que com roupas leves e pouca atividade, não requer gastos de energia para permanecer confortável. Esta zona é limitada por valores de temperatura entre 21 e 26°C, e valores de umidade relativa entre 20% e 70%. Em Z_1 nenhuma estratégia precisa ser implementada. A zona de conforto permitida (Z_2), é uma zona de conforto maior, na qual uma pessoa pode-se adaptar com despesas mínimas e aceitáveis. Esta zona é confortável para 80% da população. As condições de temperatura e umidade também são aceitáveis para certos grupos, dependendo de sexo, metabolismo interno, tamanho e atividade desempenhada. É limitada por valores de temperatura entre 20 e 27 °C, umidade relativa entre valores 20% e 80%, e uma linha entre a interseção de temperatura de 24°C e 80% de umidade relativa e a interseção de temperatura de 27°C e 50% de umidade relativa (MANZANO-AGUGLIARO *et al.*, 2015).

Dentre estratégias passivas e ativas para atingir o conforto térmico do ambiente construído destacam-se:

- Aquecimento solar passivo
- Aquecimento solar ativo
- Umidificação
- Aquecimento convencional

- Proteção solar
- Resfriamento através de alta massa térmica
- Resfriamento evaporativo
- Resfriamento através de alta massa térmica com renovação noturna
- Resfriamento por ventilação natural e mecânica
- Ar condicionado

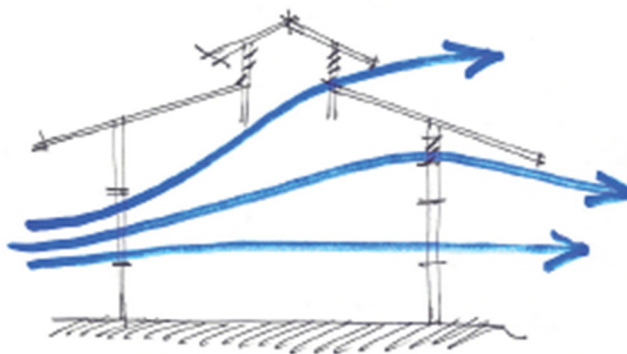
2.2.1. ESTRATÉGIAS PASSIVAS PARA O CONFORTO TÉRMICO

A Arquitetura Bioclimática faz uso de estratégias baseadas na utilização inteligente de elementos naturais e no *design* sensível, possibilitando assim a criação de ambientes internos que se adaptam às condições climáticas de forma eficaz, minimizando a necessidade de sistemas mecânicos de climatização, que em seu funcionamento, aumentam o consumo de energia elétrica da edificação.

Dentre as estratégias utilizadas para atender ao conforto térmico de edificações (VIGGIANO, 2019) apresenta:

A Ventilação Cruzada é uma das estratégias mais conhecidas para o conforto térmico. Ela envolve o planejamento cuidadoso da posição e orientação das aberturas nas edificações, permitindo que o ar fresco entre e circule naturalmente, dissipando o calor e proporcionando um ambiente mais agradável.

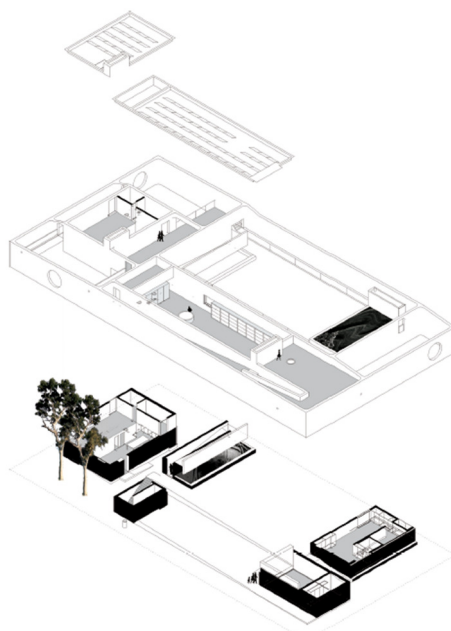
Figura 6. Linhas de ventilação Cruzada



Fonte: (VIGGIANO, 2019)

O Isolamento Térmico tem como premissa o projeto/criação de barreiras eficazes entre o interior e o exterior do ambiente construído, considerando as características termofísicas dos materiais aplicados na edificação, cujo objetivo seja reduzir a transferência de calor entre os meios interno/externo. Materiais isolantes como lã de vidro, poliestireno expandido e outros são utilizados para manter a temperatura interna mais estável e confortável, independentemente das variações climáticas externas.

Figura 7. Uso de placas para isolamento térmico



Fonte: (VIGGIANO, 2019)

O Uso de Materiais de Alta Inércia Térmica, como concreto e tijolo, pode ajudar a regular a temperatura interna, absorvendo calor durante o dia e liberando-o gradualmente durante a noite, quando as temperaturas diminuem.

Figura 8. Tipos construtivos considerando a inércia térmica

Construção em clima quente e úmido

As tradicionais habitações construídas em clima quente-úmido, trazem a característica de serem leves e bastante permeáveis aos ventos. Para esse clima, as diretrizes bioclimáticas de ventilação em abundância, telhados leves e construção permeável são adequadas.



Construção em clima quente e seco

As construções em clima quente-seco devem ser compactas e impermeáveis ao vento seco. As diretrizes válidas para esse clima são: paredes e telhados com alta inércia térmica, pequenas aberturas evitando os ventos secos, construção compacta.



Fonte: (VIGGIANO, 2019)

Elementos de Sombreamento que possibilitam a entrada de claridade no ambiente interno, diminuindo a incidência solar direta. Estruturalmente elementos de sombreamento avançam sobre tetos para gerar sombreamento horizontal, brise-soleil,

beirais e vegetação bem posicionada, podem bloquear a entrada direta de luz solar, evitando o superaquecimento dos espaços internos.

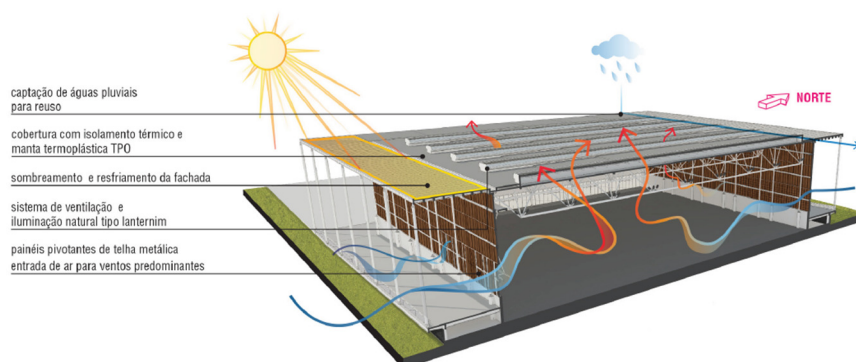
Figura 9. Elementos de sombreamento



Fonte: (VIGGIANO, 2019)

A Orientação Solar é um dos princípios básicos de design passivo. Posicionar as aberturas e áreas de maior exposição ao sol de acordo com a trajetória solar ao longo do dia e ao longo do ano permite aproveitar a luz natural e o calor solar quando necessário, enquanto minimiza o calor excessivo em momentos indesejados.

Figura 10. Orientação solar



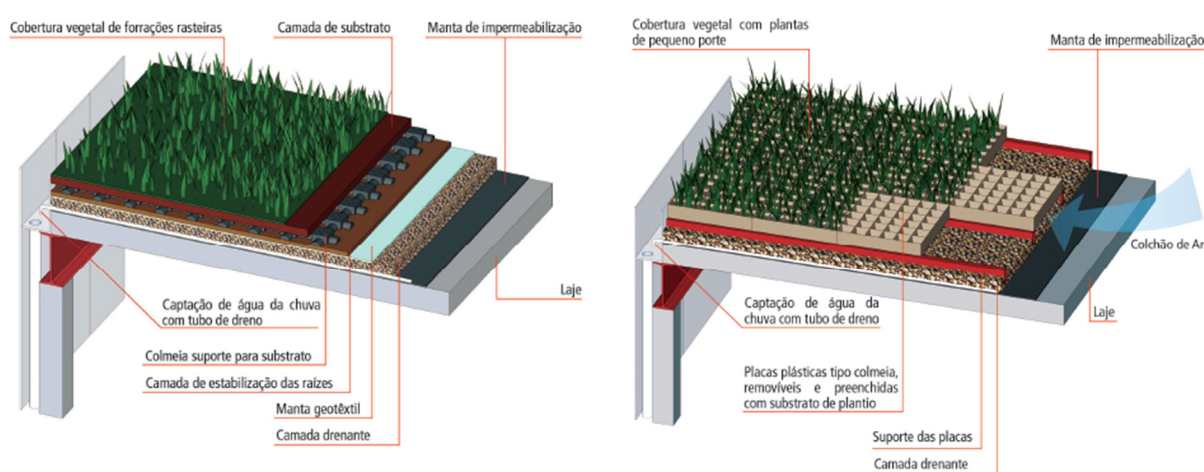
Fonte: (VIGGIANO, 2019)

A Massa Térmica é explorada através do uso de materiais que possuem a capacidade de absorver e armazenar calor, contribuindo para a estabilidade térmica

interna. Isso é especialmente útil em climas onde há grandes variações de temperatura ao longo do dia;

Telhados Verdes e Paredes Verdes não apenas adicionam um toque de natureza ao ambiente construído, mas também ajudam a regular a temperatura interna ao fornecer isolamento adicional e reduzir a absorção de calor pelas superfícies externas, sejam verticais (paredes, muros) ou horizontais (lajes, coberturas).

Figura 11. Telhados verdes



Esquema de montagem de um sistema de cobertura verde *in loco*.

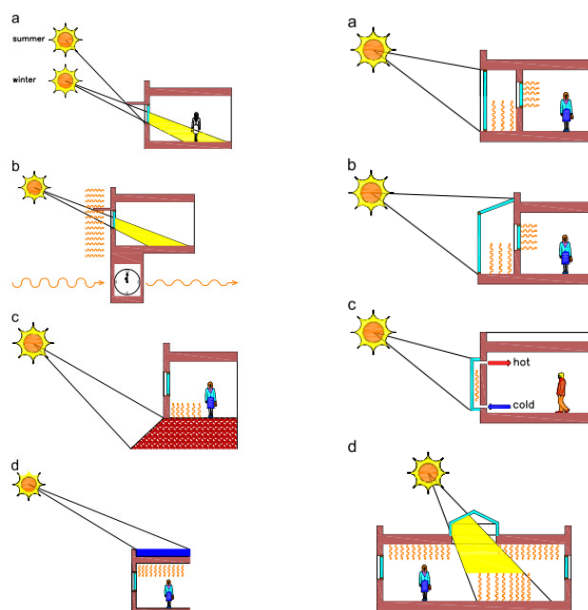
Esquema de montagem de um sistema de cobertura verde modular.

Fonte: (VIGGIANO, 2019)

Em suma, as estratégias passivas para obtenção de conforto térmico em edificações representam uma combinação entre conhecimento tradicional, *design* inteligente e a busca por sustentabilidade. Essas abordagens não apenas proporcionam ambientes internos agradáveis e eficientes energeticamente, mas também contribuem para a redução do consumo de energia, redução das emissões de carbono e para a preservação do meio ambiente.

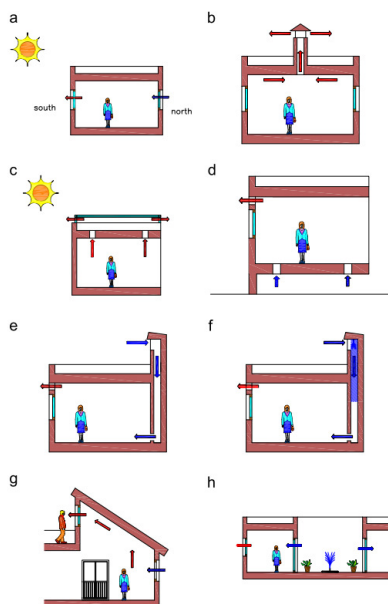
Nas Figuras 12 e 13, podemos observar algumas estratégias passivas para obtenção do conforto térmico, por aquecimento e resfriamento, respectivamente.

Figura 12. Conforto térmico através do controle de aquecimento passivo



Fonte: (MANZANO-AGUGLIARO *et al.*, 2015)

Figura 13. Conforto térmico através aquecimento e ventilação naturais



Fonte: (MANZANO-AGUGLIARO *et al.*, 2015)

À medida que a arquitetura continua evoluindo, a incorporação dessas estratégias no planejamento e construção de edifícios demonstra o potencial de alcançar harmonia entre o ser humano, a construção e o ambiente natural.

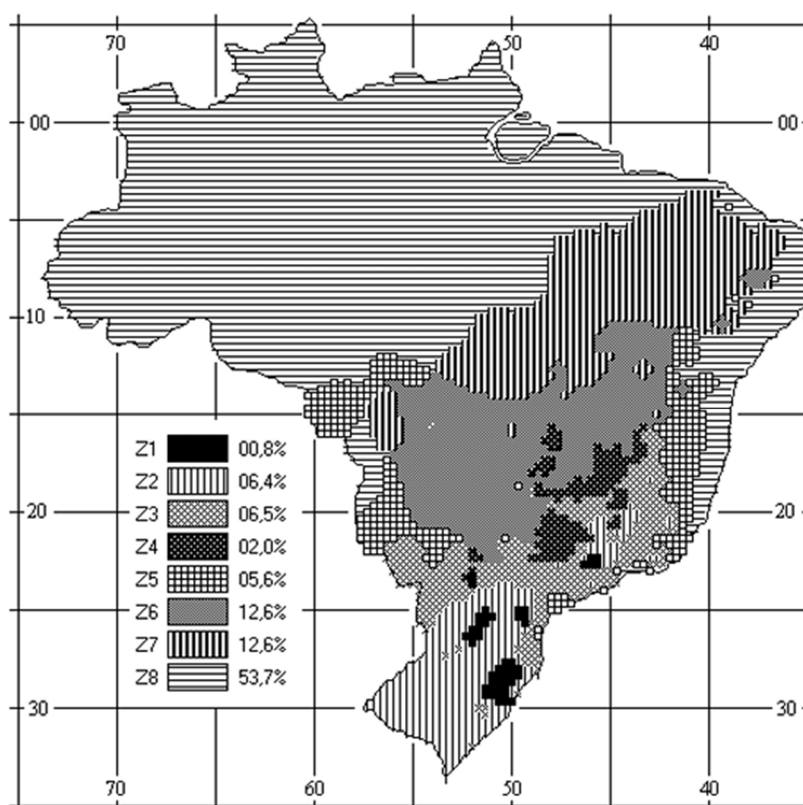
2.2.2. ZONEAMENTO BIOCLIMÁTICO

Somente na segunda metade do século XX é que a pesquisa científica sobre o clima passou a considerar a necessidade em definir zonas climáticas específicas para determinadas regiões, cujo objetivo foi dar base à criação de programas de eficiência energética.

Por definição, entende-se a Zona Climática como a região da superfície da Terra onde as variáveis climáticas têm pequenas variações, permitindo assim a padronização de recomendações para certos tipos de construções em toda a área dentro da zona climática (WALSH; CÓSTOLA; LABAKI, 2017).

Para fins de avaliação e aplicação das estratégias de conforto e desempenho térmico, o zoneamento bioclimático brasileiro está dividido em 8 zonas, que possuem características similares para fins de avaliação de arquitetura bioclimática, conforme podemos observar na Figura 14.

Figura 14. Zonas Bioclimáticas Brasileiras



Fonte: NBR15220-3, Zonas Bioclimáticas Brasileiras (2005)

Avaliando as características naturais das zonas bioclimáticas, é possível a implementação de medidas de controle passivo para o desempenho térmico das edificações, tomando como referência ventilação, trajetória do sol, sombreamento, definindo assim a incidência solar na envoltória de edificações.

Essa preocupação/diretrizes, tomadas no sentido de executar edificações de qualidade em direção à eficiência energética de edifícios, teve seus primeiros passos dados no Brasil em 2001 com a publicação da Lei 10.295 – Lei de Eficiência Energética, promulgada em 17 de outubro de 2001, pelo então presidente Fernando Henrique Cardoso, que estabeleceu os princípios básicos para a política nacional de conservação de energia.

Neste contexto, foram elaborados o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento de Edificações Residenciais (RTQ-R). Em linhas gerais, esses regulamentos têm como objetivo estabelecer diretrizes para o desempenho energético de edifícios, avaliando estratégias de projeto relacionadas às propriedades termofísicas das envoltórias, à ventilação e iluminação naturais, aos sistemas de sombreamento, ao desempenho de aquecimento de água e aos equipamentos, como mencionado por Souza, Soares e Alves (2018).

Com relação às construções de habitações de interesse social, que de fato tiveram um aumento em número no país nos últimos 15 anos, através das políticas habitacionais do PMCMV, avaliações em campo ressaltam falhas quanto à adequação das habitações aos climas locais.

Segundo (BAVARESCO *et al.*, 2021), os tipos construtivos que não se adequam à climatologia local, por não utilizarem adequadamente materiais construtivos e/ou estratégias bioclimáticas adequadas, possuiriam um baixo desempenho no que tange à eficiência energética da edificação e, por conseguinte, os usuários dessas UHs ficariam insatisfeitos.

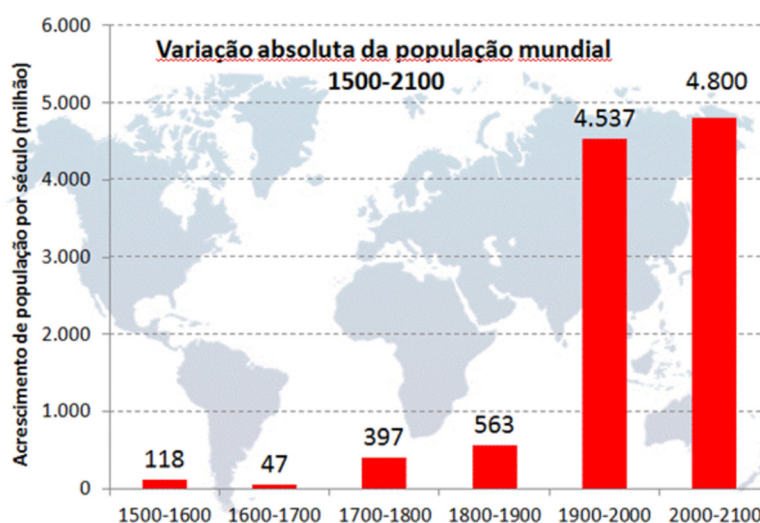
Para (BAVARESCO *et al.*, 2021), aspectos que impactam no desempenho energético das UHs, associados à zona bioclimática são:

- Área de abertura para iluminação e ventilação naturais - permitem aproveitar a iluminação e ventilação natural através do uso de esquadrias adequadas;
- Orientação Solar - para fins de definição de fachadas de ambientes de elevada permanência, submetidas a radiação solar provocando aquecimento de ambientes internos;
- Tipologia do imóvel - seja para habitações uni e multifamiliares, uma vez que diferem as características de interação das edificações com o solo, o ambiente, e a radiação solar. Supondo casas térreas (unifamiliares), diretamente em contato com solo e recuos laterais com circulação de ventilação, e edifícios (multifamiliares) com apartamentos em diversos níveis (térreo, intermediários, cobertura), com interações diferentes com o solo, ventilação e radiação solar de contorno;
- Cobertura - considerando as propriedades termofísicas dos materiais da cobertura (Capacidade térmica, absorvância solar, atraso térmico, transmitância solar e emissividade);
- Paredes - assim como a cobertura, as propriedades termofísicas determinam o desempenho energético deste elemento construtivo;
- Sombreamento - que além de contribuir com o aproveitamento da iluminação natural, também é uma alternativa passiva para várias zonas bioclimáticas, uma vez que contribui com a redução do ganho de calor, sem, no entanto, eliminar o aproveitamento da luz, e ventilação naturais.

2.3. O PBE EDIFICA E A INSTRUÇÃO NORMATIVA INMETRO (INI-R)

Desde a revolução industrial o homem dobrou a sua expectativa de vida, e dentre vários fatores, as condições de ocupação do solo e as habitações também contribuíram com essa melhoria, repercutindo no aumento da população mundial de que em 2 séculos sextuplicou, como pode ser observado no Gráfico 3.

Gráfico 3. Crescimento populacional mundial



Fonte: (ALVES, 2013)

O desenvolvimento técnico/científico/industrial gerou uma dependência de matéria-prima não renovável. Estes materiais industrializados ao final de sua vida útil transformam-se em resíduos que geralmente pouco se reaproveita.

Em contraste com nossos antepassados, uma grande parte dos materiais que empregamos hoje é artificial, resultante da transformação de matérias-primas naturais. O acúmulo desses materiais artificiais na biosfera, em especial materiais como cimento e derivados da fissão nuclear, levou recentemente cientistas a sugerir o reconhecimento de uma nova era geológica, chamada Antropoceno (WATERS et al., 2016). Nesta era, a humanidade se consolida como o principal protagonista dos impactos no planeta Terra.

Nada é mais evidente da influência humana no globo que a constituição das áreas urbanas, através do planejamento urbano das cidades, fazendo bom uso dos subsídios técnicos propostos pela arquitetura e urbanismo, engenharia e geografia.

No Brasil, na maioria das cidades, tem-se verificado que o crescimento urbano ocorre sem critérios e sem planejamento.

As edificações que compõem o ambiente construído das cidades frequentemente são submetidas a critérios econômicos que, infelizmente, resultam em baixo desempenho, gerando um aumento no custo global. Essa abordagem negligencia muitos aspectos, incluindo as vantagens de uma adequada orientação solar e ventilação natural. Essa prática tem tido impactos negativos nas condições de habitabilidade dos espaços, nas condições de saneamento das edificações e no consumo de energia nas áreas urbanas do Brasil.

As antigas arquiteturas passivas, muitas vezes referidas como vernaculares, costumavam levar em consideração fatores como localização geográfica, parâmetros urbanos, materiais de construção e integravam técnicas e práticas culturais de maneira mais eficaz do que as tecnologias dispendiosas usadas atualmente. Essas cidades passivas eram classificadas de acordo com as estratégias bioclimáticas predominantes que as caracterizavam, tais como:

- Cidades com edificações de envoltória na cor branca, onde a minimização da exposição ao sol era alcançada através do alto grau de albedo do solo e das coberturas, aproveitando as características de reflexão das pedras e solos locais, geralmente claros.
- Cidades verdes, caracterizadas pela ênfase na evapotranspiração de uma abundante vegetação e no aumento das áreas sombreadas.
- Cidades azuis, onde a regulação climática era alcançada pelo aumento da umidade das superfícies e do ar, o que reduzia a temperatura e proporcionava uma sensação de frescor (CARDOSO; MOSCARELLI; VIANNA, 2021).

Em 2012, por intermédio da Portaria nº 18, de janeiro de 2012, do Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, o Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) implanta a nova revisão do Regulamento Técnico da Qualidade Residencial, para fins de etiquetagem de edificações habitacionais em nível da eficiência energética, RTQ-R, que em 2022 seria substituída pela INI-R,

Instrução Normativa do Inmetro para Classificação de Eficiência de Edificações Residenciais.

Porém, a INI-R, voltada às edificações residenciais, continua passando por atualização, principalmente pelo fato da incorporação do procedimento de simulação computacional presente na NBR 15575-1:2021 (ABNT, 2021a) *apud* (ELI *et al.*, 2021)

Na nova proposta para avaliar a eficiência energética das edificações residenciais, o antigo RTQ-R agora é referido como Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R). Nessa INI-R, são considerados tanto o consumo de energia elétrica quanto o consumo de energia térmica da edificação, bem como o seu potencial de geração de energia renovável local. Esses consumos energéticos são convertidos em energia primária, fornecendo assim um parâmetro que possibilita a comparação entre diferentes edificações e a capacidade de agregar diferentes tipos de energia (PACHECO; FOSSATI, 2020).

Nessa nova publicação, foi introduzido um novo método de avaliação, baseado em uma lista de verificação de requisitos, que agora é denominado de método simplificado na INI-R (de acordo com Olinger *et al.*, 2019, citado por Campos, 2021).

A INI-R começa a avaliação apresentando as condições para a aplicação dos métodos simplificado e de simulação. O método simplificado é aplicável apenas a edificações que estejam dentro dos intervalos de parâmetros construtivos definidos na INI-R, conforme indicado na Tabela 5. Para os casos que estejam fora desses limites, a avaliação deve ser realizada por meio do método de simulação (INMETRO, 2022).

Tabela 5. Limites de aplicação do método simplificado

Parâmetro	Limites do método	
	Mínimo	Máximo
Absortância solar da cobertura (α_{cob})	0,20	0,90
Absortância solar das paredes externas (α_{par})	0,20	0,90
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito e esquerdo (AHF_D e AHF_E)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento da fachada (AVS_{FAC})	0°	55°
Ângulo vertical de obstrução do entorno (AVE)	0°	60°
Área de piso do ambiente de permanência prolongada	5 m ²	100 m ²
Área de piso do ambiente de permanência transitória	2 m ²	100 m ²
Área de superfície dos elementos transparentes	0 m ²	60 m ²
Capacidade térmica da cobertura (CT_{cob})	25 kJ/(m ² .K)	550 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica das paredes externas (CT_{par})	26 kJ/(m ² .K)	440 kJ/(m ² .K)
Capacidade térmica do piso (CT_{piso})	25 kJ/(m ² .K)	440 kJ/(m ² .K)
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	-45°	45°
Dimensão horizontal da parede externa (por orientação)	0 m	15 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com sala	0 m	65 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com dormitório	0 m	60 m
Dimensão horizontal da parede interna em contato com APT	0 m	50 m
Área efetiva de abertura para ventilação	0 m ²	60 m ²
Fator solar do elemento transparente (FS)	0,20	0,87
Pé-direito (PD)	2,40 m	7,50 m
Transmitância térmica da cobertura (U_{cob})	0,45 W/(m ² .K)	3,80 W/(m ² .K)
Transmitância térmica das paredes externas (U_{par})	0,24 W/(m ² .K)	4,40 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do piso (U_{piso})	0,70 W/(m ² .K)	4,10 W/(m ² .K)
Transmitância térmica do elemento transparente	2,50 W/(m ² .K)	5,87 W/(m ² .K)

Fonte:(INMETRO, 2022)

Na avaliação da envoltória de edificações pelo método simplificado deve ser aplicado o metamodelo para o modelo real, assim como para o modelo de referência com as características arquitetônicas do modelo real. O metamodelo é acessado através do site PBE Edifica (<http://pbeedifica.com.br/redes/residencial/>).

As informações e parâmetros para avaliação a serem inseridas no metamodelo, para fins de análise, consideram as características bioclimáticas da região, através da definição da localidade existente no banco de dados do sistema, Figura 15.

Os parâmetros gerais das áreas a serem analisadas, considerando somente as Áreas de Permanência Prolongada (APP), são as características termofísicas dos materiais que compõem a edificação, lajes de piso, cobertura e paredes, assim como as características arquitetônicas da edificação analisada.

Figura 15. IHM do metamodelo de aplicação da INI-R



Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023

Vale salientar que a avaliação das UHs é individual, mesmo que a UH seja multifamiliar, a INI-R e ,consequentemente seu metamodelo, não efetuam a avaliação de um grupo residencial, uma vez que em uma mesma edificação multifamiliar podem haver UHs com diferentes níveis de eficiência energética e de desempenho térmico, pois cada uma possui interação própria com o meio.

Figura 16. Visão geral do formulário para simulação Método Simplificado INI-R



Edificações Residenciais
Método simplificado - Envoltória
Edificações condicionadas artificialmente
e ventiladas naturalmente

[Voltar para a página inicial](#)

Parâmetros gerais da UH

Cidade ? Campo Grande Intl - MS ▼

[Não encontrou sua cidade?](#)

Área total dos APTs [m²] ? 3.15

Número de APPs ? 3

Parâmetros ou informações dos ambientes de permanência prolongada (APP)

	APP 0	APP 1	APP 2
Uso do ambiente ?	Sala ▼	Dormitório ▼	Dormitório ▼
Coeficiente de eficiência energética do sistema de AC para refrigeração [CEE _r] ?	6.2	7	7
Coeficiente de eficiência energética do sistema de AC para aquecimento [CEE _a] ?	4.82	5.22	5.22
Condição de exposição do piso ?	Entre pavimento ▼	Entre pavimento ▼	Entre pavimento ▼
Condição de exposição da cobertura ?	Entre pavimento ▼	Entre pavimento ▼	Entre pavimento ▼
Área de piso do APP [m ²] ?	20	8.52	7.87
Pé-direito [m] ?	2.7	2.7	2.7
Possui veneziana? ?	Não ▼	Sim ▼	Sim ▼
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro [°] ?	16.65	16.65	16.65
Área efetiva de abertura para ventilação ?	1	0.75	0.75
Transmitância térmica do elemento transparente [W/m ² K] ?	5.6	5.6	5.6
Fator solar do elemento transparente - FS ?	0.87	0.87	0.87
Transmitância térmica do piso [W/m ² K] ?	3.73	3.73	3.73

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023

Capacidade térmica do piso [kJ/(m. ² K)]	?	220	220	220
Absortância da parede externa	?	0.3	0.3	0.3
Transmitância térmica das paredes externas [W/m ² K]	?	4.4	4.4	4.4
Capacidade térmica das paredes externas [kJ/(m. ² K)]	?	240	240	240
Absortância da cobertura	?	0,2	0,2	0,2
Transmitância térmica da cobertura [W/m ² K]	?	3,73	3,73	3,73
Capacidade térmica da cobertura [kJ/(m. ² K)]	?	220	220	220
Dim. Horizontal de paredes em contato com APT [m]	?	1.82	1.73	1.73
Dim. Horizontal de paredes e portas em contato com o dormitório [m]	?	7.35	0	0
Dim. Horizontal de paredes e portas em contato com a sala [m]	?	0	4.04	2.91
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito - AHSd [°]: Norte	?	9.23	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada esquerdo - AHSe [°]: Norte	?	18.3	0	0
Ângulo vertical de obstrução do entorno AVE [°]: Norte	?	0	0	0
Ângulo vertical de sombreamento da fachada - AVSfac [°]: Norte	?	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa [m]: Norte	?	2.81	0	3.24
Dim. Horizontal Par. Interna [m]: Norte	?	0	3.24	0
Área de superfície dos elementos transparentes [m ²]: Norte	?	2	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito - AHSd [°]: Sul	?	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada esquerdo - AHSe [°]: Sul	?	90	90	0
Ângulo vertical de obstrução do entorno AVE [°]: Sul	?	68.17	68.17	0
Ângulo vertical de sombreamento da fachada - AVSfac [°]: Sul	?	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa [m]: Sul	?	1.02	3.24	0
Dim. Horizontal Par. Interna [m]: Sul	?	1.69	0	3.24
Área de superfície dos elementos transparentes [m ²]: Sul	?	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito - AHSd [°]: Leste	?	0	0	90
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada esquerdo - AHSe [°]: Leste	?	0	0	0

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023

Ângulo vertical de obstrução do entorno AVE [°]: Leste	?	0	0	49.32
Ângulo vertical de sombreamento da fachada - AVSfac [°]: Leste	?	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa [m]: Leste	?	0	0	0.83
Dim. Horizontal Par. Interna [m]: Leste	?	6.15	2.63	1.5
Área de superfície dos elementos transparentes [m²]: Leste	?	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada direito - AHSd [°]: Oeste	?	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento da fachada esquerdo - AHSe [°]: Oeste	?	0	0	0
Ângulo vertical de obstrução do entorno AVE [°]: Oeste	?	0	0	0
Ângulo vertical de sombreamento da fachada - AVSfac [°]: Oeste	?	0	0	0
Dim. Horizontal Par. Externa [m]: Oeste	?	0	2.63	2.43
Dim. Horizontal Par. Interna [m]: Oeste	?	6.15	0	0
Área de superfície dos elementos transparentes [m²]: Oeste	?	0	0.75	0.75
Porta Interna: Norte	?	Sim	Sim	Não
Porta Interna: Sul	?	Sim	Não	Sim
Porta Interna: Leste	?	Não	Não	Não
Porta Interna: Oeste	?	Não	Não	Não

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023

As características termofísicas do modelo real devem ser levantadas e aplicadas conforme requerido no metamodelo. Posteriormente, o modelo referência deve seguir a análise com as características termofísicas de referência, mantendo as características arquitetônicas, sombreamento e obstrução do caso real para fins de validação de resultados através da comparação entre os resultados do modelo real e do modelo de referência.

A classificação da eficiência energética da envoltória das edificações segue o procedimento de simulação computacional para avaliar o desempenho térmico, conforme descrito na subseção 11.4 da ABNT NBR 15575-1, e apresenta as seguintes equivalências:

Classe A: Representa um desempenho superior em relação aos critérios estabelecidos na ABNT NBR 15575-1. Essa classe avalia o modelo real quanto ao atendimento dos critérios do nível mínimo e considera o aumento do PHFTUH, bem

como a redução da carga térmica total (RedCgTTUH) do modelo real em comparação com o modelo de referência. Comparado ao nível intermediário, o atendimento à classe A se destaca pela obtenção de maiores reduções na carga térmica total (CgTTUH).

Classe B: Representa um desempenho intermediário em relação à ABNT NBR 15575-1. Essa classe avalia o modelo real quanto ao atendimento dos critérios do nível mínimo e considera o aumento do PHFTUH, bem como a redução da carga térmica total (CgTTUH) do modelo real em relação ao modelo de referência.

Classe C: Representa um desempenho mínimo em conformidade com a ABNT NBR 15575-1 e também inclui um critério adicional de carga térmica. Ela avalia o PHFTUH e a temperatura operativa anual máxima (TomáxUH) da Unidade Habitacional (UH) do modelo real em relação ao modelo de referência. Para edificações localizadas nas zonas bioclimáticas 1, 2, 3 ou 4, também é avaliada a temperatura operativa anual mínima (TomínUH). Além dos critérios da NBR 15575-1 para o nível mínimo de desempenho térmico, a classe C exige que a carga térmica total (CgTTUH) do modelo real seja igual ou menor do que a CgTTUH do modelo de referência.

Classe D: Representa um desempenho mínimo de acordo com a ABNT NBR 15575-1, considerando também um critério de carga térmica que permite que o modelo real obtenha uma carga térmica total (CgTTUH) superior ao modelo de referência, dentro de uma proporção preestabelecida.

Classe E: Representa um desempenho inferior ao mínimo estabelecido pela ABNT NBR 15575-1 e não atende ao critério de carga térmica total da classe D de eficiência energética (INMETRO, 2022).

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

Onde:

$\Delta PHFT$ é o incremento do $PHFT_{UH,real}$ em relação ao $PHFT_{UH,ref}$;

$PHFT_{UH,real}$ é o percentual de horas de ocupação da UH no modelo real dentro de uma faixa de temperatura operativa (%);

$PHFT_{UH,ref}$ é o percentual de horas de ocupação da UH no modelo de referência dentro de uma faixa de temperatura operativa (%)” (INMETRO, 2022).

Tabela 6. Classificação de eficiência energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$

Fonte: (INMETRO, 2022)

Considerando as temperaturas operativas Máxima e mínima, para a Zona Bioclimática ZB6, Campo Grande/MS, desconsidera-se a temperatura operativa mínima para fins de análise e comparação para classificação da edificação, de forma que temos:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + \Delta Tomáx$$

Onde:

$Tomáx_{UH,real}$ é a temperatura operativa anual máxima da UH no modelo real (°C);

$Tomáx_{UH,ref}$ é a temperatura operativa anual máxima da UH no modelo de referência (°C);

$\Delta Tomáx$ é o valor de tolerância da temperatura operativa anual máxima (°C).

“Deve-se considerar $\Delta Tomáx$ igual a 2 °C para UHs unifamiliares e para UHs em edificações multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura. Para UHs em edificações multifamiliares localizadas nos pavimentos térreo ou tipo, deve-se adotar $\Delta Tomáx$ igual a 1 °C. (INMETRO, 2022)

Ainda para a análise de envoltória, é necessário determinar a carga térmica total da UH em estudo, sendo que o critério de $CgTT_{UH}$ é considerado conforme Tabela 8.4, onde a $RedCgTT_{\min}$ representa o percentual mínimo de redução da $CgTT_{UH,real}$ em relação à $CgTT_{UH,ref}$.

Para o atendimento deste critério na classe D, o modelo real deve possuir $CgTT_{UH,real}$ superior à obtida para o modelo de referência ($CgTT_{UH,ref}$) em proporção limitada aos valores da Tabela 8.5.

O atendimento à classe C está condicionado à obtenção de $CgTT_{UH,real}$ inferior ou igual à $CgTT_{UH,ref}$, ou seja, a $RedCgTT$ deve ser maior ou igual a zero.

O atendimento às classes B e A requer a obtenção de redução percentual mínima da $CgTT_{UH,real}$ em relação à $CgTT_{UH,ref}$, conforme Tabela 8.6 e Tabela 8.7, respectivamente. O cálculo da $RedCgTT$ deve ser realizado conforme apresentado abaixo:

$$RedCgTT = ((CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real}) / CgTT_{UH,ref}) \cdot 100$$

Onde:

$RedCgTT$ é a redução da carga térmica total da UH no modelo real em relação ao modelo de referência (%);

$CgTT_{UH,real}$ é a carga térmica total da UH no modelo real (kWh/ano);

$CgTT_{UH,ref}$ é a carga térmica total da UH no modelo de referência (kWh/ano)” (INMETRO, 2022).

Tabela 7. Critério de classificação de eficiência energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$RedCgTT \geq RedCgTT_{mínA}$	$RedCgTT \geq RedCgTT_{mínB}$	$RedCgTT \geq 0\%$	$RedCgTT \geq RedCgTT_{mínD}$

Fonte: (INMETRO, 2022)

A classificação de eficiência energética do sistema de aquecimento de água é determinada com base no percentual de redução do consumo de energia primária necessário para atender à demanda de água quente da edificação. Esse percentual é calculado de acordo com o Anexo B.III, subitem B.III.1. O valor mínimo do percentual de redução ($RedCAA$) para cada faixa de classificação varia dependendo do tipo de sistema de aquecimento de água utilizado, seja com ou sem acumulação, conforme detalhado na Tabela 8.8. Se o valor de $RedCAA$ for negativo, o sistema de aquecimento de água é classificado como E (INMETRO, 2022).

Tabela 8. Classificação de eficiência energética da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$

Sistema	RedCAA (%)				
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classe E
Com acumulação	$RedCAA > 30$	$30 \geq RedCAA > 20$	$20 \geq RedCAA > 10$	$10 \geq RedCAA \geq 0$	$RedCAA < 0$
Sem acumulação	$RedCAA > 21$	$21 \geq RedCAA > 14$	$14 \geq RedCAA > 7$	$7 \geq RedCAA \geq 0$	$RedCAA < 0$

Fonte: (INMETRO, 2022)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a compreensão da pesquisa de campo desenvolvida, neste tópico é apresentada a edificação objeto da pesquisa, que partindo de uma observação macro do conjunto residencial, e sua interação ao meio geolocalizado, convergiu-se a um único bloco, definido como caso crítico, posteriormente submetido a análise de envoltória.

3.1. OBJETO DE ESTUDO

Abaixo são apresentados os dados do Conjunto Habitacional objeto do Estudo:

IDENTIFICAÇÃO: RESIDENCIAL JARDIM MATO GROSSO

PROPONENTE: Sistema Integrado de Economia Solidaria - CONSSOL.

TIPO EXECUTOR: Empresa Construtora de Engenharia.

EMPREENDIMENTO: Residencial Jardim Mato Grosso

ENDEREÇO: Avenida Ministro João Alberto, Quadra 14 – Jardim Mato Grosso.

CIDADE: Campo Grande/MS.

TIPO: Conjunto Multifamiliar Vertical

QUANTIDADE DE UHs: 160 Unidades Habitacionais/10 Blocos x 16UHs

ZONA BIOCLIMÁTICA: Z₆

ÁREA CONSTRUÍDA DO EMPREENDIMENTO: 7.598m²

ÁREA DAS UHs: 39,38m²

A localização do empreendimento está indicada na Figura 17 a seguir.

Figura 17. Localização do empreendimento



Fonte: Adaptado pelo autor, do Google Earth (2022).

A Edificação está localizada no quadrilátero compreendido entre os logradouros: Av. Ministro João Alberto (Face N), Rua Alto das Garças (Face L), Rua Pedro Gomes (Face S) e Rua Porto dos Gaúchos (Face O).

3.2. AVALIAÇÃO DE ENVOLTÓRIA

A fim de facilitar a compreensão e identificação dos Blocos do conjunto multifamiliar, estes foram numerados conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18. Vista da implantação do empreendimento



Fonte: Adaptado pelo autor, do projeto de implantação do empreendimento (2022).

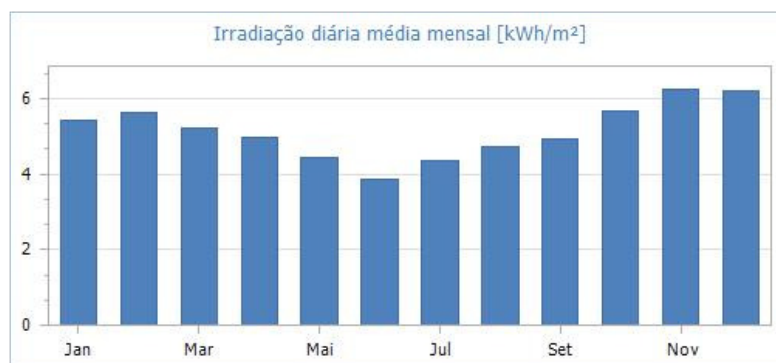
3.2.1. DETERMINAÇÃO DO CASO CRÍTICO PARA APLICAÇÃO INI-R, MÉTODO SIMPLIFICADO

Conceitualmente, ao aplicar os conhecimentos de da Arquitetura Bioclimática, será avaliado o contorno das edificações, criando um modelo através de softwares de AEC, com o objetivo de dar forma ao objeto de pesquisa e inserindo-o no espaço através do georreferenciamento da edificação.

Para fins de facilitação da compreensão das influências de envoltória nas edificações submetidas a avaliação, usou-se como referência, tomando como base a irradiação solar nas fachadas da edificação, aquelas que, nos períodos mais críticos de temperatura, apresentam uma energia superficial externa máxima, uma vez que a elevação de temperatura é a unidade física mais contribuinte ao conforto dos usuários.

O Gráfico 4 indica o comportamento da radiação solar na cidade de Campo Grande, região de implantação do objeto de estudo. Para essa verificação foi utilizado o banco de dados da *Meteonorm*, mediante uso do *software BIM Solarius da ACCA Software*.

Gráfico 4. Irradiação diária média mensal (kWh/m²).

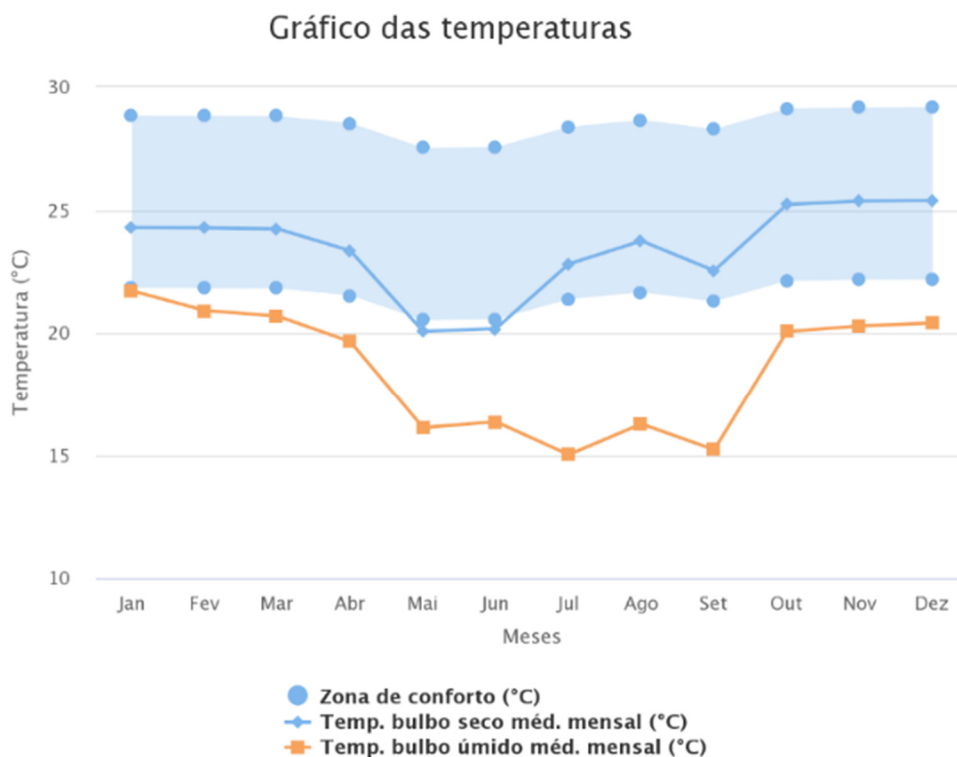


Fonte: Adaptado pelo autor, banco de dados Meteonorm (2022)

Como pode-se observar no Gráfico 4, os meses de outubro a março são os meses com maior irradiação solar, e por sua vez, de abril a setembro, são os meses que possuem uma irradiação solar amena.

Em nível de temperatura, o Gráfico 5, apresenta os níveis de temperatura da região.

Gráfico 5. Gráfico das Temperaturas



Fonte: Gráfico apresentado em www.mme.gov.br/projeteee (2022)

Neste gráfico estão representadas as temperaturas média, máxima e mínima. A zona de conforto para edificações naturalmente ventiladas também é exposta. A temperatura de bulbo úmido é a temperatura mais baixa que pode ser alcançada apenas pela evaporação da água. É a temperatura que se sente quando a pele está molhada e está exposta a movimentação de ar. Ao contrário da temperatura de bulbo seco, que é a temperatura indicada por um termômetro comum, a temperatura de bulbo úmido é uma indicação da quantidade de umidade no ar. Quanto menor a umidade relativa do ar, maior o resfriamento.

Gráfico 6. Gráfico da umidade relativa do ar.



Fonte: Gráfico apresentado em www.mme.gov.br/projeteee (2022)

Ao avaliar os gráficos acima, observamos que os meses de novembro a março são os meses mais críticos no que tange a elevação de temperatura. De tal modo os meses de **novembro** e **dezembro** serão os meses de análise para determinação do Caso Crítico.

A escolha desses casos será mediante a avaliação da irradiação solar nas fachadas dos blocos do conjunto multifamiliar.

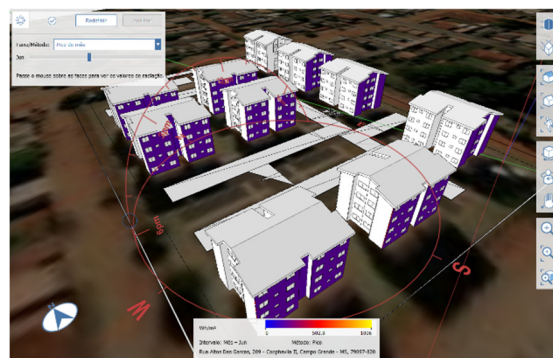
Consideraremos como *Caso Crítico*, o bloco que recebe o maior índice de irradiação solar em suas fachadas

A avaliação da irradiação solar nas fachadas dos blocos foi executada com o auxílio do *Software Forvit*, da Autodesk, conforme ilustrado na Figura 19.

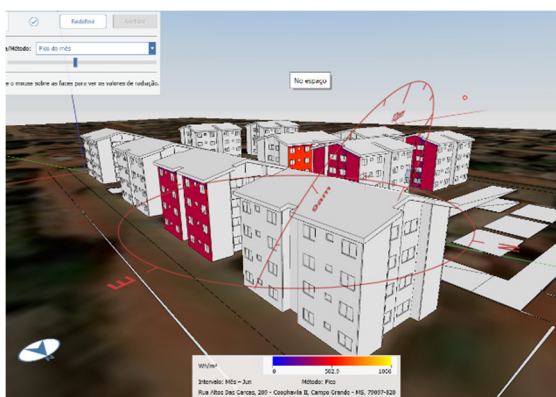
Figura 19. Análise de irradiação Solar, Software Formit da Autodesk®



Fachadas Face Norte



Fachadas Face Sul



Fachadas Face Leste



Fachadas Face Oeste

Fonte: Adaptado pelo autor (2022)

Uma vez definido o Bloco com características de Caso Crítico, este foi submetido a análise de envoltória pelo metamodelo da INI-R, o que indicou qual o nível de classificação das envoltórias dessas unidades residenciais.

3.2.2. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Após o tratamento das informações: (1) Aplicação da INI-R, pelo método simplificado, será efetuada uma discussão desses resultados, a fim de suscitar verificações no que tange à regulamentação brasileira da qualidade aplicadas a Habitações de Interesse Social.

4. LEVANTAMENTOS DE CAMPO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DO CONJUNTO RESIDENCIAL DE HIS

IDENTIFICAÇÃO: RESIDENCIAL JARDIM MATO GROSSO

Proponente: Sistema Integrado de Economia Solidaria - Conssol.

Construtora: VBC Engenharia Ltda.

Empreendimento: Residencial Jardim Mato Grosso

Endereço: Avenida Ministro João Alberto, Quadra 14 – Jardim Mato Grosso.

Cidade: Campo Grande (MS)

Conjunto Habitacional constituído de 10 (dez) Blocos, de 4 (quatro) pavimentos por bloco e 4 (quatro) apartamentos por pavimento.

Cada bloco é constituído de 16 (dezesesseis) apartamentos.

O Conjunto habitacional totaliza 160 (cento e sessenta) apartamentos, doravante denominados UHs.

A Tabela 9 apresenta as características estruturais dos elementos arquitetônicos do empreendimento.

Tabela 9. Características construtivas da edificação

Elemento Construtivo	Característica do Elemento construtivo
Piso	Lajes (concreto maciço 10cm, telas soldadas tipo M196 ϕ 5,0mm #10x20cm, M138 ϕ 4,2mm #10x20cm, M246 ϕ 5,6mm #10x20cm e M396 ϕ 7,1mm #10x20cm).
Parede	Paredes em Concreto (NBR 16.055): paredes e lajes em concreto estrutural armada, fôrma metálica de liga de alumínio e concreto autoadensável.
Cobertura entre pavimentos	Lajes (concreto maciço 10cm, telas soldadas tipo M196 ϕ 5,0mm #10x20cm, M138 ϕ 4,2mm #10x20cm, M246 ϕ 5,6mm #10x20cm e M396 ϕ 7,1mm #10x20cm).
Cobertura exposta ao sol e vento	Lajes (concreto maciço 10cm, telas soldadas tipo M196 ϕ 5,0mm #10x20cm, M138 ϕ 4,2mm #10x20cm, M246 ϕ 5,6mm #10x20cm e M396 ϕ 7,1mm #10x20cm).

Fonte: Dados fornecidos pela empresa construtora do empreendimento

4.2. MODELAGEM DAS EDIFICAÇÕES

A modelagem da edificação foi elaborada com o software Revit Autodesk, usando como referência arquivos em arquivo digital PDF, fornecidos pela empresa executora da obra do residencial.

Além das informações contidas em pranchas em PDF, foram efetuadas medições de dimensões para fins de consolidação das informações contidas em prancha, que confirmaram a execução física conforme projetado.

A seguir são apresentadas as características técnicas da arquitetura do residencial.

Figura 20. Modelo Digital do Residencial Mato Grosso. Blocos, Orientação Norte



Fonte: Reprodução da arquitetura em Revit Autodesk (elaborado pelo autor)

Figura 21. Vista Geral do Pavimento Tipo do Residencial Mato Grosso

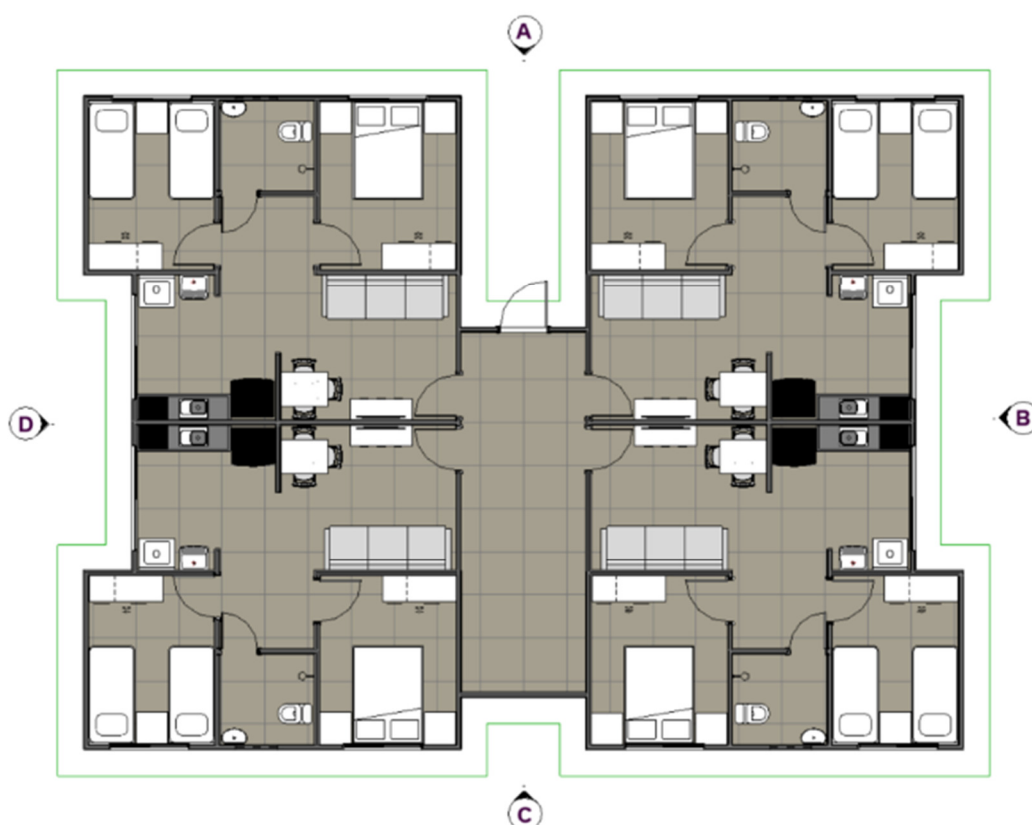


Fonte: Reprodução da arquitetura em Revit Autodesk (elaborado pelo autor)

de trânsito interno que direciona o fluxo veicular interno de veículos de moradores, visitantes e/ou pessoal autorizada para a execução de serviços no residencial.

As Figuras 25 e 26 indicam as vistas das fachadas dos Blocos e suas denominações, o que será importante para o estudo de insolações.

Figura 24. Planta de Vistas de Fachadas do Residencial Mato Grosso



Fonte: Reprodução da arquitetura em Revit Autodesk (elaborado pelo autor)

Figura 25. Vista de Fachadas A e B do Bloco Tipo, Residencial Mato Grosso



Fonte: Reprodução da arquitetura em Revit Autodesk (elaborado pelo autor)

Figura 26. Vista de Fachadas C e D do Bloco Tipo, Residencial Mato Grosso



Fonte: Reprodução da arquitetura em Revit Autodesk (elaborado pelo autor)

4.3. COLETA DE DADOS DE SIMULAÇÕES PARA CASO CRÍTICO

Para que seja possível efetuar simulações da incidência de irradiação solar nas fachadas das edificações, cujo objetivo é a partir de tais simulações verificar quais são as UHs que apresentam maior ocorrência de referido evento, foi necessário georreferenciar o modelo da edificação.

Considerando que o mercado da AEC apresenta comercialmente softwares com IHM mais amistosa e de fácil operação, com resultados oriundos de bases consagradas de dados climáticos, assim como, ferramentas computacionais que trabalham com a interoperabilidade BIM, fizemos uso do software Formit da Autodesk para georreferenciar o modelo gerado no Revit, e sobre esta massa modelada, executar as simulações de análise solar e irradiação nas superfícies projetadas/modeladas.

Vale salientar que o Formit usa dados climáticos do *Climate Consultant*, que é uma ferramenta baseada em dados climáticos da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers*) e do CIBSE (*Chartered Institution of Building Services Engineers*). Esses dados climáticos são utilizados para fornecer informações sobre análise solar, como a disponibilidade de luz solar em diferentes períodos do dia e do ano, permitindo que os projetistas avaliem o desempenho ambiental de seus projetos arquitetônicos.

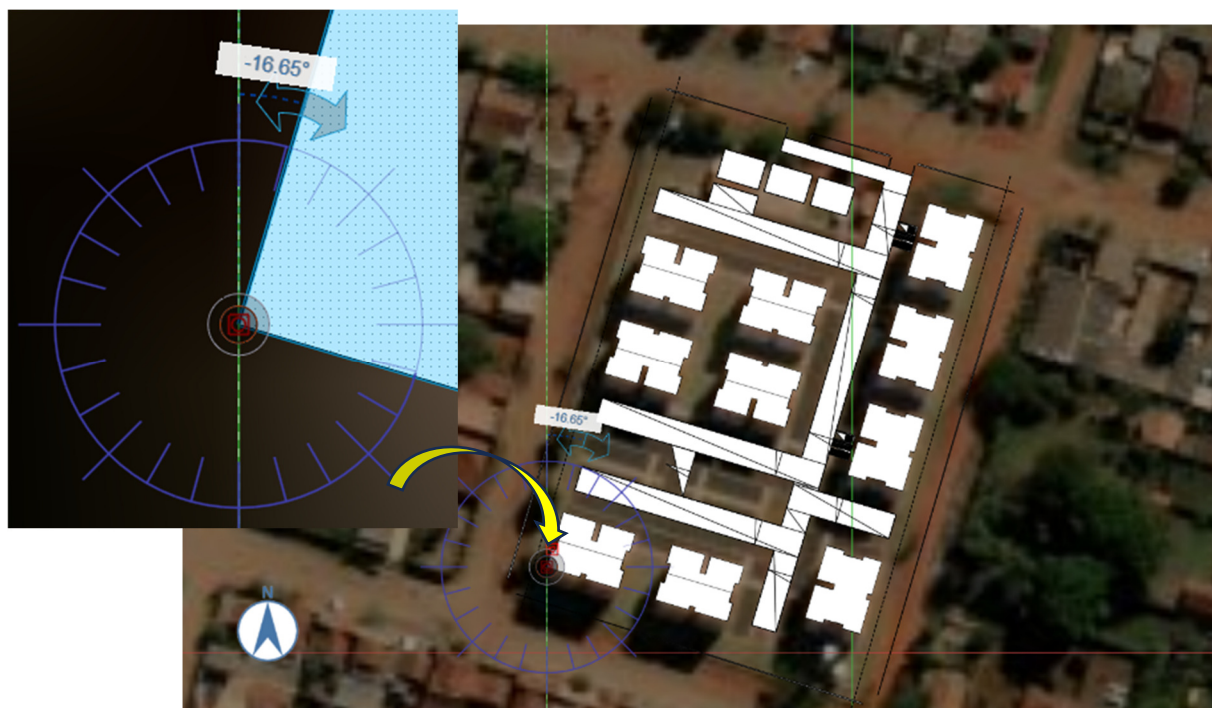
4.3.1. GEORREFERENCIAMENTO E CASO CRÍTICO (Wh/m^2)

O georreferenciamento do modelo reproduzido do Residencial Mato Grosso, através de interoperabilidade BIM, foi incluído e georreferenciado no ambiente de operação e análise do *Software Formit*, resultando na geolocalização em UTM (743271, 7728028), como sendo o ponto de referência (Marco) o ângulo formado no vértice das fachadas C^D do Bloco 10.

Geometricamente foi verificado que a implantação do Residencial Mato Grosso possui um deslocamento angular, tomando como referência o vértice C^D, $16,65^\circ$ Leste do norte magnético.

Este deslocamento angular é essencial para aplicação do metamodelo da INI-R, a fim de efetuar a avaliação pelo método simplificado da eficiência energética da envoltória, no que tange ao desempenho térmico da edificação.

Figura 27. Marco UTM(743271, 7728028), deslocamento angular .



Fonte: Reprodução da arquitetura em Formit Autodesk (elaborado pelo autor)

Para avaliar a irradiação solar nas edificações, foi tomado como referência o ano de 2022, e coletado pico máximo de irradiação nas fachadas externas A, B, C e D, a 1m do nível do piso em cada pavimento.

O Software BIM Formit considera em sua rotina de simulação, a interferência de elementos de obstrução do entorno, sejam blocos adjacentes ou a própria geometria do bloco em análise que porventura gere sombreamento nas fachadas estudadas.

Conforme orientação da NBR 15575-1:2021, desconsiderou-se as temperaturas mínimas, consequentemente também foram desconsideradas as fachadas com incidência de irradiação solar mínimas. Destarte, considerou-se como caso crítico apenas os casos de maior incidência de irradiação solar em fachadas em decorrência da orientação indicada na Tabela 10.

Tabela 10. Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
M	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 3\text{ }^{\circ}\text{C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
I	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 5\text{ }^{\circ}\text{C})$	
S	$T_{i,min.} \geq (T_{e,min.} + 7\text{ }^{\circ}\text{C})$	
$T_{i,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius. $T_{e,min.}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.		

Fonte: Reprodução da tabela E.2, Emenda 1 (30.03.2021) (ABNT, 2021)

Analisando a tabela 10, a NBR 15575-1:2021, corrobora com a diretriz de desconsiderar a temperatura mínima de inverno, consequentemente a irradiação solar mínima a que a UH venha a ser submetida.

Usando ferramentas de detecção de máximos em planilhas de *excel*, pôde-se determinar quais foram os maiores *picos de irradiação solar* ocorridos ao longo dos meses e em cada uma das fachadas.

Para fins de definir um rol de elementos do evento analisado, foi tomado como referência as simulações/determinações pontos máximos de irradiação solar (wh/m^2).

Tabela 11. Irradiação Máxima Verificada (Wh/m^2), meses de 2022

Sentido	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Norte						591						
Leste	638											
Sul	330											
Oeste			624									

Fonte: Dados fornecidos por simulação - Formit Autodesk (elaborado pelo autor)

A analisar a implantação do Residencial Mato Grosso (Figura 18), de fato, podemos verificar que, os Blocos que recebem a irradiação solar direta, sem obstruções de entorno são os Blocos 5 e 10, sendo que destes, o Bloco 10 foi excluído como caso crítico, uma vez que uma das fachadas que recebe irradiação solar direta é a Fachada C, Sul, assim como obstrução de sombreamento de entorno pelo lado da fachada B, portanto foi excluída em razão do sentido Sul ser aquele que menos contribui com irradiação solar na Envoltória e Leste pela obstrução de entorno.

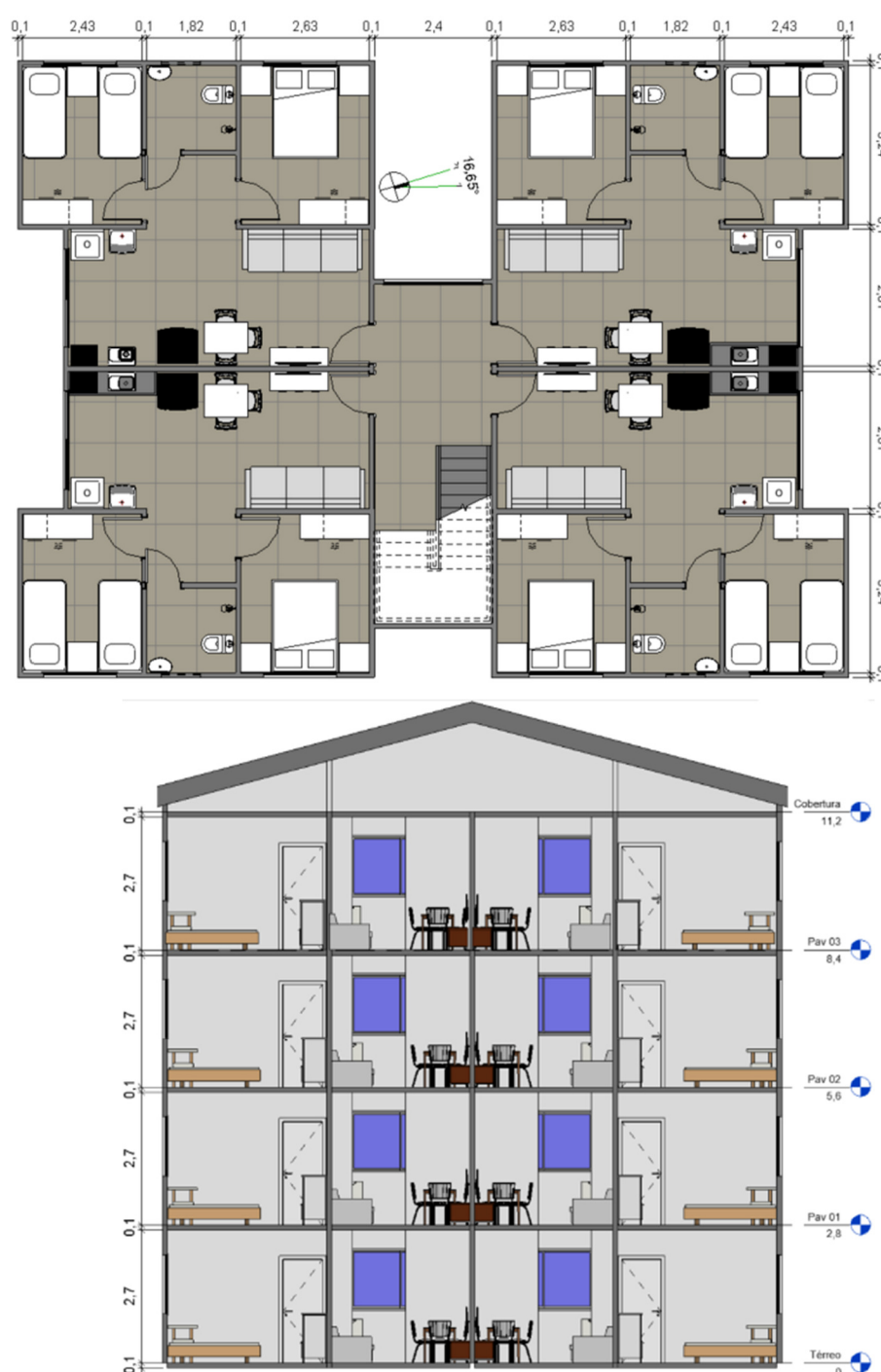
Os dados das medições de Blocos ao longo de 2022, coletados de simulação no *Software BIM Formit*, foram tabelados e estão apresentados no Anexo 1.

Caso Crítico definido como sendo Bloco 5, de tal forma todas as UHs foram submetidas à análise de envoltória pelo método simplificado da IN-R.

5. ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA PELO MÉTODO SIMPLIFICADO DA INI-R

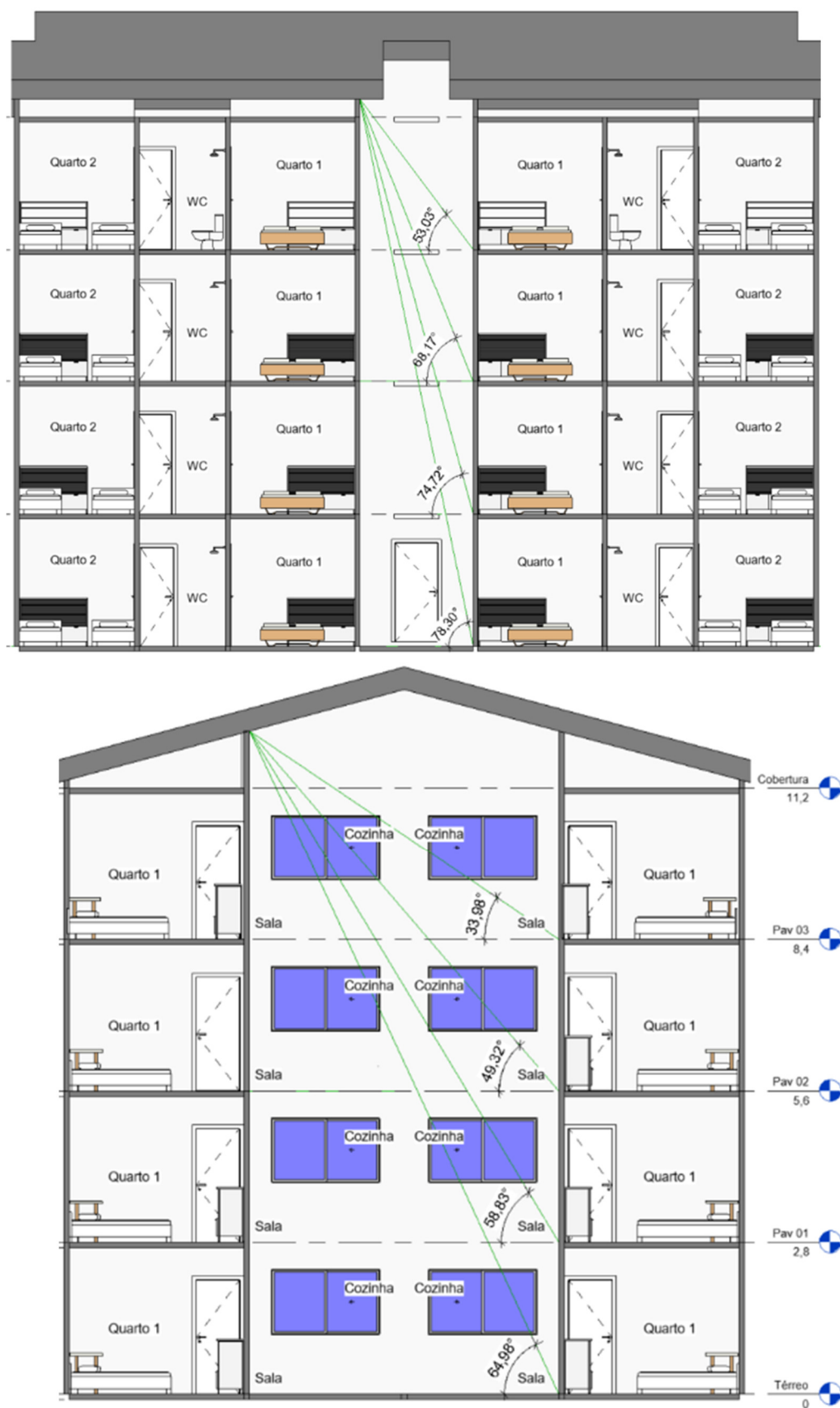
Tomou-se como primeiro passo, para executar a avaliação pelo Método Simplificado da INI-R, o levantamento dos parâmetros arquitetônicos das UHs, uma vez que são estes parâmetros que possibilitarão a validação para atender aos limites prescritos no método de avaliação, conforme consta na Tabela 5.

Figura 28. Medidas pavimento tipo e níveis, Bloco 5 do Residencial Mato Grosso



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Figura 30: Ângulos Verticais de Obstrução do Entorno (AVE)



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

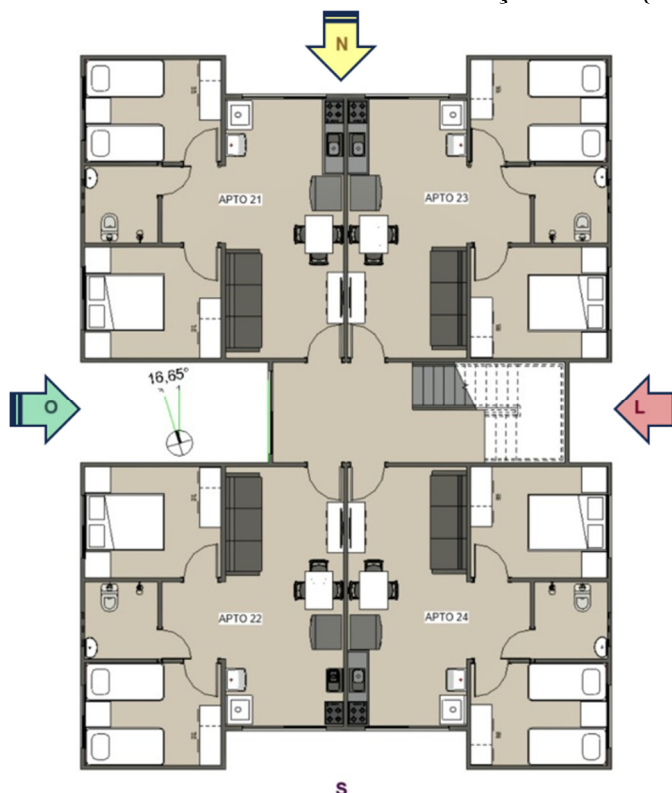
Figura 31: Ângulos Verticais de Obstrução do Entorno (AVE) para edificação próxima



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Para aplicar a INI-R em duas UHs do Bloco 5, reportou-se ao estudo de incidência de irradiação solar (Wh/m^2), a fim de verificar quais são as fachadas, e consequentemente, as UHs se encontram no rol de máxima irradiação. A Tabela 12 indicou os sentidos Norte Leste e Oeste, fachadas B, C e A, respectivamente.

Figura 32. Fachadas de Máxima irradiação Solar (Wh/m^2)



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Ao combinar as informações de irradiação solar, assim como as fachadas do Bloco e UHs constantes nas Figuras 31 e 32, dessa forma definiram-se as UHs para casos críticos como sendo as do Bloco 5, que foram submetidas a Análise de Envoltória pelo método Simplificado da INI-R através do metamodelo do PBE Edifica.´

Do levantamento arquitetônico obtém-se:

- Área do Ambiente de permanência Transitória APT: 13,15m²
- Ambientes de Permanência Prolongada APPs: 03 (Sala, Dormitório 1 e Dormitório 2)
- Sala e Cozinha são área conjugadas, ambas compõem a área do APP Sala.
- Pé-direito: 2,70m e, áreas APPs Sala: 20m², Dormitório1: 8,52m² e Dormitório 2: 7,87m². Os dormitórios possuem Venezianas.

5.1. PARÂMETROS ARQUITETÔNICOS DE APPs DO BLOCO 05, PARA APLICAÇÃO DA INI-R (MÉTODO SIMPLIFICADO)

A partir do projeto arquitetônico levantado e modelado usando o Software BIM Revit, foram definidos os parâmetros arquitetônicos para todos os apartamentos do Bloco 05, considerando as APPs Sala, Dormitório 1 e Dormitório 2. Tais informações resultaram nas tabelas xxxxx,xxxxx,xxxxx,,xxxxx a seguir.

5.1.1. Bloco 05, APPs Apartamentos 01/11/21/31

a. Area de Permanência Prolongada **Sala** (APP Sala).

Com a arquitetura do apartamento tipo, os parâmetros definidos para o apartamento 01 (pavimento térreo) também equivalem aos parâmetros para os apartamentos 11/21/31 (primeiro, segundo pavimentos e cobertura),

Estes dados coletados estão indicados na Tabela xx para todos os apartamentos, conforme supracitado.

Figura 33. Ambiente de Permanência Prolongada APP: Sala



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

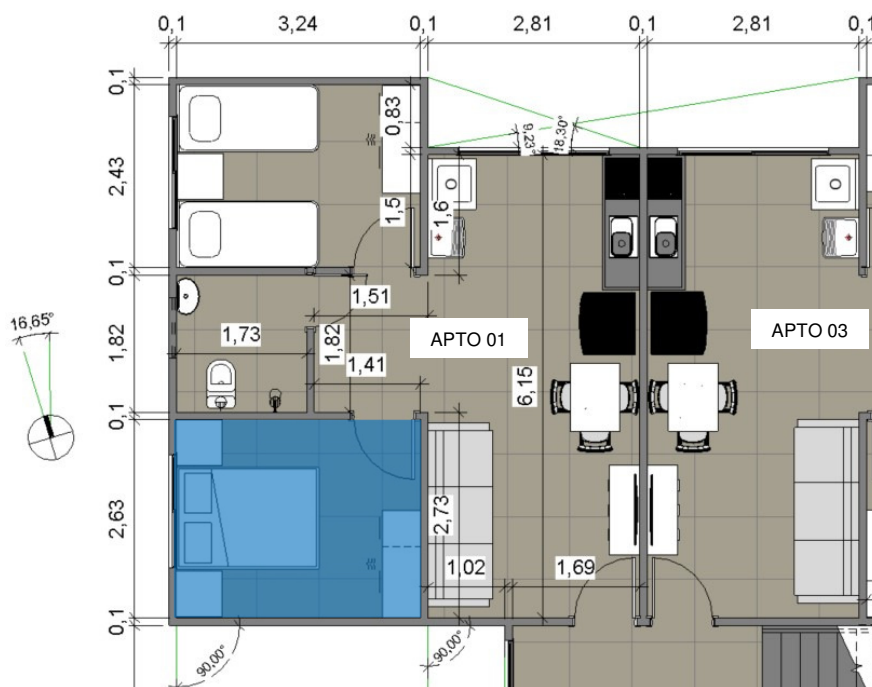
Tabela 14. Parâmetros arquitetônicos, Apts 01/11/21/31, APP: Sala, Bloco 5

Parâmetro	Ap01 - Sala	Ap11 - Sala	Ap21 - Sala	Ap31 - Sala
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1.82	1.82	1.82	1.82
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	7.35	7.35	7.35	7.35
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala*	6.15	6.15	6.15	6.15
Dimensão horizontal de parede externa norte	2.81	2.81	2.81	2.81
Dimensão horizontal de parede interna norte	1.51	1.51	1.51	1.51
Dimensão horizontal de parede externa sul	1.02	1.02	1.02	1.02
Dimensão horizontal de parede interna sul	3.2	3.2	3.2	3.2
Dimensão horizontal de parede externa leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna leste	6.15	6.15	6.15	6.15
Dimensão horizontal de parede externa oeste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna oeste	6.15	6.15	6.15	6.15
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16.65°	16.65°	16.65°	16.65°
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSD [°]: Norte	9.23°	9.23°	9.23°	9.23°
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	18.30°	18.30°	18.30°	18.30°
Ângulo de Obstrução do Entorno - AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento - AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSD [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	90°	90°	90°	90°
Ângulo de Obstrução do Entorno - AVE [°]: Sul	78.30°	74.72°	68.17°	53.03°
Ângulo Vertical de Sombreamento - AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSD [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno - AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento - AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSD [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno - AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento - AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

b. Area de Permanência Prolongada **Dormitório 1** (APP Dormitório 1).

Figura 34. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 1



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

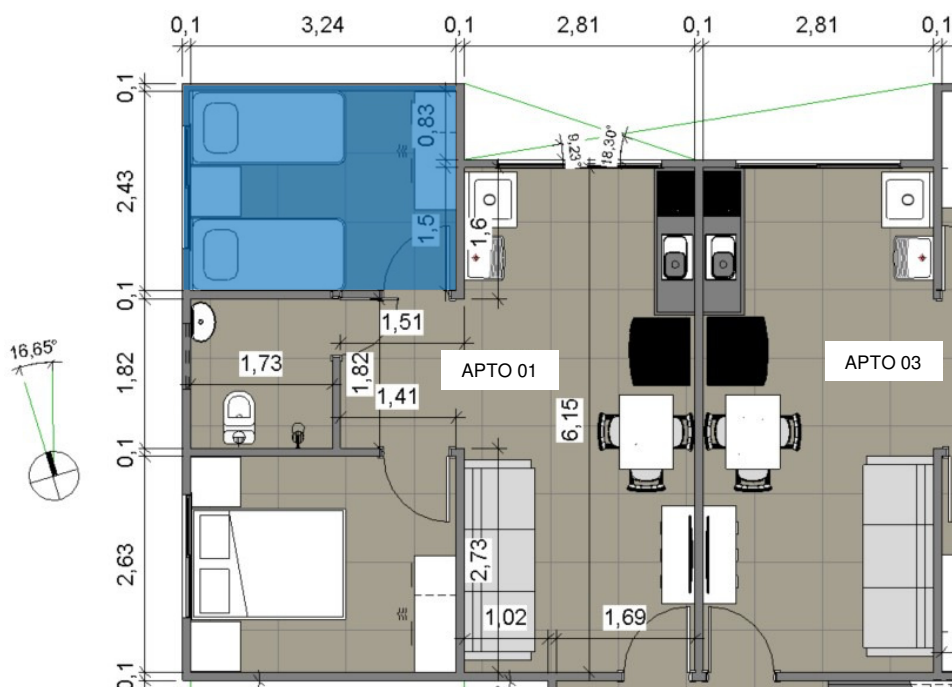
Tabela 15. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 01/11/21/31, APP: Dorm. 1, Bloco 5

Parâmetro	Apto 01 Dormi. 1	Apto 11 Dorm. 1	Apto 21 Dorm. 1	Apto 31 Dorm. 1
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1,73	1,73	1,73	1,73
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	0	0	0
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala	4,04	4,04	4,04	4,04
Dimensão horizontal de parede externa norte	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna norte	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede externa sul	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede interna sul	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna leste	2,63	2,63	2,63	2,63
Dimensão horizontal de parede externa oeste	2,63	2,63	2,63	2,63
Dimensão horizontal de parede interna oeste	0	0	0	0
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16,65°	16,65°	16,65°	16,65°
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno - AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento - AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	90°	90°	90°	90°
Ângulo de Obstrução do Entorno - AVE [°]: Sul	78,30°	74,72°	68,17°	53,03°
Ângulo Vertical de Sombreamento - AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno - AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento - AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno - AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento - AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

C. Area de Permanência Prolongada Dormitório 2 (APP Dormitório 2)

Figura 35. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 2



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Tabela 16. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 01/11/21/31, APP Dormitório 2, Bloco 5

Parâmetro	Apto 01 Dormi. 2	Apto 11 Dorm. 2	Apto 21 Dorm. 2	Apto 31 Dorm. 2
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1,73	1,73	1,73	1,73
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	0	0	0
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala	2,91	2,91	2,91	2,91
Dimensão horizontal de parede externa norte	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede interna norte	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa sul	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna sul	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede externa leste	0,83	0,83	0,83	0,83
Dimensão horizontal de parede interna leste	1,5	1,5	1,5	1,5
Dimensão horizontal de parede externa oeste	2,43	2,43	2,43	2,43
Dimensão horizontal de parede interna oeste	0	0	0	0
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16,65°	16,65°	16,65°	16,65°
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	90°	90°	90°	90°
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	64,98°	58,83°	49,32°	33,98°
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

5.1.2. Bloco 05, APPs Apartamentos 02/12/22/32

a. Area de Permanência Prolongada **Sala** (APP Sala).

Com a arquitetura do apartamento tipo, os parâmetros definidos para o apartamento 02 (pavimento térreo) também equivalem aos parâmetros para os apartamentos 12/22/32 (primeiro, segundo pavimentos e cobertura),

Estes dados coletados estão indicados na Tabela 41 para todos os apartamentos, conforme supracitado.

A. Area de Permanência Prolongada **Sala** (APP Sala)

Figura 36. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Sala



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Tabela 17. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 02/12/22/32 APP: Sala, Bloco 5

Parâmetro	Ap02 - Sala	Ap12 - Sala	Ap22 - Sala	Ap32 - Sala
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1.82	1.82	1.82	1.82
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	7.35	7.35	7.35	7.35
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala*	6.15	6.15	6.15	6.15
Dimensão horizontal de parede externa norte	1.02	1.02	1.02	1.02
Dimensão horizontal de parede interna norte	3.2	3.2	3.2	3.2
Dimensão horizontal de parede externa sul	2.81	2.81	2.81	2.81
Dimensão horizontal de parede interna sul	1.51	1.51	1.51	1.51
Dimensão horizontal de parede externa leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna leste	6.15	6.15	6.15	6.15
Dimensão horizontal de parede externa oeste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna oeste	6.15	6.15	6.15	6.15
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16.65º	16.65º	16.65º	16.65º
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	90º	90º	90º	90º
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0º	0º	0º	0º
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	78.30º	74.72º	68.17º	53.03º
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0

Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	18.30º	18.30º	18.30º	18.30º
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	9.23º	9.23º	9.23º	9.23º
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

B. Area de Permanência Prolongada Dormitório 1 (APP Dormitório 1)

Figura 37. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 1



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Tabela 18. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 02/12/22/32, APP: Dorm. 1, Bloco 5

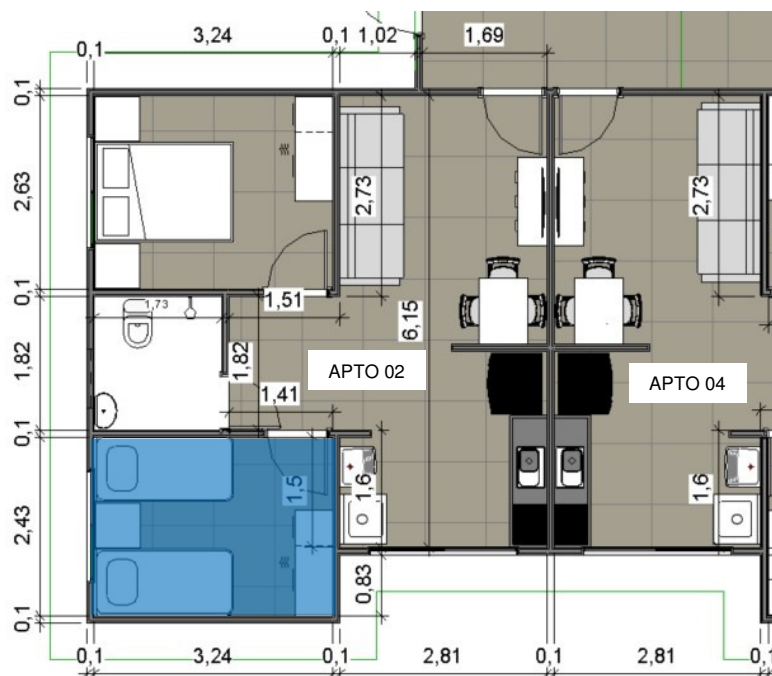
Parâmetro	Apto 02 Dormi. 1	Apto 12 Dorm. 1	Apto 22 Dorm. 1	Apto 32 Dorm. 1
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1,73	1,73	1,73	1,73
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	0	0	0
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala	4,04	4,04	4,04	4,04
Dimensão horizontal de parede externa norte	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede interna norte	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa sul	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna sul	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede externa leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna leste	2,63	2,63	2,63	2,63
Dimensão horizontal de parede externa oeste	2,63	2,63	2,63	2,63
Dimensão horizontal de parede interna oeste	0	0	0	0
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16,65º	16,65º	16,65º	16,65º
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	90º	90º	90º	90º
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	78.3º	74,72	68,17º	53,03º

Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

C. Area de Permanência Prolongada Dormitório 2 (APP Dormitório 2)

Figura 38. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 2



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Tabela 19. Parâmetros arquitetônicos, Apto 02/12/22/32, APP: Dormitório 2, Bloco 5

Parâmetro	Apto 02 Dormi. 2	Apto 12 Dorm. 2	Apto 22 Dorm. 2	Apto 32 Dorm. 2
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1,73	1,73	1,73	1,73
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	0	0	0
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala	2,91	2,91	2,91	2,91
Dimensão horizontal de parede externa norte	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna norte	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede externa sul	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede interna sul	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa leste	0,83	0,83	0,83	0,83
Dimensão horizontal de parede interna leste	1,5	1,5	1,5	1,5
Dimensão horizontal de parede externa oeste	2,43	2,43	2,43	2,43
Dimensão horizontal de parede interna oeste	0	0	0	0
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16,65°	16,65°	16,65°	16,65°
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0

Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	90º	90º	90º	90º
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	64,98º	58,83º	58,83º	58,83º
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

5.1.3. Bloco 05, APPs Apartamentos 03/13/23/33

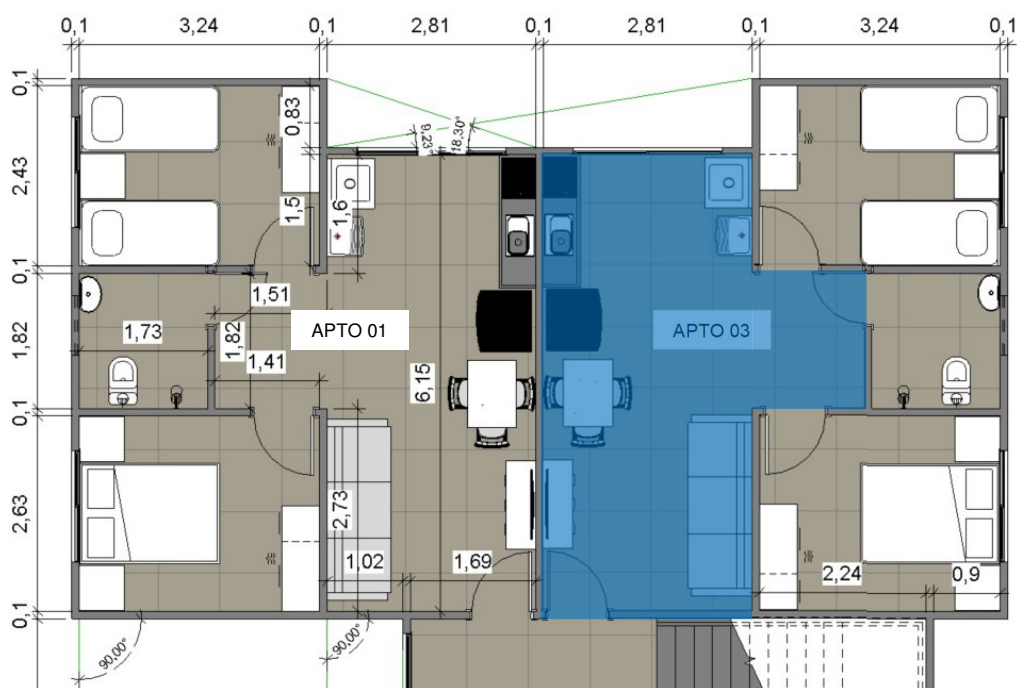
a. Area de Permanência Prolongada **Sala** (APP Sala).

Com a arquitetura do apartamento tipo, os parâmetros definidos para o apartamento 02 (pavimento térreo) também equivalem aos parâmetros para os apartamentos 12/22/32 (primeiro, segundo pavimentos e cobertura),

Estes dados coletados estão indicados na Tabela xx para todos os apartamentos, conforme supracitado.

A. Area de Permanência Prolongada **Sala** (APP Sala)

Figura 39. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Sala



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

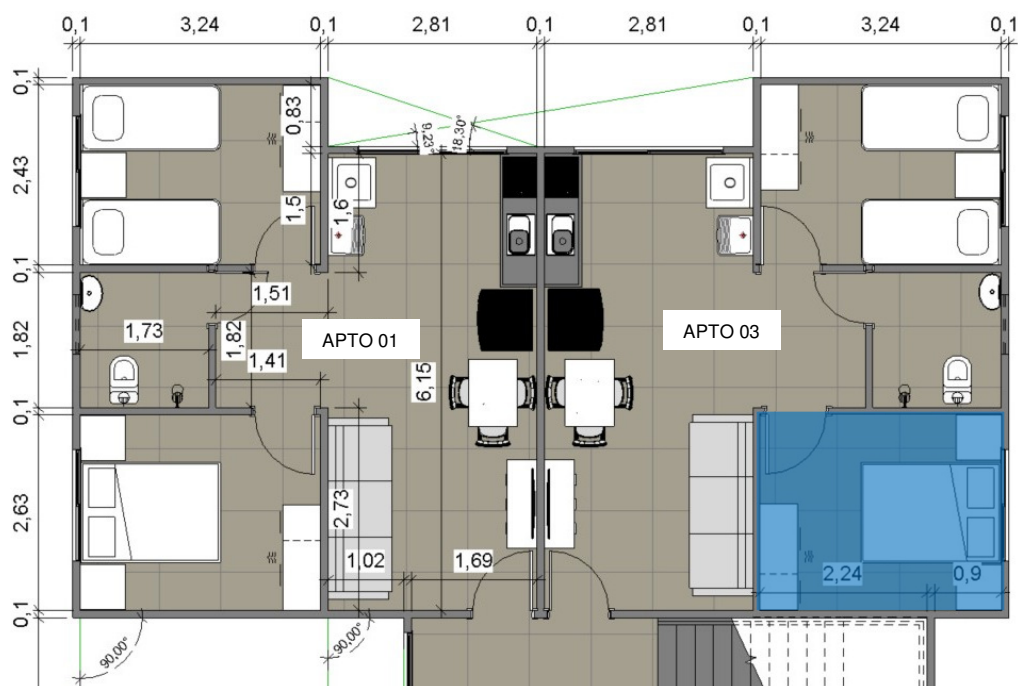
Tabela 20. Parâmetros arquitetônicos, Apts 03/13/23/33, APP: Sala, Bloco 5

Parâmetro	Ap03 - Sala	Ap13 - Sala	Ap23 - Sala	Ap33 - Sala
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1.82	1.82	1.82	1.82
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	7.35	7.35	7.35	7.35
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala*	6,15	6,15	6,15	6,15
Dimensão horizontal de parede externa norte	2.81	2.81	2.81	2.81
Dimensão horizontal de parede interna norte	1.51	1.51	1.51	1.51
Dimensão horizontal de parede externa sul	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna sul	4.32	4.32	4.32	4.32
Dimensão horizontal de parede externa leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna leste	6.15	6.15	6.15	6.15
Dimensão horizontal de parede externa oeste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna oeste	6.15	6.15	6.15	6.15
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16.65°	16.65°	16.65°	16.65°
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	18.30°	18.30°	18.30°	18.30°
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	9.23°	9.23°	9.23°	9.23°
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

B. Area de Permanência Prolongada Dormitório 1 (APP Dormitório 1)

Figura 40. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 1



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

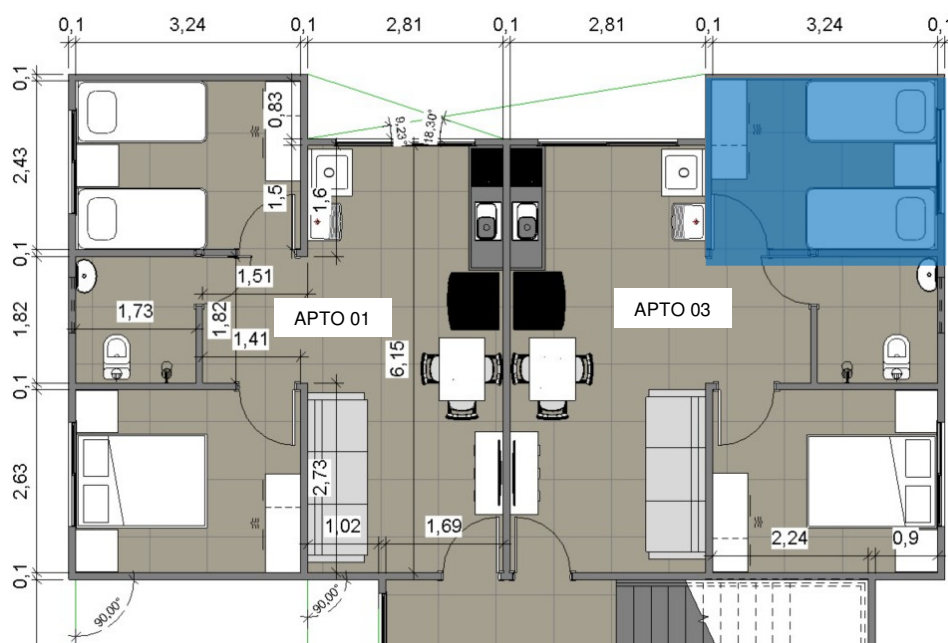
Tabela 21. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 03/13/23/33, APP: Dorm. 1, Bloco 5

Parâmetro	Apto 03 Dormi. 1	Apto 13 Dormi. 1	Apto 23 Dormi. 1	Apto 33 Dormi. 1
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1,73	1,73	1,73	1,73
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	0	0	0
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala	4,04	4,04	4,04	4,04
Dimensão horizontal de parede externa norte	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna norte	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede externa sul	0,9	0,9	0,9	0,9
Dimensão horizontal de parede interna sul	2,24	2,24	2,24	2,24
Dimensão horizontal de parede externa leste	2,63	2,63	2,63	2,63
Dimensão horizontal de parede interna leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa oeste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna oeste	2,63	2,63	2,63	2,63
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16,65º	16,65º	16,65º	16,65º
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	90º	90º	90º	90º
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	78,30º	74,72º	68,17º	53,03º
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

C. Area de Permanência Prolongada Dormitório 2 (APP Dormitório 2)

Figura 41. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 2



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Tabela 22. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 03/13/23/33, APP: Dormitório 2, Bloco

5

Parâmetro	Apto 03 Dormi. 2	Apto 13 Dorm. 2	Apto 23 Dorm. 2	Apto 33 Dorm. 2
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1,73	1,73	1,73	1,73
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	0	0	0
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala	2,91	2,91	2,91	2,91
Dimensão horizontal de parede externa norte	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede interna norte	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa sul	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna sul	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede externa leste	2,43	2,43	2,43	2,43
Dimensão horizontal de parede interna leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa oeste	0,83	0,83	0,83	0,83
Dimensão horizontal de parede interna oeste	1,5	1,5	1,5	1,5
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16,65º	16,65º	16,65º	16,65º
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	90º	90º	90º	90º
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	64,98º	58,83º	49,32º	33,98º
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

5.1.4. Bloco 05, APPs Apartamentos 04/14/24/34a. Área de Permanência Prolongada **Sala** (APP Sala).

Com a arquitetura do apartamento tipo, os parâmetros definidos para o apartamento 02 (pavimento térreo) também equivalem aos parâmetros para os apartamentos 12/22/32 (primeiro, segundo pavimentos e cobertura),

Estes dados coletados estão indicados na Tabela xx para todos os apartamentos, conforme supracitado.

Figura 42. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Sala



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

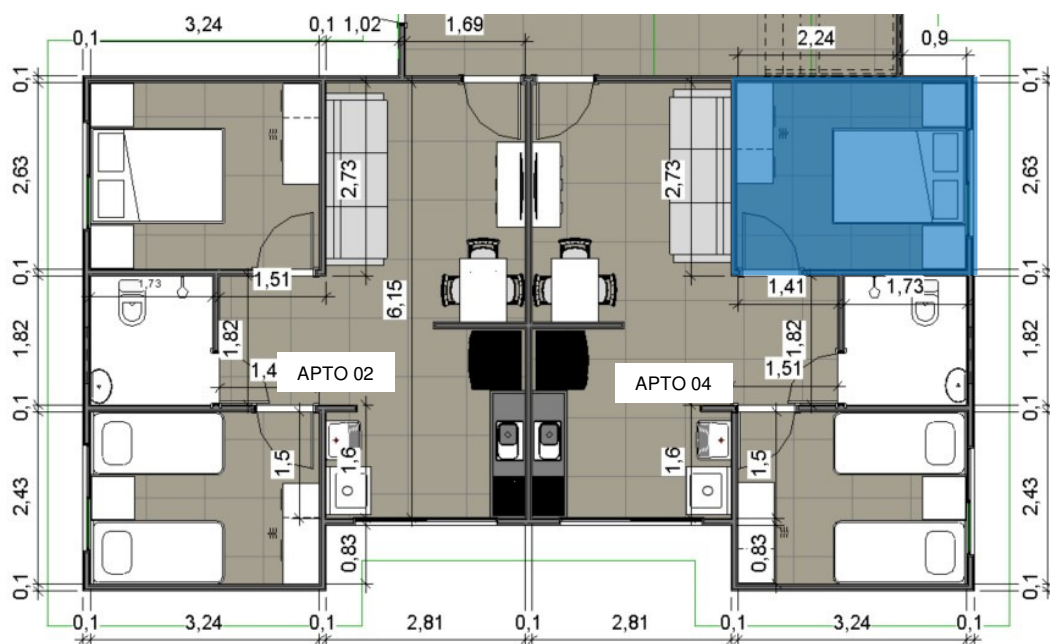
Tabela 23. Parâmetros arquitetônicos, Apts 04/14/24/34, APP: Sala, Bloco 5

Parâmetro	Ap04 Sala	Ap14 Sala	Ap24 Sala	Ap34 Sala
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1.82	1.82	1.82	1.82
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	7.35	7.35	7.35	7.35
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala*	6.15	6.15	6.15	6.15
Dimensão horizontal de parede externa norte	2.81	2.81	2.81	2.81
Dimensão horizontal de parede interna norte	1.51	1.51	1.51	1.51
Dimensão horizontal de parede externa sul	2.81	2.81	2.81	2.81
Dimensão horizontal de parede interna sul	1.51	1.51	1.51	1.51
Dimensão horizontal de parede externa leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna leste	6.15	6.15	6.15	6.15
Dimensão horizontal de parede externa oeste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna oeste	6.15	6.15	6.15	6.15
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16.65°	16.65°	16.65°	16.65°
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	9.23°	9.23°	9.23°	9.23°
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	18.30°	18.30°	18.30°	18.30°
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

B. Area de Permanência Prolongada Dormitório 1 (APP Dormitório 1)

Figura 43. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 1



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

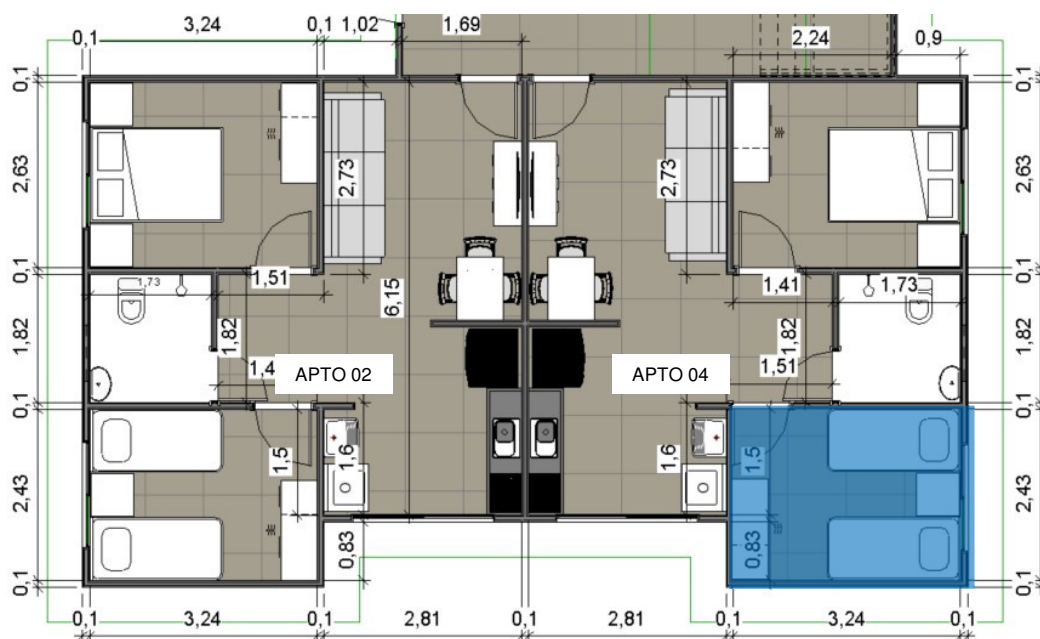
Tabela 24. Parâmetros arquitetônicos, Aptos 04/14/24/34, APP: Dorm. 1, Bloco 5

Parâmetro	Apto 04 Dormi. 1	Apto 14 Dorm. 1	Apto 24 Dorm. 1	Apto 34 Dorm. 1
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1,73	1,73	1,73	1,73
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	0	0	0
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala	4,04	4,04	4,04	4,04
Dimensão horizontal de parede externa norte	0,9	0,9	0,9	0,9
Dimensão horizontal de parede interna norte	2,24	2,24	2,24	2,24
Dimensão horizontal de parede externa sul	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna sul	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede externa leste	2,63	2,63	2,63	2,63
Dimensão horizontal de parede interna leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa oeste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna oeste	2,63	2,63	2,63	2,63
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16,65°	16,65°	16,65°	16,65°
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	90°	90°	90°	90°
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	78,3°	74,72°	68,17°	53,03°
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

C. Area de Permanência Prolongada Dormitório 2 (APP Dormitório 2)

Figura 44. Ambiente de Permanência Prolongada, APP: Dormitório 2



Fonte: Reprodução da arquitetura em *Revit Autodesk* (elaborado pelo autor)

Tabela 25. Parâmetros arquitetônicos, Apto 04/14/24/34, APP: Dormitório 2, Bloco 5

Parâmetro	Apto 04 Dormi. 2	Apto 14 Dormi. 2	Apto 24 Dormi. 2	Apto 34 Dormi. 2
Dim. horizontal de paredes em contato com APT	1,73	1,73	1,73	1,73
Dimensão horizontal de paredes em contato com o dormitório	0	0	0	0
Dimensão horizontal de paredes em contato com a sala	2,91	2,91	2,91	2,91
Dimensão horizontal de parede externa norte	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede interna norte	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede externa sul	3,24	3,24	3,24	3,24
Dimensão horizontal de parede interna sul	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa leste	2,43	2,43	2,43	2,43
Dimensão horizontal de parede interna leste	0	0	0	0
Dimensão horizontal de parede externa oeste	0,83	0,83	0,83	0,83
Dimensão horizontal de parede interna oeste	1,5	1,5	1,5	1,5
Ângulo de desvio da parede norte em relação ao norte verdadeiro	16,65º	16,65º	16,65º	16,65º
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Norte	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Sul	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Leste	90º	90º	90º	90º
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Leste	0	0	0	0
Ângulo horizontal de sombreamento direito - AHSd [°]: Oeste	90º	90º	90º	90º
Ângulo horizontal de sombreamento esquerdo - AHSe [°]: Oeste	0	0	0	0
Ângulo de Obstrução do Entorno – AVE [°]: Oeste	64,98º	58,83º	49,32º	33,98º
Ângulo Vertical de Sombreamento – AVS [°]: Oeste	0	0	0	0

Fonte: Adaptado pelo autor da INI-R, Portaria 309 de 2022.

Para efetuar a análise de envoltória pelo método simplificado, é necessário efetuar as simulações para o Modelo real e para o Modelo de referência, mantidas as características arquitetônicas das UHs.

Na tabela 24 estão apresentadas as propriedades termofísicas dos elementos que compõe a edificação.

Tabela 24. Propriedades termofísicas para o Modelo Real e de Referência

	Modelo Real			Modelo Referência		
	Sala	Dorm1	Dorm2	Sala	Dorm1	Dorm2
<i>Coefficiente de eficiência energética do sistema de AC para refrigeração [CEE_r]^(a)</i>	6.2	7	7	Igual Mod Real	Igual Mod Real	Igual Mod Real
<i>coeficiente de eficiência energética do sistema de AC para aquecimento [CEE_a]^(b)</i>	4.82	5.22	5.22	Igual Mod Real	Igual Mod Real	Igual Mod Real
<i>Área efetiva de abertura para ventilação</i>	1	0.75	0.75	Igual Mod Real	Igual Mod Real	Igual Mod Real
<i>Transmitância térmica do elemento transparente [W/m²K]</i>	5,6	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7
<i>Fator solar do elemento transparente - FS</i>	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
<i>Transmitância térmica do piso [W/m²K]</i>	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
<i>Capacidade térmica do piso [kJ/(m.²K)]</i>	220	220	220	220	220	220
<i>Absortância da parede externa</i>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
<i>Transmitância térmica das paredes externas [W/m²K]</i>	4.4	4.4	4.4	2.21	2.21	2.21
<i>Capacidade térmica das paredes externas [kJ/(m.²K)]</i>	240	240	240	155	155	155
<i>Absortância da cobertura</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Transmitância térmica da cobertura [W/m²K]^(c)</i>	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73	3.73
<i>Capacidade térmica da cobertura [kJ/(m.²K)]^(d)</i>	220	220	220	220	220	220
<i>Transmitância térmica da cobertura [W/m²K]^(e)</i>	2.12	2.12	2.12	1.64	1.64	1.64
<i>Capacidade térmica da cobertura [kJ/(m.²K)]^(f)</i>	238	238	238	185	185	185

(a) CEE_r obtido do Manual INI-R (ELETROBRAS/PROCEL.; 2022); (b) CEE_a obtido do Manual INI-R (ELETROBRAS/PROCEL.; 2022); (c) Propriedade termofísica de material para cobertura entre pavimentos; (d) Propriedade termofísica de material para cobertura entre pavimentos; (e) Propriedade termofísica de material para cobertura exposta a sol e vento; (f) Propriedade termofísica de material para cobertura exposta a sol e vento

Fonte: Adaptado pelo autor da RAC, Portaria 50 de 2013 e NBR 15575-1:2021.

5.2. RESULTADOS E VALIDAÇÃO DA ANÁLISE DE ENVOLTÓRIA

Após a avaliação do metamodelo para a obtenção de resultados para o modelo real e modelo de referência foram obtidos os resultados a seguir.

5.2.1. BLOCO 05, APARTAMENTO 01

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 25. Resultados da simulação Método Simplificado, Apto 01

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	72.07	PHFT (%):	73.10
PHsFT (%):	26.82	PHsFT (%):	26.57
PHiFT (%):	1.11	PHiFT (%):	0.34
CgTR (kWh/ano):	2041.45	CgTR (kWh/ano):	1952.40
CgTA (kWh/ano):	16.33	CgTA (kWh/ano):	3.57
Tomax (°C):	30.70	Tomax (°C):	31.45
Tomin (°C):	17.64	Tomin (°C):	18.13
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	322.18	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	307.24
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	3.13	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	0.70

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

Tabela 26. Classificação de eficiência energéticas da envoltória quanto ao $PHFT_{UH}$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$

Fonte: (INI-R, Portaria 309 de 2022)

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 72,07 - 73,1$$

$$\Delta PHFT = -1,03$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 65,79$$



Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

Tabela 27. $\Delta PHFT_{min}$ e $RedCgTT_{minB}$, atendimento à classe B de Efi. Energética

Critério		Tipologia			
		Unifamiliar	Multifamiliar		
		-	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$PHFT_{UH,ref} (\%)$	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \text{ (kWh/(ano.m}^2\text{))}$	$\Delta PHFT_{min} (\%)$			
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	Obtido a partir do ábaco ou equações da Figura 8.1			
$PHFT_{UH,ref} \geq 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$PHFT_{UH,ref} (\%)$	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \text{ (kWh/(ano.m}^2\text{))}$	$RedCgTT_{minB} (\%)$			
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$PHFT_{UH,ref} \geq 70\%$	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} < 100$	17	15	22	15
	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \geq 100$	27	20	25	20

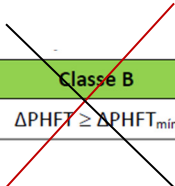
Fonte: (INI-R, Portaria 309 de 2022)

$$PHFT_{UH,ref} = 73,10\%, \text{ logo,}$$

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = -1,03$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$



Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe B não atendido.

Tabela 28. $\Delta PHFT_{\min}$ e $RedCgTT_{\min A}$, atendimento à classe A de Efi. Energética

Critério		Tipologia			
		Unifamiliar	Multifamiliar		
		-	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$PHFT_{UH,ref} (\%)$	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \text{ (kWh/(ano.m}^2\text{))}$	$\Delta PHFT_{\min} (\%)$			
$PHFT_{UH,ref} < 70\%$	Todos os valores	Obtido a partir do ábaco ou equações da Figura 8.1			
$PHFT_{UH,ref} \geq 70\%$	Todos os valores	0	0	0	0
$PHFT_{UH,ref} (\%)$	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \text{ (kWh/(ano.m}^2\text{))}$	$RedCgTT_{\min A} (\%)$			
Todos os valores	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} < 100$	35	30	45	30
	$CgTT_{UH,ref} / A_{p,UH} \geq 100$	55	40	50	40

Fonte: (INI-R, Portaria 309 de 2022)

$$PHFT_{UH,ref} = 73,10\%, \text{ logo,}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 0$$

$$\Delta PHFT = -1,03$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A não atendido.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 25, temos que $Tomáx_{UH, real} = 30,70^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 31,45^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH, real} \leq 31,45 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH, real} \leq 32,45^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Tabela 29. Classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $CgTT_{UH}$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$	$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$	$RedCgTT \geq 0\%$	$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$

Fonte: (INI-R, Portaria 309 de 2022)

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH, ref} - CgTT_{UH, real})}{CgTT_{UH, ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(1955,97 - 2057,78)}{1955,97} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -5,21\%$$

Tabela 30. $RedCgTT_{minD}$ para o atendimento da Classe D de Ef. Energética

Critério	Tipologia			
	Unifamiliar	Multifamiliar		
	-	Pavimento térreo	Pavimento tipo	Pavimento cobertura
$CgTT_{UH, ref} / A_{p, UH}$ (kWh/(ano.m ²))	$RedCgTT_{minD}$ (%)			
$CgTT_{UH, ref} / A_{p, UH} < 100$	-17	-15	-22	-15
$CgTT_{UH, ref} / A_{p, UH} \geq 100$	-27	-20	-25	-20

Fonte: (INI-R, Portaria 309 de 2022)

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} (kWh/ano.m^2)$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{1955,97}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 53,75$$

Segundo a Tabela xxx, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 30$$

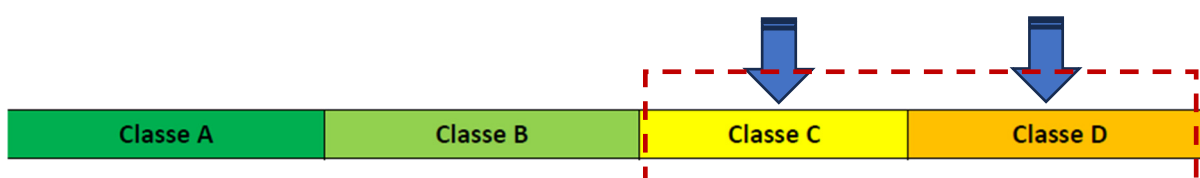
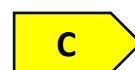
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela CgTT



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.2. BLOCO 05, APARTAMENTO 02

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 31. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 02

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	70.81	PHFT (%):	65.81
PHsFT (%):	28.08	PHsFT (%):	33.84
PHiFT (%):	1.11	PHiFT (%):	0.35
CgTR (kWh/ano):	2160.48	CgTR (kWh/ano):	2101.80
CgTA (kWh/ano):	16.58	CgTA (kWh/ano):	5.24
Tomax (°C):	30.73	Tomax (°C):	31.05
Tomin (°C):	17.60	Tomin (°C):	18.28
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	341.58	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	329.28
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	3.18	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	1.03

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

Conforme a Tabela 26, temos que:

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 70,81 - 65,81$$

$$\Delta PHFT = 5,0$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 59,23$$

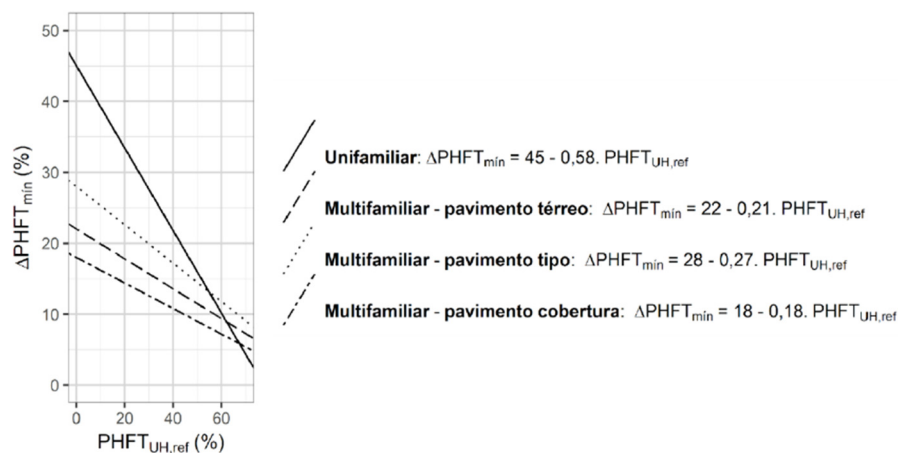
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$ pelas Tabelas 26 e 27:

$PHFT_{UH,ref} = 65,81\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico 7.

Gráfico 7. Obtenção de $\Delta PHFT_{\min}$, quando $PHFT_{UH,ref} < 70\%$.



Fonte: (INI-R, Portaria 309 de 2022)

Para pavimento térreo temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 22 - 0,21 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 8,18$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 8,18$$

$$\Delta PHFT = 5$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}C$$

Pela tabela 31, temos que $Tomáx_{UH,real} = 30,73^{\circ}C$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH,ref} = 31,05^{\circ}C$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 30,73 + 1^{\circ}C$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 31,73^{\circ}C$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, conforme a Tabela 30, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2107,04 - 2177,06)}{2107,04} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -3,32\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} (kWh/ano.m^2)$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2107,04}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 57,90$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 30$$

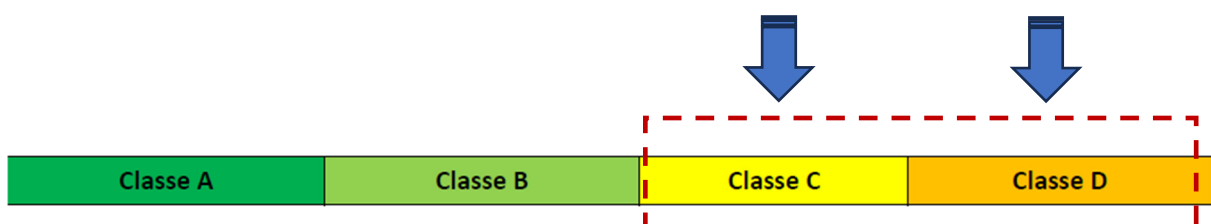
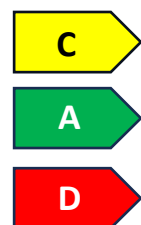
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela CgTT



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.3. BLOCO 05, APARTAMENTO 03

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 32. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 03

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	72.95	PHFT (%):	71.29
PHsFT (%):	26.12	PHsFT (%):	28.44
PHiFT (%):	0.92	PHiFT (%):	0.27
CgTR (kWh/ano):	2064.95	CgTR (kWh/ano):	1899.79
CgTA (kWh/ano):	7.44	CgTA (kWh/ano):	2.63
Tomax (°C):	30.89	Tomax (°C):	31.61
Tomin (°C):	17.76	Tomin (°C):	18.27
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	327.09	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	299.69
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	1.43	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	0.53

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 7295 - 71,49$$

$$\Delta PHFT = 1,46$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 64,34$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$$PHFT_{UH,ref} = 71,49\%, \text{ logo,}$$

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = 1,46$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe B atendido.

$$PHFT_{UH,ref} = 73,10\%, \text{ logo,}$$

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = -1,03$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A atendido.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 32, temos que $Tomáx_{UH, real} = 30,89^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 31,61^{\circ}\text{C}$, par o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 31,61 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,61^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(1902,42 - 2072,39)}{1902,42} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -8,93\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{1902,42}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 52,28$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 30$$

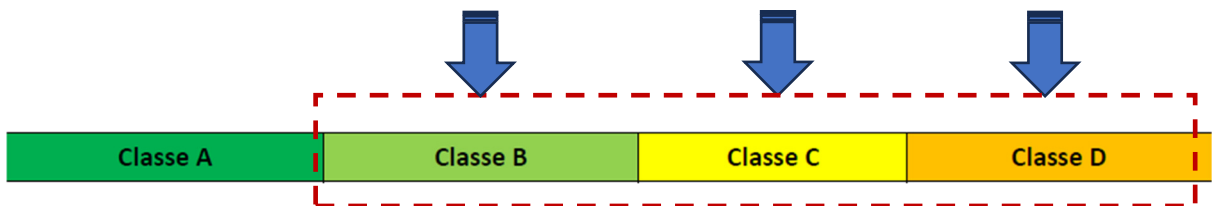
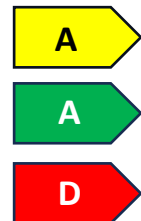
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela CgTT



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D, C e B, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.4. BLOCO 05, APARTAMENTO 04

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 33. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 04

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	73.00	PHFT (%):	72.63
PHsFT (%):	26.06	PHsFT (%):	26.95
PHiFT (%):	0.95	PHiFT (%):	0.42
CgTR (kWh/ano):	2058.45	CgTR (kWh/ano):	1811.12
CgTA (kWh/ano):	12.67	CgTA (kWh/ano):	3.63
Tomax (°C):	30.96	Tomax (°C):	31.78
Tomin (°C):	17.81	Tomin (°C):	18.27
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	325.37	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	285.23
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	2.43	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	0.72

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 73 - 72,63$$

$$\Delta PHFT = 0,37$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 65,37$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$$PHFT_{UH,ref} = 72,63\%, \text{ logo,}$$

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = 0,37$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$



Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe B e A são atendidas.

$$PHFT_{UH,ref} = 72,63\%, \text{ logo,}$$

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = 0,37$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 33, temos que $Tomáx_{UH, real} = 30,96^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 31,78^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 31,78 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,78^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(1814,75 - 2071,12)}{1814,75} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -14,13\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{1814,75}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 49,87$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 35$$

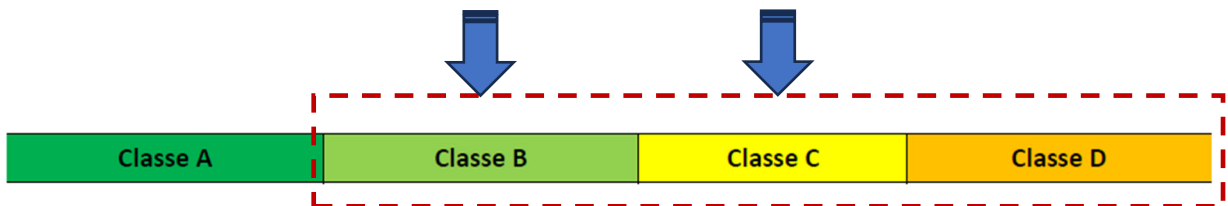
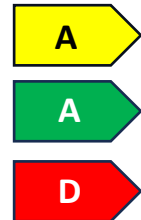
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela CgTT



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D, C e B, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.5. Bloco 05, Apartamento 11

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 34. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 11

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	69.47	PHFT (%):	70.02
PHsFT (%):	28.25	PHsFT (%):	28.82
PHiFT (%):	2.28	PHiFT (%):	1.16
CgTR (kWh/ano):	2154.97	CgTR (kWh/ano):	1877.04
CgTA (kWh/ano):	38.04	CgTA (kWh/ano):	9.80
Tomax (°C):	31.41	Tomax (°C):	32.09
Tomin (°C):	16.05	Tomin (°C):	17.02
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	339.46	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	294.07
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	7.33	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	1.90

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 69,47 - 70,02$$

$$\Delta PHFT = -0,55$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 63,01$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$$PHFT_{UH,ref} = 70,02\%, \text{ logo,}$$

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = -0,55$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe B não atendido.

$$PHFT_{UH,ref} = 70,02\%, \text{ logo,}$$

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = -0,55$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9.PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A não atendido.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 34, temos que $Tomáx_{UH, real} = 31,41^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 32,09^{\circ}\text{C}$, par o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,09 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,09^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(1886,84 - 2193,01)}{1886,84} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -16,23\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{1886,84}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 51,85$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 45$$

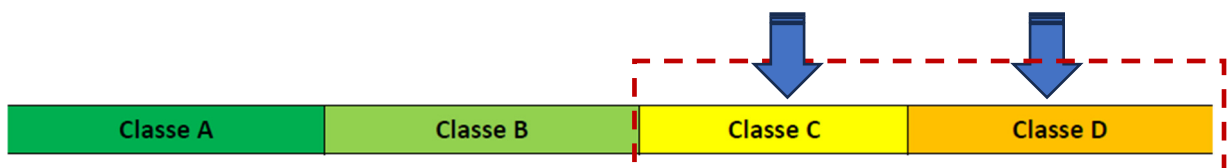
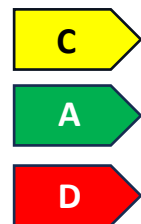
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela CgTT



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D, C de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.6. BLOCO 05, APARTAMENTO 12

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 35. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 12

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	67.08	PHFT (%):	61.37
PHsFT (%):	30.62	PHsFT (%):	37.59
PHiFT (%):	2.30	PHiFT (%):	1.04
CgTR (kWh/ano):	2351.79	CgTR (kWh/ano):	2241.58
CgTA (kWh/ano):	34.70	CgTA (kWh/ano):	13.67
Tomax (°C):	31.35	Tomax (°C):	32.00
Tomin (°C):	15.97	Tomin (°C):	17.28
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	371.04	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	350.68
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	6.66	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	2.64

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 67,08 - 61,37$$

$$\Delta PHFT = 5,71$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 55,23$$

			
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 61,37\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico 7.

Para pavimento térreo temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 28 - 0,27 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 11,43$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 11,43$$

$$\Delta PHFT = 5,71$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 35, temos que $Tomáx_{UH, real} = 31,35^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 32,0^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2255,25 - 2350,49)}{2255,25} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -4,22\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2255,25}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 61,97$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 45$$

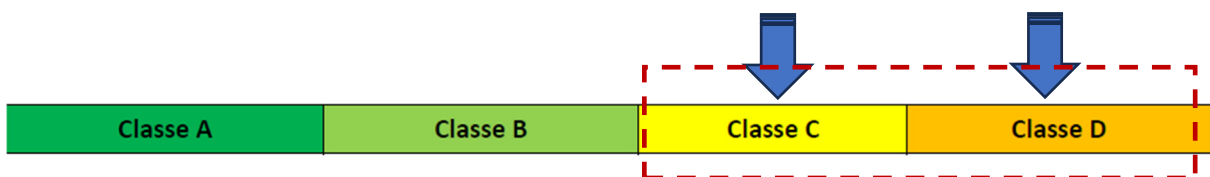
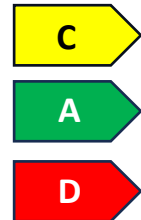
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela CgTT



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.7. BLOCO 05, APARTAMENTO 13

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 36. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 13

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	70.35	PHFT (%):	68.81
PHsFT (%):	27.64	PHsFT (%):	30.07
PHiFT (%):	2.01	PHiFT (%):	1.12
CgTR (kWh/ano):	2222.10	CgTR (kWh/ano):	2058.18
CgTA (kWh/ano):	18.00	CgTA (kWh/ano):	6.17
Tomax (°C):	31.41	Tomax (°C):	32.33
Tomin (°C):	16.10	Tomin (°C):	17.24
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	351.47	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	323.35
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	3.45	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	1.20

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 70.35 - 68.81$$

$$\Delta PHFT = 1.54$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 61.93$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 68.81\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico 7.

Para pavimento o primeiro pavimento temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 28 - 0,27 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 9.42$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 9.42$$

$$\Delta PHFT = 1,54$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 36, temos que $Tomáx_{UH,real} = 31,41^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH,ref} = 32,33^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32.33 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,33^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2064,35 - 2240,10)}{2064,35} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -8.51\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2064,35}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 56,73$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 45$$

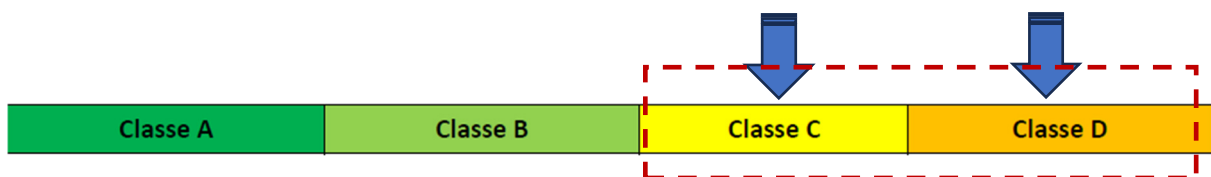
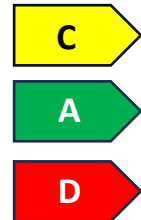
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela CgTT



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.8. BLOCO 05, APARTAMENTO 14

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 37. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 14

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	70.23	PHFT (%):	69.78
PHsFT (%):	27.72	PHsFT (%):	28.89
PHiFT (%):	2.05	PHiFT (%):	1.33
CgTR (kWh/ano):	2251.72	CgTR (kWh/ano):	1937.17
CgTA (kWh/ano):	29.94	CgTA (kWh/ano):	10.54
Tomax (°C):	31.45	Tomax (°C):	32.35
Tomin (°C):	16.03	Tomin (°C):	17.18
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	355.00	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	303.90
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	5.74	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	2.04

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 70,23 - 69,78$$

$$\Delta PHFT = 0,35$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 62,80$$

		↓	↓
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 69,78\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico xxx.

Para pavimento primeiro pavimento temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 28 - 0,27 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 9,16$$

$$\Delta PHFT = 0,45$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 37, temos que $Tomáx_{UH,real} = 30,73^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH,ref} = 31,45^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,35 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,35^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(1947,71 - 2281,66)}{1947,71} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -17,15\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{1947,71}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 56,52$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 45$$

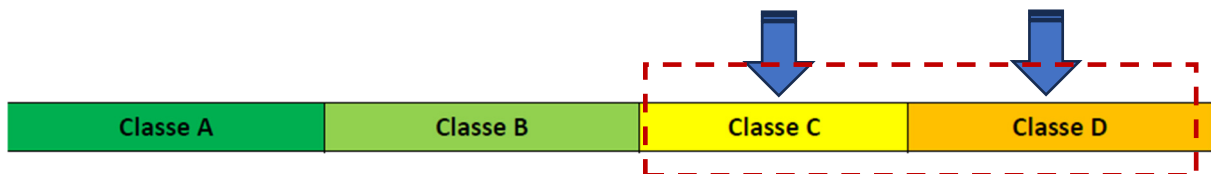
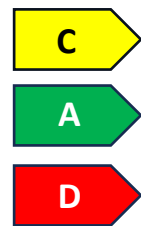
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltoria pela CgTT



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.9. BLOCO 05, APARTAMENTO 21

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 38. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 21

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	69.32	PHFT (%):	69.84
PHsFT (%):	28.43	PHsFT (%):	29.00
PHiFT (%):	2.25	PHiFT (%):	1.15
CgTR (kWh/ano):	2156.82	CgTR (kWh/ano):	1886.46
CgTA (kWh/ano):	36.29	CgTA (kWh/ano):	9.22
Tomax (°C):	31.41	Tomax (°C):	32.09
Tomin (°C):	16.13	Tomin (°C):	17.10
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	339.72	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	295.42
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	6.99	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	1.79

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 69,32 - 69,89$$

$$\Delta PHFT = -0,57$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 62,90$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 69,89\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico xxx.

Para o segundo pavimento temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 28 - 0,27 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 9,13$$

$$\Delta PHFT = -0,57$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 38, temos que $Tomáx_{UH, real} = 31,41^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 32,09^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,09 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,09^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(1895,68 - 2193,68)}{1895,68} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -15,69\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{1895,68}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 56,09$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 29, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 45$$

Logo,

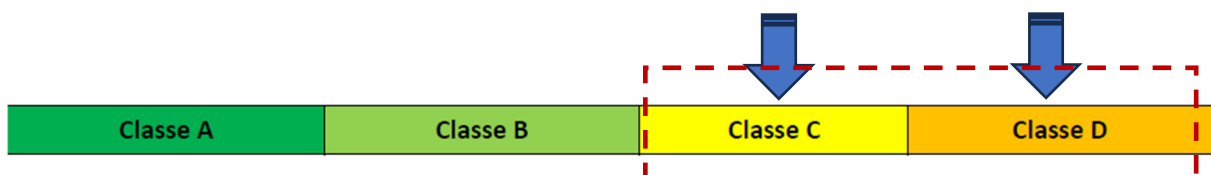
$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltória pelo PHFT 
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela Tomax 
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela CgTT 

Figura 46. Critérios avaliados para classificação de envoltória



Fonte: Adaptado da (INI-R, Portaria 309 de 2022).

Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.10. BLOCO 05, APARTAMENTO 22

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 39. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 22

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	66.99	PHFT (%):	61.07
PHsFT (%):	30.73	PHsFT (%):	37.89
PHiFT (%):	2.28	PHiFT (%):	1.04
CgTR (kWh/ano):	2352.99	CgTR (kWh/ano):	2246.97
CgTA (kWh/ano):	33.25	CgTA (kWh/ano):	12.88
Tomax (°C):	31.35	Tomax (°C):	32.00
Tomin (°C):	16.05	Tomin (°C):	17.28
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	371.21	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	351.45
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	6.38	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	2.49

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 66,99 - 61,07$$

$$\Delta PHFT = 5,92$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 54,96$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 61,07\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico xxx.

Para o segundo pavimento temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 28 - 0,27 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 11,51$$

$$\Delta PHFT = 5,92$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 39, temos que $Tomáx_{UH,real} = 30,73^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH,ref} = 31,45^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2259,85 - 2386,24)}{2259,85} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -5,59\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2259,85}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 62,10$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 45$$

Logo,

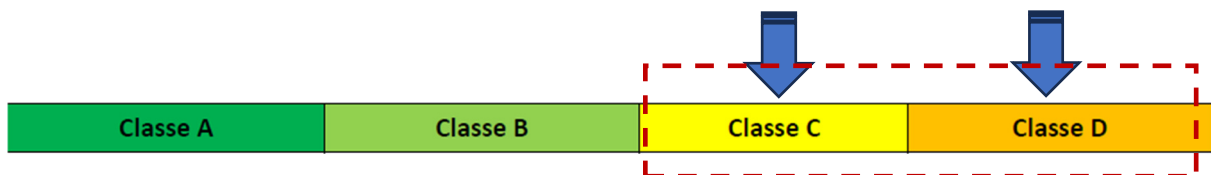
$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltória pelo PHFT 
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela Tomax 
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela CgTT 

Figura 46. Critérios avaliados para classificação de envoltória



Fonte: Adaptado da (INI-R, Portaria 309 de 2022).

Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.11. BLOCO 05, APARTAMENTO 23

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 40. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 23

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	70.30	PHFT (%):	68.67
PHsFT (%):	27.69	PHsFT (%):	30.21
PHiFT (%):	2.01	PHiFT (%):	1.12
CgTR (kWh/ano):	2224.24	CgTR (kWh/ano):	2062.78
CgTA (kWh/ano):	17.44	CgTA (kWh/ano):	6.00
Tomax (°C):	31.41	Tomax (°C):	32.33
Tomin (°C):	16.18	Tomin (°C):	17.32
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	351.78	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	324.01
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	3.34	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	1.17

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 70,30 - 68,67$$

$$\Delta PHFT = 1,63$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 61,80$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 68,67\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico xxx.

Para o segundo pavimento temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 28 - 0,27 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 9,45$$

$$\Delta PHFT = 1,63$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 40, temos que $Tomáx_{UH,real} = 31,41^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH,ref} = 32,33^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,33 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,33^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

d. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2068,78 - 2241,68)}{2068,78} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -8,36\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2068,78}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 56,85$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 45$$

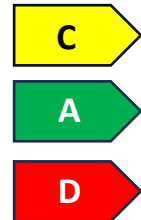
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

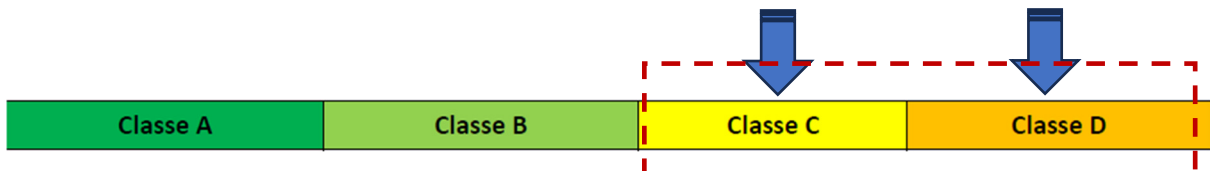
Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltória pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela CgTT



Critérios avaliados para classificação de envoltória:



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.12. BLOCO 05, APARTAMENTO 24

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 41. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 24

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	70.18	PHFT (%):	69.74
PHsFT (%):	27.77	PHsFT (%):	28.93
PHiFT (%):	2.05	PHiFT (%):	1.33
CgTR (kWh/ano):	2249.81	CgTR (kWh/ano):	1935.70
CgTA (kWh/ano):	29.11	CgTA (kWh/ano):	10.25
Tomax (°C):	31.45	Tomax (°C):	32.35
Tomin (°C):	16.11	Tomin (°C):	17.18
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	354.72	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	303.69
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	5.58	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	1.98

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 70,18 - 69,74$$

$$\Delta PHFT = 0,44$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 62,76$$

		↓	↓
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 69,74\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico xxx.

Para o segundo pavimento temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 28 - 0,27 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 9,17$$

$$\Delta PHFT = 0,44$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 41, temos que $Tomáx_{UH,real} = 31,45^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH,ref} = 32,35^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,35 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,35^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(1945,95 - 2278,92)}{1945,95} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -17,11\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{1945,95}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 53,47$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -22$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 45$$

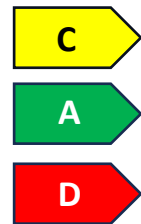
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

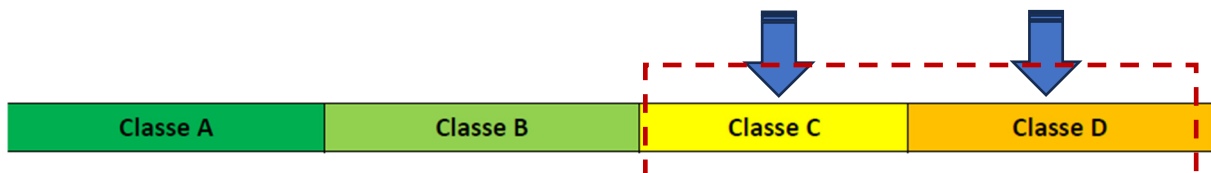
Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltória pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela CgTT



Critérios avaliados para classificação de envoltória:



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.13. BLOCO 05, APARTAMENTO 31

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 42. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 31

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	69.88	PHFT (%):	70.01
PHsFT (%):	27.27	PHsFT (%):	28.30
PHiFT (%):	2.85	PHiFT (%):	1.69
CgTR (kWh/ano):	2479.53	CgTR (kWh/ano):	2292.67
CgTA (kWh/ano):	102.88	CgTA (kWh/ano):	27.99
Tomax (°C):	32.13	Tomax (°C):	32.19
Tomin (°C):	15.09	Tomin (°C):	16.24
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	390.97	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	360.53
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	19.91	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	5.41

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 69.88 - 70.01$$

$$\Delta PHFT = -0.13$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 63.01$$

		↓	↓
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$$PHFT_{UH,ref} = 70.01\%,$$

Logo:

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = -0,13$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 42, temos que $Tomáx_{UH, real} = 32,13^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 32,19^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,19 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,19^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2320,66 - 2582,41)}{2320,66} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -11,28\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2320,66}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 63,77$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C, não foi atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 30$$

Logo,

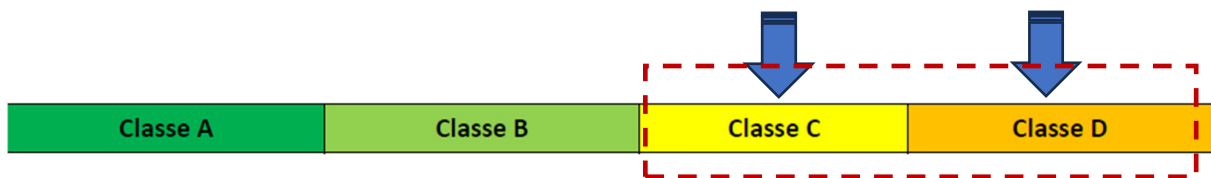
$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltória pelo PHFT 
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela Tomax 
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela CgTT 

Figura 46. Critérios avaliados para classificação de envoltória



Fonte: Adaptado da (INI-R, Portaria 309 de 2022).

Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.14. BLOCO 05, APARTAMENTO 32

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 43. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 32

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	68.56	PHFT (%):	61.14
PHsFT (%):	28.61	PHsFT (%):	37.21
PHiFT (%):	2.83	PHiFT (%):	1.64
CgTR (kWh/ano):	2368.44	CgTR (kWh/ano):	2642.30
CgTA (kWh/ano):	108.21	CgTA (kWh/ano):	33.67
Tomax (°C):	32.06	Tomax (°C):	33.11
Tomin (°C):	14.98	Tomin (°C):	16.27
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	373.72	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	414.27
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	20.87	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	6.48

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 68,56 - 61,14$$

$$\Delta PHFT = 7,42$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 55,02$$

		↓	↓
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 61,14\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico xxx.

Para a cobertura temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 18 - 0,18 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 6.99$$

$$\Delta PHFT = 7.42$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

			
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B são atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 43, temos que $Tomáx_{UH, real} = 32,06^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 33,11^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,11 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 34,11^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2675,97 - 2476,65)}{2675,97} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = 7.45\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2675,97}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 73,53$$

Segundo a Tabela 30

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 30$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

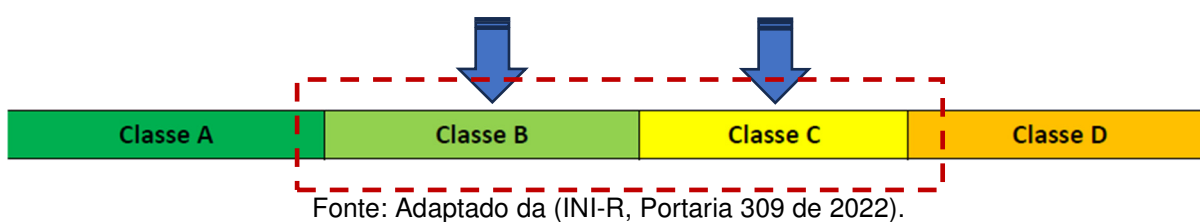
Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltória pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela CgTT



Critérios avaliados para classificação de envoltória:



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.15. BLOCO 05, APARTAMENTO 33

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 44. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 33

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	71.47	PHFT (%):	65.99
PHsFT (%):	26.02	PHsFT (%):	32.46
PHiFT (%):	2.52	PHiFT (%):	1.55
CgTR (kWh/ano):	2440.22	CgTR (kWh/ano):	2530.98
CgTA (kWh/ano):	74.56	CgTA (kWh/ano):	22.62
T _{max} (°C):	32.01	T _{max} (°C):	32.67
T _{min} (°C):	14.97	T _{min} (°C):	16.28
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	385.15	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	398.40
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	14.31	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	4.36

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 74,49 - 65,99$$

$$\Delta PHFT = 5,5$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 59,39$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

$PHFT_{UH,ref} = 65,99\%$, logo $\Delta PHFT_{min}$ é obtido pelo ábaco do Gráfico xxx.

Para pavimento térreo temos que:

$$\Delta PHFT_{\min} = 18 - 0,18 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT_{\min} = 6,12$$

$$\Delta PHFT = 5,5$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$$

Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{\min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B não atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}\text{C}$$

Pela tabela 44, temos que $Tomáx_{UH,real} = 32,01^{\circ}\text{C}$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH,ref} = 32,67^{\circ}\text{C}$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,67 + 1^{\circ}\text{C}$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,67^{\circ}\text{C}$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2553,6 - 2414,78)}{2553,6} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = 1,52\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2553,6}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 70,17$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 30$$

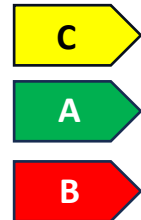
Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

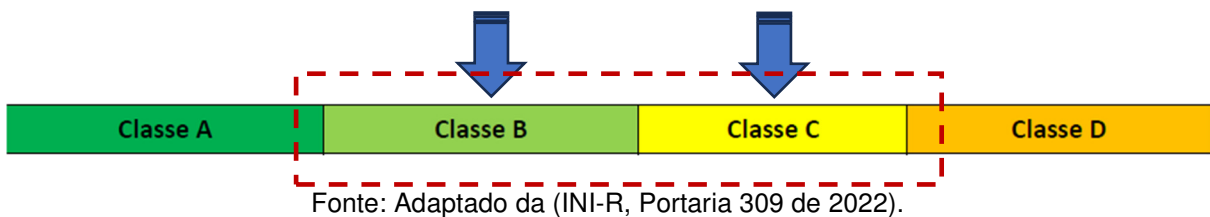
Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltória pelo PHFT
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela Tomax
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela CgTT



Critérios avaliados para classificação de envoltória



Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

5.2.16. BLOCO 05, APARTAMENTO 34

Resultados obtidos pelo Método Simplificado usando o metamodelo Web da INI-R:

Tabela 45. Resultados da simulação Método Simplificado, Apartamento 34

Real		Referência	
Resultados		Resultados	
PHFT (%):	71.08	PHFT (%):	70.09
PHsFT (%):	26.13	PHsFT (%):	28.24
PHiFT (%):	2.79	PHiFT (%):	1.66
CgTR (kWh/ano):	2386.36	CgTR (kWh/ano):	2277.50
CgTA (kWh/ano):	97.92	CgTA (kWh/ano):	30.12
Tomax (°C):	32.04	Tomax (°C):	32.38
Tomin (°C):	14.85	Tomin (°C):	16.32
Consumo para resfriamento (kWh/ano):	376.44	Consumo para resfriamento (kWh/ano):	358.10
Consumo para aquecimento (kWh/ano):	18.80	Consumo para aquecimento (kWh/ano):	5.80

Fonte: (<http://pbeedifica.com.br>), 2023 (elaborado pelo autor)

a. Eficiência Energética quanto ao $PHFT_{UH}$

$$\Delta PHFT = PHFT_{UH,real} - PHFT_{UH,ref}$$

$$\Delta PHFT = 71,08 - 70,09$$

$$\Delta PHFT = 0,99$$

$$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$$

$$PHFT_{UH,real} > 63,08$$

		↓	↓
Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Classes C e D atendidas pelo Critério $PHFT_{UH}$.

Para classes A e B, foi verificado o critério de $\Delta PHFT_{min}$.

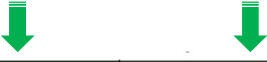
$$PHFT_{UH,ref} = 70,09\%$$

Logo,

$$\Delta PHFT_{min} = 0$$

$$\Delta PHFT = 0,99$$

$$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$$



Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$\Delta PHFT \geq \Delta PHFT_{min}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$	$PHFT_{UH,real} > 0,9 \cdot PHFT_{UH,ref}$

Critério para Classe A e B são atendidos.

b. Eficiência Energética quanto a $Tomáx_{UH}$

Ao analisar o critério das temperaturas e considerando que Campo Grande está localizada na ZB6, segundo NBR15575-1:2021, somente as temperaturas máximas devem ser analisadas em referida região.

Para atender todas as classes a classificação de eficiência energética da envoltória quanto à $Tomáx_{UH}$ deve atender a equação:

$$Tomáx_{UH,real} \leq Tomáx_{UH,ref} + 1^{\circ}C$$

Pela tabela 45, temos que $Tomáx_{UH, real} = 32,04^{\circ}C$ para o modelo real, enquanto $Tomáx_{UH, ref} = 32,38^{\circ}C$, para o modelo referência. Obteve-se:

$$Tomáx_{UH,real} \leq 32,38 + 1^{\circ}C$$

$$Tomáx_{UH,real} \leq 33,38^{\circ}C$$

O critério de temperatura é atendido em todas as classes.

c. Eficiência Energética quanto a $CgTT_{UH}$

Por fim o último critério para validação da classificação de envoltória é a Redução de Carga Térmica Total.

Para determinar a Redução de carga térmica total da UH no modelo real para o modelo de referência, utilizou-se a equação:

$$RedCgTT = \frac{(CgTT_{UH,ref} - CgTT_{UH,real})}{CgTT_{UH,ref}} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = \frac{(2307,62 - 2484,28)}{2307,62} \cdot 100\%$$

$$RedCgTT = -7,66\%$$

Para validar o critério de Redução da Carga Térmica Total da UH, determinamos a densidade de energia ano para as áreas de APPs, dadas pela equação:

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} \text{ (kWh/ano.m}^2\text{)}$$

Onde $A_{p,UH}$, é a área total de piso das APPs

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = \frac{2307,62}{36,39}$$

$$\frac{CgTT_{UH,ref}}{A_{p,UH}} = 63,41$$

Segundo a Tabela 30, temos que:

$$RedCgTT_{minD} = -15$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minD}$$

Critério para Classe D atendido.

Considerando que para atender o critério para Classe C, temos a equação abaixo:

$$RedCgTT \geq 0\%$$

Critério para Classe C não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 27, temos que:

$$RedCgTT_{minB} = 0$$

Logo,

$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minB}$$

Critério para Classe B não atendido.

Pelos cálculos já realizados e considerando os critérios da Tabela 28, temos que:

$$RedCgTT_{minA} = 30$$

Logo,

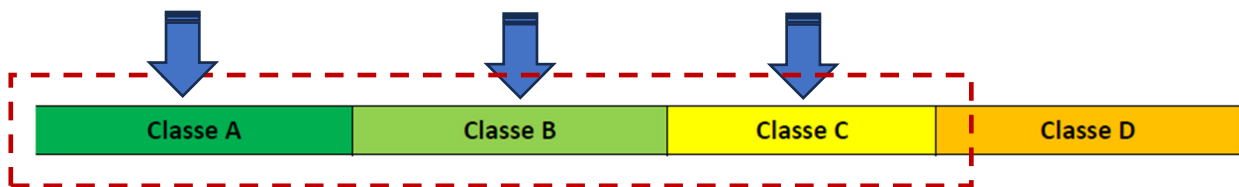
$$RedCgTT \geq RedCgTT_{minA}$$

Critério para Classe A não atendido.

Por fim concluímos que a UH (Apartamento 01), em estudo possui os seguintes critérios atendidos:

- Critério de Efi. Energética de Envoltória pelo PHFT 
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela Tomax 
- Critério de Efi. Energética de Envoltória pela CgTT 

Figura 46. Critérios avaliados para classificação de envoltória



Fonte: Adaptado da (INI-R, Portaria 309 de 2022).

Nessa condição a avaliação da Envoltória ficará eletiva para as Classes D e C, de Baixa para Média Eficiência Energética.

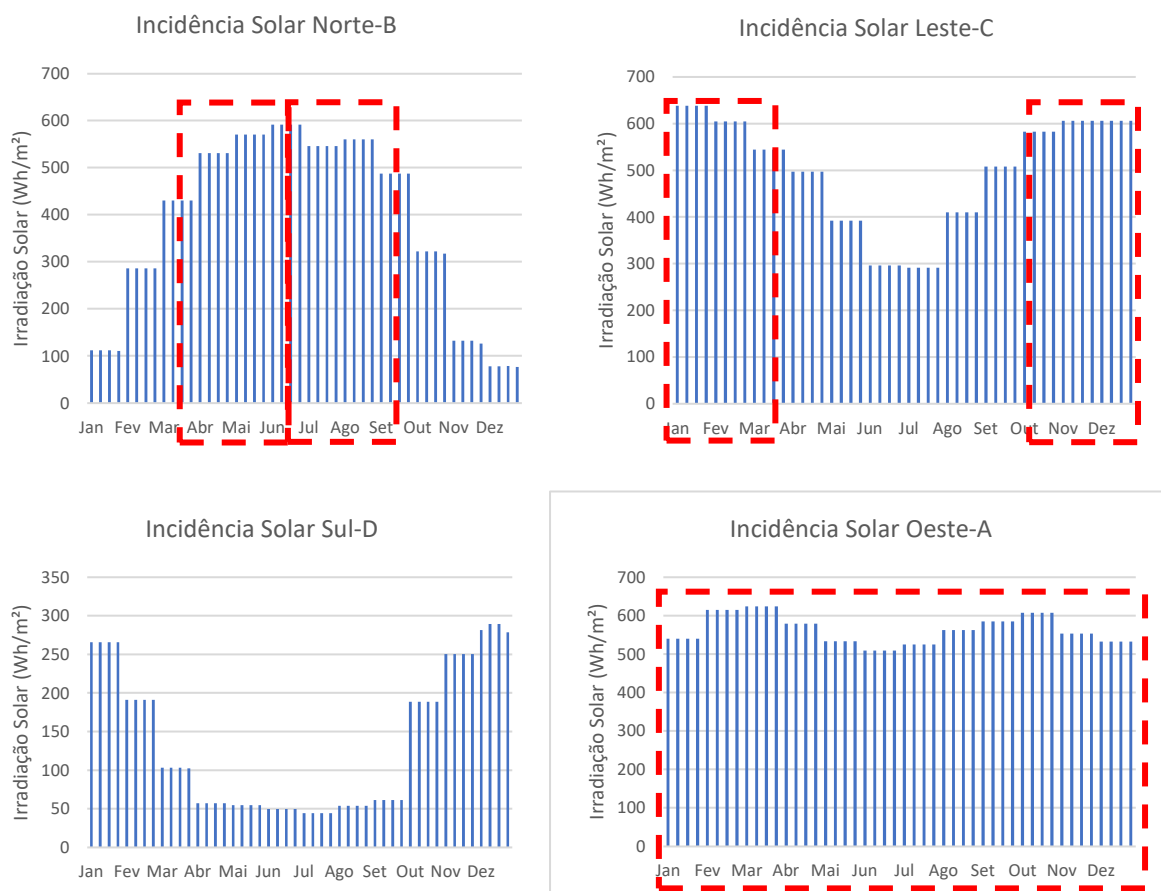
6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A definição de qualquer partido arquitetônico deve tomar em consideração o meio em que novas edificações poderão ser construídas, assim como fazer uso das ferramentas computacionais que o mercado oferta, associando a técnica à vasta bibliografia sobre a arquitetura bioclimática e estudos de desempenho térmico do ambiente construído. Estas ações fortalecem as tomadas de decisões mais assertivas, no que tange à construção de edificações energeticamente eficientes.

6.1. O USO DO FORMIT COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO PARA TOMADA DE DECISÕES.

No estudo apresentado, fez-se o uso da ferramenta BIM Formit, para fins de analisar previamente o comportamento solar, e a contribuição deste nas fachadas das edificações. Esta ação demonstrou-se eficaz no sentido de verificar as potencialidades positivas e negativas no que diz respeito à irradiação solar.

Gráfico 8. Incidência Solar nas fachadas do Bloco 5



Fonte: Autodesk Formit, (elaborado pelo autor)

A análise solar para fins de definição de casos críticos e posteriores estudos de desempenho demonstrou-se válida, uma vez que define de forma clara, baseada em simulação e medições, quais são as edificações às quais há as mais severas ações do meio, sejam estas favoráveis ou não no sentido da transmissão de calor do ambiente externo ao interno.

No Gráfico 8, os valores indicam o nível de irradiação solar por fachada e pôde-se verificar que as condições nas quais a incidência solar é evidente e de maior intensidade concentram-se nas fachadas A, B e C, que conforme demonstrado, terão maior contribuição (Wh/m^2) durante todo o ano.

As orientações dos pontos cardeais para as fachadas supracitadas são Oeste, Norte e Leste, respectivamente.

Em contrapartida, os níveis mais baixos de irradiação solar, estão na fachada D, orientação voltada para o lado Sul, onde também verifica-se que no período Março a outubro, a incidência solar na fachada D também possui baixa intensidade, limitando seus picos máximo ao em torno de 50 a 100 Wh/m^2 .

É importante frisar que outras ferramentas computacionais efetuam análises solares, entretanto, na execuções de projetos e obras a interoperabilidade BIM tem ganhado espaço e facilitado as tomadas de decisões e redução de tempo e custo nos processos que envolvem AEC.

Em resumo, o uso do software BIM FormIt nas análises solares oferece aos projetistas a capacidade de tomar decisões com maior acurácia, otimizar o design de edificações para eficiência energética e sustentabilidade, e consequentemente garantir que a iluminação natural seja maximizada para criar ambientes mais confortáveis e saudáveis. Isso é especialmente importante em um contexto de preocupações crescentes com a eficiência energética e a sustentabilidade na construção civil.

6.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO SIMPLIFICADO INI-R.

As UHs que compõem o Bloco 5, definido como caso crítico, submetidas a análise de eficiência energética da envoltória pelo método Simplificado da INI-R, convergem no sentido de abreviar as discussões e tomadas de decisão para promover ações de estratégias bioclimáticas a fim de efficientizar o ambiente construído.

A Tabela 46 apresenta os resultados da validação de Classes para o quesito envoltória, do Bloco 05 do condomínio Residencial Mato Grosso em Campo Grande/MS.

Tabela 46. Resultado das validações da INI-R

UH	Classificação			
	A	B	C	D
Apartamento 01				
Apartamento 02				
Apartamento 03				
Apartamento 04				
Apartamento 11				
Apartamento 12				
Apartamento 13				
Apartamento 14				
Apartamento 21				
Apartamento 22				
Apartamento 23				
Apartamento 24				
Apartamento 31				
Apartamento 32				
Apartamento 33				
Apartamento 34				

Fonte: Adaptado da (INI-R, Portaria 309 de 2022).

Ao observar-se os resultados obtidos nas validações das envoltórias das UHs em estudo, pode-se elencar que:

- Ainda que todas as UHs tenham sido construídas como elementos de similar características termofísicas, a validação indicou que referidas UHs possuem diferentes Classes de eficiência energética;
- A localização/posição da UH interfere diretamente na incidência solar na superfície de fachas, e consequentemente no sombreamento horizontal e de entorno próximo, refletindo no resultado de validação.

- A característica termofísica da cobertura, ainda que esta receba uma carga solar direta durante todo o ano, face aos materiais utilizados no isolamento térmico, com melhor transmitância térmica que as paredes verticas, indica um melhor desempenho térmico nas UHs da cobertura (3ro pavimento).
- Conforme indicado na incidência solar verificada no *Software Autodesk Formit*, as UHs voltadas para a fachada D (orientação Sul) apresentaram melhor validação para Classificação de Eficiência Energética, em particular a UH Apartamento 34.
- Os resultados também indicam que os critérios para Redução de Carga Térmica Total (*RedCgTT*) foram preponderantes para a limitação a níveis intermediários de eficiência energética de envoltória, como verificado.

7. CONCLUSÃO

A avaliação da radiação solar e a aplicação da Norma de Desempenho de Edificações (NBR 15575), através da análise de envoltória pelo método Simplificado da INI-R, do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE Edifica), demonstraram ser ferramentas positivas quando combinadas, na observação, avaliação, tomadas de decisões para fins de otimização do desempenho energético, térmico e ambiental das edificações.

As vantagens do uso de Softwares BIM sobre os demais, na execução de projetos e obras de engenharia são diversas.

No objeto em estudo, o *software BIM FormIt* oferece várias vantagens ao realizar análises solares em projetos de construção. Por ser uma ferramenta de modelagem 3D que, além de ser usado para criar modelos virtuais de edifícios e infraestrutura, quando se trata de análise solar possibilita:

- Visualização em tempo real da interação entre a luz solar e a edificação ao longo do dia e/ou estações do ano;
- Simulações precisas levando em consideração a posição do sol, a latitude, a longitude e a topografia local;
- Análise de sombreamento para garantir que as áreas de sombra não afetem negativamente a eficiência energética do edifício ou a iluminação natural;
- Tomada de decisões sobre o posicionamento de janelas, painéis solares, elementos de sombreamento e outras características do projeto.
- Interoperabilidade com softwares BIM, assim como procedeu-se ao longo do trabalho entre o *FormIt/Revit*.
- As análises solares fornecidas permitem a concepção de edificações mais sustentáveis, otimizando o uso de fontes de energia não renováveis.

No que tange aos resultados obtidos pela aplicação da INI-R, que indicam um resultado de baixa eficiência energética para a envoltórias da grande maioria das UHs,

não deixa de ser uma contradição que as autarquias e entidades públicas, centros de pesquisa de tecnologia e órgãos de AEC, pesquisem, elaborem normas e fiscalizem edificações sob a ótica da eficiência energética e do desempenho térmico, e no entanto, os investimentos públicos voltados às populações mais carentes, não sigam tal metodologia e/ou exigência, em particular no que tange à política de habitação popular.

Não é uma divagação pensar que investimentos públicos em habitação popular tenham incentivos fiscais também na aplicação de materiais e técnicas que proponham métodos passivos de bioclimaticidade, muito menos que os projetos de Habitação, em sua gênese, já contemplem a sua classificação de eficiência energética.

A combinação da análise de radiação solar e a aplicação da INI-R possibilita o estabelecimento de um ciclo de aprimoramento contínuo. O aprendizado oferta um refinamento de estratégias de projeto, no sentido de desenvolver soluções mais eficientes e adaptáveis. Dessa forma, a área de Arquitetura e Engenharia de Habitações de interesse social transcende os limites da teoria e da concepção, transformando-se em um campo prático e responsivo, onde o bem-estar dos ocupantes é o fator central.

Algumas pesquisas futuras podem ser suscitadas dos resultados e observações deste trabalho e sua contribuição, tais como:

a. Realimentação de informações baseadas em evidências, através da consecução de dados concretos sobre o desempenho e a funcionalidade das habitações após a ocupação. Esses dados são fundamentais para avaliar se as políticas de Habitação Social estão atingindo seus objetivos em termos de conforto, segurança, acessibilidade e qualidade de vida para os moradores;

b. Melhoria de projetos e construção: ao identificar aspectos do projeto e da construção que podem ser otimizados. Isso não apenas resulta em habitações de melhor qualidade, mas também pode reduzir custos de manutenção a longo prazo;

c. Monitoramento do desempenho: para fins de avaliação da durabilidade e a sustentabilidade das construções, garantindo que as políticas de Habitação Social resultem em habitações que perdurem e continuem atendendo às necessidades dos moradores ao longo dos anos.

d. Aperfeiçoamento das políticas pública de Habitação Futuras: as lições aprendidas e as melhores práticas identificadas podem ser aplicadas para aprimorar as abordagens de projeto, construção e gestão de habitações sociais.

e. Implementação de uma Avaliação Pós-Ocupação das UHs, a fim de verificar não somente critérios técnicos e normativos, mas também a situação da qualidade de vida, a sustentabilidade e a harmonia do usuário e seu entorno.

Por fim no âmbito da pesquisa, os resultados da avaliação podem ser compartilhados com os órgãos públicos responsáveis por projetos e investimentos em habitação popular, a sociedade civil e os moradores, demonstrando o compromisso e a importância da qualidade e a melhoria contínua de processos e sistemas construtivos relacionados a habitação popular.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 15575-1 (2021), Edificações habitacionais-Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. 2021.

ALVES, J. E. D. Enxame Humano? EcoDebate: Eco Debate 2013.

BAVARESCO, M. V.; CUCHIVAGUE, H. Y. O.; SCHINAZI, A.; GHISI, E. Aspectos impactantes no desempenho energético de habitações de interesse social brasileiras: revisão de literatura. **Ambiente Construído**, 21, n. 1, p. 263-292, 2021.

BONDUKI, N. Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula. **Arq. urb**, n. 1, p. 70-104, 2008.

BONDUKI, N. G. Origens da habitação social no Brasil. **Análise Social**, V. 29, p. 127, 1994.

CABRAL, L. M. M.; CESA, S.; SILVA, E. S.; BITAR, M. I. C. *et al.* Procel: 20 anos. BRASIL, C. D. M. D. E. N. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil: 164 p. 2006.

CAMPOS, P. M. Análise comparativa do método prescritivo do RTQ-R e simplificado da INI-R para a etiquetagem de uma edificação multifamiliar. 2021.

CARDOSO, G. T.; MOSCARELLI, F.; VIANNA, S. D. ENVELOPE SOLAR COMO FERRAMENTA DE PLANEJAMENTO URBANO: ESTUDO DE CASO EM PASSO FUNDO/RS, BRASIL. **Arquitetura Revista**, 17, n. 2, p. 296-318, 2021.

CUNHA, G. A. C. Déficit Habitacional: o tamanho da desigualdade social no Brasil. **Boletim Economia Empírica**, 1, n. 1, 2020.

DOS REIS, M. C. P. L.; DA SILVA, L. F.; DE ALMEIDA, A. L. R.; RANGEL, G. L. R. *et al.* Perspectivas para habitação de interesse social no Brasil pós covid-19. **SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA**, 3, p. 480-486, 2021.

ELI, L. G.; OLINGER, M. S.; KRELLING, A. F.; MELO, A. P. *et al.* Análise da Eficiência Energética da Envoltória de Edificações Residenciais. **ENCAC ELACAC**, 2021.

ELIAS, A. B. M.; RAVACHE, R. L. HABITAÇÃO SOCIAL E OS DESAFIOS DA CIDADE CONTEMPORÂNEA. **CONNECTION LINE-REVISTA ELETRÔNICA DO UNIVAG**, n. 24, 2021.

GRZEGOWSKI, F. C.; DINIZ, L. N. Sustentabilidade & Habitação de Interesse Social. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, V.17, 2021.

INMETRO. ANEXO II, INI-R, Portaria 309 de 2022. 2022.

LACERDA, N.; MARINHO, G.; BAHIA, C.; QUEIROZ, P. *et al.* Planos diretores municipais: aspectos legais e conceituais. **Revista brasileira de estudos urbanos e regionais**, 7, n. 1, p. 55-55, 2005.

MANZANO-AGUGLIARO, F.; MONTOYA, F. G.; SABIO-ORTEGA, A.; GARCÍA-CRUZ, A. Review of bioclimatic architecture strategies for achieving thermal comfort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 49, p. 736-755, 2015.

MENEGHELLI, L. M. N.; SALES, A. Análise dos documentos reguladores de Eficiência Energética e sua Contribuição para o currículo de Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, 41, p. 128-139, 2022.

NASCIMENTO NETO, P.; ULTRAMARI, C. Política habitacional no Brasil: manifestações territoriais de uma década de habitação social de mercado. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, 24, n. 1, 2022.

ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B.; FRANÇA, A. J. G. L. **Avaliação pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design**. Oficina de Textos, 2018. 8579753139.

PACHECO, F.; FOSSATI, M. Avaliação de edifícios de energia zero pela nova proposta de etiquetagem residencial. **ENTAC**, 18, n. 1, p. 1-8, 2020.

PINHEIRO, F. J. Déficit Habitacional no Brasil - Síntese - FJP. Centro de Estudos Políticos e Sociais. . p. 146 p., 1995.

PINHEIRO, F. J. Deficit habitacional no Brasil – 2016-2019. 2021.

ROLNIK, R. **Guerra dos lugares: a colonização da terra e da moradia na era das finanças**. Boitempo Editorial, 2017. 8575594788.

RUBIN, G. R.; BOLFE, S. A. O desenvolvimento da habitação social no Brasil. **Ciência e Natura**, 36, n. 2, p. 201-2013, 2014.

RUPP, R. F.; VÁSQUEZ, N. G.; LAMBERTS, R. A review of human thermal comfort in the built environment. **Energy and buildings**, 105, p. 178-205, 2015.

SIQUEIRA, T. A.; DE SOUSA ARAÚJO, R. Programas de habitação social no Brasil. **Humanas Sociais & Aplicadas**, 4, n. 10, 2014.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. Análise do método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15.575. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 12, 2014.

SOUZA, R. V. G. D.; SOARES, C. P. S.; ALVES, T. P. Avaliação de dispositivos de sombreamento no RTQ-R do ponto de vista térmico e luminoso. **Ambiente Construído**, 18, n. 4, p. 139-159, 2018.

VIGGIANO, M. H. S. **Projeto de edifícios públicos sustentáveis: uma abordagem cultural, econômica ambiental e arquitetônica**. Brasília, DF: Rede Legislativo Sustentável, 2019.

VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade ambiental na habitação-avaliação pós-ocupação**. Oficina de Textos, 2016. 8579752078.

WALSH, A.; CÓSTOLA, D.; LABAKI, L. C. Review of methods for climatic zoning for building energy efficiency programs. **Building and Environment**, 112, p. 337-350, 2017.

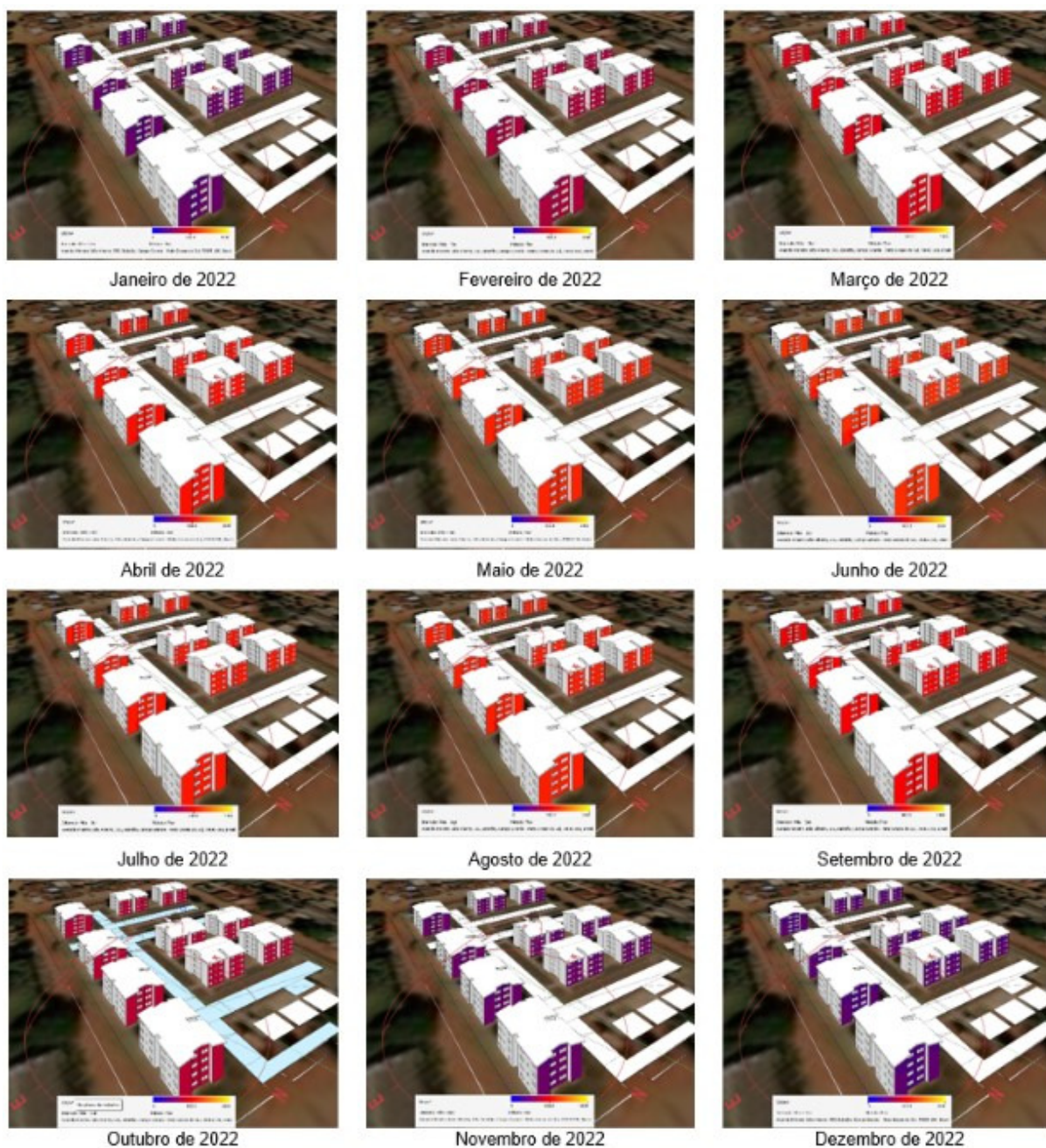
WATERS, C. N.; ZALASIEWICZ, J.; SUMMERHAYES, C.; BARNOSKY, A. D. *et al.* The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. **Science**, 351, n. 6269, p. aad2622, 2016.

ZAIDI, I. H. Environment and Cognition (Book Review). **Pakistan Journal of Psychology**, 8, n. 1, p. 75, 1975.

ZAPELINI, M. B.; LIMA, J. G.; GUEDES, M. C. Evolução da Política Habitacional no Brasil (1967–2014): uma análise de equilíbrio pontuado. **Revista interdisciplinar de gestão social**, 6, n. 3, 2017.

ANEXO 1. Figuras e Tabelas de dados de irradiação solar (Wh/m^2) nas fachadas das edificações

Figura A.1. Projeção de Simulação dos picos máximos de Irradiação Solar em fachadas NORTE



Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.1. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro NORTE Blocos 1-2

		FACE	Bloco 1 (Wh/m²)			Média (Wh/m²)			FACE	Bloco 2 (Wh/m²)			Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	A	127	127	127		Janeiro	Pav Terreo	A	127	127	127	
	Pav 01	A	127	127	127			Pav 01	A	127	127	127	
	Pav 02	A	127	127	127			Pav 02	A	127	127	127	
	Pav 03	A	82	82	82			Pav 03	A	82	82	82	
Fevereiro	Pav Terreo	A	291	291	291		Fevereiro	Pav Terreo	A	291	291	291	
	Pav 01	A	291	291	291			Pav 01	A	291	291	291	
	Pav 02	A	291	291	291			Pav 02	A	291	291	291	
	Pav 03	A	291	291	291			Pav 03	A	291	291	291	
Março	Pav Terreo	A	430	430	430		Março	Pav Terreo	A	430	430	430	
	Pav 01	A	430	430	430			Pav 01	A	430	430	430	
	Pav 02	A	430	430	430			Pav 02	A	430	430	430	
	Pav 03	A	430	430	430			Pav 03	A	430	430	430	
Abril	Pav Terreo	A	531	531	531		Abril	Pav Terreo	A	531	531	531	
	Pav 01	A	531	531	531			Pav 01	A	531	531	531	
	Pav 02	A	531	531	531			Pav 02	A	531	531	531	
	Pav 03	A	531	531	531			Pav 03	A	531	531	531	
Maio	Pav Terreo	A	570	570	570		Maio	Pav Terreo	A	570	570	570	
	Pav 01	A	570	570	570			Pav 01	A	570	570	570	
	Pav 02	A	570	570	570			Pav 02	A	570	570	570	
	Pav 03	A	570	570	570			Pav 03	A	570	570	570	
Junho	Pav Terreo	A	591	591	591		Junho	Pav Terreo	A	591	591	591	
	Pav 01	A	591	591	591			Pav 01	A	591	591	591	
	Pav 02	A	591	591	591			Pav 02	A	591	591	591	
	Pav 03	A	591	591	591			Pav 03	A	591	591	591	
Julho	Pav Terreo	A	546	546	546		Julho	Pav Terreo	A	546	546	546	
	Pav 01	A	546	546	546			Pav 01	A	546	546	546	
	Pav 02	A	546	546	546			Pav 02	A	546	546	546	
	Pav 03	A	546	546	546			Pav 03	A	546	546	546	
Agosto	Pav Terreo	A	560	560	560		Agosto	Pav Terreo	A	560	560	560	
	Pav 01	A	560	560	560			Pav 01	A	560	560	560	
	Pav 02	A	560	560	560			Pav 02	A	560	560	560	
	Pav 03	A	560	560	560			Pav 03	A	560	560	560	
Setembro	Pav Terreo	A	487	487	487		Setembro	Pav Terreo	A	487	487	487	
	Pav 01	A	487	487	487			Pav 01	A	487	487	487	
	Pav 02	A	487	487	487			Pav 02	A	487	487	487	
	Pav 03	A	487	487	487			Pav 03	A	487	487	487	
Outubro	Pav Terreo	A	323	323	323		Outubro	Pav Terreo	A	323	323	323	
	Pav 01	A	323	323	323			Pav 01	A	323	323	323	
	Pav 02	A	323	323	323			Pav 02	A	323	323	323	
	Pav 03	A	323	323	323			Pav 03	A	323	323	323	
Novembro	Pav Terreo	A	133	133	133		Novembro	Pav Terreo	A	133	133	133	
	Pav 01	A	133	133	133			Pav 01	A	133	133	133	
	Pav 02	A	133	133	133			Pav 02	A	133	133	133	
	Pav 03	A	114	114	114			Pav 03	A	114	114	114	
Dezembro	Pav Terreo	A	99	99	99		Dezembro	Pav Terreo	A	99	99	99	
	Pav 01	A	99	99	99			Pav 01	A	99	99	99	
	Pav 02	A	99	99	99			Pav 02	A	99	99	99	
	Pav 03	A	57	57	57			Pav 03	A	57	57	57	

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.2. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro NORTE Blocos 3-4

											
		FACE	Bloco 3 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)			FACE	Bloco 4 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	C	127	127	127	Janeiro	Pav Terreo	C	127	127	127
	Pav 01	C	127	127	127		Pav 01	C	127	127	127
	Pav 02	C	127	127	127		Pav 02	C	127	127	127
	Pav 03	C	86	86	86		Pav 03	C	86	86	86
Fevereiro	Pav Terreo	C	291	291	291	Fevereiro	Pav Terreo	C	291	291	291
	Pav 01	C	291	291	291		Pav 01	C	291	291	291
	Pav 02	C	291	291	291		Pav 02	C	291	291	291
	Pav 03	C	291	291	291		Pav 03	C	291	291	291
Março	Pav Terreo	C	430	430	430	Março	Pav Terreo	C	430	430	430
	Pav 01	C	430	430	430		Pav 01	C	430	430	430
	Pav 02	C	430	430	430		Pav 02	C	430	430	430
	Pav 03	C	430	430	430		Pav 03	C	430	430	430
Abril	Pav Terreo	C	498	498	498	Abril	Pav Terreo	C	498	498	498
	Pav 01	C	531	531	531		Pav 01	C	531	531	531
	Pav 02	C	531	531	531		Pav 02	C	531	531	531
	Pav 03	C	531	531	531		Pav 03	C	531	531	531
Maio	Pav Terreo	C	478	540	509	Maio	Pav Terreo	C	478	540	509
	Pav 01	C	563	563	563		Pav 01	C	563	563	563
	Pav 02	C	570	570	570		Pav 02	C	570	570	570
	Pav 03	C	570	570	570		Pav 03	C	570	570	570
Junho	Pav Terreo	C	441	441	441	Junho	Pav Terreo	C	441	441	441
	Pav 01	C	531	531	531		Pav 01	C	531	531	531
	Pav 02	C	591	591	591		Pav 02	C	591	591	591
	Pav 03	C	591	591	591		Pav 03	C	591	591	591
Julho	Pav Terreo	C	468	496	482	Julho	Pav Terreo	C	468	496	482
	Pav 01	C	536	536	536		Pav 01	C	536	536	536
	Pav 02	C	546	546	546		Pav 02	C	546	546	546
	Pav 03	C	546	546	546		Pav 03	C	546	546	546
Agosto	Pav Terreo	C	484	503	494	Agosto	Pav Terreo	C	484	503	494
	Pav 01	C	548	548	548		Pav 01	C	548	548	548
	Pav 02	C	560	560	560		Pav 02	C	560	560	560
	Pav 03	C	560	560	560		Pav 03	C	560	560	560
Setembro	Pav Terreo	C	486	486	486	Setembro	Pav Terreo	C	486	486	486
	Pav 01	C	486	486	486		Pav 01	C	486	486	486
	Pav 02	C	486	486	486		Pav 02	C	486	486	486
	Pav 03	C	486	486	486		Pav 03	C	486	486	486
Outubro	Pav Terreo	C	318	318	318	Outubro	Pav Terreo	C	318	318	318
	Pav 01	C	323	323	323		Pav 01	C	323	323	323
	Pav 02	C	323	323	323		Pav 02	C	323	323	323
	Pav 03	C	323	323	323		Pav 03	C	323	323	323
Novembro	Pav Terreo	C	133	133	133	Novembro	Pav Terreo	C	133	133	133
	Pav 01	C	133	133	133		Pav 01	C	133	133	133
	Pav 02	C	133	133	133		Pav 02	C	133	133	133
	Pav 03	C	114	114	114		Pav 03	C	114	114	114
Dezembro	Pav Terreo	C	99	99	99	Dezembro	Pav Terreo	C	99	99	99
	Pav 01	C	99	99	99		Pav 01	C	99	99	99
	Pav 02	C	99	99	99		Pav 02	C	99	99	99
	Pav 03	C	50	50	50		Pav 03	C	50	50	50

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.3. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro NORTE Blocos 5-6

				FACE		Bloco 5 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)			FACE		Bloco 6 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	B	127	127	67	127	112	Janeiro	Pav Terreo	B	127	127	54	127	109
	Pav 01	B	127	127	67	127	112		Pav 01	B	127	127	54	127	109
	Pav 02	B	127	127	67	127	112		Pav 02	B	127	127	54	127	109
	Pav 03	B	125	125	67	125	111		Pav 03	B	127	127	58	68	95
Fevereiro	Pav Terreo	B	291	291	271	291	286	Fevereiro	Pav Terreo	B	291	291	271	291	286
	Pav 01	B	291	291	271	291	286		Pav 01	B	291	291	271	291	286
	Pav 02	B	291	291	271	291	286		Pav 02	B	291	291	271	291	286
	Pav 03	B	291	291	271	291	286		Pav 03	B	291	291	271	291	286
Março	Pav Terreo	B	430	430	430	430	430	Março	Pav Terreo	B	430	430	430	430	430
	Pav 01	B	430	430	430	430	430		Pav 01	B	430	430	430	430	430
	Pav 02	B	430	430	430	430	430		Pav 02	B	430	430	430	430	430
	Pav 03	B	430	430	430	430	430		Pav 03	B	430	430	430	430	430
Abril	Pav Terreo	B	531	531	531	531	531	Abril	Pav Terreo	B	498	498	498	531	506
	Pav 01	B	531	531	531	531	531		Pav 01	B	531	531	531	531	531
	Pav 02	B	531	531	531	531	531		Pav 02	B	531	531	531	531	531
	Pav 03	B	531	531	531	531	531		Pav 03	B	531	531	531	531	531
Maio	Pav Terreo	B	570	570	570	570	570	Maio	Pav Terreo	B	570	476	482	570	525
	Pav 01	B	570	570	570	570	570		Pav 01	B	570	563	563	570	567
	Pav 02	B	570	570	570	570	570		Pav 02	B	570	570	570	570	570
	Pav 03	B	570	570	570	570	570		Pav 03	B	570	570	570	570	570
Junho	Pav Terreo	B	591	591	591	591	591	Junho	Pav Terreo	B	495	435	398	544	468
	Pav 01	B	591	591	591	591	591		Pav 01	B	539	531	531	544	536
	Pav 02	B	591	591	591	591	591		Pav 02	B	591	591	591	591	591
	Pav 03	B	591	591	591	591	591		Pav 03	B	591	591	591	591	591
Julho	Pav Terreo	B	546	546	546	546	546	Julho	Pav Terreo	B	504	436	397	546	471
	Pav 01	B	546	546	546	546	546		Pav 01	B	536	536	536	546	539
	Pav 02	B	546	546	546	546	546		Pav 02	B	546	546	546	546	546
	Pav 03	B	546	546	546	546	546		Pav 03	B	546	546	546	546	546
Agosto	Pav Terreo	B	560	560	560	560	560	Agosto	Pav Terreo	B	510	484	496	560	513
	Pav 01	B	560	560	560	560	560		Pav 01	B	548	548	548	560	551
	Pav 02	B	560	560	560	560	560		Pav 02	B	560	560	560	560	560
	Pav 03	B	560	560	560	560	560		Pav 03	B	560	560	560	560	560
Setembro	Pav Terreo	B	487	487	487	487	487	Setembro	Pav Terreo	B	487	487	487	487	487
	Pav 01	B	487	487	487	487	487		Pav 01	B	487	487	487	487	487
	Pav 02	B	487	487	487	487	487		Pav 02	B	487	487	487	487	487
	Pav 03	B	487	487	487	487	487		Pav 03	B	487	487	487	487	487
Outubro	Pav Terreo	B	323	323	318	323	322	Outubro	Pav Terreo	B	323	323	318	323	322
	Pav 01	B	323	323	318	323	322		Pav 01	B	323	323	318	323	322
	Pav 02	B	323	323	318	323	322		Pav 02	B	323	323	318	323	322
	Pav 03	B	323	323	300	323	317		Pav 03	B	323	323	300	323	317
Novembro	Pav Terreo	B	133	133	130	133	132	Novembro	Pav Terreo	B	133	133	130	133	132
	Pav 01	B	133	133	130	133	132		Pav 01	B	133	133	130	133	132
	Pav 02	B	133	133	130	133	132		Pav 02	B	133	133	130	133	132
	Pav 03	B	120	133	130	120	126		Pav 03	B	120	133	130	120	126
Dezembro	Pav Terreo	B	99	54	60	99	78	Dezembro	Pav Terreo	B	99	44	43	99	71
	Pav 01	B	99	54	60	99	78		Pav 01	B	99	60	44	99	76
	Pav 02	B	99	54	61	99	78		Pav 02	B	99	60	45	99	76
	Pav 03	B	99	54	55	99	77		Pav 03	B	52	47	47	52	50

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.4. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro NORTE Blocos 7-8

		FACE		Bloco 7 (Wh/m²)				Média (Wh/m²)			FACE		Bloco 8 (Wh/m²)				Média (Wh/m²)						
Janeiro	Pav Terreo	B	127	127	54	127	109	Janeiro	Pav Terreo	B	127	127	54	127	109	Janeiro	Pav Terreo	B	127	127	54	127	109
	Pav 01	B	127	127	54	127	109		Pav 01	B	127	127	54	127	109		Pav 01	B	127	127	54	127	109
	Pav 02	B	127	127	54	127	109		Pav 02	B	127	127	54	127	109		Pav 02	B	127	127	54	127	109
	Pav 03	B	127	127	58	68	95		Pav 03	B	127	127	58	68	95		Pav 03	B	127	127	58	68	95
Fevereiro	Pav Terreo	B	291	291	271	291	286	Fevereiro	Pav Terreo	B	291	291	271	291	286	Fevereiro	Pav Terreo	B	291	291	271	291	286
	Pav 01	B	291	291	271	291	286		Pav 01	B	291	291	271	291	286		Pav 01	B	291	291	271	291	286
	Pav 02	B	291	291	271	291	286		Pav 02	B	291	291	271	291	286		Pav 02	B	291	291	271	291	286
	Pav 03	B	291	291	271	291	286		Pav 03	B	291	291	271	291	286		Pav 03	B	291	291	271	291	286
Março	Pav Terreo	B	430	430	430	430	430	Março	Pav Terreo	B	430	430	430	430	430	Março	Pav Terreo	B	430	430	430	430	430
	Pav 01	B	430	430	430	430	430		Pav 01	B	430	430	430	430	430		Pav 01	B	430	430	430	430	430
	Pav 02	B	430	430	430	430	430		Pav 02	B	430	430	430	430	430		Pav 02	B	430	430	430	430	430
	Pav 03	B	430	430	430	430	430		Pav 03	B	430	430	430	430	430		Pav 03	B	430	430	430	430	430
Abril	Pav Terreo	B	498	498	498	531	506	Abril	Pav Terreo	B	498	498	498	531	506	Abril	Pav Terreo	B	498	498	498	531	506
	Pav 01	B	531	531	531	531	531		Pav 01	B	531	531	531	531	531		Pav 01	B	531	531	531	531	531
	Pav 02	B	531	531	531	531	531		Pav 02	B	531	531	531	531	531		Pav 02	B	531	531	531	531	531
	Pav 03	B	531	531	531	531	531		Pav 03	B	531	531	531	531	531		Pav 03	B	531	531	531	531	531
Maio	Pav Terreo	B	570	476	482	570	525	Maio	Pav Terreo	B	570	476	482	570	525	Maio	Pav Terreo	B	570	476	482	570	525
	Pav 01	B	570	563	563	570	567		Pav 01	B	570	563	563	570	567		Pav 01	B	570	563	563	570	567
	Pav 02	B	570	570	570	570	570		Pav 02	B	570	570	570	570	570		Pav 02	B	570	570	570	570	570
	Pav 03	B	570	570	570	570	570		Pav 03	B	570	570	570	570	570		Pav 03	B	570	570	570	570	570
Junho	Pav Terreo	B	495	435	398	544	468	Junho	Pav Terreo	B	495	435	398	544	468	Junho	Pav Terreo	B	495	435	398	544	468
	Pav 01	B	539	531	531	544	536		Pav 01	B	539	531	531	544	536		Pav 01	B	539	531	531	544	536
	Pav 02	B	591	591	591	591	591		Pav 02	B	591	591	591	591	591		Pav 02	B	591	591	591	591	591
	Pav 03	B	591	591	591	591	591		Pav 03	B	591	591	591	591	591		Pav 03	B	591	591	591	591	591
Julho	Pav Terreo	B	504	436	397	546	471	Julho	Pav Terreo	B	504	436	397	546	471	Julho	Pav Terreo	B	504	436	397	546	471
	Pav 01	B	536	536	536	546	539		Pav 01	B	536	536	536	546	539		Pav 01	B	536	536	536	546	539
	Pav 02	B	546	546	546	546	546		Pav 02	B	546	546	546	546	546		Pav 02	B	546	546	546	546	546
	Pav 03	B	546	546	546	546	546		Pav 03	B	546	546	546	546	546		Pav 03	B	546	546	546	546	546
Agosto	Pav Terreo	B	510	484	496	560	513	Agosto	Pav Terreo	B	510	484	496	560	513	Agosto	Pav Terreo	B	510	484	496	560	513
	Pav 01	B	548	548	548	560	551		Pav 01	B	548	548	548	560	551		Pav 01	B	548	548	548	560	551
	Pav 02	B	560	560	560	560	560		Pav 02	B	560	560	560	560	560		Pav 02	B	560	560	560	560	560
	Pav 03	B	560	560	560	560	560		Pav 03	B	560	560	560	560	560		Pav 03	B	560	560	560	560	560
Setembro	Pav Terreo	B	487	487	487	487	487	Setembro	Pav Terreo	B	487	487	487	487	487	Setembro	Pav Terreo	B	487	487	487	487	487
	Pav 01	B	487	487	487	487	487		Pav 01	B	487	487	487	487	487		Pav 01	B	487	487	487	487	487
	Pav 02	B	487	487	487	487	487		Pav 02	B	487	487	487	487	487		Pav 02	B	487	487	487	487	487
	Pav 03	B	487	487	487	487	487		Pav 03	B	487	487	487	487	487		Pav 03	B	487	487	487	487	487
Outubro	Pav Terreo	B	323	323	318	323	322	Outubro	Pav Terreo	B	323	323	318	323	322	Outubro	Pav Terreo	B	323	323	318	323	322
	Pav 01	B	323	323	318	323	322		Pav 01	B	323	323	318	323	322		Pav 01	B	323	323	318	323	322
	Pav 02	B	323	323	318	323	322		Pav 02	B	323	323	318	323	322		Pav 02	B	323	323	318	323	322
	Pav 03	B	323	323	300	323	317		Pav 03	B	323	323	300	323	317		Pav 03	B	323	323	300	323	317
Novembro	Pav Terreo	B	133	133	130	133	132	Novembro	Pav Terreo	B	133	133	130	133	132	Novembro	Pav Terreo	B	133	133	130	133	132
	Pav 01	B	133	133	130	133	132		Pav 01	B	133	133	130	133	132		Pav 01	B	133	133	130	133	132
	Pav 02	B	133	133	130	133	132		Pav 02	B	133	133	130	133	132		Pav 02	B	133	133	130	133	132
	Pav 03	B	120	133	130	120	126		Pav 03	B	120	133	130	120	126		Pav 03	B	120	133	130	120	126
Dezembro	Pav Terreo	B	99	44	43	99	71	Dezembro	Pav Terreo	B	99	44	43	99	71	Dezembro	Pav Terreo	B	99	44	43	99	71
	Pav 01	B	99	60	44	99	76		Pav 01	B	99	60	44	99	76		Pav 01	B	99	60	44	99	76
	Pav 02	B	99	60	45	99	76		Pav 02	B	99	60	45	99	76		Pav 02	B	99	60	45	99	76
	Pav 03	B	52	47	47	52	50		Pav 03	B	52	47	47	52	50		Pav 03	B	52	47	47	52	50

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.5. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro NORTE Blocos 9-10

											
		FACE	Bloco 9 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)			FACE	Bloco 10 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	A	127	127	127	Janeiro	Pav Terreo	A	127	127	127
	Pav 01	A	127	127	127		Pav 01	A	127	127	127
	Pav 02	A	127	127	127		Pav 02	A	127	127	127
	Pav 03	A	82	82	82		Pav 03	A	82	82	82
Fevereiro	Pav Terreo	A	291	291	291	Fevereiro	Pav Terreo	A	291	291	291
	Pav 01	A	291	291	291		Pav 01	A	291	291	291
	Pav 02	A	291	291	291		Pav 02	A	291	291	291
	Pav 03	A	291	291	291		Pav 03	A	291	291	291
Março	Pav Terreo	A	430	430	430	Março	Pav Terreo	A	430	430	430
	Pav 01	A	430	430	430		Pav 01	A	430	430	430
	Pav 02	A	430	430	430		Pav 02	A	430	430	430
	Pav 03	A	430	430	430		Pav 03	A	430	430	430
Abril	Pav Terreo	A	531	531	531	Abril	Pav Terreo	A	531	531	531
	Pav 01	A	531	531	531		Pav 01	A	531	531	531
	Pav 02	A	531	531	531		Pav 02	A	531	531	531
	Pav 03	A	531	531	531		Pav 03	A	531	531	531
Maio	Pav Terreo	A	570	570	570	Maio	Pav Terreo	A	570	570	570
	Pav 01	A	570	570	570		Pav 01	A	570	570	570
	Pav 02	A	570	570	570		Pav 02	A	570	570	570
	Pav 03	A	570	570	570		Pav 03	A	570	570	570
Junho	Pav Terreo	A	591	591	591	Junho	Pav Terreo	A	591	591	591
	Pav 01	A	591	591	591		Pav 01	A	591	591	591
	Pav 02	A	591	591	591		Pav 02	A	591	591	591
	Pav 03	A	591	591	591		Pav 03	A	591	591	591
Julho	Pav Terreo	A	546	546	546	Julho	Pav Terreo	A	546	546	546
	Pav 01	A	546	546	546		Pav 01	A	546	546	546
	Pav 02	A	546	546	546		Pav 02	A	546	546	546
	Pav 03	A	546	546	546		Pav 03	A	546	546	546
Agosto	Pav Terreo	A	560	560	560	Agosto	Pav Terreo	A	560	560	560
	Pav 01	A	560	560	560		Pav 01	A	560	560	560
	Pav 02	A	560	560	560		Pav 02	A	560	560	560
	Pav 03	A	560	560	560		Pav 03	A	560	560	560
Setembro	Pav Terreo	A	487	487	487	Setembro	Pav Terreo	A	487	487	487
	Pav 01	A	487	487	487		Pav 01	A	487	487	487
	Pav 02	A	487	487	487		Pav 02	A	487	487	487
	Pav 03	A	487	487	487		Pav 03	A	487	487	487
Outubro	Pav Terreo	A	323	323	323	Outubro	Pav Terreo	A	323	323	323
	Pav 01	A	323	323	323		Pav 01	A	323	323	323
	Pav 02	A	323	323	323		Pav 02	A	323	323	323
	Pav 03	A	323	323	323		Pav 03	A	323	323	323
Novembro	Pav Terreo	A	133	133	133	Novembro	Pav Terreo	A	133	133	133
	Pav 01	A	133	133	133		Pav 01	A	133	133	133
	Pav 02	A	133	133	133		Pav 02	A	133	133	133
	Pav 03	A	114	114	114		Pav 03	A	114	114	114
Dezembro	Pav Terreo	A	99	99	99	Dezembro	Pav Terreo	A	99	99	99
	Pav 01	A	99	99	99		Pav 01	A	99	99	99
	Pav 02	A	99	99	99		Pav 02	A	99	99	99
	Pav 03	A	57	57	57		Pav 03	A	57	57	57

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Figura A.2. Projeção de Simulação dos picos máximos de Irradiação Solar em fachadas LESTE



Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.6. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro LESTE Blocos 1-2

		Face	Bloco 1 (Wh/m ²)					Média (Wh/m ²)			Face	Bloco 2 (Wh/m ²)					Média (Wh/m ²)
Janeiro	Pav Terreo	B	617	590	590	589	597		Janeiro	Pav Terreo	B	638	638	638	638	638	
	Pav 01	B	617	590	590	590	597			Pav 01	B	638	638	638	638	638	
	Pav 02	B	638	638	638	638	638			Pav 02	B	638	638	638	638	638	
	Pav 03	B	638	638	638	638	638			Pav 03	B	638	638	638	638	638	
Fevereiro	Pav Terreo	B	605	561	561	561	572		Fevereiro	Pav Terreo	B	605	605	605	605	605	
	Pav 01	B	605	561	561	561	572			Pav 01	B	605	605	605	605	605	
	Pav 02	B	605	605	605	605	605			Pav 02	B	605	605	605	605	605	
	Pav 03	B	605	605	605	605	605			Pav 03	B	605	605	605	605	605	
Março	Pav Terreo	B	544	482	469	469	491		Março	Pav Terreo	B	544	544	544	544	544	
	Pav 01	B	544	482	477	475	495			Pav 01	B	544	544	544	544	544	
	Pav 02	B	544	544	544	544	544			Pav 02	B	544	544	544	544	544	
	Pav 03	B	544	544	544	544	544			Pav 03	B	544	544	544	544	544	
Abril	Pav Terreo	B	497	497	450	450	474		Abril	Pav Terreo	B	497	497	497	497	497	
	Pav 01	B	497	497	460	463	479			Pav 01	B	497	497	497	497	497	
	Pav 02	B	497	497	497	497	497			Pav 02	B	497	497	497	497	497	
	Pav 03	B	497	497	497	497	497			Pav 03	B	497	497	497	497	497	
Maio	Pav Terreo	B	392	392	392	324	375		Maio	Pav Terreo	B	392	392	392	392	392	
	Pav 01	B	392	392	392	324	375			Pav 01	B	392	392	392	392	392	
	Pav 02	B	392	392	392	392	392			Pav 02	B	392	392	392	392	392	
	Pav 03	B	392	392	392	392	392			Pav 03	B	392	392	392	392	392	
Junho	Pav Terreo	B	296	296	296	296	296		Junho	Pav Terreo	B	296	296	296	296	296	
	Pav 01	B	296	296	296	296	296			Pav 01	B	296	296	296	296	296	
	Pav 02	B	296	296	296	296	296			Pav 02	B	296	296	296	296	296	
	Pav 03	B	296	296	296	296	296			Pav 03	B	296	296	296	296	296	
Julho	Pav Terreo	B	291	291	291	291	291		Julho	Pav Terreo	B	291	291	291	291	291	
	Pav 01	B	291	291	291	291	291			Pav 01	B	291	291	291	291	291	
	Pav 02	B	291	291	291	291	291			Pav 02	B	291	291	291	291	291	
	Pav 03	B	291	291	291	291	291			Pav 03	B	291	291	291	291	291	
Agosto	Pav Terreo	B	410	410	410	371	400		Agosto	Pav Terreo	B	410	410	410	410	410	
	Pav 01	B	410	410	410	371	400			Pav 01	B	410	410	410	410	410	
	Pav 02	B	410	410	410	410	410			Pav 02	B	410	410	410	410	410	
	Pav 03	B	410	410	410	410	410			Pav 03	B	410	410	410	410	410	
Setembro	Pav Terreo	B	508	508	449	449	479		Setembro	Pav Terreo	B	508	508	508	508	508	
	Pav 01	B	508	508	490	504	503			Pav 01	B	508	508	508	508	508	
	Pav 02	B	508	508	508	508	508			Pav 02	B	508	508	508	508	508	
	Pav 03	B	508	508	508	508	508			Pav 03	B	508	508	508	508	508	
Outubro	Pav Terreo	B	579	523	485	485	518		Outubro	Pav Terreo	B	583	583	583	583	583	
	Pav 01	B	583	583	583	583	583			Pav 01	B	583	583	583	583	583	
	Pav 02	B	583	583	583	583	583			Pav 02	B	583	583	583	583	583	
	Pav 03	B	583	583	583	583	583			Pav 03	B	583	583	583	583	583	
Novembro	Pav Terreo	B	591	490	490	490	515		Novembro	Pav Terreo	B	606	606	606	606	606	
	Pav 01	B	606	606	606	606	606			Pav 01	B	606	606	606	606	606	
	Pav 02	B	606	606	606	606	606			Pav 02	B	606	606	606	606	606	
	Pav 03	B	606	606	606	606	606			Pav 03	B	606	606	606	606	606	
Dezembro	Pav Terreo	B	501	501	501	501	501		Dezembro	Pav Terreo	B	606	606	606	606	606	
	Pav 01	B	606	606	606	606	606			Pav 01	B	606	606	606	606	606	
	Pav 02	B	606	606	606	606	606			Pav 02	B	606	606	606	606	606	
	Pav 03	B	606	606	606	606	606			Pav 03	B	606	606	606	606	606	

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.7. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro LESTE Blocos 3-4

		Face		Bloco 3 (Wh/m²)				Média (Wh/m²)			Face		Bloco 4 (Wh/m²)				Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	D	617	590	590	590	597	Janeiro	Pav Terreo	D	638	638	638	638	638	638	638
	Pav 01	D	598	590	590	590	592		Pav 01	D	638	638	638	638	638	638	638
	Pav 02	D	638	638	638	638	638		Pav 02	D	638	638	638	638	638	638	638
	Pav 03	D	638	638	638	638	638		Pav 03	D	638	638	638	638	638	638	638
Fevereiro	Pav Terreo	D	605	561	561	561	572	Fevereiro	Pav Terreo	D	605	605	605	605	605	605	605
	Pav 01	D	605	561	561	561	572		Pav 01	D	605	605	605	605	605	605	605
	Pav 02	D	605	605	605	605	605		Pav 02	D	605	605	605	605	605	605	605
	Pav 03	D	605	605	605	605	605		Pav 03	D	605	605	605	605	605	605	605
Março	Pav Terreo	D	544	482	469	469	491	Março	Pav Terreo	D	544	544	544	544	544	544	544
	Pav 01	D	544	482	482	482	498		Pav 01	D	544	544	544	544	544	544	544
	Pav 02	D	544	544	544	544	544		Pav 02	D	544	544	544	544	544	544	544
	Pav 03	D	544	544	544	544	544		Pav 03	D	544	544	544	544	544	544	544
Abril	Pav Terreo	D	463	497	450	450	465	Abril	Pav Terreo	D	497	497	497	497	497	497	497
	Pav 01	D	497	497	463	463	480		Pav 01	D	497	497	497	497	497	497	497
	Pav 02	D	497	497	497	497	497		Pav 02	D	497	497	497	497	497	497	497
	Pav 03	D	497	497	497	497	497		Pav 03	D	497	497	497	497	497	497	497
Maio	Pav Terreo	D	290	67	392	324	268	Maio	Pav Terreo	D	392	392	392	392	392	392	392
	Pav 01	D	392	392	392	324	375		Pav 01	D	392	392	392	392	392	392	392
	Pav 02	D	392	392	392	392	392		Pav 02	D	392	392	392	392	392	392	392
	Pav 03	D	392	392	392	392	392		Pav 03	D	392	392	392	392	392	392	392
Junho	Pav Terreo	D	265	30	265	265	206	Junho	Pav Terreo	D	296	296	296	296	296	296	296
	Pav 01	D	265	33	265	296	215		Pav 01	D	296	296	296	296	296	296	296
	Pav 02	D	296	258	296	296	287		Pav 02	D	296	296	296	296	296	296	296
	Pav 03	D	296	296	296	296	296		Pav 03	D	296	296	296	296	296	296	296
Julho	Pav Terreo	D	267	37	267	279	213	Julho	Pav Terreo	D	291	291	291	291	291	291	291
	Pav 01	D	279	240	279	291	272		Pav 01	D	291	291	291	291	291	291	291
	Pav 02	D	291	254	291	291	282		Pav 02	D	291	291	291	291	291	291	291
	Pav 03	D	291	291	291	291	291		Pav 03	D	291	291	291	291	291	291	291
Agosto	Pav Terreo	D	352	323	410	371	364	Agosto	Pav Terreo	D	410	410	410	410	410	410	410
	Pav 01	D	408	410	410	371	400		Pav 01	D	410	410	410	410	410	410	410
	Pav 02	D	410	410	410	410	410		Pav 02	D	410	410	410	410	410	410	410
	Pav 03	D	410	410	410	410	410		Pav 03	D	410	410	410	410	410	410	410
Setembro	Pav Terreo	D	508	508	449	449	479	Setembro	Pav Terreo	D	508	508	508	508	508	508	508
	Pav 01	D	508	508	506	508	508		Pav 01	D	508	508	508	508	508	508	508
	Pav 02	D	508	508	508	508	508		Pav 02	D	508	508	508	508	508	508	508
	Pav 03	D	508	508	508	508	508		Pav 03	D	508	508	508	508	508	508	508
Outubro	Pav Terreo	D	583	523	485	485	519	Outubro	Pav Terreo	D	583	583	583	583	583	583	583
	Pav 01	D	583	583	583	583	583		Pav 01	D	583	583	583	583	583	583	583
	Pav 02	D	583	583	583	583	583		Pav 02	D	583	583	583	583	583	583	583
	Pav 03	D	583	583	583	583	583		Pav 03	D	583	583	583	583	583	583	583
Novembro	Pav Terreo	D	557	490	490	490	507	Novembro	Pav Terreo	D	606	606	606	606	606	606	606
	Pav 01	D	606	606	606	606	606		Pav 01	D	606	606	606	606	606	606	606
	Pav 02	D	606	606	606	606	606		Pav 02	D	606	606	606	606	606	606	606
	Pav 03	D	606	606	606	606	606		Pav 03	D	606	606	606	606	606	606	606
Dezembro	Pav Terreo	D	501	501	501	501	501	Dezembro	Pav Terreo	D	606	606	606	606	606	606	606
	Pav 01	D	606	606	606	606	606		Pav 01	D	606	606	606	606	606	606	606
	Pav 02	D	606	606	606	606	606		Pav 02	D	606	606	606	606	606	606	606
	Pav 03	D	606	606	606	606	606		Pav 03	D	606	606	606	606	606	606	606

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.8. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro LESTE Blocos 5-6

											
		Face	Bloco 5 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)			Face	Bloco 6 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	C	638	638	638	Janeiro	Pav Terreo	C	638	638	638
	Pav 01	C	638	638	638		Pav 01	C	638	638	638
	Pav 02	C	638	638	638		Pav 02	C	638	638	638
	Pav 03	C	638	638	638		Pav 03	C	638	638	638
Fevereiro	Pav Terreo	C	605	605	605	Fevereiro	Pav Terreo	C	605	605	605
	Pav 01	C	605	605	605		Pav 01	C	605	605	605
	Pav 02	C	605	605	605		Pav 02	C	605	605	605
	Pav 03	C	605	605	605		Pav 03	C	605	605	605
Março	Pav Terreo	C	544	544	544	Março	Pav Terreo	C	544	544	544
	Pav 01	C	544	544	544		Pav 01	C	544	544	544
	Pav 02	C	544	544	544		Pav 02	C	544	544	544
	Pav 03	C	544	544	544		Pav 03	C	544	544	544
Abril	Pav Terreo	C	497	497	497	Abril	Pav Terreo	C	497	497	497
	Pav 01	C	497	497	497		Pav 01	C	497	497	497
	Pav 02	C	497	497	497		Pav 02	C	497	497	497
	Pav 03	C	497	497	497		Pav 03	C	497	497	497
Maio	Pav Terreo	C	392	392	392	Maio	Pav Terreo	C	392	392	392
	Pav 01	C	392	392	392		Pav 01	C	392	392	392
	Pav 02	C	392	392	392		Pav 02	C	392	392	392
	Pav 03	C	392	392	392		Pav 03	C	392	392	392
Junho	Pav Terreo	C	296	296	296	Junho	Pav Terreo	C	296	296	296
	Pav 01	C	296	296	296		Pav 01	C	296	296	296
	Pav 02	C	296	296	296		Pav 02	C	296	296	296
	Pav 03	C	296	296	296		Pav 03	C	296	296	296
Julho	Pav Terreo	C	291	291	291	Julho	Pav Terreo	C	291	291	291
	Pav 01	C	291	291	291		Pav 01	C	291	291	291
	Pav 02	C	291	291	291		Pav 02	C	291	291	291
	Pav 03	C	291	291	291		Pav 03	C	291	291	291
Agosto	Pav Terreo	C	410	410	410	Agosto	Pav Terreo	C	410	410	410
	Pav 01	C	410	410	410		Pav 01	C	410	410	410
	Pav 02	C	410	410	410		Pav 02	C	410	410	410
	Pav 03	C	410	410	410		Pav 03	C	410	410	410
Setembro	Pav Terreo	C	508	508	508	Setembro	Pav Terreo	C	508	508	508
	Pav 01	C	508	508	508		Pav 01	C	508	508	508
	Pav 02	C	508	508	508		Pav 02	C	508	508	508
	Pav 03	C	508	508	508		Pav 03	C	508	508	508
Outubro	Pav Terreo	C	583	583	583	Outubro	Pav Terreo	C	583	583	583
	Pav 01	C	583	583	583		Pav 01	C	583	583	583
	Pav 02	C	583	583	583		Pav 02	C	583	583	583
	Pav 03	C	583	583	583		Pav 03	C	583	583	583
Novembro	Pav Terreo	C	606	606	606	Novembro	Pav Terreo	C	606	606	606
	Pav 01	C	606	606	606		Pav 01	C	606	606	606
	Pav 02	C	606	606	606		Pav 02	C	606	606	606
	Pav 03	C	606	606	606		Pav 03	C	606	606	606
Dezembro	Pav Terreo	C	606	606	606	Dezembro	Pav Terreo	C	606	606	606
	Pav 01	C	606	606	606		Pav 01	C	606	606	606
	Pav 02	C	606	606	606		Pav 02	C	606	606	606
	Pav 03	C	606	606	606		Pav 03	C	606	606	606

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.9. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro LESTE Blocos 7-8

 Face Bloco 7 Média (Wh/m²) (Wh/m²)						 Face Bloco 8 Média (Wh/m²) (Wh/m²)					
Janeiro	Pav Terreo	C	638	638	638	Janeiro	Pav Terreo	C	638	638	638
	Pav 01	C	638	638	638		Pav 01	C	638	638	638
	Pav 02	C	638	638	638		Pav 02	C	638	638	638
	Pav 03	C	638	638	638		Pav 03	C	638	638	638
Fevereiro	Pav Terreo	C	605	605	605	Fevereiro	Pav Terreo	C	605	605	605
	Pav 01	C	605	605	605		Pav 01	C	605	605	605
	Pav 02	C	605	605	605		Pav 02	C	605	605	605
	Pav 03	C	605	605	605		Pav 03	C	605	605	605
Março	Pav Terreo	C	544	544	544	Março	Pav Terreo	C	544	544	544
	Pav 01	C	544	544	544		Pav 01	C	544	544	544
	Pav 02	C	544	544	544		Pav 02	C	544	544	544
	Pav 03	C	544	544	544		Pav 03	C	544	544	544
Abril	Pav Terreo	C	497	497	497	Abril	Pav Terreo	C	497	497	497
	Pav 01	C	497	497	497		Pav 01	C	497	497	497
	Pav 02	C	497	497	497		Pav 02	C	497	497	497
	Pav 03	C	497	497	497		Pav 03	C	497	497	497
Maio	Pav Terreo	C	392	392	392	Maio	Pav Terreo	C	392	392	392
	Pav 01	C	392	392	392		Pav 01	C	392	392	392
	Pav 02	C	392	392	392		Pav 02	C	392	392	392
	Pav 03	C	392	392	392		Pav 03	C	392	392	392
Junho	Pav Terreo	C	296	296	296	Junho	Pav Terreo	C	296	296	296
	Pav 01	C	296	296	296		Pav 01	C	296	296	296
	Pav 02	C	296	296	296		Pav 02	C	296	296	296
	Pav 03	C	296	296	296		Pav 03	C	296	296	296
Julho	Pav Terreo	C	291	291	291	Julho	Pav Terreo	C	291	291	291
	Pav 01	C	291	291	291		Pav 01	C	291	291	291
	Pav 02	C	291	291	291		Pav 02	C	291	291	291
	Pav 03	C	291	291	291		Pav 03	C	291	291	291
Agosto	Pav Terreo	C	410	410	410	Agosto	Pav Terreo	C	410	410	410
	Pav 01	C	410	410	410		Pav 01	C	410	410	410
	Pav 02	C	410	410	410		Pav 02	C	410	410	410
	Pav 03	C	410	410	410		Pav 03	C	410	410	410
Setembro	Pav Terreo	C	508	508	508	Setembro	Pav Terreo	C	508	508	508
	Pav 01	C	508	508	508		Pav 01	C	508	508	508
	Pav 02	C	508	508	508		Pav 02	C	508	508	508
	Pav 03	C	508	508	508		Pav 03	C	508	508	508
Outubro	Pav Terreo	C	583	583	583	Outubro	Pav Terreo	C	583	583	583
	Pav 01	C	583	583	583		Pav 01	C	583	583	583
	Pav 02	C	583	583	583		Pav 02	C	583	583	583
	Pav 03	C	583	583	583		Pav 03	C	583	583	583
Novembro	Pav Terreo	C	606	606	606	Novembro	Pav Terreo	C	606	606	606
	Pav 01	C	606	606	606		Pav 01	C	606	606	606
	Pav 02	C	606	606	606		Pav 02	C	606	606	606
	Pav 03	C	606	606	606		Pav 03	C	606	606	606
Dezembro	Pav Terreo	C	606	606	606	Dezembro	Pav Terreo	C	606	606	606
	Pav 01	C	606	606	606		Pav 01	C	606	606	606
	Pav 02	C	606	606	606		Pav 02	C	606	606	606
	Pav 03	C	606	606	606		Pav 03	C	606	606	606

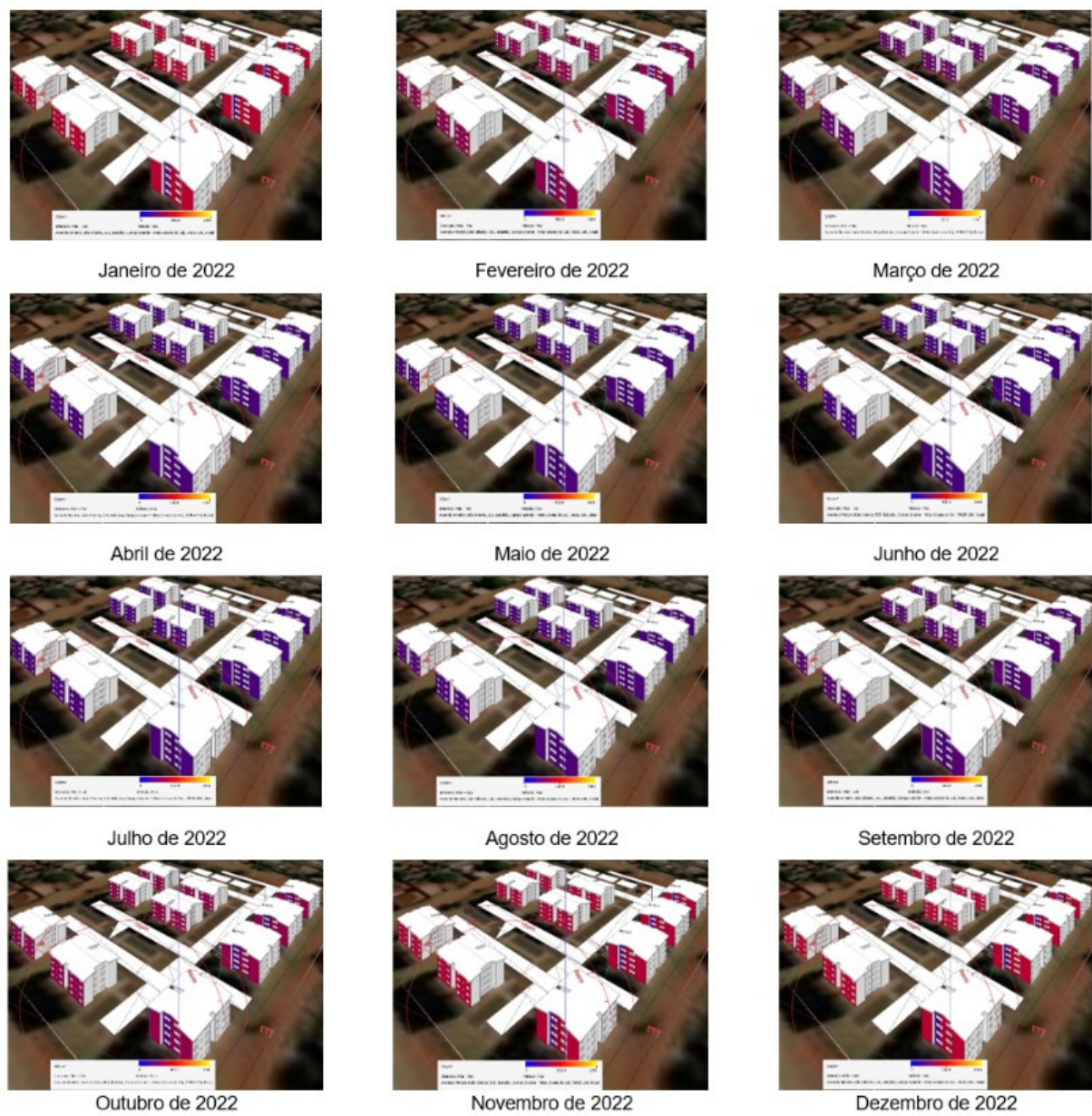
Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.10. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro LESTE Blocos 9-10

		Face		Bloco 9 (Wh/m²)				Média (Wh/m²)			Face		Bloco 10 (Wh/m²)				Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	B	638	638	638	638	638	638	Janeiro	Pav Terreo	B	617	590	590	590	597	597
	Pav 01	B	638	638	638	638	638			Pav 01	B	590	590	590	590	590	
	Pav 02	B	638	638	638	638	638			Pav 02	B	638	638	638	638	638	
	Pav 03	B	638	638	638	638	638			Pav 03	B	638	638	638	638	638	
Fevereiro	Pav Terreo	B	605	605	605	605	605	605	Fevereiro	Pav Terreo	B	605	561	561	561	572	572
	Pav 01	B	605	605	605	605	605			Pav 01	B	561	561	561	561	561	
	Pav 02	B	605	605	605	605	605			Pav 02	B	605	605	605	605	605	
	Pav 03	B	605	605	605	605	605			Pav 03	B	605	605	605	605	605	
Março	Pav Terreo	B	544	544	544	544	544	544	Março	Pav Terreo	B	544	482	469	469	491	491
	Pav 01	B	544	544	544	544	544			Pav 01	B	544	482	469	482	494	
	Pav 02	B	544	544	544	544	544			Pav 02	B	544	544	544	544	544	
	Pav 03	B	544	544	544	544	544			Pav 03	B	544	544	544	544	544	
Abril	Pav Terreo	B	497	497	497	497	497	497	Abril	Pav Terreo	B	497	497	450	450	474	474
	Pav 01	B	497	497	497	497	497			Pav 01	B	497	497	463	463	480	
	Pav 02	B	497	497	497	497	497			Pav 02	B	497	497	497	497	497	
	Pav 03	B	497	497	497	497	497			Pav 03	B	497	497	497	497	497	
Maio	Pav Terreo	B	392	392	392	392	392	392	Maio	Pav Terreo	B	392	392	392	324	375	375
	Pav 01	B	392	392	392	392	392			Pav 01	B	392	392	392	392	392	
	Pav 02	B	392	392	392	392	392			Pav 02	B	392	392	392	392	392	
	Pav 03	B	392	392	392	392	392			Pav 03	B	392	392	392	392	392	
Junho	Pav Terreo	B	296	296	296	296	296	296	Junho	Pav Terreo	B	296	296	296	296	296	296
	Pav 01	B	296	296	296	296	296			Pav 01	B	296	296	296	296	296	
	Pav 02	B	296	296	296	296	296			Pav 02	B	296	296	296	296	296	
	Pav 03	B	296	296	296	296	296			Pav 03	B	296	296	296	296	296	
Julho	Pav Terreo	B	291	291	291	291	291	291	Julho	Pav Terreo	B	291	291	291	291	291	291
	Pav 01	B	291	291	291	291	291			Pav 01	B	291	291	291	291	291	
	Pav 02	B	291	291	291	291	291			Pav 02	B	291	291	291	291	291	
	Pav 03	B	291	291	291	291	291			Pav 03	B	291	291	291	291	291	
Agosto	Pav Terreo	B	410	410	410	410	410	410	Agosto	Pav Terreo	B	410	410	410	410	410	410
	Pav 01	B	410	410	410	410	410			Pav 01	B	410	410	410	410	410	
	Pav 02	B	410	410	410	410	410			Pav 02	B	410	410	410	410	410	
	Pav 03	B	410	410	410	410	410			Pav 03	B	410	410	410	410	410	
Setembro	Pav Terreo	B	508	508	508	508	508	508	Setembro	Pav Terreo	B	508	508	449	449	479	479
	Pav 01	B	508	508	508	508	508			Pav 01	B	508	508	482	508	502	
	Pav 02	B	508	508	508	508	508			Pav 02	B	508	508	508	508	508	
	Pav 03	B	508	508	508	508	508			Pav 03	B	508	508	508	508	508	
Outubro	Pav Terreo	B	583	583	583	583	583	583	Outubro	Pav Terreo	B	566	523	485	485	515	515
	Pav 01	B	583	583	583	583	583			Pav 01	B	583	583	583	583	583	
	Pav 02	B	583	583	583	583	583			Pav 02	B	583	583	583	583	583	
	Pav 03	B	583	583	583	583	583			Pav 03	B	583	583	583	583	583	
Novembro	Pav Terreo	B	606	606	606	606	606	606	Novembro	Pav Terreo	B	584	490	490	490	514	514
	Pav 01	B	606	606	606	606	606			Pav 01	B	606	606	606	606	606	
	Pav 02	B	606	606	606	606	606			Pav 02	B	606	606	606	606	606	
	Pav 03	B	606	606	606	606	606			Pav 03	B	606	606	606	606	606	
Dezembro	Pav Terreo	B	606	606	606	606	606	606	Dezembro	Pav Terreo	B	501	501	501	501	501	501
	Pav 01	B	606	606	606	606	606			Pav 01	B	606	606	606	606	606	
	Pav 02	B	606	606	606	606	606			Pav 02	B	606	606	606	606	606	
	Pav 03	B	606	606	606	606	606			Pav 03	B	606	606	606	606	606	

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Figura A.3. Projeção de Simulação dos picos máximos de Irradiação Solar em fachadas SUL



Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.11. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro SUL Blocos 1-2

											
		FACE	Bloco 1 (Wh/m ²)		Média (Wh/m ²)			FACE	Bloco 2 (Wh/m ²)		Média (Wh/m ²)
Janeiro	Pav Terreo	C	330	330	330	Janeiro	Pav Terreo	C	330	330	330
	Pav 01	C	330	330	330		Pav 01	C	330	330	330
	Pav 02	C	330	330	330		Pav 02	C	330	330	330
	Pav 03	C	330	330	330		Pav 03	C	330	330	330
Fevereiro	Pav Terreo	C	221	221	221	Fevereiro	Pav Terreo	C	221	221	221
	Pav 01	C	221	221	221		Pav 01	C	221	221	221
	Pav 02	C	221	221	221		Pav 02	C	221	221	221
	Pav 03	C	221	221	221		Pav 03	C	221	221	221
Março	Pav Terreo	C	117	117	117	Março	Pav Terreo	C	117	117	117
	Pav 01	C	117	117	117		Pav 01	C	117	117	117
	Pav 02	C	117	117	117		Pav 02	C	117	117	117
	Pav 03	C	115	115	115		Pav 03	C	115	115	115
Abril	Pav Terreo	C	39	39	39	Abril	Pav Terreo	C	39	39	39
	Pav 01	C	41	41	41		Pav 01	C	41	41	41
	Pav 02	C	43	43	43		Pav 02	C	43	43	43
	Pav 03	C	48	48	48		Pav 03	C	48	48	48
Maio	Pav Terreo	C	37	37	37	Maio	Pav Terreo	C	37	37	37
	Pav 01	C	39	39	39		Pav 01	C	39	39	39
	Pav 02	C	41	41	41		Pav 02	C	41	41	41
	Pav 03	C	46	46	46		Pav 03	C	46	46	46
Junho	Pav Terreo	C	29	29	29	Junho	Pav Terreo	C	29	29	29
	Pav 01	C	30	30	30		Pav 01	C	30	30	30
	Pav 02	C	33	33	33		Pav 02	C	33	33	33
	Pav 03	C	37	37	37		Pav 03	C	37	37	37
Julho	Pav Terreo	C	35	35	35	Julho	Pav Terreo	C	35	35	35
	Pav 01	C	37	37	37		Pav 01	C	37	37	37
	Pav 02	C	40	40	40		Pav 02	C	40	40	40
	Pav 03	C	45	45	45		Pav 03	C	45	45	45
Agosto	Pav Terreo	C	42	42	42	Agosto	Pav Terreo	C	42	42	42
	Pav 01	C	44	44	44		Pav 01	C	44	44	44
	Pav 02	C	47	47	47		Pav 02	C	47	47	47
	Pav 03	C	52	52	52		Pav 03	C	52	52	52
Setembro	Pav Terreo	C	91	91	91	Setembro	Pav Terreo	C	91	91	91
	Pav 01	C	91	91	91		Pav 01	C	91	91	91
	Pav 02	C	91	91	91		Pav 02	C	91	91	91
	Pav 03	C	91	91	91		Pav 03	C	91	91	91
Outubro	Pav Terreo	C	230	230	230	Outubro	Pav Terreo	C	230	230	230
	Pav 01	C	230	230	230		Pav 01	C	230	230	230
	Pav 02	C	230	230	230		Pav 02	C	230	230	230
	Pav 03	C	230	230	230		Pav 03	C	230	230	230
Novembro	Pav Terreo	C	312	312	312	Novembro	Pav Terreo	C	312	312	312
	Pav 01	C	312	312	312		Pav 01	C	312	312	312
	Pav 02	C	312	312	312		Pav 02	C	312	312	312
	Pav 03	C	312	312	312		Pav 03	C	312	312	312
Dezembro	Pav Terreo	C	326	326	326	Dezembro	Pav Terreo	C	326	326	326
	Pav 01	C	326	326	326		Pav 01	C	326	326	326
	Pav 02	C	326	326	326		Pav 02	C	326	326	326
	Pav 03	C	326	326	326		Pav 03	C	326	326	326

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.12. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro SUL Blocos 3-4

 FACE Bloco 3 Média (Wh/m²) (Wh/m²)						 FACE Bloco 4 Média (Wh/m²) (Wh/m²)					
Janeiro	Pav Terreo	A	330	330	330	Janeiro	Pav Terreo	A	330	330	330
	Pav 01	A	330	330	330		Pav 01	A	330	330	330
	Pav 02	A	330	330	330		Pav 02	A	330	330	330
	Pav 03	A	330	330	330		Pav 03	A	330	330	330
Fevereiro	Pav Terreo	A	221	221	221	Fevereiro	Pav Terreo	A	221	221	221
	Pav 01	A	221	221	221		Pav 01	A	221	221	221
	Pav 02	A	221	221	221		Pav 02	A	221	221	221
	Pav 03	A	221	221	221		Pav 03	A	221	221	221
Março	Pav Terreo	A	117	117	117	Março	Pav Terreo	A	117	117	117
	Pav 01	A	117	117	117		Pav 01	A	117	117	117
	Pav 02	A	117	117	117		Pav 02	A	117	117	117
	Pav 03	A	115	115	115		Pav 03	A	115	115	115
Abril	Pav Terreo	A	59	59	59	Abril	Pav Terreo	A	59	59	59
	Pav 01	A	59	59	59		Pav 01	A	59	59	59
	Pav 02	A	59	59	59		Pav 02	A	59	59	59
	Pav 03	A	58	58	58		Pav 03	A	58	58	58
Maio	Pav Terreo	A	57	57	57	Maio	Pav Terreo	A	57	57	57
	Pav 01	A	57	57	57		Pav 01	A	57	57	57
	Pav 02	A	57	57	57		Pav 02	A	57	57	57
	Pav 03	A	56	56	56		Pav 03	A	56	56	56
Junho	Pav Terreo	A	46	46	46	Junho	Pav Terreo	A	46	46	46
	Pav 01	A	46	46	46		Pav 01	A	46	46	46
	Pav 02	A	46	46	46		Pav 02	A	46	46	46
	Pav 03	A	46	46	46		Pav 03	A	46	46	46
Julho	Pav Terreo	A	56	56	56	Julho	Pav Terreo	A	56	56	56
	Pav 01	A	56	56	56		Pav 01	A	56	56	56
	Pav 02	A	56	56	56		Pav 02	A	56	56	56
	Pav 03	A	55	55	55		Pav 03	A	55	55	55
Agosto	Pav Terreo	A	64	64	64	Agosto	Pav Terreo	A	64	64	64
	Pav 01	A	64	64	64		Pav 01	A	64	64	64
	Pav 02	A	64	64	64		Pav 02	A	64	64	64
	Pav 03	A	63	63	63		Pav 03	A	63	63	63
Setembro	Pav Terreo	A	91	91	91	Setembro	Pav Terreo	A	91	91	91
	Pav 01	A	91	91	91		Pav 01	A	91	91	91
	Pav 02	A	91	91	91		Pav 02	A	91	91	91
	Pav 03	A	91	91	91		Pav 03	A	91	91	91
Outubro	Pav Terreo	A	230	230	230	Outubro	Pav Terreo	A	230	230	230
	Pav 01	A	230	230	230		Pav 01	A	230	230	230
	Pav 02	A	230	230	230		Pav 02	A	230	230	230
	Pav 03	A	230	230	230		Pav 03	A	230	230	230
Novembro	Pav Terreo	A	312	312	312	Novembro	Pav Terreo	A	312	312	312
	Pav 01	A	312	312	312		Pav 01	A	312	312	312
	Pav 02	A	312	312	312		Pav 02	A	312	312	312
	Pav 03	A	312	312	312		Pav 03	A	312	312	312
Dezembro	Pav Terreo	A	326	326	326	Dezembro	Pav Terreo	A	326	326	326
	Pav 01	A	326	326	326		Pav 01	A	326	326	326
	Pav 02	A	326	326	326		Pav 02	A	326	326	326
	Pav 03	A	326	326	326		Pav 03	A	326	326	326

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.13. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro SUL Blocos 5-6

		FACE	Bloco 5 (Wh/m²)					Média (Wh/m²)			FACE	Bloco 6 (Wh/m²)					Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	D	330	330	73	330	266		Janeiro	Pav Terreo	D	330	330	73	330	266	
	Pav 01	D	330	330	73	330	266			Pav 01	D	330	330	73	330	266	
	Pav 02	D	330	330	73	330	266			Pav 02	D	330	330	73	330	266	
	Pav 03	D	330	330	73	330	266			Pav 03	D	330	330	73	330	266	
Fevereiro	Pav Terreo	D	221	221	102	221	191		Fevereiro	Pav Terreo	D	221	221	102	221	191	
	Pav 01	D	221	221	102	221	191			Pav 01	D	221	221	102	221	191	
	Pav 02	D	221	221	102	221	191			Pav 02	D	221	221	102	221	191	
	Pav 03	D	221	221	102	221	191			Pav 03	D	221	221	102	221	191	
Março	Pav Terreo	D	117	117	61	117	103		Março	Pav Terreo	D	117	117	61	117	103	
	Pav 01	D	117	117	61	117	103			Pav 01	D	117	117	61	117	103	
	Pav 02	D	117	117	61	117	103			Pav 02	D	117	117	61	117	103	
	Pav 03	D	117	117	61	115	103			Pav 03	D	117	117	61	115	103	
Abril	Pav Terreo	D	58	58	55	58	57		Abril	Pav Terreo	D	58	58	55	58	57	
	Pav 01	D	58	58	55	58	57			Pav 01	D	58	58	55	58	57	
	Pav 02	D	58	58	55	58	57			Pav 02	D	58	58	55	58	57	
	Pav 03	D	58	58	55	58	57			Pav 03	D	58	58	55	58	57	
Maio	Pav Terreo	D	56	53	53	56	55		Maio	Pav Terreo	D	56	53	53	56	55	
	Pav 01	D	56	53	53	56	55			Pav 01	D	56	53	53	56	55	
	Pav 02	D	56	53	53	56	55			Pav 02	D	56	53	53	56	55	
	Pav 03	D	56	53	53	56	55			Pav 03	D	56	53	53	56	55	
Junho	Pav Terreo	D	56	43	43	56	50		Junho	Pav Terreo	D	56	43	43	56	50	
	Pav 01	D	56	43	43	56	50			Pav 01	D	56	43	43	56	50	
	Pav 02	D	56	43	43	56	50			Pav 02	D	56	43	43	56	50	
	Pav 03	D	56	43	43	56	50			Pav 03	D	56	43	43	56	50	
Julho	Pav Terreo	D	46	43	43	46	45		Julho	Pav Terreo	D	46	43	43	46	45	
	Pav 01	D	46	43	43	46	45			Pav 01	D	46	43	43	46	45	
	Pav 02	D	46	43	43	46	45			Pav 02	D	46	43	43	46	45	
	Pav 03	D	46	43	43	46	45			Pav 03	D	46	43	43	46	45	
Agosto	Pav Terreo	D	55	53	53	55	54		Agosto	Pav Terreo	D	55	53	53	55	54	
	Pav 01	D	55	53	53	55	54			Pav 01	D	55	53	53	55	54	
	Pav 02	D	55	53	53	55	54			Pav 02	D	55	53	53	55	54	
	Pav 03	D	55	53	53	55	54			Pav 03	D	55	53	53	55	54	
Setembro	Pav Terreo	D	63	61	59	63	62		Setembro	Pav Terreo	D	63	61	59	63	62	
	Pav 01	D	63	61	59	63	62			Pav 01	D	63	61	59	63	62	
	Pav 02	D	63	61	59	63	62			Pav 02	D	63	61	59	63	62	
	Pav 03	D	63	61	59	63	62			Pav 03	D	63	61	59	63	62	
Outubro	Pav Terreo	D	230	230	65	230	189		Outubro	Pav Terreo	D	230	230	65	230	189	
	Pav 01	D	230	230	65	230	189			Pav 01	D	230	230	65	230	189	
	Pav 02	D	230	230	65	230	189			Pav 02	D	230	230	65	230	189	
	Pav 03	D	230	230	65	230	189			Pav 03	D	230	230	65	230	189	
Novembro	Pav Terreo	D	312	312	65	312	250		Novembro	Pav Terreo	D	312	312	65	312	250	
	Pav 01	D	312	312	65	312	250			Pav 01	D	312	312	65	312	250	
	Pav 02	D	312	312	65	312	250			Pav 02	D	312	312	65	312	250	
	Pav 03	D	312	312	65	312	250			Pav 03	D	312	312	65	312	250	
Dezembro	Pav Terreo	D	326	326	148	326	282		Dezembro	Pav Terreo	D	326	326	148	326	282	
	Pav 01	D	326	326	180	326	290			Pav 01	D	326	326	180	326	290	
	Pav 02	D	326	326	180	326	290			Pav 02	D	326	326	180	326	290	
	Pav 03	D	326	326	136	326	279			Pav 03	D	326	326	136	326	279	

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.14. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro SUL Blocos 7-8

																	
		FACE	Bloco 7 (Wh/m²)					Média (Wh/m²)			FACE	Bloco 8 (Wh/m²)					Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	D	330	330	73	330	266		Janeiro	Pav Terreo	D	330	330	73	330	266	
	Pav 01	D	330	330	73	330	266			Pav 01	D	330	330	73	330	266	
	Pav 02	D	330	330	73	330	266			Pav 02	D	330	330	73	330	266	
	Pav 03	D	330	330	73	330	266			Pav 03	D	330	330	73	330	266	
Fevereiro	Pav Terreo	D	221	221	102	221	191		Fevereiro	Pav Terreo	D	221	221	102	221	191	
	Pav 01	D	221	221	102	221	191			Pav 01	D	221	221	102	221	191	
	Pav 02	D	221	221	102	221	191			Pav 02	D	221	221	102	221	191	
	Pav 03	D	221	221	102	221	191			Pav 03	D	221	221	102	221	191	
Março	Pav Terreo	D	117	117	61	117	103		Março	Pav Terreo	D	117	117	61	117	103	
	Pav 01	D	117	117	61	117	103			Pav 01	D	117	117	61	117	103	
	Pav 02	D	117	117	61	117	103			Pav 02	D	117	117	61	117	103	
	Pav 03	D	117	117	61	115	103			Pav 03	D	117	117	61	115	103	
Abril	Pav Terreo	D	58	58	55	58	57		Abril	Pav Terreo	D	58	58	55	58	57	
	Pav 01	D	58	58	55	58	57			Pav 01	D	58	58	55	58	57	
	Pav 02	D	58	58	55	58	57			Pav 02	D	58	58	55	58	57	
	Pav 03	D	58	58	55	58	57			Pav 03	D	58	58	55	58	57	
Maio	Pav Terreo	D	56	53	53	56	55		Maio	Pav Terreo	D	56	53	53	56	55	
	Pav 01	D	56	53	53	56	55			Pav 01	D	56	53	53	56	55	
	Pav 02	D	56	53	53	56	55			Pav 02	D	56	53	53	56	55	
	Pav 03	D	56	53	53	56	55			Pav 03	D	56	53	53	56	55	
Junho	Pav Terreo	D	56	43	43	56	50		Junho	Pav Terreo	D	56	43	43	56	50	
	Pav 01	D	56	43	43	56	50			Pav 01	D	56	43	43	56	50	
	Pav 02	D	56	43	43	56	50			Pav 02	D	56	43	43	56	50	
	Pav 03	D	56	43	43	56	50			Pav 03	D	56	43	43	56	50	
Julho	Pav Terreo	D	46	43	43	46	45		Julho	Pav Terreo	D	46	43	43	46	45	
	Pav 01	D	46	43	43	46	45			Pav 01	D	46	43	43	46	45	
	Pav 02	D	46	43	43	46	45			Pav 02	D	46	43	43	46	45	
	Pav 03	D	46	43	43	46	45			Pav 03	D	46	43	43	46	45	
Agosto	Pav Terreo	D	55	53	53	55	54		Agosto	Pav Terreo	D	55	53	53	55	54	
	Pav 01	D	55	53	53	55	54			Pav 01	D	55	53	53	55	54	
	Pav 02	D	55	53	53	55	54			Pav 02	D	55	53	53	55	54	
	Pav 03	D	55	53	53	55	54			Pav 03	D	55	53	53	55	54	
Setembro	Pav Terreo	D	63	61	59	63	62		Setembro	Pav Terreo	D	63	61	59	63	62	
	Pav 01	D	63	61	59	63	62			Pav 01	D	63	61	59	63	62	
	Pav 02	D	63	61	59	63	62			Pav 02	D	63	61	59	63	62	
	Pav 03	D	63	61	59	63	62			Pav 03	D	63	61	59	63	62	
Outubro	Pav Terreo	D	230	230	65	230	189		Outubro	Pav Terreo	D	230	230	65	230	189	
	Pav 01	D	230	230	65	230	189			Pav 01	D	230	230	65	230	189	
	Pav 02	D	230	230	65	230	189			Pav 02	D	230	230	65	230	189	
	Pav 03	D	230	230	65	230	189			Pav 03	D	230	230	65	230	189	
Novembro	Pav Terreo	D	312	312	65	312	250		Novembro	Pav Terreo	D	312	312	65	312	250	
	Pav 01	D	312	312	65	312	250			Pav 01	D	312	312	65	312	250	
	Pav 02	D	312	312	65	312	250			Pav 02	D	312	312	65	312	250	
	Pav 03	D	312	312	65	312	250			Pav 03	D	312	312	65	312	250	
Dezembro	Pav Terreo	D	326	326	148	326	282		Dezembro	Pav Terreo	D	326	326	148	326	282	
	Pav 01	D	326	326	180	326	290			Pav 01	D	326	326	180	326	290	
	Pav 02	D	326	326	180	326	290			Pav 02	D	326	326	180	326	290	
	Pav 03	D	326	326	136	326	279			Pav 03	D	326	326	136	326	279	

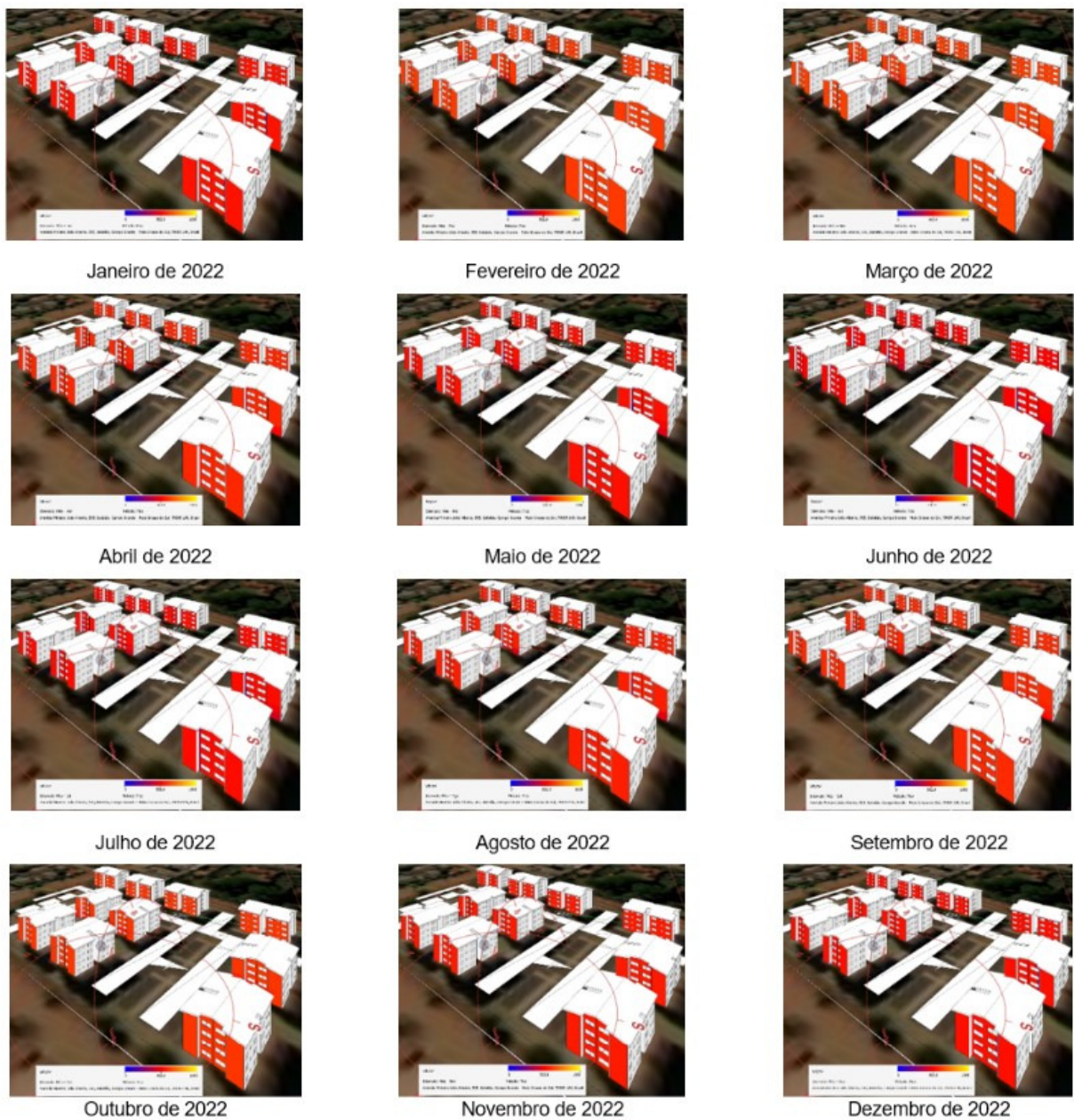
Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.15. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro SUL Blocos 9-10

 FACE Bloco 9 Média (Wh/m²) (Wh/m²)						 FACE Bloco 10 Média (Wh/m²) (Wh/m²)					
Janeiro	Pav Terreo	C	330	330	330	Janeiro	Pav Terreo	C	330	330	330
	Pav 01	C	330	330	330		Pav 01	C	330	330	330
	Pav 02	C	330	330	330		Pav 02	C	330	330	330
	Pav 03	C	330	330	330		Pav 03	C	330	330	330
Fevereiro	Pav Terreo	C	221	221	221	Fevereiro	Pav Terreo	C	221	221	221
	Pav 01	C	221	221	221		Pav 01	C	221	221	221
	Pav 02	C	221	221	221		Pav 02	C	221	221	221
	Pav 03	C	221	221	221		Pav 03	C	221	221	221
Março	Pav Terreo	C	117	117	117	Março	Pav Terreo	C	117	117	117
	Pav 01	C	117	117	117		Pav 01	C	117	117	117
	Pav 02	C	117	117	117		Pav 02	C	117	117	117
	Pav 03	C	115	115	115		Pav 03	C	115	115	115
Abril	Pav Terreo	C	59	59	59	Abril	Pav Terreo	C	59	59	59
	Pav 01	C	59	59	59		Pav 01	C	59	59	59
	Pav 02	C	59	59	59		Pav 02	C	59	59	59
	Pav 03	C	58	58	58		Pav 03	C	58	58	58
Maio	Pav Terreo	C	57	57	57	Maio	Pav Terreo	C	57	57	57
	Pav 01	C	57	57	57		Pav 01	C	57	57	57
	Pav 02	C	57	57	57		Pav 02	C	57	57	57
	Pav 03	C	56	56	56		Pav 03	C	56	56	56
Junho	Pav Terreo	C	46	46	46	Junho	Pav Terreo	C	46	46	46
	Pav 01	C	46	46	46		Pav 01	C	46	46	46
	Pav 02	C	46	46	46		Pav 02	C	46	46	46
	Pav 03	C	46	46	46		Pav 03	C	46	46	46
Julho	Pav Terreo	C	56	56	56	Julho	Pav Terreo	C	56	56	56
	Pav 01	C	56	56	56		Pav 01	C	56	56	56
	Pav 02	C	56	56	56		Pav 02	C	56	56	56
	Pav 03	C	55	55	55		Pav 03	C	55	55	55
Agosto	Pav Terreo	C	64	64	64	Agosto	Pav Terreo	C	64	64	64
	Pav 01	C	64	64	64		Pav 01	C	64	64	64
	Pav 02	C	64	64	64		Pav 02	C	64	64	64
	Pav 03	C	63	63	63		Pav 03	C	63	63	63
Setembro	Pav Terreo	C	91	91	91	Setembro	Pav Terreo	C	91	91	91
	Pav 01	C	91	91	91		Pav 01	C	91	91	91
	Pav 02	C	91	91	91		Pav 02	C	91	91	91
	Pav 03	C	91	91	91		Pav 03	C	91	91	91
Outubro	Pav Terreo	C	230	230	230	Outubro	Pav Terreo	C	230	230	230
	Pav 01	C	230	230	230		Pav 01	C	230	230	230
	Pav 02	C	230	230	230		Pav 02	C	230	230	230
	Pav 03	C	230	230	230		Pav 03	C	230	230	230
Novembro	Pav Terreo	C	312	312	312	Novembro	Pav Terreo	C	312	312	312
	Pav 01	C	312	312	312		Pav 01	C	312	312	312
	Pav 02	C	312	312	312		Pav 02	C	312	312	312
	Pav 03	C	312	312	312		Pav 03	C	312	312	312
Dezembro	Pav Terreo	C	326	326	326	Dezembro	Pav Terreo	C	326	326	326
	Pav 01	C	326	326	326		Pav 01	C	326	326	326
	Pav 02	C	326	326	326		Pav 02	C	326	326	326
	Pav 03	C	326	326	326		Pav 03	C	326	326	326

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Figura A.4. Projeção de Simulação dos picos máximos de Irradiação Solar em fachadas OESTE



Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.16. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro OESTE Blocos 1-2

		FACE		Bloco 1 (Wh/m²)							FACE		Bloco 2 (Wh/m²)					Média (Wh/m²)	
Janeiro	Pav Terreo	D	540	540	540	540	540	540	Janeiro	Pav Terreo	D	540	538	538	538	539			
	Pav 01	D	540	540	540	540	540	540		Pav 01	D	540	538	538	540	539			
	Pav 02	D	540	540	540	540	540	540		Pav 02	D	540	540	540	540	540			
	Pav 03	D	540	540	540	540	540	540		Pav 03	D	540	540	540	540	540			
Fevereiro	Pav Terreo	D	615	615	615	615	615	615	Fevereiro	Pav Terreo	D	606	615	615	615	615	538		
	Pav 01	D	615	615	615	615	615	615		Pav 01	D	615	615	615	615	615	615		
	Pav 02	D	615	615	615	615	615	615		Pav 02	D	615	615	615	615	615	615		
	Pav 03	D	615	615	615	615	615	615		Pav 03	D	615	615	615	615	615	615		
Março	Pav Terreo	D	624	624	624	624	624	624	Março	Pav Terreo	D	573	569	569	569	570			
	Pav 01	D	624	624	624	624	624	624		Pav 01	D	600	600	600	600	600			
	Pav 02	D	624	624	624	624	624	624		Pav 02	D	624	624	624	624	624			
	Pav 03	D	624	624	624	624	624	624		Pav 03	D	624	624	624	624	624			
Abril	Pav Terreo	D	579	579	579	579	579	579	Abril	Pav Terreo	D	513	513	518	579	531			
	Pav 01	D	579	579	579	579	579	579		Pav 01	D	579	579	579	579	579			
	Pav 02	D	579	579	579	579	579	579		Pav 02	D	579	579	579	579	579			
	Pav 03	D	579	579	579	579	579	579		Pav 03	D	579	579	579	579	579			
Maio	Pav Terreo	D	533	533	533	533	533	533	Maio	Pav Terreo	D	430	430	533	533	482			
	Pav 01	D	533	533	533	533	533	533		Pav 01	D	502	502	533	533	518			
	Pav 02	D	533	533	533	533	533	533		Pav 02	D	533	533	533	533	533			
	Pav 03	D	533	533	533	533	533	533		Pav 03	D	533	533	533	533	533			
Junho	Pav Terreo	D	509	509	509	509	509	509	Junho	Pav Terreo	D	387	449	509	509	464			
	Pav 01	D	509	509	509	509	509	509		Pav 01	D	420	449	509	509	472			
	Pav 02	D	509	509	509	509	509	509		Pav 02	D	509	509	509	509	509			
	Pav 03	D	509	509	509	509	509	509		Pav 03	D	509	509	509	509	509			
Julho	Pav Terreo	D	525	525	525	525	525	525	Julho	Pav Terreo	D	388	460	525	525	475			
	Pav 01	D	525	525	525	525	525	525		Pav 01	D	480	480	525	525	503			
	Pav 02	D	525	525	525	525	525	525		Pav 02	D	525	525	525	525	525			
	Pav 03	D	525	525	525	525	525	525		Pav 03	D	525	525	525	525	525			
Agosto	Pav Terreo	D	562	562	562	562	562	562	Agosto	Pav Terreo	D	433	433	512	562	485			
	Pav 01	D	562	562	562	562	562	562		Pav 01	D	562	562	562	562	562			
	Pav 02	D	562	562	562	562	562	562		Pav 02	D	562	562	562	562	562			
	Pav 03	D	562	562	562	562	562	562		Pav 03	D	562	562	562	562	562			
Setembro	Pav Terreo	D	585	585	585	585	585	585	Setembro	Pav Terreo	D	541	541	541	565	547			
	Pav 01	D	585	585	585	585	585	585		Pav 01	D	565	565	565	565	565			
	Pav 02	D	585	585	585	585	585	585		Pav 02	D	585	585	585	585	585			
	Pav 03	D	585	585	585	585	585	585		Pav 03	D	585	585	585	585	585			
Outubro	Pav Terreo	D	607	607	607	607	607	607	Outubro	Pav Terreo	D	607	564	564	564	575			
	Pav 01	D	607	607	607	607	607	607		Pav 01	D	585	564	564	564	569			
	Pav 02	D	607	607	607	607	607	607		Pav 02	D	607	607	607	607	607			
	Pav 03	D	607	607	607	607	607	607		Pav 03	D	607	607	607	607	607			
Novembro	Pav Terreo	D	553	553	553	553	553	553	Novembro	Pav Terreo	D	553	520	520	520	528			
	Pav 01	D	553	553	553	553	553	553		Pav 01	D	553	553	553	553	553			
	Pav 02	D	553	553	553	553	553	553		Pav 02	D	553	553	553	553	553			
	Pav 03	D	553	553	553	553	553	553		Pav 03	D	553	553	553	553	553			
Dezembro	Pav Terreo	D	532	532	532	532	532	532	Dezembro	Pav Terreo	D	532	532	514	532	528			
	Pav 01	D	532	532	532	532	532	532		Pav 01	D	532	532	532	532	532			
	Pav 02	D	532	532	532	532	532	532		Pav 02	D	532	532	532	532	532			
	Pav 03	D	532	532	532	532	532	532		Pav 03	D	532	532	532	532	532			

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.17. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro OESTE Blocos 3-4

		FACE		Bloco 3 (Wh/m²)				Média (Wh/m²)			FACE		Bloco 4 (Wh/m²)				Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	B	540	540	540	540	540	540	Janeiro	Pav Terreo	B	540	538	538	538	539	539
	Pav 01	B	540	540	540	540	540	540		Pav 01	B	540	538	538	538	539	539
	Pav 02	B	540	540	540	540	540	540		Pav 02	B	540	540	540	540	540	540
	Pav 03	B	540	540	540	540	540	540		Pav 03	B	540	540	540	540	540	540
Fevereiro	Pav Terreo	B	615	615	615	615	615	615	Fevereiro	Pav Terreo	B	606	615	615	615	615	615
	Pav 01	B	615	615	615	615	615	615		Pav 01	B	615	615	615	615	615	615
	Pav 02	B	615	615	615	615	615	615		Pav 02	B	615	615	615	615	615	615
	Pav 03	B	615	615	615	615	615	615		Pav 03	B	615	615	615	615	615	615
Março	Pav Terreo	B	624	624	624	624	624	624	Março	Pav Terreo	B	573	569	569	569	570	570
	Pav 01	B	624	624	624	624	624	624		Pav 01	B	600	600	600	600	600	600
	Pav 02	B	624	624	624	624	624	624		Pav 02	B	624	624	624	624	624	624
	Pav 03	B	624	624	624	624	624	624		Pav 03	B	624	624	624	624	624	624
Abril	Pav Terreo	B	579	579	579	579	579	579	Abril	Pav Terreo	B	513	513	518	579	531	531
	Pav 01	B	579	579	579	579	579	579		Pav 01	B	579	579	579	579	579	579
	Pav 02	B	579	579	579	579	579	579		Pav 02	B	579	579	579	579	579	579
	Pav 03	B	579	579	579	579	579	579		Pav 03	B	579	579	579	579	579	579
Maio	Pav Terreo	B	533	533	533	533	533	533	Maio	Pav Terreo	B	430	430	533	533	482	482
	Pav 01	B	533	533	533	533	533	533		Pav 01	B	502	502	533	533	518	518
	Pav 02	B	533	533	533	533	533	533		Pav 02	B	533	533	533	533	533	533
	Pav 03	B	533	533	533	533	533	533		Pav 03	B	533	533	533	533	533	533
Junho	Pav Terreo	B	509	509	509	509	509	509	Junho	Pav Terreo	B	387	449	509	509	464	464
	Pav 01	B	509	509	509	509	509	509		Pav 01	B	420	449	509	509	472	472
	Pav 02	B	509	509	509	509	509	509		Pav 02	B	509	509	509	509	509	509
	Pav 03	B	509	509	509	509	509	509		Pav 03	B	509	509	509	509	509	509
Julho	Pav Terreo	B	525	525	525	525	525	525	Julho	Pav Terreo	B	388	460	525	525	475	475
	Pav 01	B	525	525	525	525	525	525		Pav 01	B	480	480	525	525	503	503
	Pav 02	B	525	525	525	525	525	525		Pav 02	B	525	525	525	525	525	525
	Pav 03	B	525	525	525	525	525	525		Pav 03	B	525	525	525	525	525	525
Agosto	Pav Terreo	B	562	562	562	562	562	562	Agosto	Pav Terreo	B	433	433	512	562	485	485
	Pav 01	B	562	562	562	562	562	562		Pav 01	B	562	562	562	562	562	562
	Pav 02	B	562	562	562	562	562	562		Pav 02	B	562	562	562	562	562	562
	Pav 03	B	562	562	562	562	562	562		Pav 03	B	562	562	562	562	562	562
Setembro	Pav Terreo	B	585	585	585	585	585	585	Setembro	Pav Terreo	B	541	541	541	565	547	547
	Pav 01	B	585	585	585	585	585	585		Pav 01	B	565	565	565	565	565	565
	Pav 02	B	585	585	585	585	585	585		Pav 02	B	585	585	585	585	585	585
	Pav 03	B	585	585	585	585	585	585		Pav 03	B	585	585	585	585	585	585
Outubro	Pav Terreo	B	607	607	607	607	607	607	Outubro	Pav Terreo	B	607	564	564	564	575	575
	Pav 01	B	607	607	607	607	607	607		Pav 01	B	585	564	564	564	569	569
	Pav 02	B	607	607	607	607	607	607		Pav 02	B	607	607	607	607	607	607
	Pav 03	B	607	607	607	607	607	607		Pav 03	B	607	607	607	607	607	607
Novembro	Pav Terreo	B	553	553	553	553	553	553	Novembro	Pav Terreo	B	553	520	520	520	528	528
	Pav 01	B	553	553	553	553	553	553		Pav 01	B	553	553	553	553	553	553
	Pav 02	B	553	553	553	553	553	553		Pav 02	B	553	553	553	553	553	553
	Pav 03	B	553	553	553	553	553	553		Pav 03	B	553	553	553	553	553	553
Dezembro	Pav Terreo	B	532	532	532	532	532	532	Dezembro	Pav Terreo	B	532	532	492	525	520	520
	Pav 01	B	532	532	532	532	532	532		Pav 01	B	532	532	532	532	532	532
	Pav 02	B	532	532	532	532	532	532		Pav 02	B	532	532	532	532	532	532
	Pav 03	B	532	532	532	532	532	532		Pav 03	B	532	532	532	532	532	532

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.18. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro OESTE Blocos 5-6

											
		FACE	Bloco 5 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)			FACE	Bloco 6 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	A	540	540	540	Janeiro	Pav Terreo	A	540	540	540
	Pav 01	A	540	540	540		Pav 01	A	540	540	540
	Pav 02	A	540	540	540		Pav 02	A	540	540	540
	Pav 03	A	540	540	540		Pav 03	A	540	540	540
Fevereiro	Pav Terreo	A	615	615	615	Fevereiro	Pav Terreo	A	615	615	615
	Pav 01	A	615	615	615		Pav 01	A	615	615	615
	Pav 02	A	615	615	615		Pav 02	A	615	615	615
	Pav 03	A	615	615	615		Pav 03	A	615	615	615
Março	Pav Terreo	A	624	624	624	Março	Pav Terreo	A	624	624	624
	Pav 01	A	624	624	624		Pav 01	A	624	624	624
	Pav 02	A	624	624	624		Pav 02	A	624	624	624
	Pav 03	A	624	624	624		Pav 03	A	624	624	624
Abril	Pav Terreo	A	579	579	579	Abril	Pav Terreo	A	579	579	579
	Pav 01	A	579	579	579		Pav 01	A	579	579	579
	Pav 02	A	579	579	579		Pav 02	A	579	579	579
	Pav 03	A	579	579	579		Pav 03	A	579	579	579
Maio	Pav Terreo	A	533	533	533	Maio	Pav Terreo	A	533	533	533
	Pav 01	A	533	533	533		Pav 01	A	533	533	533
	Pav 02	A	533	533	533		Pav 02	A	533	533	533
	Pav 03	A	533	533	533		Pav 03	A	533	533	533
Junho	Pav Terreo	A	509	509	509	Junho	Pav Terreo	A	509	509	509
	Pav 01	A	509	509	509		Pav 01	A	509	509	509
	Pav 02	A	509	509	509		Pav 02	A	509	509	509
	Pav 03	A	509	509	509		Pav 03	A	509	509	509
Julho	Pav Terreo	A	525	525	525	Julho	Pav Terreo	A	525	525	525
	Pav 01	A	525	525	525		Pav 01	A	525	525	525
	Pav 02	A	525	525	525		Pav 02	A	525	525	525
	Pav 03	A	525	525	525		Pav 03	A	525	525	525
Agosto	Pav Terreo	A	562	562	562	Agosto	Pav Terreo	A	562	562	562
	Pav 01	A	562	562	562		Pav 01	A	562	562	562
	Pav 02	A	562	562	562		Pav 02	A	562	562	562
	Pav 03	A	562	562	562		Pav 03	A	562	562	562
Setembro	Pav Terreo	A	585	585	585	Setembro	Pav Terreo	A	585	585	585
	Pav 01	A	585	585	585		Pav 01	A	585	585	585
	Pav 02	A	585	585	585		Pav 02	A	585	585	585
	Pav 03	A	585	585	585		Pav 03	A	585	585	585
Outubro	Pav Terreo	A	607	607	607	Outubro	Pav Terreo	A	607	607	607
	Pav 01	A	607	607	607		Pav 01	A	607	607	607
	Pav 02	A	607	607	607		Pav 02	A	607	607	607
	Pav 03	A	607	607	607		Pav 03	A	607	607	607
Novembro	Pav Terreo	A	553	553	553	Novembro	Pav Terreo	A	553	553	553
	Pav 01	A	553	553	553		Pav 01	A	553	553	553
	Pav 02	A	553	553	553		Pav 02	A	553	553	553
	Pav 03	A	553	553	553		Pav 03	A	553	553	553
Dezembro	Pav Terreo	A	532	532	532	Dezembro	Pav Terreo	A	532	532	532
	Pav 01	A	532	532	532		Pav 01	A	532	532	532
	Pav 02	A	532	532	532		Pav 02	A	532	532	532
	Pav 03	A	532	532	532		Pav 03	A	532	532	532

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.19. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro OESTE Blocos 7-8

		FACE	Bloco 7 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)			FACE	Bloco 8 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)
Janeiro	Pav Terreo	A	540	540	540	Janeiro	Pav Terreo	A	540	540	540
	Pav 01	A	540	540	540		Pav 01	A	540	540	540
	Pav 02	A	540	540	540		Pav 02	A	540	540	540
	Pav 03	A	540	540	540		Pav 03	A	540	540	540
Fevereiro	Pav Terreo	A	615	615	615	Fevereiro	Pav Terreo	A	615	615	615
	Pav 01	A	615	615	615		Pav 01	A	615	615	615
	Pav 02	A	615	615	615		Pav 02	A	615	615	615
	Pav 03	A	615	615	615		Pav 03	A	615	615	615
Março	Pav Terreo	A	624	624	624	Março	Pav Terreo	A	624	624	624
	Pav 01	A	624	624	624		Pav 01	A	624	624	624
	Pav 02	A	624	624	624		Pav 02	A	624	624	624
	Pav 03	A	624	624	624		Pav 03	A	624	624	624
Abril	Pav Terreo	A	579	579	579	Abril	Pav Terreo	A	579	579	579
	Pav 01	A	579	579	579		Pav 01	A	579	579	579
	Pav 02	A	579	579	579		Pav 02	A	579	579	579
	Pav 03	A	579	579	579		Pav 03	A	579	579	579
Maio	Pav Terreo	A	533	533	533	Maio	Pav Terreo	A	533	533	533
	Pav 01	A	533	533	533		Pav 01	A	533	533	533
	Pav 02	A	533	533	533		Pav 02	A	533	533	533
	Pav 03	A	533	533	533		Pav 03	A	533	533	533
Junho	Pav Terreo	A	509	509	509	Junho	Pav Terreo	A	509	509	509
	Pav 01	A	509	509	509		Pav 01	A	509	509	509
	Pav 02	A	509	509	509		Pav 02	A	509	509	509
	Pav 03	A	509	509	509		Pav 03	A	509	509	509
Julho	Pav Terreo	A	525	525	525	Julho	Pav Terreo	A	525	525	525
	Pav 01	A	525	525	525		Pav 01	A	525	525	525
	Pav 02	A	525	525	525		Pav 02	A	525	525	525
	Pav 03	A	525	525	525		Pav 03	A	525	525	525
Agosto	Pav Terreo	A	562	562	562	Agosto	Pav Terreo	A	562	562	562
	Pav 01	A	562	562	562		Pav 01	A	562	562	562
	Pav 02	A	562	562	562		Pav 02	A	562	562	562
	Pav 03	A	562	562	562		Pav 03	A	562	562	562
Setembro	Pav Terreo	A	585	585	585	Setembro	Pav Terreo	A	585	585	585
	Pav 01	A	585	585	585		Pav 01	A	585	585	585
	Pav 02	A	585	585	585		Pav 02	A	585	585	585
	Pav 03	A	585	585	585		Pav 03	A	585	585	585
Outubro	Pav Terreo	A	607	607	607	Outubro	Pav Terreo	A	607	607	607
	Pav 01	A	607	607	607		Pav 01	A	607	607	607
	Pav 02	A	607	607	607		Pav 02	A	607	607	607
	Pav 03	A	607	607	607		Pav 03	A	607	607	607
Novembro	Pav Terreo	A	553	553	553	Novembro	Pav Terreo	A	553	553	553
	Pav 01	A	553	553	553		Pav 01	A	553	553	553
	Pav 02	A	553	553	553		Pav 02	A	553	553	553
	Pav 03	A	553	553	553		Pav 03	A	553	553	553
Dezembro	Pav Terreo	A	532	532	532	Dezembro	Pav Terreo	A	532	532	532
	Pav 01	A	532	532	532		Pav 01	A	532	532	532
	Pav 02	A	532	532	532		Pav 02	A	532	532	532
	Pav 03	A	532	532	532		Pav 03	A	532	532	532

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)

Tabela A.20. Pico máximo de irradiação solar (Wh/m²), Janeiro a Dezembro OESTE Blocos 9-10

													
		FACE		Bloco 9 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)		FACE		Bloco 10 (Wh/m²)		Média (Wh/m²)	
Janeiro	Pav Terreo	D	540	538	538	538	539	Pav Terreo	D	540	540	540	540
	Pav 01	D	540	538	538	538	539	Pav 01	D	540	540	540	540
	Pav 02	D	540	540	540	540	540	Pav 02	D	540	540	540	540
	Pav 03	D	540	540	540	540	540	Pav 03	D	540	540	540	540
Fevereiro	Pav Terreo	D	606	615	615	615	615	Pav Terreo	D	615	615	615	615
	Pav 01	D	615	615	615	615	615	Pav 01	D	615	615	615	615
	Pav 02	D	615	615	615	615	615	Pav 02	D	615	615	615	615
	Pav 03	D	615	615	615	615	615	Pav 03	D	615	615	615	615
Março	Pav Terreo	D	573	569	569	569	570	Pav Terreo	D	624	624	624	624
	Pav 01	D	600	600	600	600	600	Pav 01	D	624	624	624	624
	Pav 02	D	624	624	624	624	624	Pav 02	D	624	624	624	624
	Pav 03	D	624	624	624	624	624	Pav 03	D	624	624	624	624
Abril	Pav Terreo	D	513	513	518	518	531	Pav Terreo	D	579	579	579	579
	Pav 01	D	579	579	579	579	579	Pav 01	D	579	579	579	579
	Pav 02	D	579	579	579	579	579	Pav 02	D	579	579	579	579
	Pav 03	D	579	579	579	579	579	Pav 03	D	579	579	579	579
Maio	Pav Terreo	D	430	430	533	533	482	Pav Terreo	D	533	533	533	533
	Pav 01	D	502	502	533	533	518	Pav 01	D	533	533	533	533
	Pav 02	D	533	533	533	533	533	Pav 02	D	533	533	533	533
	Pav 03	D	533	533	533	533	533	Pav 03	D	533	533	533	533
Junho	Pav Terreo	D	387	449	509	509	464	Pav Terreo	D	509	509	509	509
	Pav 01	D	420	449	509	509	472	Pav 01	D	509	509	509	509
	Pav 02	D	509	509	509	509	509	Pav 02	D	509	509	509	509
	Pav 03	D	509	509	509	509	509	Pav 03	D	509	509	509	509
Julho	Pav Terreo	D	388	460	525	525	475	Pav Terreo	D	525	525	525	525
	Pav 01	D	480	480	525	525	503	Pav 01	D	525	525	525	525
	Pav 02	D	525	525	525	525	525	Pav 02	D	525	525	525	525
	Pav 03	D	525	525	525	525	525	Pav 03	D	525	525	525	525
Agosto	Pav Terreo	D	433	433	512	562	485	Pav Terreo	D	562	562	562	562
	Pav 01	D	562	562	562	562	562	Pav 01	D	562	562	562	562
	Pav 02	D	562	562	562	562	562	Pav 02	D	562	562	562	562
	Pav 03	D	562	562	562	562	562	Pav 03	D	562	562	562	562
Setembro	Pav Terreo	D	541	541	541	565	547	Pav Terreo	D	585	585	585	585
	Pav 01	D	565	565	565	565	565	Pav 01	D	585	585	585	585
	Pav 02	D	585	585	585	585	585	Pav 02	D	585	585	585	585
	Pav 03	D	585	585	585	585	585	Pav 03	D	585	585	585	585
Outubro	Pav Terreo	D	607	564	564	564	575	Pav Terreo	D	607	607	607	607
	Pav 01	D	585	564	564	564	569	Pav 01	D	607	607	607	607
	Pav 02	D	607	607	607	607	607	Pav 02	D	607	607	607	607
	Pav 03	D	607	607	607	607	607	Pav 03	D	607	607	607	607
Novembro	Pav Terreo	D	553	520	520	520	528	Pav Terreo	D	553	553	553	553
	Pav 01	D	553	553	553	553	553	Pav 01	D	553	553	553	553
	Pav 02	D	553	553	553	553	553	Pav 02	D	553	553	553	553
	Pav 03	D	553	553	553	553	553	Pav 03	D	553	553	553	553
Dezembro	Pav Terreo	D	532	532	492	525	520	Pav Terreo	D	532	532	532	532
	Pav 01	D	532	532	532	532	532	Pav 01	D	532	532	532	532
	Pav 02	D	532	532	532	532	532	Pav 02	D	532	532	532	532
	Pav 03	D	532	532	532	532	532	Pav 03	D	532	532	532	532

Fonte: Autodesk Formit, base de dados *Climate Consultant* (elaborado pelo autor)