



BIOFILIA, PARAMETRIA E CONFORTO LUMÍNICO: PELE BIOMÓRFICA APLICADA À APARTAMENTO DE HABITAÇÃO POPULAR.

Carolina Jarjour Tavares Pais Regly

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil,
c252110@dac.unicamp.br

Felipe Corres Melachos

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil,
melachos@unicamp.br

Resumo

Esta pesquisa parte das discussões oriundas da crise climática global, cujo um dos principais responsáveis é a indústria da Arquitetura, Engenharia Civil, Construção e Operações (AECO). Edifícios habitacionais são responsáveis por mais da metade do consumo da energia do planeta, muito em função de soluções mecânicas de conforto ambiental. Assim, o objetivo desta pesquisa é analisar se a incorporação de soluções biofílicas calcadas em peles biomórficas corrobora para o conforto ambiental lumínico, oriundo da iluminação natural, em apartamentos adaptados a pessoas com deficiência (PcD), enquadrados no Programa Minha Casa, Minha Vida Cidades (PMCMV). O local de realização do estudo foi a cidade de Campinas, no estado de São Paulo, localidade afligida tanto por fenômenos oriundos das mudanças climáticas globais quanto pela crise habitacional nacional. O método de análise para as comparações almejadas foi a simulação computacional, regida por normativas brasileiras de desempenho ABNT NBR 15575-1 (2024) e ABNT NBR 15215-4 (2023). As geometrias arquitetônicas biomórficas foram elaboradas a partir de modelagem paramétrica. Dentre os resultados obtidos nesta pesquisa, destaca-se o aumento significativo da autonomia da luz natural, contribuindo, consequentemente, com a saúde física e mental dos usuários e com a eficiência energética da edificação.

Palavras-chave: Simulação Computacional; modelagem paramétrica; design biofílico; iluminação natural; habitação social.

1. Introdução

Edifícios habitacionais são responsáveis por mais da metade do consumo da energia do planeta, muito em função de soluções mecânicas de conforto ambiental, contribuindo para a emissão de GEE (Nações Unidas, 2024). No Brasil, o setor residencial é o segundo maior consumidor de energia elétrica (EPE, 2024b). A região Sudeste, possui o maior consumo de energia resultante de residências do país, sendo o estado de São Paulo o maior consumidor (EPE, 2024a).

Mesmo as residências sendo grandes consumidoras de energia, o país enfrenta um déficit habitacional de mais 6 milhões de unidades (FJP, 2023). Dentre as estratégias do Brasil para sanar esta questão do déficit habitacional está o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), cujo objetivo é ampliar o acesso a moradia

concedendo financiamentos a pessoas físicas (Caixa Econômica Federal, 2025). O PMCMV foi instituído pelo Governo Federal em 2009 através da Lei 11.977 (Brasil, 2009) retornando a vigorar com a Medida Provisória 1.162 em 2023 (Brasil, 2023).

Novas habitações do PMCMV reservam 3% das unidades para pessoas com deficiência (PcD). Apesar de o programa contribuir com as condições de moradia de PcD (Lombardi & Löwen Sahr, 2015), a realidade dos empreendimentos não segue totalmente as diretrizes projetuais da ABNT NBR 9050 (2020). Além disto, existem pontos de melhoria no PMCMV a nível de conforto lumínico (CMAP, 2021, p. 74). Kowaltowski et al (2021) sugerem melhorias de conforto ambiental nos projetos do PMCMV, incluindo a utilização da luz natural na potencialização do conforto destes espaços.

Utilizando-se de premissas de projeto sustentáveis e de estratégias de conforto ambiental passivas, como iluminação natural, é possível reduzir o consumo de energia em edificações (Gonçalves e Duarte, 2008; Carlo, Pereira e Lamberts, 2004). Além de contribuir para a eficiência energética das construções, a iluminação natural também é benéfica à saúde mental dos usuários (Nagare et al., 2021).

Diferentes estratégias projetuais impactam nos índices de iluminação natural de um edifício, dentre elas, a forma como são projetadas as fachadas e a fenestração utilizada (Muianga et al., 2021). A fenestração é definida como o conjunto de aberturas localizadas nas fachadas (Feng et al., 2021). Soluções de fenestração pensadas nas fases iniciais dos projetos influenciam no desempenho de iluminação natural das edificações (Han et al., 2021).

Outras propostas de fachadas, como envelopes, peles, peles-duplas e equipamentos de sombreamento, associadas com processos de *form-finding* e modelagem paramétrica, podem contribuir para o conforto térmico e iluminação natural de uma edificação (Chen et al, 2024; Ashraf and Abdin, 2024). A pele em uma construção pode ser comparada à pele do corpo humano, definindo a diferença entre ambiente interno e externo (Conzatti, 2020). A pele interage com os fatores externos e influencia no conforto interno dos usuários do edifício (Zarandi, 2024).

Além do conforto ambiental dos usuários, as edificações têm influência no comportamento humano, e o estresse é resultado de sua interação com o contexto físico, como apontado pelo campo da Psicologia Ambiental (Moser, 1998). O ambiente físico influencia na percepção e ligação do ser humano com o mesmo, e o conceito de biofilia surge como conexão pessoal com o espaço (Zanini et al., 2021).

Stephen Kellert (2018), apresenta formas de se aplicar conceitos da biofilia no espaço construído, e as intitula como "*Biophilic Design*". A criação de envelopes, peles ou fenestração com inspiração em formas orgânicas, podem contribuir com o conforto lumínico a partir da iluminação natural. Estas estratégias de projeto se enquadram em preceitos biofílicos originalmente estabelecidos por Wilson (1984) e no design biofílico de Kellert (2018). Inclusive, Yin, et al. (2019) e Heiskanen (2016) estabelecem que o design biofílico contribui com a saúde física e mental dos usuários.

Dentro dos conceitos para um design biofílico se encontra a biomorfia, que pode ser categorizada como geometrias construtivas inspiradas ou que remetem à natureza (Salingaros, 2015; Kellert, 2018). Esta semelhança formal pode ser feita de forma consciente pelo projetista (Cramer, DeeBrowning, 2008), ou inconscientemente (Feuerstein, 2002).

Assim, o objetivo desta pesquisa é analisar se a incorporação de soluções biofílicas calcadas em peles biomórficas corrobora para o conforto ambiental lumínico, oriundo da iluminação natural, em apartamentos adaptados a PcD, enquadrados no Programa Minha Casa, Minha Vida Cidades (PMCMV Cidades).

O local de realização do estudo foi a cidade de Campinas, no estado de São Paulo, localidade afligida tanto por fenômenos oriundos das mudanças climáticas globais quanto pela crise habitacional nacional. A cidade de Campinas está entre as dez cidades brasileiras com maior número de moradores sem-teto (Ramos, 2024).

O método a ser utilizado nesta pesquisa é a simulação computacional (SC), devidamente regida por normativas brasileiras de desempenho tais quais a ABNT NBR 15575-1 (2024) e ABNT NBR 15215-4 (2023). Tanto a SC quanto as geometrias da pele biomórfica serão desenvolvidas através de ferramentas de modelagem paramétrica (MP) tal qual em pesquisas análogas bem-sucedidas (Melachos, 2020; Melachos; Brant; Nazareth, 2024). As geometrias dos entornos e da unidade habitacional serão desenvolvidas através de modelagem geométrica (MG), como em Melachos, Brant, e Nazareth (2024).

2. Materiais e Métodos

O presente estudo teve como metodologia a simulação computacional (SC) com base nas normas de desempenho relacionadas e vigentes ABNT NBR 15575-1 (2024) e ABNT NBR 15215-4 (2023). Para o desenvolvimento do estudo de caso utilizou-se de modelagem geométrica e, para a criação da pele biomórfica, MP. Para análise comparativa dos índices de iluminação natural dos cenários e modelos, utilizou-se a SC.

2.1 O modelo “AS-IS” e os cenários de entornos urbanos

O estudo de caso desta pesquisa é um apartamento adaptado para PcD incluído no objeto de estudo identificado como uma edificação inspirada nos parâmetros do PMCMV Cidades. Para melhor entendimento do estudo de caso, foram visitados estantes e estudados projetos de apartamentos incluídos no PMCMV Cidades de diferentes construtoras em Campinas.

A edificação foi concebida através de desenhos bidimensionais no software AutoCAD® 2022, inspirada em projetos do PMCMV na cidade de Campinas (Figura 1). Os apartamentos escolhidos como estudo de caso para as simulações foram os de tipologia acessível, gerados de acordo com a norma ABNT NBR 9050 (2020).

As representações bidimensionais foram utilizadas como base para o desenvolvimento tridimensional da edificação (Figura 2a), realizada através de MG no Rhinoceros 3D® 6. O estudo de caso foi finalizado como uma edificação de 46.85 metros de comprimento, por 14.85 metros de largura, com 16 andares totais (térreo e outros 15 andares tipo) e 48 metros de altura. O modelo sem nenhuma intervenção, será chamado de “AS-IS”. Foram escolhidos quatro andares para análise: o térreo, quinto, décimo e décimo quinto andares (Figura 2b).

A cidade de Campinas possui bairros com diferentes adensamentos urbanos (Azevedo e Stanganini, 2023). Sendo assim, foram desenvolvidos dois cenários para as SCs, baseados em bairros diferentes de Campinas, nos quais a legislação vigente (Prefeitura Municipal de Campinas, 2018a, 2018b) suscita situações urbanas de maior

ou menor densidade: Centro – mais adensado; Vila Industrial – menos adensado (Figura 3).

Para o desenvolvimento destes dois cenários urbanos, baseou-se na Lei do Plano Diretor Estratégico do município de Campinas (Prefeitura Municipal de Campinas, 2018a) e da Lei de Uso de Ocupação do Solo do município de Campinas (Prefeitura Municipal de Campinas, 2018b). Semelhante ao processo utilizado por Saratsis, Dogan e Reinhart (2016), a criação dos cenários utilizou de dados referentes aos afastamentos máximos e tamanho máximo dos lotes, dimensões mínimas para ruas, alturas máximas e mínimas das edificações e coeficiente de aproveitamento.

Primeiramente, foram criados os quarteirões bidimensionalmente, utilizando o AutoCAD® 2022, e, em segunda etapa, o Rhinoceros 3D® 6 para a modelagem tridimensional. Como as alturas das edificações influenciam diretamente nas simulações de iluminação natural (Saratsis, Dogan, e Reinhart, 2016), aplicou-se, além de dados da legislação, o Google Earth Pro® 2025 e Google Street View® 2025 do Google Maps® 2025 para medir aproximadamente as alturas das edificações nos bairros selecionados.

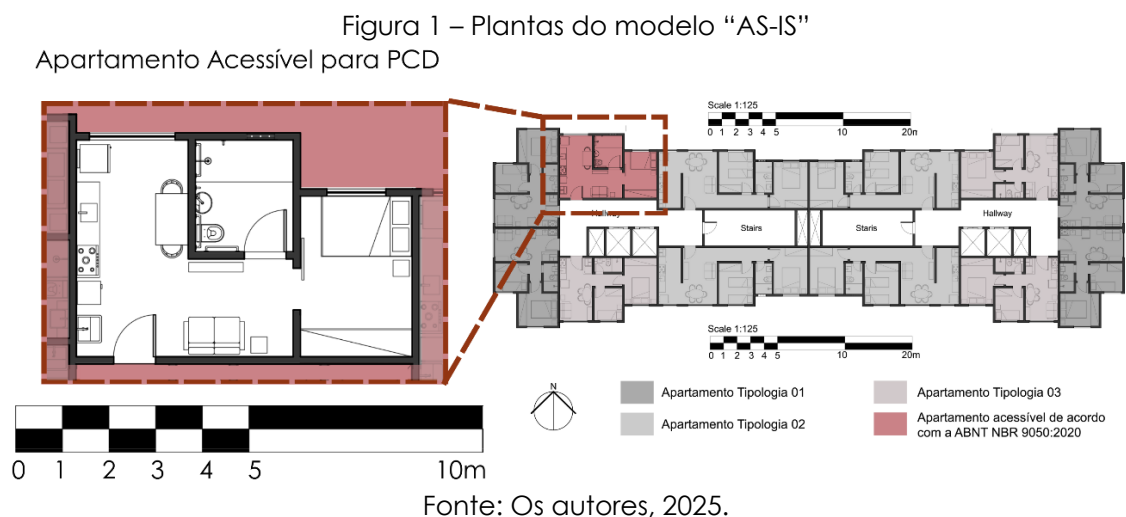


Figura 2 – Modelo Tridimensional (a) e andares escolhidos para simulação com o apartamento acessível para PDC destacado (b).

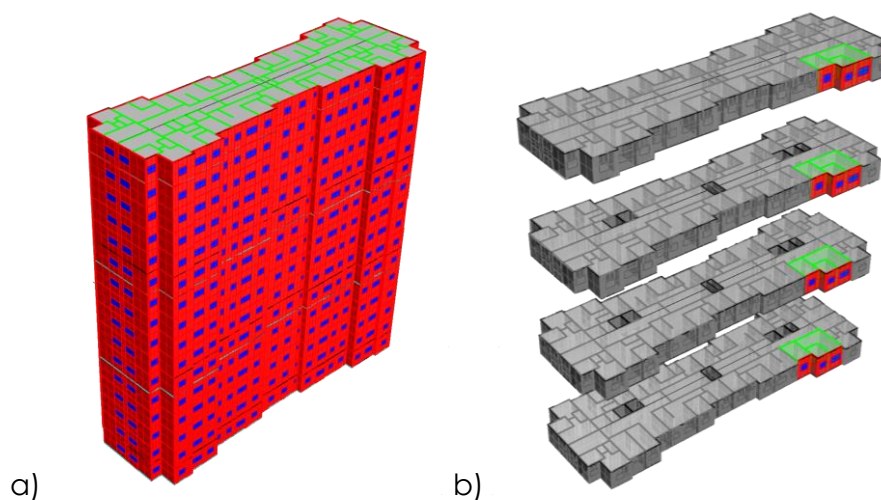
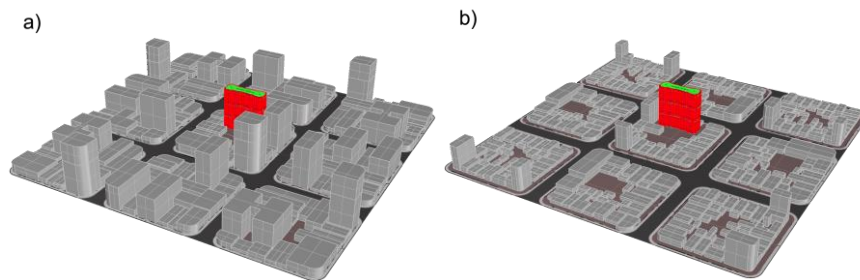


Figura 3 – Cenários urbanos para simulação: Centro (a) e Vila Industrial (b)



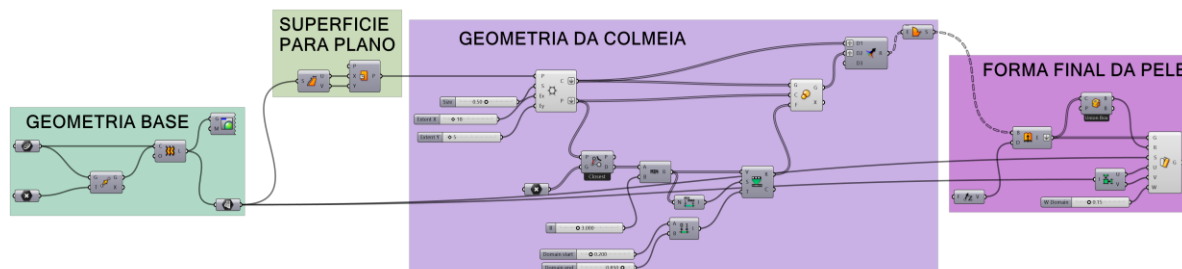
Fonte: Os autores, 2025.

2.2 O modelo 'AS-DESIGNED'

A proposta da pele biomórfica que substitui as paredes externas existentes do modelo "AS-IS" será intitulada como modelo "AS-DESIGNED". A presente pesquisa pretende utilizar do design biofílico, principalmente através da biomorfia e da iluminação natural. Sendo assim, com a fachada biomórfica, propõe-se, também, modificar a estratégia de fenestração do projeto.

Sendo assim, escolheu-se uma geometria inspirada na natureza que pudesse ser adaptada como aberturas. Os alvéolos hexagonais das colmeias de abelhas foram selecionados, então, como inspiração geométrica. Esta escolha foi devido à eficiência estrutural destes hexágonos e seus índices de aproveitamento de superfícies (Nazzi, 2016). Para alcançar formas complexas, foi aplicada a MP através do Rhinoceros 3D® 6 e o Grasshopper 3D® (Figura 4).

Figura 4 – Script da pele biomórfica desenvolvida por modelagem paramétrica.



Fonte: Os autores, 2025.

2.3 Parâmetros para as SCs

As SCs foram conduzidas tal qual em Melachos, Nazareth e Carvalho (2023) e Melachos (2020), nos modelos "AS-IS" e "AS-DESIGNED". Seguindo os parâmetros da ABNT NBR 15575-1 (2024) e da ABNT NBR 15215-3 (2024), foram feitas análises dos índices de iluminação, *Daylight Autonomy* (DA) e *Useful Daylight Illuminance* (UDI) do espaço interno do apartamento do estudo de caso. O Quadro 1 demonstra os valores e padrões utilizados para as simulações.

Essas análises utilizaram os plugins Grasshopper 3D® e Ladybug Tools® do software Rhinoceros 3D®. O arquivo climático de Campinas, SP, foi incluído no script desenvolvido, baixado do site '<https://www.ladybug.tools/epwmap/>' com o título de 'BRA_SP_Campinas.837290_TMYx.epw'. De acordo com a ABNT NBR 15575-1 (2024), as datas das simulações de iluminação foram 23 de abril e 23 de outubro, às 9:30 da manhã e 15:30 da tarde.

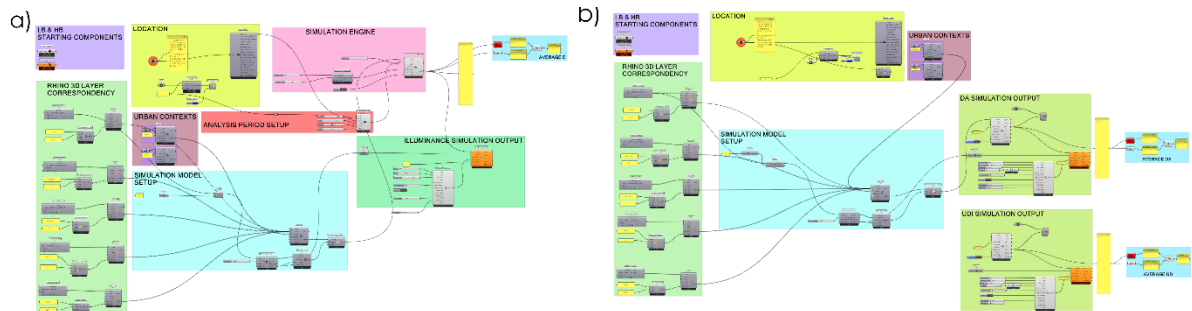
Quadro 1 – Padrões utilizados para a simulação de Iluminância, DA e UDI.

Parâmetro de Iluminação Natural	Padrão aplicado
Iluminância	Índice Superior (S) de iluminância, maior ou igual 120 lux (NBR 15575-1)
Daylight Autonomy (DA)	Pelo menos 50% do tempo ocupado, o valor do lux deve ser acima de 300 lux.
Useful Daylight Illuminance (UDI)	Pelo menos 50% do tempo ocupado, o valor do lux deve ser entre 300 lux e 3000 lux (iluminação autônoma de acordo com Mardaljevic et. al, 2011.

Fonte: ABNT NBR 15575-1 (2024), ABNT NBR 15215-4:2023. 2023 e Mardaljevic et. al, 2011.
Adaptado pelos autores, 2025.

A Figura 5 apresenta o script das simulações. Os componentes em laranja e vermelho estão funcionando normalmente. A cor é modificada para cinza assim que é rodada a simulação. Os materiais utilizados para os acabamentos da edificação nas simulações consideram o documento “PMCMV/FAR Especificações Mínimas” (Brasil, CAIXA, e Ministério das Cidades, 2011).

Figura 5 – Script da simulação de iluminância (a) e do DA e UDI (b).

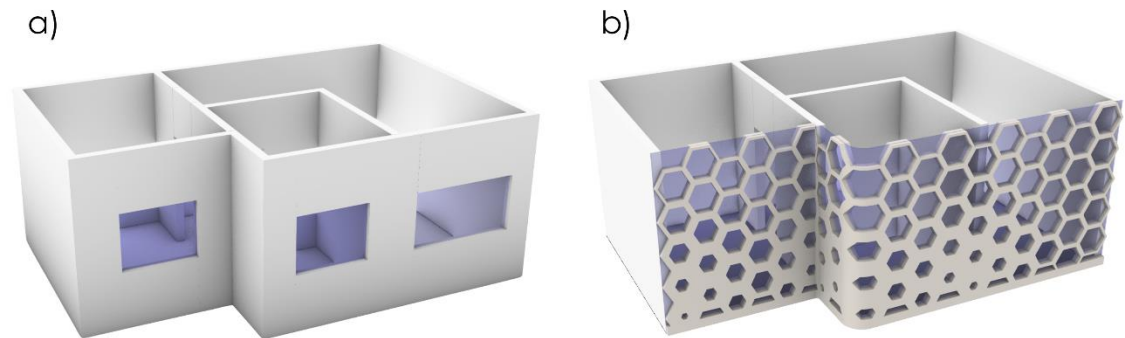


Fonte: Os autores, 2025.

3. Resultados e Discussões

O apartamento acessível à PcD foi extraído do modelo de estudo de caso inspirado nos parâmetros do PMCMV Cidades. Sua representação tridimensional pode ser vista na Figura 6a. Já o resultado do script de pele biomórfica com inspiração em padrões geométricos de colmeias é apresentado na Figura 6b.

Figura 6 – Representação tridimensional da fachada “AS-IS” (a) e do resultado da pele “AS-DESIGNED” (b).

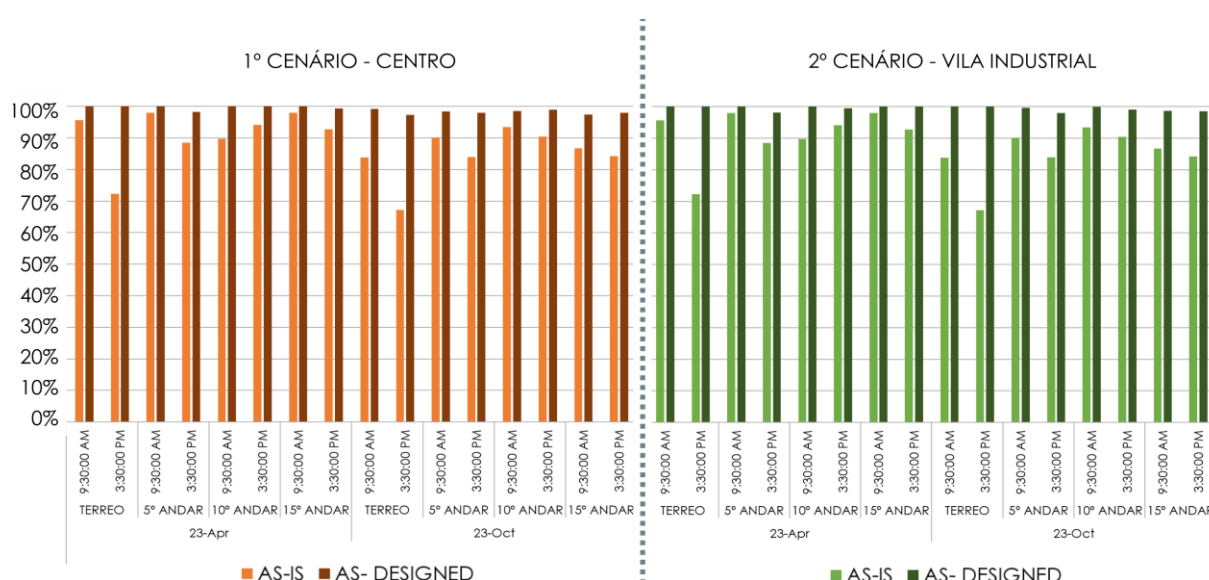


Fonte: Os autores, 2025.

Depois de concluído, o modelo do apartamento com a pele ("AS-DESIGNED") e o modelo "AS-IS" foram simulados em âmbito da iluminação natural. Primeiramente, foram analisados os índices de iluminância de ambos os modelos em cada cenário urbano.

A Figura 7 apresenta a comparação dos resultados de iluminância, mostrando o percentual de áreas do apartamento que atingiram o valor mínimo de 120 lux. Pode-se observar que o modelo "AS-IS" obteve o valor lux mínimo em pelo menos 60% das áreas do apartamento em todos os cenários simulados. Os resultados de iluminância do modelo "AS-IS" já poderiam ser considerados condizentes com as normas, mas, os do modelo "AS-DESIGNED" foram superiores. As simulações do "AS-DESIGNED" tiveram 100% ou quase 100% da área atingindo o mínimo de 120 lux. Isto demonstrou que a proposta da pele biomórfica contribuiu com o aumento dos índices de iluminância.

Figura 7 – Comparativo do percentual de áreas do apartamento que atingiram o valor mínimo de iluminância de 120 lux.



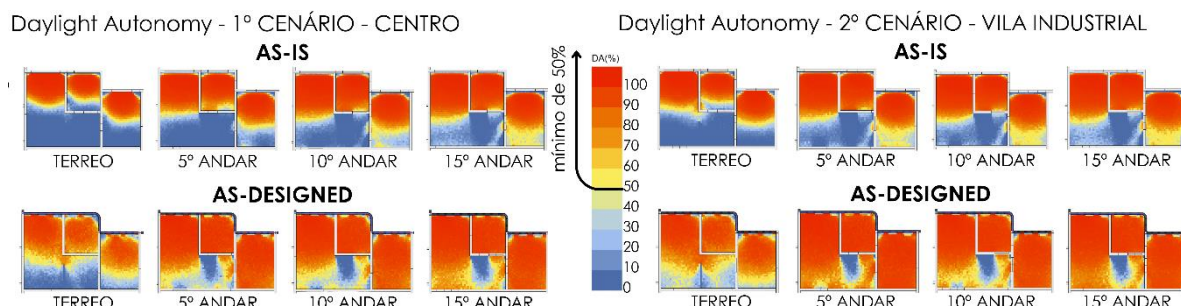
Fonte: Os autores, 2025.

Os resultados da simulação de DA (Figura 8) demonstram que em ambos os cenários "AS-IS", as áreas que atingiram o mínimo de 300 lux por pelo menos 50% do tempo ocupado (valor representado por amarelo, laranja e vermelho) foram as mais próximas das aberturas, de forma mais concentrada. Já os resultados do modelo "AS-DESIGNED", apresentaram mais áreas que atingiram o padrão mínimo por 50% do tempo ocupado e de forma mais homogênea. Em todas as simulações, o andar térreo foi o que apresentou os menores valores, e o 15º andar os melhores, resultado influenciado pelos sombreamentos dos entornos.

Semelhante aos resultados de DA, os de UDI demonstram áreas mais concentradas nos modelos "AS-IS" que atingiram o padrão mínimo. Mesmo que o 15º andar de ambos os cenários possua uma distribuição um pouco mais homogênea de valores bons de UDI, ainda se percebe significativas áreas em azul (indicando que apenas 0-10% do tempo anual ocupado atingiram o intervalo ideal de 300 a 3000 lux). Os valores resultantes do "AS-DESIGNED" possuem grandes áreas verdes, marrons

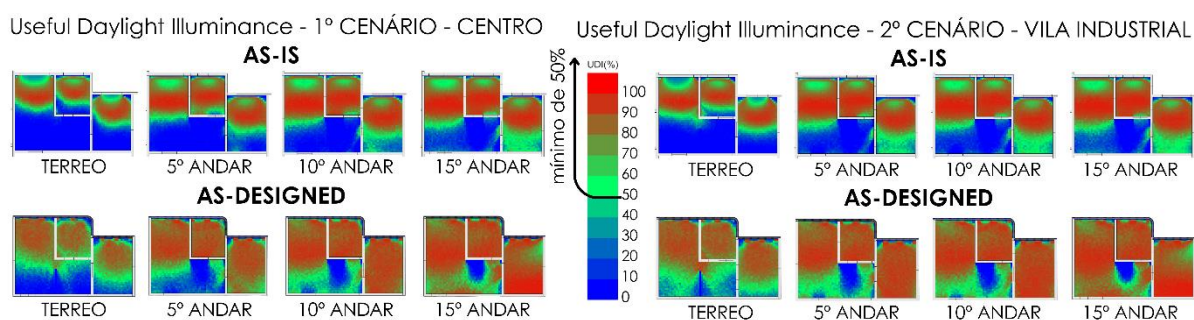
e vermelhas (que indicam áreas que ficaram dentro do intervalo de lux, acima de 50% do tempo ocupado). Com resultados mais homogêneos em todo o apartamento, o “AS-DESIGNED” possui menos áreas em azul, o que mostra maior possibilidade de autonomia da luz natural nestes espaços, de acordo com as regras do experimento.

Figura 8– Resultados gráficos em *heatmaps* de DA do modelo “AS-IS” e do “AS-DESIGNED”.



Fonte: Os autores, 2025.

Figura 9 – Resultados gráficos em *heatmaps* de UDI do modelo “AS-IS” e do “AS-DESIGNED”.



Fonte: Os autores, 2025.

A confrontação dos resultados obtidos para ambos os modelos, “AS-IS” e “AS-DESIGNED”, em ambos os cenários, tanto em âmbito dos resultados de DA, quanto nos de UDI, indica o aumento de áreas com valores ideais no modelo “AS-DESIGNED” quando comparado com o “AS-IS”. Quase todos os andares do “AS-DESIGNED” obtiveram pelo menos 70% da área com valores ideais de DA, com exceção apenas do térreo do cenário do Centro. Também houve melhora no UDI das áreas dos apartamentos do “AS-DESIGNED” quando comparado com os valores iniciais do modelo “AS-IS”.

Os resultados obtidos demonstram que a proposta da fachada biomórfica e a priorização da luz natural, ambos conceitos biofílicos que inspiraram a geometria, foi benéfica para os valores de iluminação natural do apartamento. Consequentemente, o apartamento com a pele biomórfica proposta, impactaria positivamente nos usuários do espaço, graças ao uso de estratégias de design biofílico tal qual em Yin, et al. (2019) e Heiskanen (2016) e por proporcionar aumento da luz natural interna, tal qual em Nagare et al. (2021).

Como apontado por Muianga et al. (2021), a localização e as dimensões da fenestração impactaram nos níveis de iluminação natural. A geometria proposta como nova estratégia de fenestração teria de ser projetada em fases iniciais do

projeto. Isto comprova o apontamento de Han et al. (2021), onde decisões sobre fenestração, quando realizadas em fases projetuais iniciais, podem aumentar significativamente o desempenho da luz natural na edificação. Ao contribuir para o aumento da autonomia da luz natural (demonstrado nas análises de iluminância, DA e UDI), diminui-se a necessidade de complementação artificial. Como apontado por Gonçalves e Duarte (2008), isto resulta, consequentemente, em melhor eficiência energética da edificação.

4. Conclusões

A presente pesquisa apresentou o desenvolvimento de uma geometria biomórfica aplicada à fachada de um apartamento adaptado à PcD enquadrado no PMCMV Cidades, com o intuito de se analisar sua influência nos índices de iluminação natural. Utilizando de premissas da biofilia para contribuir positivamente nos usuários da edificação, a pele foi desenvolvida com inspirações geométricas em colmeias de abelhas, se utilizando da MP.

As simulações realizadas focaram nos fatores de iluminância, DA e UDI. Concluiu-se, a partir dos resultados, que, a geometria biomórfica aplicada como pele na edificação, contribuiu significativamente com os valores de iluminação natural. Isto demonstra que a utilização de estratégias biofílicas, alinhadas com a fenestração e simulações de iluminação realizadas em fases projetuais iniciais, afetaram positivamente no desempenho lumínico do apartamento.

O aumento da iluminação natural e dos índices de autonomia da luz significam menor necessidade de complementação artificial, contribuindo com a eficiência energética. Além disto, como consequência do uso de formas biomórficas e aumento da iluminação natural, a pele também contribui para a saúde dos usuários.

Pesquisas futuras poderiam analisar a interferência da pele em outros âmbitos de conforto ambiental, como o térmico e acústico. Outra questão para estudos futuros seria o analisar índices de estresse e bem-estar dentro deste apartamento, comparando relação do usuário com o ambiente do modelo "AS-IS" e do "AS-DESIGNED", possivelmente utilizando de realidade virtual.

Referências

ASHRAF, N. and ABDIN, A.R. Biomimetic design synthesis and digital optimization of building shading skin: A novel conceptual framework for enhanced energy efficiency. **Energy and Buildings**, pp.114824–114824. 2024. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114824>.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **15220-3-1:2024**: Desempenho térmico de edificações - Zoneamento bioclimático por desempenho - Lista de cidades brasileiras. Brasil. ABNT 15220-3-1, p. 01. 2024.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15215-4. Iluminação natural Parte 4**: Verificação experimental das condições de iluminação natural interna. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). **NBR 15575. Edificações habitacionais – Desempenho**. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

AZEVEDO, G.; STANGANINI, F. Análise da Geometria do crescimento da Mancha Urbana de Campinas entre 2000 e 2020. **Estrabão**, v. 4, p. 58–74, 7 jan. 2023. doi: <https://doi.org/10.53455/re.v4i.78>.

BRASIL. **LEI No 11.977, DE 7 DE JULHO DE 2009**. 7 jul. 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm. Acesso em: 11 ago. 2025

BRASIL. **Medida Provisória No 1.162, de 14 de fevereiro de 2023**. 14 fev. 2023. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/Mpv/mpv1162.htm. Acesso em: 11 ago. 2025

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Minha Casa, Minha Vida - Habitação Urbana | CAIXA**. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/urbana/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 13 ago. 2025.

CARLO, Joyce; PEREIRA, Fernando O. R.; LAMBERTS, Roberto. Iluminação natural para redução do consumo de energia de edificações de escritório aplicando propostas de eficiência energética para o código de obras do recife. São Paulo, 2024. **Anais [...] I Conferência latino-americana de construção sustentável x encontro nacional de ecologia do ambiente construído**. 18-21 julho 2004, São Paulo. ISBN 85-89478-08-4.

CASAKIN H., and WODEHOUSE, A. A Systematic Review of Design Creativity in the Architectural Design Studio. **Buildings**, vol. 11, no. 31. 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/buildings11010031>.

CHEN, L., BAGHOOLIZADEH, M., BASEM, A., Ali, S.H., RUHANI, B., SULTAN, A.J., SALAHSHOUR, S. and ALIZADEH, A. A comprehensive review of a building-integrated photovoltaic system (BIPV). **International Communications in Heat and Mass Transfer**, 159, p.108056. 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2024.108056>.

CMAP – Conselho de Monitoramento e Avaliação de Políticas Públicas. **Relatório de Avaliação Programa Minha Casa, Minha Vida, Ciclo 2020**. [Brasília]: Comitê de monitoramento e avaliação de subsídios da União, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/planejamento/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/cmap/politicas/2020/subsidios/relatorio_avaliacao-cmas-2020-pmcmv.pdf. Visitado em: 30 Abr. 2025.

CONZATTI, Anna. THE BIOLOGICAL METAPHOR: Skin-facade analogy and biomimetic architecture. In: DI, Mickeal. **The City And The Skin**. Urban Corporis. 2020. pp. 196-207. ISBN: 9780244552596.

CRAMER, J. S., and DEE BROWNING, W. Transforming Building Practices Through Biophilic Design. In: Kellert, S.; Heerwagen, J.; Mador, M. **Biophilic Design: The Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life**. John Wiley and Sons, Inc. New Jersey. pp. 335-346. 2008.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanço Energético Nacional 2023 (BEN, 2024): Ano base 2023**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2024a.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Capítulo 2: Panorama Nacional. In: **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024: Ano base 2023**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2024b.

FENG, F., KUNWAR, N., CETIN, K. and O'NEILL, Z. A critical review of fenestration/window system design methods for high performance buildings. **Energy and Buildings**, 248, p.111184. 2021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111184>.

FEUERSTEIN, Gunther. **Biomorphic Architecture: Menschen und Tiergestalten in Der Architektur/ Human and Animal Forms in Architecture**. Edition Axel Menges. 2002.

FLORIO, W. Modelagem paramétrica na concepção de elementos construtivos de edifícios complexos. **Anais [...]** Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 1, p. 2943–2953, 22 out. 2014.

Fundação João Pinheiro (FJP). Brasil registra déficit habitacional de 6 milhões de domicílios. FJP. 2024. [online] Disponível em: <https://fjp.mg.gov.br/brasil-registra-deficit-habitacional-de-6-milhoes-de-domicilios/>.

GONÇALVES, J. C. S., MOURA, N. C. S., and KUNIOCHI, E. M. U. Avaliação de desempenho, simulação computacional e o projeto arquitetônico. In: **Edifício Ambiental**. Gonçalves, J. C. S., and Bode, K. Oficina de Textos, São Paulo, SP, pp. 297-312. 2015.

HAN, Y., SHEN, L. and SUN, C. Developing a parametric morphable annual daylight prediction model with improved generalization capability for the early stages of office building design. **Building and Environment**, 200, p.107932. 2021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107932>.

HEISKANEN, Siru. Ornamental indoor plants in hospital rooms enhanced health outcomes of patients recovering from surgery. Naava, 2016. Disponível em: <<https://www.naava.io/science/ornamental-indoor-plants-in-hospital-rooms-enhanced-health-outcomes-of-patients-recovering-from-surgery>>. Visitado em: 1 Ago. 2022.

KELLERT, Stephen R. **Nature by Design: The practice of biophilic design**. Yale University Press/New Haven and London, 2018.

KOWALTOWSKI, Doris C.C.K.; MUIANGA, Elisa A.D.; RUSCHEL, Regina C.; SILVA, Vanessa G. da; GRANJA, Arioaldo D.; MOREIRA, Daniel de Carvalho; SILVA, Ruth F. da; MOREIRA, João A.; VASCONCELLOS, Luiza H.S.C. De. Housing transformation in search of well-being. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XVI, 2021. **Anais [...]**. [S. l.], 2021. p. 1947–1956.

MARDALJEVIC, J.; ANDERSEN, M.; ROY, N.; CHRISTOFFERSEN, J. Daylighting Metrics for Residential Buildings. In: SESSION OF THE CIE, 27., Sun City, 2011. **Anais [...]** ZA: Sun City, 2011.

MELACHOS, F. C. **Análise paramétrica das abóbadas gaussianas de Eladio Dieste**. Universidade Presbiteriana Mackenzie and Università Degli Studi di Ferrara, [s. l.], 2020. Disponível em: <<http://dspace.mackenzie.br/handle/10899/26542>>. Visitado em: 17 Set. 2023.

MELACHOS, F. C.; NAZARETH, S. B. M.; CARVALHO, M. S. B. The Computational Simulation of Iconic Hotel Designs: the Natural Lighting in the Maksoud Hotel. **International Journal Of Engineering Research And Development**. e- ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 19, Issue 5 (Sep.-Oct. 2023), PP. 14-22. 2023. doi: <http://dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.24113337>

MOSER, Gabriel. **Psicologia Ambiental**. Estudos de Psicologia, p. 121-130, 1998.

MUIANGA, Elisa Atália Daniel; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; SILVA, Vanessa Gomes da; MOREIRA, Daniel de Carvalho; GRANJA, Ariovaldo Denis; OLIVA, Carolina A.; SILVA, Ruth Ferreira da. Critical analysis of housing condition impacts on residents' well-being and social costs. *Gestão and Tecnologia de Projetos*, São Carlos, v. 16, n. 4, p. 33–66, 2021. DOI: 10.11606/gtp.v16i4.178511. Available at: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/178511>. Visited on May 2, 2025.

NAÇÕES UNIDAS. **Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas**. Disponível em: <<https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change>>. Acesso em: 29 set. 2024.

NAGARE, R. et al. Access to Daylight at Home Improves Circadian Alignment, Sleep, and Mental Health in Healthy Adults: A Crossover Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 19, p. 9980, 23 set. 2021.

NAZZI, F. The hexagonal shape of the honeycomb cells depends on the construction behavior of bees. **Sci Rep** 6, 28341 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep28341>

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Lei complementar nº 208, de 20 de dezembro de 2018: Dispõe sobre parcelamento, ocupação e uso do solo no município de Campinas**. Publicação DOM 26/12/2018 p.2. 2018b. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/c/campinas/lei-complementar/2018/21/208/lei-complementar-n-208-2018-dispoe-sobre-parcelamento-ocupacao-e-uso-do-solo-no-municipio-de-campinas>. Acesso em: dezembro, 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Plano Diretor Estratégico do município de Campinas**. Lei complementar nº 189, de 08 de janeiro de 2018. Secretaria Municipal de Justiça. Procuradoria-Geral do Município de Campinas. Coordenadoria de Estudos Jurídicos e Biblioteca. Publicação DOM 09 de Janeiro de 2018. 2018a.

SALINGAROS, Nikos A. **Biophilia and Healing Environments: Healthy Principles For Designing the Built World**. New York: Terrapin Bright Green, LLC, 2015.

SARATSIS, E.; DOGAN, T.; REINHART, C. F. Simulation-based daylighting analysis procedure for developing urban zoning rules. **Building Research and Information**, v. 45, n. 5, p. 478–491, May 5, 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/09613218.2016.1159850>.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **2022 Global Status Report for Buildings and Construction | UNEP - UN Environment Programme**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>>. Acesso em: 11 ago. 2025.

WILSON, Edward O. *Biophilia*. United States of America. Harvard University Press, Cambridge, 1984.

YIN, Jie; et al. Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery: A between-subjects experiment in virtual reality. **Environment International**, volume 136, 2019. MA - USA.

ZARANDI, Mahnaz M. Summary. In: **Double Skin Facades in Energy-Efficient Design**. Islamic Azad University. pp. 2- 10. 2024.