



Simpósio Brasileiro de Qualidade do
Projeto no Ambiente Construído

APO DE UMA EDIFICAÇÃO EDUCACIONAL VISANDO A ILUMINAÇÃO NATURAL COM O AUXÍLIO DO BIM

RESUMO

O emprego de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), como a Modelagem da Informação da Construção (BIM), pode aprimorar os instrumentos de Avaliação Pós-Ocupação (APO) do ambiente construído. Nesse sentido, este artigo visa incorporar o BIM aos procedimentos de APO, considerando tanto os instrumentos de APO usualmente adotados em campo como a avaliação técnica da edificação, com ênfase na iluminação natural. Adotou-se como método de pesquisa, o estudo de caso aplicado em uma edificação educacional. Foram utilizadas tanto técnicas de coleta de dados de APO como o uso de ferramentas BIM para visualização e análise luminica da edificação. A correlação entre os dados coletados subsidiou a elaboração do diagnóstico da edificação em estudo, que destaca os aspectos da iluminação natural em consonância com variáveis de influência, como arborização, massa edificada e nível de percepção dos usuários. Como principais contribuições do trabalho, pode-se observar que: (i) o modelo BIM favorece os instrumentos de APO por auxiliar tanto no *checklist* e na visualização 3D da edificação como nas simulações computacionais; (ii) os resultados das análises técnicas apresentaram conformidade com a avaliação de percepção dos usuários; (iii) soluções contemplando a iluminação natural que almejam conforto visual e redução do consumo de energia demandam soluções como dimerização de iluminação artificial e o uso de elementos de proteção solar móveis em fachadas de incidência de radiação solar direta; e (iv) evidencia-se que a iluminação natural deve ser solucionada em adequação com os requisitos funcionais da edificação considerando seu diálogo com sistemas de iluminação artificial.

Palavras-chave: Iluminação Natural, Avaliação Pós-Ocupação, BIM.

ABSTRACT

The use of Information and Communication Technologies (ICTs), such as Building Information Modeling (BIM), can improve the Post-Occupancy Evaluation (POE) tools of the built environment. In this sense, this study aims to incorporate BIM into the POE procedures, considering both the POE instruments usually adopted in the field and the technical evaluation of the building, with emphasis on daylighting. We adopted as a research method, the case study applied in an educational building. Both POE data collection techniques and the use of BIM tools for building's 3D view and daylighting analysis were used. The correlation between the data collected supported the elaboration of the building diagnosis, which highlights the aspects of daylighting in consonance with variables of influence, such as afforestation, built mass and level of user's perception. As the main contributions of the work, it can be observed that: (i) the BIM model supports the APO instruments by assisting both the building's checklist, 3D view and computational simulations; (ii) the results of the technical analysis were in accordance with the users' perceptions assessment; (iii) solutions considering daylighting that seek visual comfort and reduction of energy consumption demand uses such as dimerization of artificial lighting and mobile sun protection elements in facades of direct solar radiation; and (iv) it is evident that daylighting must be solved in accordance with building functionality regarding its dialogue with artificial lighting systems.

Keywords: Daylighting, Post-Occupancy Evaluation, BIM.

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo tem como objetivo incorporar a Modelagem da Informação da Construção (BIM) aos procedimentos de Avaliação Pós-Ocupação (APO), considerando tanto os instrumentos de APO usualmente adotados em campo como a avaliação técnica da edificação. Esta abordagem é aplicada no contexto da edificação educacional de uma instituição de ensino superior, visando a análise da iluminação natural¹.

O contexto de aplicação escolhido é fundamentado na constatação de que “a qualidade dos ambientes escolares influencia diretamente o aprendizado pedagógico” (ISSA; POSTRONIERI; ORNSTEIN, 2008). Essa qualidade é mensurada pela coleta de dados inerente aos pareceres de especialistas e ao levantamento das demandas e/ou níveis de satisfação e percepção dos usuários do respectivo ambiente em avaliação (ABIKO; ORNSTEIN, 2002).

As referentes ações podem ser beneficiadas por meio do uso de Tecnologias da Informação da Construção (TICs). Nesse sentido, o BIM, enquanto “tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção” (EASTMAN et al., 2014) pode aumentar a eficácia dos instrumentos de APO, como constatado em Sales e Ruschel (2014).

A relevância na análise da iluminação natural parte de sua caracterização como essencial para o desempenho energético adequado, bem como para a satisfação, a produtividade e a saúde dos usuários (KWOK; GRONDZIK, 2013). No ambiente construído, a sua relação com os aspectos voltados para o desempenho energético envolve o uso da luz natural em conjunto com sistemas de iluminação artificial. Segundo Gonçalves, Vianna e Moura (2011), em edificações não residenciais esta combinação pode resultar em economias de 30% a 70% do consumo de energia, desde que assegurado o controle eficiente do sistema de iluminação e a especificação de suas instalações. Por sua vez, na relação da iluminação natural com os aspectos de conforto visual, é relevante levar em consideração nos ambientes educacionais fatores como: (i) níveis mínimos de iluminância; (ii) boa uniformidade da luz no ambiente; e (iii) ausência de ofuscamento (BERTOLOTTI, 2007).

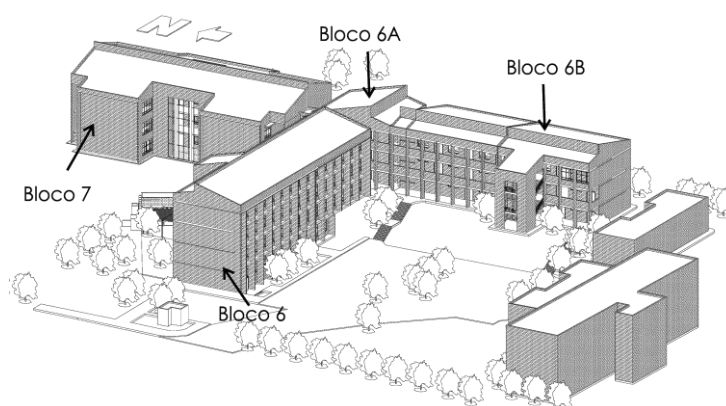
Ambos os aspectos demandam soluções que impactam nos requisitos programáticos, no zoneamento de atividades e nos princípios volumétricos da edificação (KWOK; GRONDZIK, 2013), desdobrando-se, desta forma, na estética e no caráter do ambiente construído (BERTOLOTTI, 2007). Além disso, são aspectos influenciados por parâmetros como: tipo de abóbada, que varia com a latitude; época do ano; condições climáticas; características do entorno à edificação considerada e suas obstruções naturais e construídas; dados relevantes para o desempenho visual de atividades humanas; características das aberturas e do ambiente interno (ROMÉRO; ORNSTEIN, 2003).

¹ Os procedimentos deste artigo também foram aplicados em uma abordagem com ênfase em ventilação natural, explanada em outra publicação.

2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Para desenvolvimento desta pesquisa, adotou-se o método de estudo de caso, cuja intenção é caracterizar o objeto de análise e estabelecer relações causais (GIL, 2010; YIN, 2005). O objeto de análise escolhido é a edificação educacional de uma instituição de ensino superior, que consiste em três blocos integrados construídos entre os anos de 1994 a 2014. A Figura 1 apresenta a nomenclatura padrão adotada, sendo esta atribuída pelo Setor de Coordenadoria de Projetos da instituição.

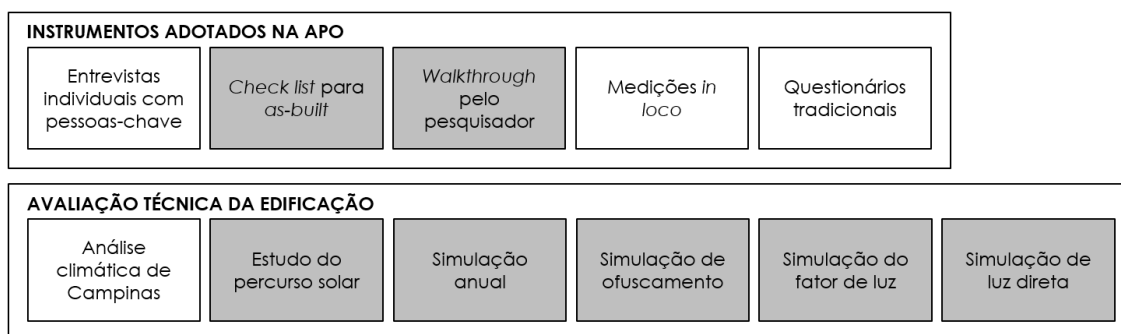
Figura 1 - Modelo BIM



Fonte: os autores

A edificação educacional foi definida como unidade-caso e estabelecida como questão sua análise em relação às soluções de iluminação natural, contemplando os aspectos de conforto visual e a redução do consumo de energia elétrica. Nesse sentido, foram adotados instrumentos da APO apontados em Ornstein (2016). Ademais, para subsidiar a avaliação técnica da edificação, com ênfase em conforto, foram realizadas simulações computacionais de insolação e iluminação natural. Ambos os procedimentos foram efetuados com suporte do modelo e de ferramentas BIM, como explanado na Figura 2.

Figura 2 - Procedimentos metodológicos



 Auxiliado pelo modelo e ferramentas BIM

Fonte: os autores

É relevante destacar que a medição *in loco* elucidada se restringiu a abordar o Bloco 6 da edificação. A correlação entre os dados obtidos está sintetizada na seção de Quadro Síntese.

O *walkthrough* pelo pesquisador e as medições *in loco* permitem que se estabeleça a relação entre a distribuição espacial, aspectos funcionais e tipos de aberturas dos ambientes analisados com as soluções de elementos de proteção e de iluminação natural adotadas ou não.

Essas relações são ratificadas pelas simulações de iluminação natural (anual, ofuscamento, fator de luz e luz direta). Por sua vez, as simulações computacionais de estudo solar permitem que se estabeleça a relação entre as massas edificadas, sua implantação e as características climáticas da cidade de Campinas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seção de resultados e discussão está estruturada em: coleta de dados, avaliação técnica (simulações) e Quadro Síntese.

3.1 Coleta de dados

A coleta de dados abrangeu a realização de entrevistas individuais com pessoas-chave (especialistas), *checklist* para *as-built*, *walkthrough* do pesquisador, medição *in loco* e avaliação de percepção dos usuários a partir da aplicação de questionários tradicionais.

3.1.1 Entrevistas com especialistas

As entrevistas com especialistas, realizadas em modalidade aberta (GIL, 2010), visaram a apreensão do processo de manutenção da edificação e do projeto arquitetônico.

As considerações relativas ao processo de manutenção da edificação foram apontadas em entrevista pelo chefe do Departamento de Gestão de Facilidades da instituição. Destacaram-se: o aprimoramento das condições de acessibilidade, a proposta de instalação de placas fotovoltaicas para redução do consumo de energia elétrica e a arborização do entorno por meio de novo projeto de paisagismo, ambas soluções não realizadas.

Por sua vez, as principais considerações relativas ao projeto arquitetônico, com ênfase na iluminação natural, foram apontadas em entrevista pelo arquiteto responsável pelo Bloco 7. Destacaram-se: o uso de brises móveis para conforto térmico, solução até então incorporada somente no Bloco 6B, o uso de materiais padrão das edificações da instituição de ensino (e.g blocos de concreto nas alvenarias externas), e o uso de materiais pouco reverberantes nas salas de aula visando o aprimoramento da acústica.

3.1.2 Checklist para As-built e Walkthrough

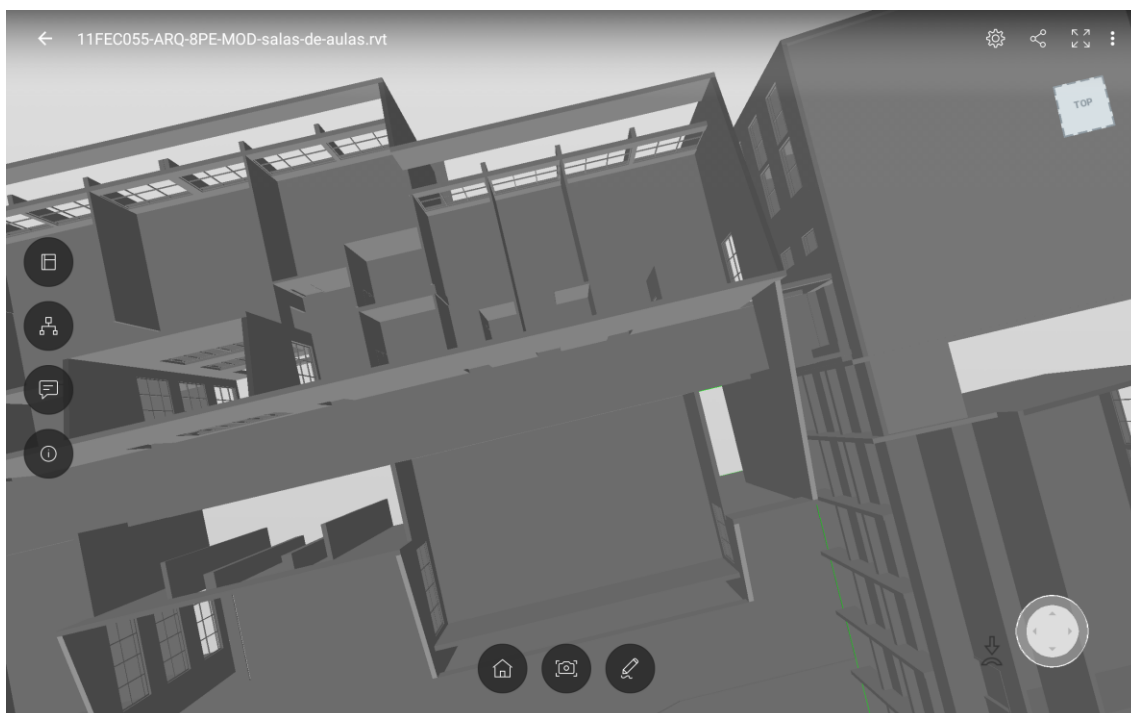
O modelo BIM inicial adquirido foi elaborado pelo Setor de Coordenadoria de Projetos da instituição. Este modelo foi analisado e aprimorado para dar suporte a dois momentos: o *checklist* para *as-built* da edificação e o *walkthrough*.

No primeiro momento, elaborou-se um esquema de extração de dados de APO, por meio de tabelas nativas, na ferramenta Autodesk Revit. Este esquema visa o suporte ao procedimento de *checklist* para as-built. Foram criados parâmetros de instância associados à categoria de ambiente, contemplando: a presença de elementos externos de proteção, a presença de elementos internos de proteção, tipo de abertura (e.g lateral ou zenital), descrição do sistema de iluminação artificial do ambiente e observações.

No segundo momento, o modelo BIM foi explorado tridimensionalmente no *walkthrough*, através de consultas de visualização viabilizadas pela ferramenta TrimbleConnect (Figura 3). A ferramenta permitiu acesso ao modelo tanto no desktop como via Tablet e auxiliou em três circunstâncias: na localização da equipe na edificação; na identificação dos ambientes; e no processo comparativo do modelo inicial entregue com o ambiente construído.

Após ambos os procedimentos de APO elucidados, o modelo foi atualizado através da criação de componentes representativos para os estudos de iluminação natural (e.g esquadrias, brises, grelhas, marquises, arborização). Além disso, foram modelados o terreno, os acessos e o entorno da edificação.

Figura 3 - Walkthrough



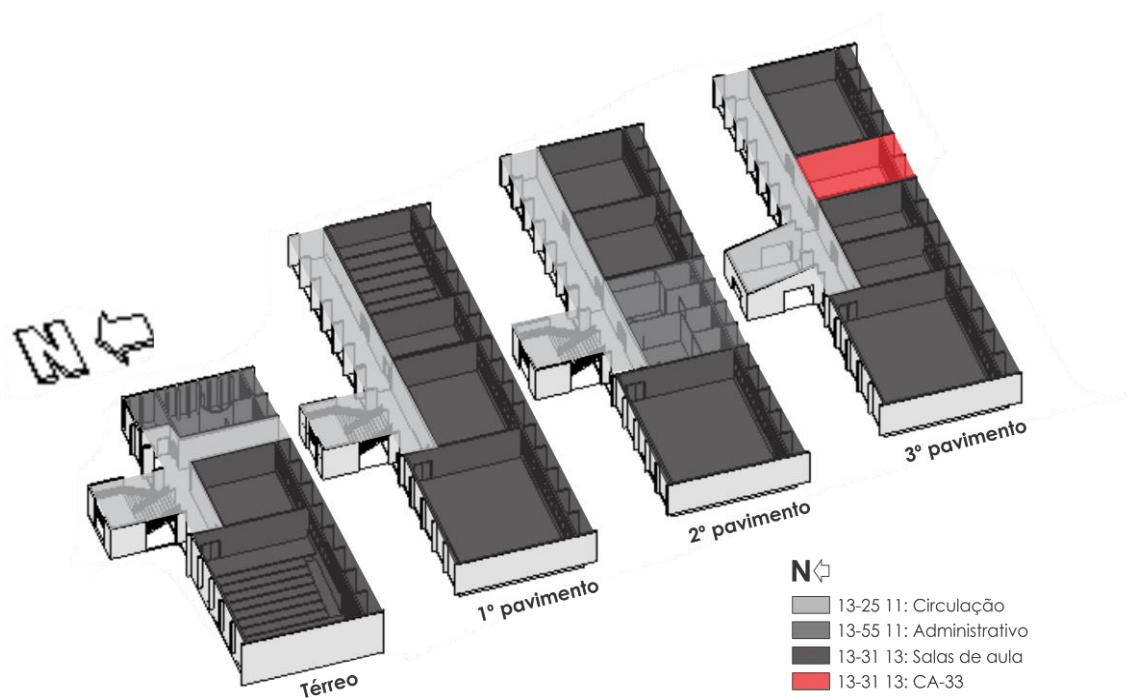
Fonte: os autores

3.1.3 Medição *in loco*

O Bloco 6 foi o primeiro bloco de salas de aula construído. Sua implantação é configurada pelas fachadas de maior dimensão posicionadas no eixo de orientação Norte-Sul. De acordo com Castellano, Bacci e Marangoni (2014), esta orientação é a mais indicada para atividades de ensino.

A Figura 4 apresenta em perspectiva os pavimentos do bloco 6 e a indicação da sala de aula CA-33, escolhida para a realização da medição *in loco* por sua disponibilidade.

Figura 4 - Pavimentos Bloco 6

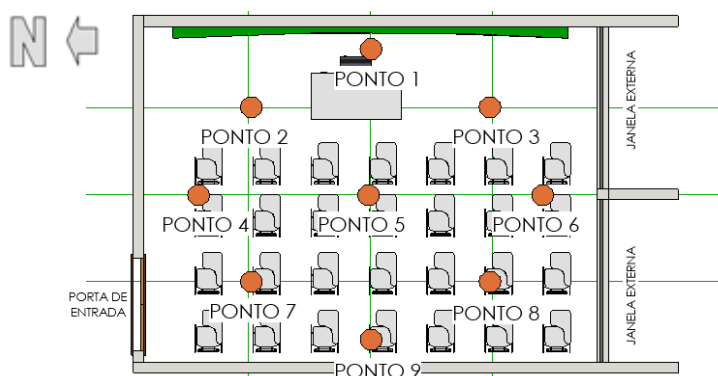


Fonte: os autores

A Fachada Norte do Bloco 6 tem como configuração uma circulação coberta, aberta lateralmente, que auxilia na proteção solar por propiciar o recuo das salas de aula. Esta disposição ameniza a transmissão de calor proveniente da radiação solar incidente e transforma a circulação em elemento de proteção. Entretanto, não há aberturas nas compartimentações voltadas para esta fachada.

As aberturas do bloco se concentram na Fachada Sul e permitem a entrada de radiação solar difusa nas salas de aula. Devido a este tipo de radiação, foram instaladas internamente, em todos os ambientes de sala de aula, cortinas translúcidas. Cunha (2006) evidencia que a cortinas translúcidas são ideias para controle da radiação solar difusa, - portanto seu uso atende às recomendações de proteção presentes na literatura.

Para a medição *in loco* foi definida a sala de aula CA-33, localizada no 3º pavimento do Bloco 6, que agrega as características supracitadas. A medição foi realizada com o luxímetro modelo Konica Minolta em um único dia. Foi estabelecido o intervalo de tempo de 2 horas entre cada medição, abrangendo o período de 9h às 17h. Além disso, foram estabelecidos 9 pontos de medição, como apresentado na Figura 5. A Tabela 1 exibe a medição realizada.

Figura 5 - Pontos de medição

Fonte: os autores

Tabela 1 - Medição *in loco* (28/11/2016)

Horário	Valor Médio (lux)
09:10	1354
11:10	783
13:10	885
15:10	932
17:10	402

Fonte: os autores

O valor médio total de iluminância do ambiente no decorrer do dia é de 871 lux. A NBR 15215 aponta que com esta média a iluminação natural está acima da zona de conforto, já que atividades em salas de aula e salas de desenho demandam entre 300-500 lux. É relevante ressaltar que as medições foram realizadas desconsiderando as cortinas translúcidas instaladas, caracterizadas como elementos de proteção ideais para o controle da radiação solar difusa.

3.1.4 Avaliação de percepção

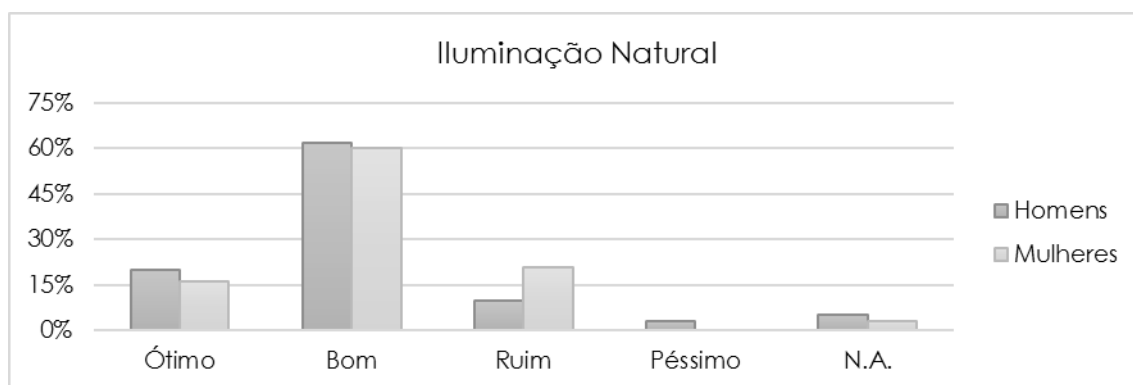
A avaliação de percepção dos usuários foi realizada através da aplicação de questionários a alunos de graduação e pós-graduação, funcionários e professores atuantes na edificação educacional avaliada. O questionário abarcou os seguintes tópicos: (i) caracterização da amostra (sexo, idade, função); (ii) período de ocupação do edifício; e (iii) percepções relativas à iluminação natural e artificial.

Durante três dias, considerando os turnos matutino e vespertino, foram aplicados 254 questionários em salas de aula. A caracterização da amostra levantada apresenta: 254 pessoas, entre homens (138) e mulheres (116), das quais 223 atendem à faixa etária entre 20 e 30 anos, 15 entre 31 e 40 anos, 14 entre 41 e 50 anos e somente 2 com 51 ou mais. Entre os respondentes, 183 são alunos de graduação, 62 são alunos de pós-graduação e 9 são funcionários ou professores. Dos 245 alunos (graduação e pós-graduação), 205 são alunos regulares e 38 são alunos especiais.

Em relação à frequência dos usuários na edificação durante os períodos de aula, 11 pessoas estiveram presentes nas aulas de férias de verão, 212 pessoas presentes durante as aulas do 1º semestre do ano letivo, 8 pessoas nas aulas de férias de inverno e 252 pessoas durante as aulas do 2º semestre do ano letivo.

Considerando como aspecto de análise a iluminação natural no período das férias de verão e 1º semestre (Figura 6), é constatado que as salas de aula do Bloco 6 – tanto para homens como para mulheres – apresentam retorno de avaliação satisfatório – qualificado como bom.

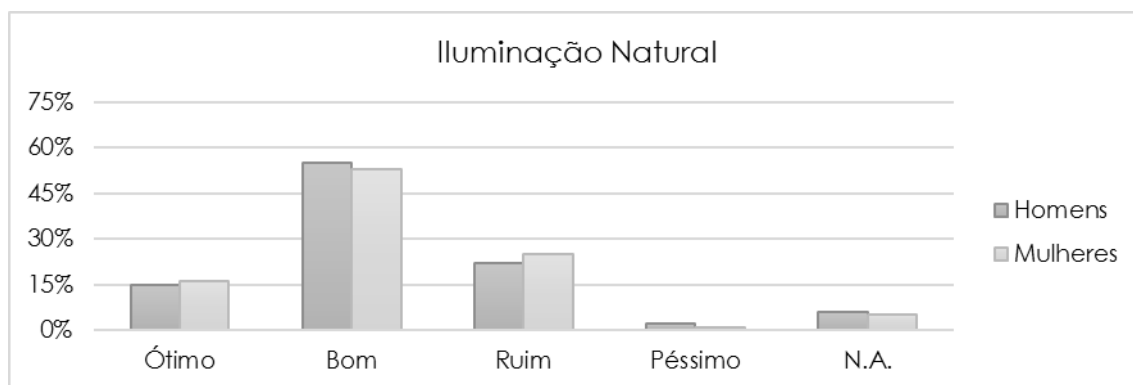
Figura 6 - Férias de Verão e 1º Semestre



Fonte: os autores

Considerando o período das férias de inverno e 2º semestre (Figura 7), é possível observar que as salas de aula do Bloco 6 são classificadas majoritariamente como bom por homens e mulheres. Por outro lado, é possível observar que o percentual de avaliações com qualificação ruim aumenta em relação ao período das aulas de férias de verão e 1º semestre.

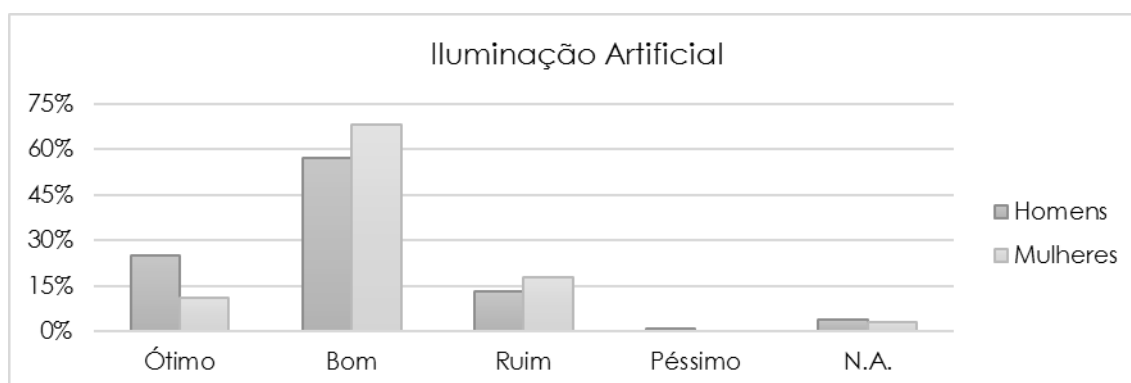
Figura 7 - Férias de inverno e 2º Semestre



Fonte: os autores

Em relação ao sistema de iluminação artificial como aspecto de análise (Figura 8), as salas de aula do Bloco 6 apresentam, independente do período de aulas, avaliações satisfatórias de ambos os gêneros.

Figura 8 - Iluminação Artificial em todos os períodos



Fonte: os autores

3.2 Avaliação Técnica

Nesta subseção, está apresentada a avaliação técnica realizada por meio de simulações computacionais. A primeira análise é realizada por meio do *Climate Consultant* e considera os fatores bioclimáticos da cidade de Campinas, onde a edificação está localizada. As demais análises são subsidiadas pelos resultados da simulação de percurso solar (insolação), realizada através da ferramenta Autodesk Revit, e das simulações de *daylighting*, realizada pelo plug-in Sefaira for Revit.

3.2.1 Análise climática de Campinas

O clima de Campinas é classificado como tropical de altitude (CUNHA, 2006), cujas recomendações para o ambiente construído apontam que a radiação solar direta seja evitada – seja por meio do uso da vegetação enquanto elemento de proteção, seja por intermédio de protetores solares horizontais, verticais e mistos. Por conseguinte, considerando aspectos de implantação, é ideal que as faces de maiores dimensões da edificação estejam na orientação Norte-Sul.

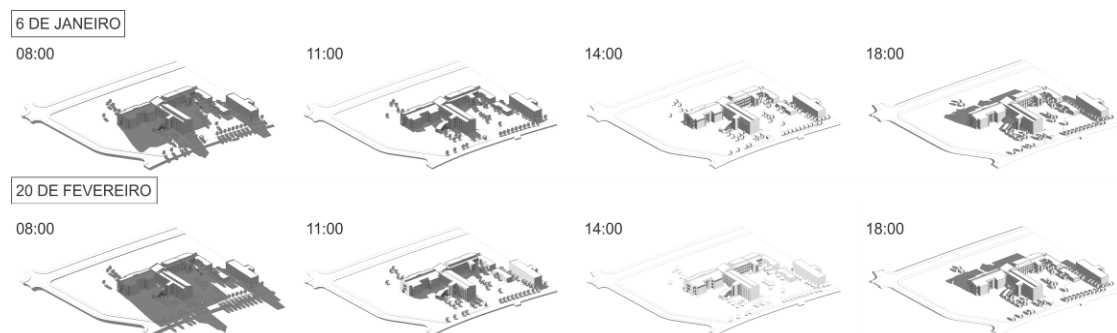
Sua análise climática foi realizada através da ferramenta *Climate Consultant* v.06, a partir dos dados adquiridos no arquivo climático da cidade, disponibilizado pelo LabEEE-UFSC. Na simulação, considerou-se o tipo da edificação como não-residencial e os parâmetros do Modelo de Conforto Adaptativo da ASHRAE Standard 55-2010. Este modelo se enquadra na edificação avaliada e é voltado para edificações cuja sensação térmica dos espaços naturalmente ventilados - os quais os usuários podem abrir e fechar janelas - dependem do clima exterior e podem ter uma maior variedade de conforto térmico em comparação a edifícios com sistemas centrais de ar condicionado. A partir dos gráficos climáticos identificou-se que a zona de conforto para iluminação natural é 1000 lux.

3.2.2 Estudo solar

O estudo solar foi realizado através da ferramenta Autodesk Revit com uso do modelo BIM. Primeiramente, o modelo foi georreferenciado e, em seguida,

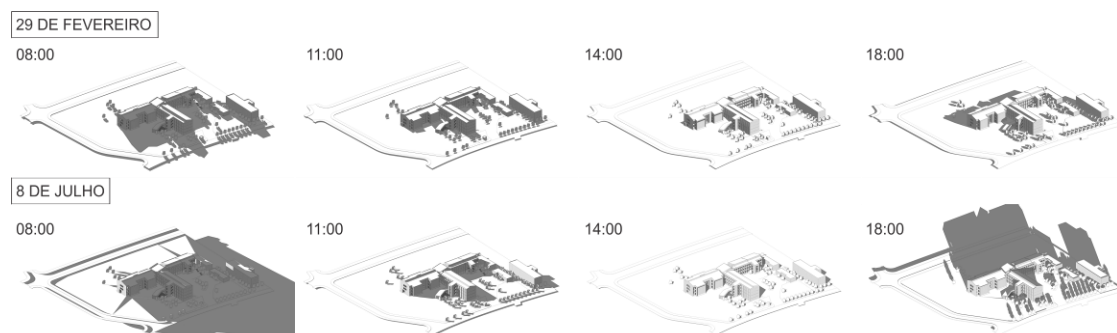
efetuadas as simulações do percurso solar considerando todos os períodos de aula no decorrer do ano (Figuras 9 a 12). Essas simulações auxiliaram na análise de impacto da massa edificada dos blocos entre si e em relação ao entorno.

Figura 9 - Sombreamento (férias de verão)



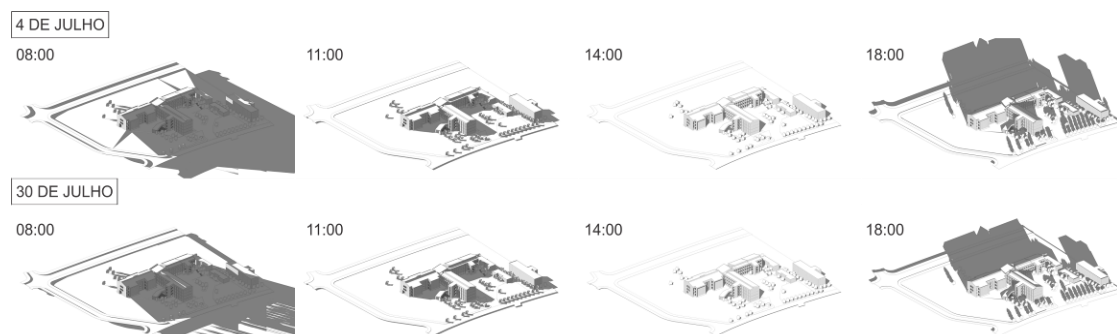
Fonte: os autores

Figura 10 - Sombreamento (1º semestre)



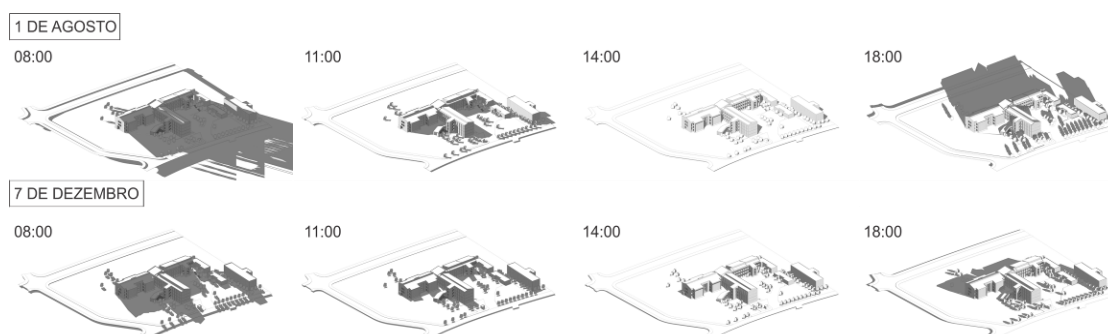
Fonte: os autores

Figura 11 - Sombreamento (férias de inverno)



Fonte: os autores

Figura 12 - Sombreamento (2º semestre)



Fonte: os autores

Em uma análise geral, é possível observar que os Blocos 6B e 7, implantados cronologicamente após o Bloco 6, foram concebidos desconsiderando o impacto de suas máscaras de sombra no turno da manhã, que provocam sombreamento independente da época do ano. Isto se deve à implantação destes blocos na testada leste do terreno, e em um nível acima do Bloco 6, sem qualquer tratamento volumétrico visando o diálogo com o pré-existente (e.g. escalonamento).

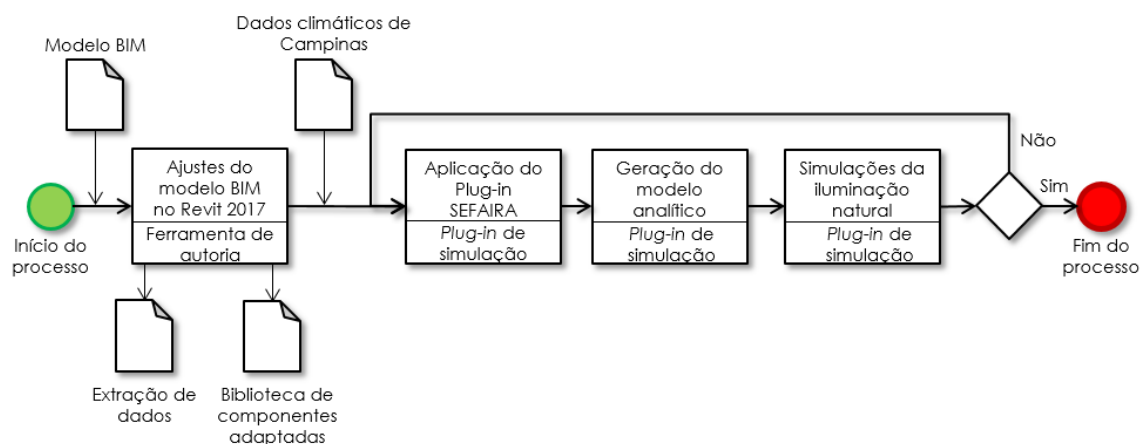
Desta forma, os Blocos 6B e 7 se comportam como elementos de proteção solar, influenciando na iluminação natural e no conforto térmico do Bloco 6 e no entorno próximo (blocos anexos, platôs e estacionamentos). O impacto é notável principalmente entre meados de julho e agosto, período inerente às férias de inverno e ao início do 2º semestre. Ainda neste período, é possível observar o efeito inverso de sombreamento no turno da tarde, no qual a projeção do Bloco 6 atinge parte da circulação aberta do Bloco 6B, influenciando na iluminação natural de ambos os blocos. Como no Bloco 6 as aberturas das salas de aula estão voltadas para sul, também é este o maior prejudicado em termos de iluminação natural.

Ambos os cenários relatados exigem compensação de iluminância por meio do sistema de iluminação artificial, cenário que reflete no consumo de energia da edificação.

3.2.3 Iluminação natural

O procedimento da simulação computacional de iluminação natural seguiu o fluxo apresentado na Figura 13. Com base no modelo BIM, já georreferenciado, foi produzido um modelo analítico por meio do *plug-in* Sefaira for Revit. Este modelo analítico passou por auditoria, sendo configurados nos parâmetros os valores necessários para a simulação em tempo real. Na simulação, foram consideradas como variáveis: (i) a simulação anual; (ii) a simulação de ofuscamento; (iii) a simulação de fator de luz; e (iv) as simulações de incidência de radiação solar direta.

Figura 13 - Fluxo da simulação

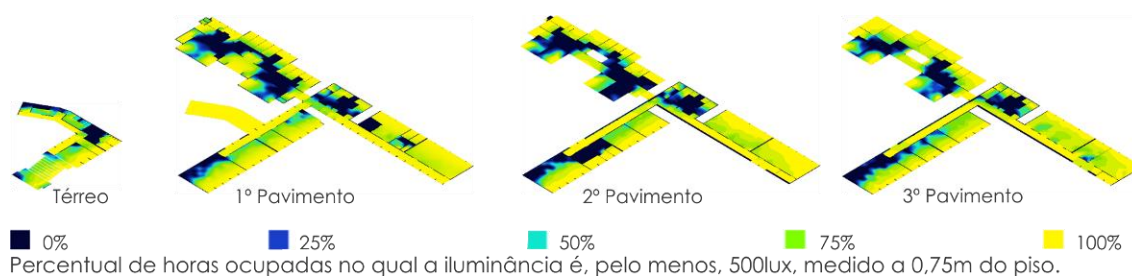


Fonte: os autores

A simulação anual refere-se ao percentual de horas no qual os ambientes atingem os 500lux, taxa de iluminância ideal para atividades educacionais (ABNT, 1991a), medida a uma altura de 0,75m acima do nível do piso (ABNT, 2013).

De acordo com a Figura 14, as salas de aula distribuídas nos Blocos 6 e 6B exibem percentuais satisfatórios de iluminância, com exceção das salas de desenho do Bloco 6 localizadas na Fachada Oeste. Essas salas apresentam percentuais inferiores ao recomendado, devido às dimensões das aberturas serem insuficientes para iluminar os respectivos ambientes, cujas larguras são maiores que os demais do mesmo bloco. Segundo a NBR 5413, para cada ambiente em que se desenvolvem atividades educacionais, a boa uniformidade da luz depende basicamente da forma, dimensões e posição das janelas (ABNT, 1991b).

Figura 14 - Simulação anual



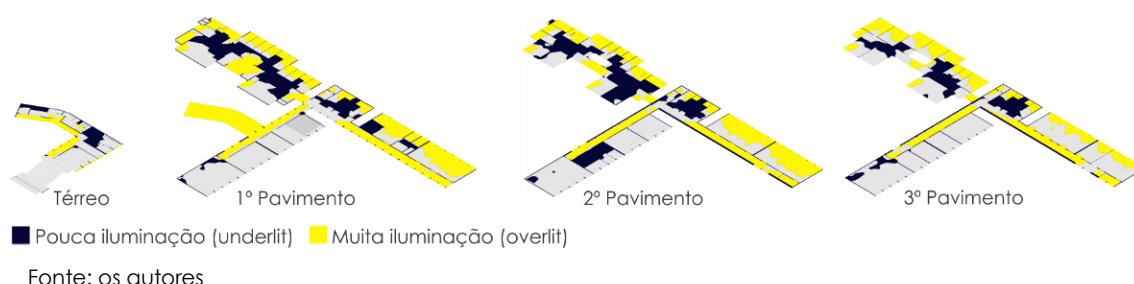
Fonte: os autores

A simulação referente ao ofuscamento, representada na Figura 15, evidencia a demanda por elementos de proteção solar nos ambientes voltados para a Fachada Leste dos Blocos 6B e 7. Destaca-se que as simulações desconsideraram os brises instalados no Bloco 6B – que já atendem a esta demanda. Esta negligência é justificada pelo desempenho da ferramenta de simulação, que não suporta grandes níveis de detalhe do modelo. Observa-se,

também, os papéis das circulações como elementos de proteção nos Blocos 6 (Fachada Norte) e 6B (Fachada Oeste).

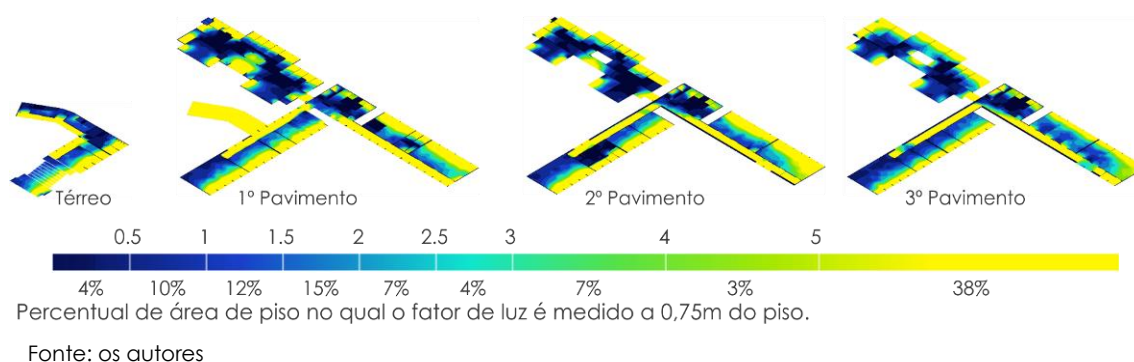
Os ambientes compartimentados sofrem com a pouca iluminação – nesse âmbito, destaca-se a circulação central e os laboratórios do Bloco 7 e os *halls* e áreas de serviço do Bloco 6A. No contexto do Bloco 6, é identificada pouca iluminação na sala de Gerenciamento de Facilidades (que possui divisórias internas) e em uma reduzida região das salas de desenho como já observado.

Figura 15 - Simulação de ofuscamento



Em relação à simulação do fator de luz (Figura 16), que representa o equilíbrio entre a iluminância nos ambientes internos e externos, é perceptível a relevância das aberturas laterais, sendo estas as responsáveis, em todos os pavimentos, pela entrada de radiação solar - seja direta seja difusa. Somente no Bloco 7 é identificada uma abertura zenital, responsável por permitir a entrada de luz natural por uma ilha de iluminação.

Figura 16 - Simulação do fator de luz



Percebe-se que não há, com a iluminação natural, uniformidade nos ambientes, o que requer um hibridismo nas soluções através do uso complementar de sistemas de iluminação artificial. Uma recomendação da NBR 8995-1, neste caso, é a incorporação de soluções voltadas para a dimerização do sistema de iluminação artificial, que pode impactar positivamente no consumo de energia. Esse contexto propicia ao usuário o controle e balanceamento da iluminância em pontos distintos de cada ambiente (e.g pontos afastados das aberturas demandam maior uso compensatório de iluminação que aqueles próximos).

Na simulação da luz direta, foram considerados cenários referentes aos períodos das aulas das férias de verão (06 de janeiro à 20 de fevereiro), do primeiro semestre (29 de fevereiro à 08 de julho) – Figura 17, e das férias de inverno (04 de julho à 30 de julho) e do segundo semestre (01 de agosto à 07 de dezembro) – Figura 18. Como pode ser observado, esta simulação corrobora a orientação ideal do Bloco 6 e das aberturas das salas de aula para a Fachada Sul, nas quais a incidência da radiação solar direta é nula. Nos períodos de aulas de férias de verão e 1º semestre, observa-se que os ambientes se comportam do mesmo modo – com uma pequena redução percentual de horas de recepção de radiação solar direta durante o 1º semestre. Destaca-se a circulação do Bloco 6, que devido à alteração na trajetória do Sol, passa a integrar este grupo de ambientes receptores.

Figura 17 - Luz direta (férias de verão e 1º semestre)

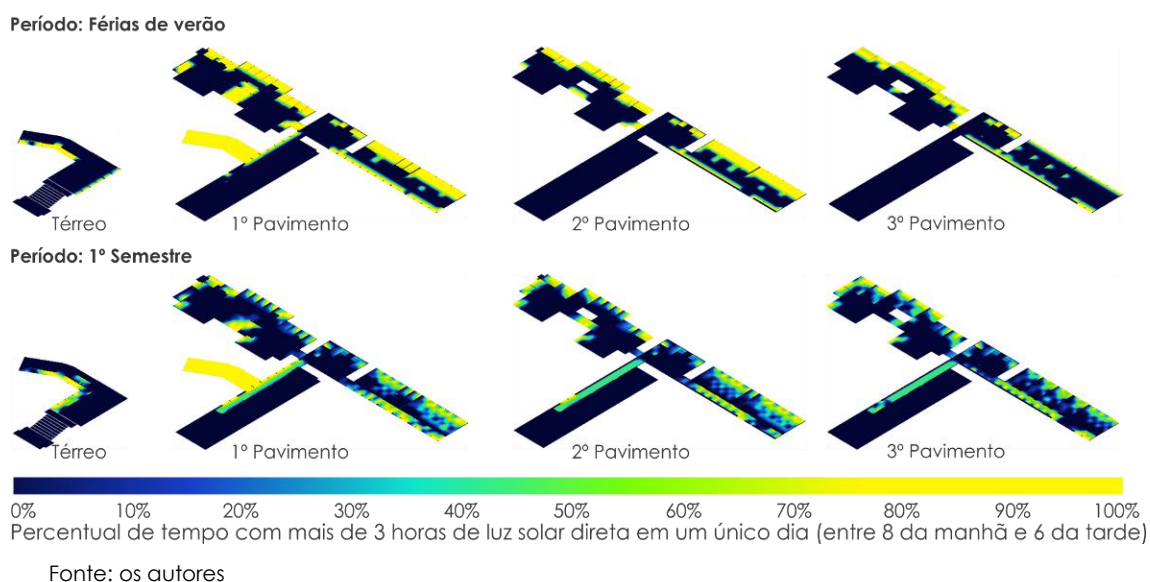
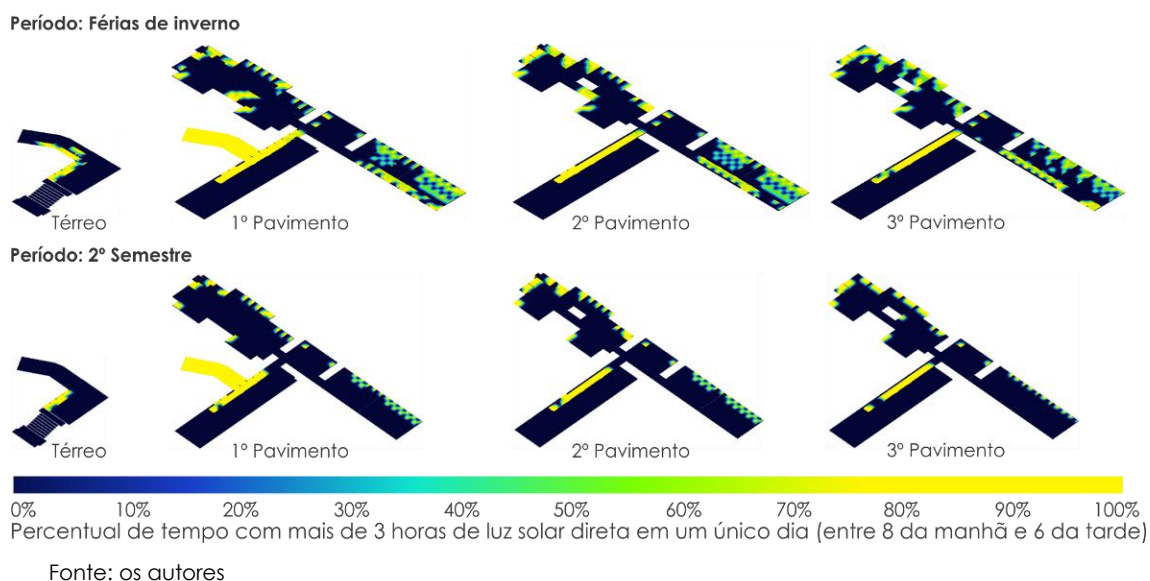


Figura 18 - Luz direta (férias de inverno e 2º semestre)



3.3 Quadro Síntese

O Quadro 1 apresenta a síntese comparativa entre os dados levantados por meio dos instrumentos adotados na APO e da avaliação técnica da edificação. Ademais, exibem-se recomendações para os aspectos analisados que demandam melhorias.

Quadro 1 – Quadro Síntese

		Simulações computacionais	Walkthrough e Medição in loco	Percepção dos usuários	Recomendações
Aspectos	Insolação	Os Blocos 6B e 7 atuam como elementos de proteção solar do Bloco 6. Estes blocos impactam na iluminação natural das salas de aula do Bloco 6 através do sombreamento - principalmente entre os períodos de férias de inverno e 2º semestre.	O Bloco 6 possui aberturas apenas na Fachada Sul, permitindo somente a entrada de radiação solar difusa. Neste sentido, há a devida proteção por meio das cortinas translúcidas. A Fachada Norte do bloco é cega, independente da circulação atuar como elemento de proteção solar.	Os usuários avaliam a iluminação natural do Bloco 6 como satisfatória. Entretanto, é relevante observar maior qualificação desta iluminação como ruim entre alguns usuários nos períodos de férias de inverno e 2º semestre.	Sem recomendações.
	Iluminância durante o ano	As salas de aula do Bloco 6 exibem percentuais satisfatórios de horas atingindo o mínimo de 500 lux exigidos pela NBR 15215, com exceção das salas de desenho de maiores dimensões localizadas junto a Fachada Oeste do bloco.	As salas de maior largura, precisam de maior abertura lateral ou ações compensatórias por meio da iluminação artificial. A média de iluminância na sala CA-33 do Bloco 6 ultrapassou o nível de iluminância recomendado pela NBR 15215 no período relativo ao 2º semestre de aulas. Entretanto o uso de cortinas translúcidas está apto a fazer este controle.	Os usuários avaliam a iluminação natural do Bloco 6 como satisfatória. Entretanto, é relevante observar maior qualificação desta iluminação como ruim entre alguns usuários nos períodos de férias de inverno e 2º semestre. A iluminação artificial é classificada como satisfatória no Bloco 6 durante todos os períodos do ano.	Observa-se que a instalação de circuitos no sistema de iluminação artificial, considerando a largura das salas, pode minorar a questão da má distribuição da iluminação em grandes ambientes.
	Simulação do fator de luz	Não há uniformidade na distribuição da iluminação natural nos ambientes de sala de aula.	Não há solução de dimerização no sistema de iluminação artificial para compensar a perda de iluminação natural nas zonas afastadas das aberturas laterais.	A iluminação artificial é classificada como satisfatória no Bloco 6 durante todos os períodos.	Observa-se que a dimerização do sistema pode contribuir para a homogeneidade da luz, respeitando as taxas ideais de iluminância para execução das atividades.
	Simulação de radiação solar direta	Não há radiação solar direta na Fachada Sul do Bloco 6. A circulação da Fachada Norte atua como elemento de proteção.	A circulação da Fachada Norte atua como elemento de proteção, reduzindo a transmissão de calor nas salas de aula.	Os usuários avaliam a iluminação natural do Bloco 6 como satisfatória.	As aberturas laterais voltadas, para a circulação da Fachada Norte, podem contribuir para a entrada de mais radiação solar difusa nas salas de aula. Esse cenário influencia na uniformidade da luz e na menor demanda por iluminação artificial compensatória.

Fonte: os autores

Além dessa síntese, é relevante evidenciar que dois instrumentos adotados na APO foram auxiliados pelo modelo e por ferramentas BIM: (i) o *checklist* para as-built da edificação elaborado na ferramenta Autodesk Revit; e (ii) a visualização tridimensional para apreensão da edificação e *walkthrough*, por meio do TrimbleConnect via *Tablet*. A partir da percepção e verificação de elementos que influenciam no desempenho da edificação foram criados novos componentes no modelo.

Por fim, empregou-se o modelo BIM atualizado para as simulações de insolação e iluminação natural. Em relação à simulação de insolação, a partir do georreferenciamento do modelo, na ferramenta autoral, foi possível analisar a massa edificada e entorno. Já em relação às simulações de iluminação natural (anual, ofuscamento, fator de luz e luz direta), efetuadas no *Sefaira for Revit*, foi possível analisar e comparar os dados resultantes com as diretrizes das normas brasileiras.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi realizado, na presente pesquisa, o diagnóstico de uma edificação educacional em relação aos aspectos de iluminação natural, com ênfase tanto o conforto visual como a redução do consumo de energia. Compreende-se que a incorporação de soluções de iluminação - dimerização do sistema de iluminação artificial e o uso de elementos de proteção solar móveis em fachadas de incidência de radiação solar direta - deve influenciar na redução do consumo de energia e no aprimoramento do conforto visual nos ambientes de salas de aula da edificação avaliada. Entre os aspectos analisados, destaca-se o sombreamento existente como variável que deve ser considerada em conjunto com as soluções de iluminação. É relevante observar que os usos do modelo e de ferramentas BIM integrados aos instrumentos de APO foram imprescindíveis para auxiliar na compreensão, simulação e análise das variáveis abordadas, sendo explorados os seguintes recursos: elaboração de novos componentes BIM e esquema de extração de dados, bem como auxílio nas simulações elucidadas pelo estudo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, **NBR 15215-3**: Iluminação natural – Parte 3: procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações Habitacionais - Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, ABNT, 2013.

_____. **NB 57**: Iluminância de Interiores: Procedimentos. Rio de Janeiro, ABNT, 1991a.

_____. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores: Especificação. Rio de Janeiro, ABNT, 1991b.

BERTOLOTI, D. **Iluminação natural em projetos de escolas**: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CASTELLANO, A. L. T.; BACCI, C. A.; MARANGONI, R. F. **Projetos Institucionais: 30 anos do Escritório Coordenadoria de projetos**. Campinas: Biblioteca/unicamp, 2014.

CUNHA, E. G. da (Org.). **Elementos de arquitetura de climatização natural: Método projetual buscando a eficiência nas edificações**. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2006. 188 p.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

GONÇALVES, JCS; VIANNA, N. S.; MOURA, NC da S. **Iluminação Natural e Artificial**. PROCEL: Rio de Janeiro, 2011.

ISSA, Máira Piccolotto; POLTRONIERI, Julyane Pereira; ORNSTEIN, Sheila Walbe. Procedimentos para avaliação pós-ocupação (APO) de edifícios escolares: o caso da E.E. Fernando Gasparian, na cidade de São Paulo. **Anais..** São Paulo: NUTAU-USP, 2008.

KWOK, A. G.; GRONDZIK, W. T. **Manual de arquitetura ecológica**. Tradução técnica: Alexandre Salvaterra, v. 2, 2013.

ROMÉRO, M. de A.; ORNSTEIN, S. W. (Ed.). Coleção **Habitare - Avaliação Pós-Ocupação: Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social**. Porto Alegre: Antac, 2003.

ORNSTEIN, S. W. Com os usuários em mente: um desafio para a boa prática arquitetônica?. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, SP, v. 7, n. 3, p. 189-197, out. 2016. ISSN 1980-6809.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.