

As Condições Ambientais Do Edifício Vilanova Artigas (1969), Sede Da FAUUSP, Um Ícone Da Arquitetura Modernista Em São Paulo: Pesquisa de campo e a percepção dos usuários

Joana Carla Soares Gonçalves
Roberta Consentino Kronka Mülfarth
Ranny Loureiro Xavier Nascimento Michalski
Alessandra Rodrigues Prata Shimomura
Cristiane Mitiko Sato Furuyama
Johnny Klemke Costa Pinho
Eduardo Gasparelo Lima
Claudia Ferrara Carunchio
Sylvia Tavares Segovia
Karen Daiane dos Santos

Resumo

O icônico edifício Vilanova Artigas (1969), sede da FAUUSP na Cidade Universitária da Universidade de São Paulo, é um marco da arquitetura paulista, configurado por uma caixa de concreto e uma cobertura de claraboias que valoriza a luz natural ao mesmo tempo em que levanta questões sobre o conforto ambiental, por consequência da exposição à radiação solar. Quase 50 anos após a construção do edifício, as claraboias originais de fibra de vidro foram trocadas por outras de acrílico de aspecto leitoso, na reforma da cobertura de 2014. Nesse contexto, este trabalho traz uma discussão sobre a adequação ambiental de tal edifício e sua relação com a percepção de conforto dos usuários, após a referida reforma. Para isso, são apresentados resultados de medições térmicas, luminosas e acústicas, que se somam à pesquisa de campo junto aos usuários por meio de questionários, com foco nos espaços de estúdios e de salas de aula. Dessa forma, são também examinadas as melhorias ambientais promovidas pela reforma. A pesquisa confirmou as hipóteses de desempenho ambiental que direcionaram o projeto da reforma, de que a cobertura com novas claraboias cria um ambiente luminoso homogêneo de luz zenital difusa e temperaturas do ar mais amenas no período quente, porém ainda com impacto no conforto térmico nos horários mais críticos do ano. Quanto à acústica, viu-se como a concepção de ambientes semiabertos debaixo da cobertura incorre na propagação sonora no interior do edifício. Para os usuários, a satisfação com o ambiente luminoso supera a percepção mais problemática com as condições de térmica e acústica que acontecem em determinados momentos, resultando em uma boa satisfação geral com o edifício.

Palavras-chave: Arquitetura Modernista, Claraboias, Condições Ambientais, Percepção de Conforto, Pesquisa de Campo.

Abstract

The Vilanova Artigas building (1969), main building of FAUUSP in the campus of the University of São Paulo, is an icon of the Paulista architecture, configured by a concrete box and a roof of skylights which values daylight at the same time that raises questions about the environmental comfort in the internal spaces due to the consequent exposure to solar radiation. Almost 50 years after the completion of the building, the original glass fibre skylights were changed by acrylic components, in the refurbishment of the roof completed in 2014. In this context, this work discusses the environmental adequacy of such a building and its relationship with the users' perception of comfort, after the aforementioned reform. For this, results of thermal, light and acoustic measurements are presented, which are added to the field research with users through questionnaires, focusing on studio and classroom spaces. Thus, the environmental improvements promoted by the reform are also examined. The research confirmed the hypotheses of environmental performance that guided the renovation

project, that the roof with the new skylights creates a homogeneous luminous environment of diffused zenithal light and with milder air temperatures in the warm season, but still with an impact on thermal comfort at the most critical times of the year. As for acoustics, it was seen how the design of semi-open environments under the roof incurs in sound propagation throughout the building. For users, satisfaction with the luminous environment outweighs the most problematic perception of thermal and acoustic conditions that happen at certain times, resulting in a good overall satisfaction with the building.

Keywords: Modernist Architecture, Skylights, Environmental Conditions, Environmental Perception, Fieldwork

1. Introdução

Inaugurado em 1969, o edifício Vilanova Artigas, sede da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), localizado na Cidade Universitária Armando de Salles Oliveira (CUASO), é um dos maiores ícones da arquitetura modernista brasileira construído na cidade de São Paulo. Projetado pelo arquiteto João Vilanova Artigas, o edifício é configurado por uma caixa de concreto de 110 metros de comprimento e 66 metros de largura, suspensa por um sistema de pilares e vigas de concreto, tendo sido concebido com uma clara divisão vertical de funções que definem a sua espacialidade interna, organizadas ao redor de um grande vazio central e sob uma cobertura de claraboias (BAROSSO, 2016), como visto na Figura 1.

O vazio central chamado de Salão Caramelo, com 36 metros de comprimento, 19 metros de largura e 15 metros de altura, conforma um generoso espaço multiuso e oferece a oportunidade de contemplação da grande cobertura iluminante formada por 960 claraboias de 2,75 por 2,75 metros de base. Com forte influência da vivência do arquiteto Vilanova Artigas no primeiro prédio que sediou a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, na rua Maranhão, área central da cidade de São Paulo, o vazio do Salão Caramelo, concebido para ser um espaço interior com sentido de exterioridade, propicia comunicação visual entre os espaços internos, ao mesmo tempo em que foi pensado como parte essencial da estratégia de ventilação e iluminação natural internas. O edifício da FAUUSP foi tombado em 1982 pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT), como patrimônio cultural.

Originalmente, o edifício foi projetado para acomodar turmas de 60 alunos, que cresceram para até 150 alunos, aproximadamente. Em princípio, o edifício foi pensado para ser ocupado pelos alunos do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo no período diurno. Com a criação do curso de Design em 2006, estúdios e salas de aula passaram a ser ocupados também no período noturno.

Organizada em 06 níveis, além do auditório, a concepção dos espaços tem como princípio torná-los fluidos, integrados e somáticos, além de intencionalmente levarem o usuário a não saber o “andar” em que se encontram (Figura 2). Quanto à distribuição dos espaços e funções, no térreo estão o Salão Caramelo e as salas da administração. No subsolo, sob o piso do grande salão, foi projetado um auditório. Na caixa de vidro abaixo da caixa de concreto, estão localizados o restaurante, o chamado Piso do Museu (área livre para exposições temporárias e eventos), a biblioteca e a área dos departamentos, em níveis intercalados. No último piso da caixa de concreto, estão as salas de aula com três tamanhos diferentes, 58, 87 e 174 m², dispostas ao longo da fachada nordeste (NE) e os cinco

estúdios. Estes com áreas entre 483 e 563 m², estão meio nível abaixo, ao longo da extensão sudoeste (SO), com laterais (sem janelas) para as orientações noroeste (NO) e sudeste (SE).

Acompanhando a estrutura, as paredes da caixa superior são empenas de concreto (sem pintura ou isolamento térmico) ventiladas internamente por uma parede dupla (Figuras 1 e 2). As divisórias entre salas de aula e entre estúdios são de painéis de concreto. Nos estúdios, as divisórias de 3 metros de altura não atingem a cobertura, garantindo uma continuidade visual do plano inferior da cobertura, assim como uma distribuição mais homogênea da luz zenital. De forma geral, os espaços dos estúdios são praticamente abertos para o volume central do Salão Caramelo e, conseqüentemente, expostos às variações das condições ambientais de térmica, iluminação e acústica do vazio central e, por conseguinte, do exterior.

No entanto, mesmo com o sistema de aberturas zenitais nas claraboias, combinado às empenas ventiladas da caixa de concreto para incrementar a ventilação por efeito chaminé nos estúdios e salas de aula, foi demonstrado na pesquisa de campo junto aos alunos, realizada por Gonçalves, Sanches e Cavalcante (2006), que a percepção de conforto térmico nos estúdios e nas salas de aula, durante o período de verão, é identificada apenas nas primeiras horas do dia. Esta opinião dos usuários corrobora com os resultados dos trabalhos analíticos de Russo (2004), baseados em simulações computacionais de termodinâmica, em que se verificou a incapacidade da ventilação natural em remover o excesso de carga térmica proveniente da cobertura nos dias quentes do ano. Gonçalves, Sanches e Cavalcante (2006) levantaram também a insatisfação dos usuários com as condições térmicas em dias frios, quando a provável razão para o desconforto está na falta de controle dos fluxos de ar, tendo em vista a abertura permanente do edifício para o ambiente externo por meio do vazio central, combinada à abertura fixa das claraboias.

No que tange à iluminação zenital, relatos de alguns alunos das primeiras turmas de graduação da FAUUSP indicam uma insatisfação com as condições de conforto ambiental, principalmente por excesso de luminosidade proveniente da cobertura original de claraboias de fibra de vidro, que permitia a penetração da radiação solar direta (CREMONESI, 2013). Passados anos de ocupação, as superfícies externas das claraboias nas salas de aula foram pintadas com tinta fosca devido ao excesso de luminosidade, a fim de escurecer o ambiente interno e viabilizar a execução de projeções. Como consequência, tais espaços foram transformados em ambientes permanentemente escuros, dependentes da luz artificial para qualquer tipo de uso e em qualquer hora do dia, enquanto os estúdios tiveram a diminuição da luz natural devido à perda das características de transmissão luminosa da fibra de vidro, após quase 50 anos de sua instalação (Figura 3).



Figura 1 – À esquerda, vista externa do edifício da FAUUSP, mostrando a projeção da caixa elevada de concreto acima do volume envidraçado da biblioteca e as aberturas inferiores de ventilação natural criadas pela parede dupla da empina de concreto. À direita, vista do interior do edifício, com o Salão Caramelo no espaço central. Fonte: Os autores.

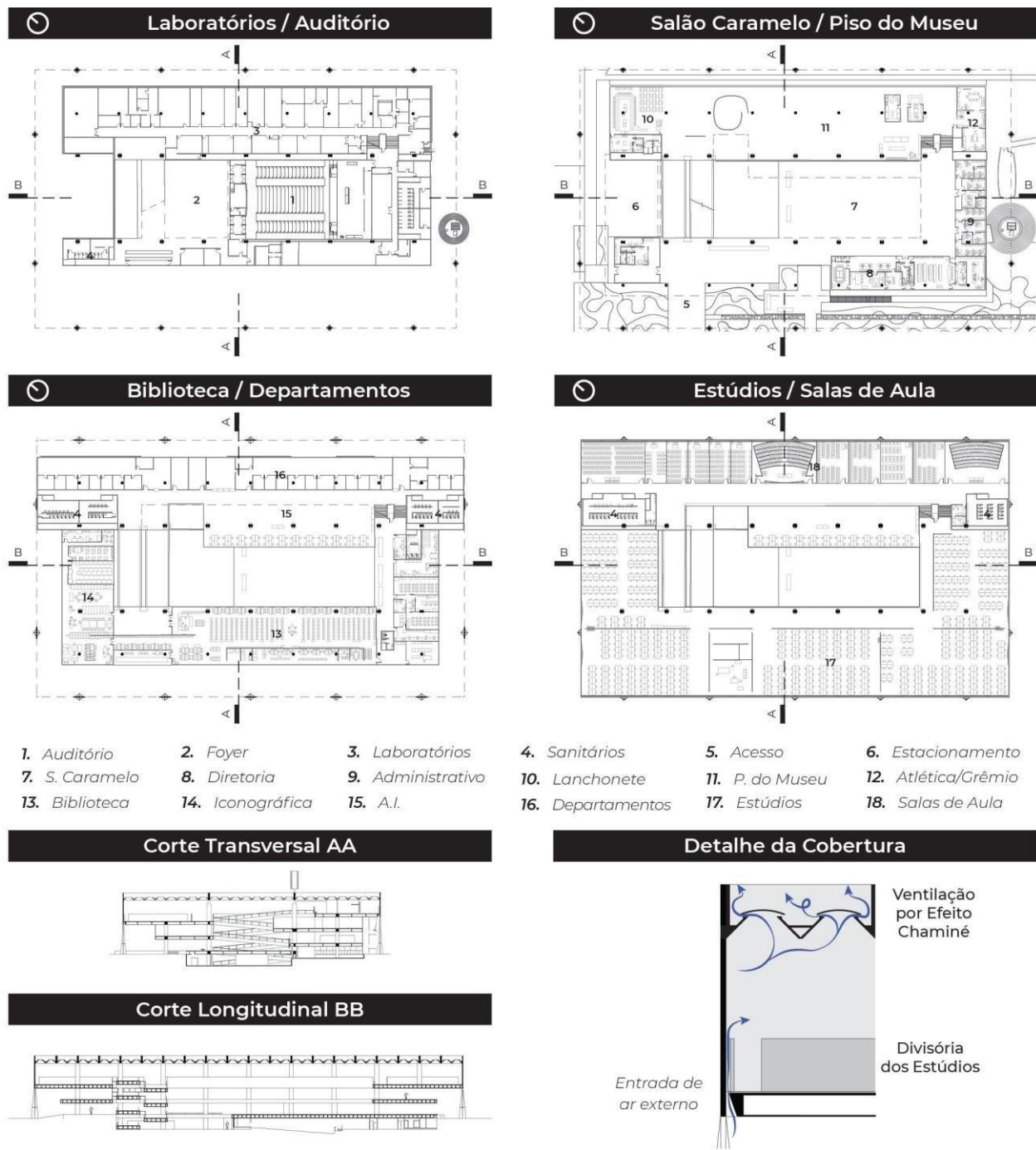


Figura 2 - Plantas dos quatro níveis principais do edifício (laboratórios e auditório; salão caramelo e piso do museu; biblioteca e departamentos; e estúdios e salas de aula), cortes longitudinal e transversal e corte da parede dupla de concreto indicando o esquema de ventilação envolvendo as aberturas das claraboias. Fonte: Os autores.



Figura 3 – À esquerda, vista externa da cobertura original, mostrando o estado de degradação da fibra de vidro. À direita, vista externa da cobertura com as novas claraboias em acrílico leitoso. Fonte: Imagem à esquerda: Claudia Oliveira, disponível em: <<http://docomomo.org.br/wp-content/uploads/2016/01/069.pdf>>, acesso em fevereiro de 2020; imagem à direita: Os autores.

A troca das claraboias originais de fibra de vidro (que se encontravam altamente degradadas em função da longa exposição às intempéries) fez parte do escopo da reforma da cobertura do Edifício Vilanova Artigas, concluída em 2014. Na especificação dos novos elementos de cobertura, considerou-se a importância de retomar a luz natural zenital no projeto, presente na proposta original de Artigas. Porém, visando aspectos do conforto térmico e luminoso, um requisito-chave foi adicionado ao desempenho das novas claraboias: transmissão de luz difusa, sendo essa a condição luminosa adequada para o desenvolvimento de tarefas de leitura, escrita, desenho e outras práticas manuais, além do uso de computador (Figura 4). Ou seja, diferente do projeto original, objetivou-se que a radiação solar global incidente na cobertura fosse transmitida para o interior na forma de luz difusa, sem a penetração direta de raios solares (PINHO, 2013).

Pinho (2013) avaliou opções de especificação termofísica e de transmissão luminosa (T_{vis}) disponíveis no mercado nacional para as novas claraboias, por meio de estudos analíticos, levando à recomendação do acrílico simples (com valor de “ U – transmitância térmica” igual ao do vidro simples), aspecto leitoso (para difusão da radiação direta) e 20% de T_{vis} para grande parte das claraboias. Com o objetivo de escurecer parcialmente as salas de aula para a realização de projeções, foram especificadas duas fileiras de claraboias com T_{vis} igual a 7%, junto a uma das paredes das salas (Figura 4).

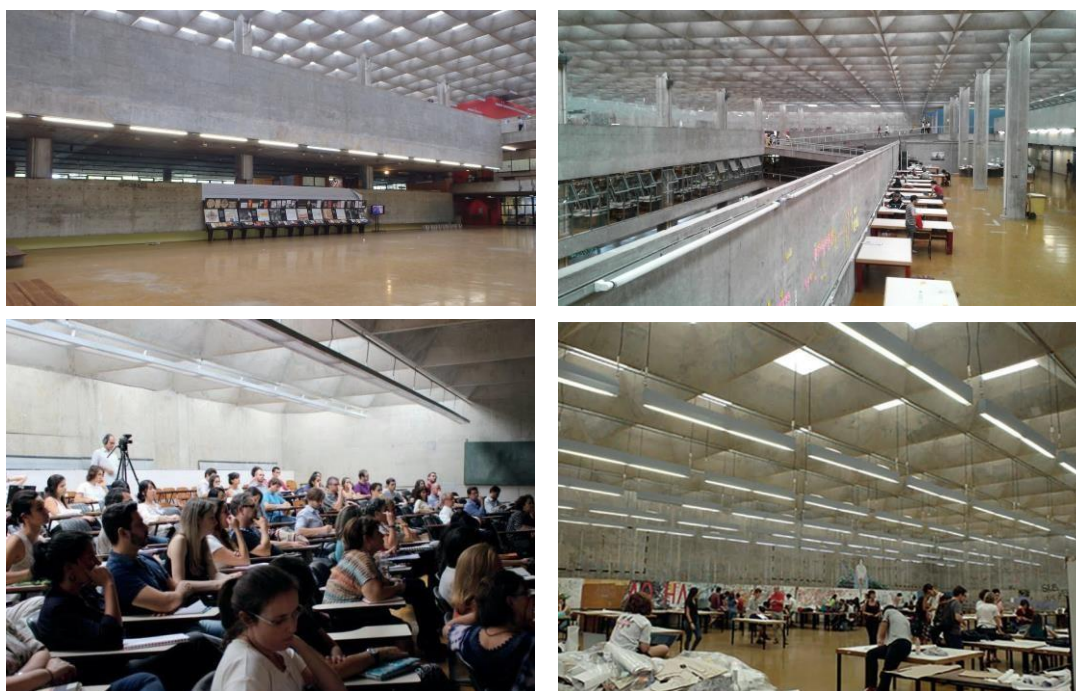


Figura 4 – Canto superior esquerdo, vista do Salão Caramelo, após a reforma da cobertura e a troca das claraboias. Canto superior direito, vista do último nível do edifício, mostrando o plano da cobertura sobre todo o interior, com a área dos estúdios à esquerda, o corredor dos departamentos à direita e o bloco das salas de aula acima do piso dos departamentos. Canto inferior esquerdo, vista de uma das salas de aula, após a reforma da cobertura e a troca das claraboias. Canto inferior direito, vista de um dos estúdios, com o efeito das novas claraboias. Fonte: Os autores.

Além da qualificação dos espaços internos, vale comentar que o bom aproveitamento da luz natural decorrente da troca das claraboias guarda um potencial de redução da demanda energética associada à dependência da iluminação artificial nos principais espaços do prédio, em decorrência da degradação do material e da resultante baixa ou nula de transmissão luminosa. A esse respeito, Furuyama *et al.* (2019) estimaram uma redução de 62% de demanda energética para os estúdios nos meses de verão, 55% nos de outono e primavera e 51% nos de inverno. Por outro lado, os elevados níveis de luminosidade medidos e simulados nessa mesma pesquisa levantam um questionamento sobre o risco de ofuscamento por excesso de luminosidade.

Do ponto de vista da térmica, a reforma foi uma oportunidade para o reposicionamento das claraboias, a fim de aumentar o espaçamento entre elas e a estrutura propriamente dita, com o intuito de incrementar o máximo possível a ventilação natural por efeito chaminé, aumentando, assim, a área de saída do fluxo de ar. Além disso, ao criar um ambiente de luz difusa, evita-se também o risco de desconforto térmico por conta da exposição do usuário à radiação solar direta. Nesse contexto de requisitos de desempenho, optou-se pelo acrílico como material de fechamento das claraboias, que,

além das qualidades ambientais, por sua leveza e durabilidade, não aumentaria o peso sobre a estrutura da cobertura.

Os estudos analíticos desenvolvidos para a reforma da cobertura, apresentados na Página 41 – (PINHO, 2013) demonstraram que o risco de ofuscamento do projeto original seria eliminado com a solução da reforma, de fechamento em acrílico leitoso e que a carga luminosa proveniente da nova cobertura, identificada primeiramente por Furuyama *et al.* (2019), não incorreria em ofuscamento. Do ponto de vista do desempenho térmico, os referidos estudos mostraram que o aumento da taxa de ventilação natural (proporcionado pelo aumento do espaço entre as claraboias e a estrutura da cobertura) tem o potencial de melhorar as condições térmicas no estúdio e nas salas de aula, quando comparadas àquelas do projeto original, particularmente nos períodos quentes do ano, resultando em temperaturas máximas ao redor dos 30 °C nos estúdios e entre 30 °C e 32 °C nas salas de aula, estando essas acima dos limites da zona de conforto construída a partir do modelo adaptativo da ASHRAE (2017). Constatou-se, ainda, que a impossibilidade da colocação de uma estrutura de sombreamento externo por conta das regras do CONDEPHAAT é uma limitação para a melhoria do conforto térmico nos espaços internos do edifício. Isso, porque verificou-se que o aumento do fluxo da ventilação natural com o afastamento da claraboia da estrutura da cobertura não compensa o efeito que a sombra externa teria sobre a redução dos ganhos de calor. Ou seja, o desconforto nos períodos quentes do ano seria amenizado com a reforma, porém não eliminado por completo.

Com respeito à adequação ergonômica dos espaços, outro aspecto do conforto ambiental, Kronka Mülfarth (2018) apresenta um estudo de diagnóstico dos vários espaços do edifício da FAUUSP, desenvolvido em uma disciplina do 1º ano do curso de Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP. Esses estudos englobaram o levantamento de fatores físicos, ambientais, culturais e psicológicos, por meio de observações, registros de comportamento e de questionários e entrevistas realizados e elaborados por alunos dessa faculdade, para serem aplicados junto a grupos também de alunos usuários do edifício. Discussões no âmbito de atividades de ensino e pesquisa de natureza interdepartamental vêm levantando novas hipóteses de organização no uso dos espaços do edifício, buscando mais eficiência e conforto na ocupação e na realização de tarefas (MÜLFARTH, 2015). Para o caso dos estúdios, identificou-se a necessidade não só de reorganização de *layout* do mobiliário, informatização, como também uma possível redistribuição dos espaços, de acordo com padrões atuais de ocupação. Nesse sentido, uma das propostas foi o aumento da área dos estúdios do primeiro ao terceiro ano, em função da redução da área dos estúdios dedicados aos últimos anos, tendo em vista a menor permanência dos alunos a partir do quarto ano nas acomodações da faculdade, ao contrário do que acontece nos primeiros anos do curso. É importante observar que as discussões quanto a atual apropriação do espaço frente as suas demandas têm como pano de fundo o contato com o edifício tombado e que além de

adequação aos aspectos de ensino e aprendizagem, englobam também razões que passam não só por aspectos estéticos, pela importância de preservação da memória coletiva, como também pelo caráter simbólico (MÜLFARTH, 2018).

Além destas demandas impostas pela necessidade de adaptação dos espaços, a pandemia COVID-19 impôs novos desafios, como a colocação de recursos audiovisuais nos estúdios e salas de aula. A flexibilidade dos espaços tornou viável a implantação destas adequações, que serão devidamente validadas no decorrer do tempo.

Diferente das outras áreas do conforto ambiental, o tema da acústica no edifício da FAUUSP foi pouco abordado em trabalhos de pesquisa anteriores, apesar da grande importância do referido tema no que tange ao desempenho ambiental de ambientes de aprendizagem (BILESKEY e MICHALSKI, 2018). Sobre a acústica, uma das principais questões associada às características construtivas do edifício é a quantidade de reverberação nas salas de aula, onde todo o fechamento interno é feito de materiais rígidos, com alta reflexão e baixa absorção sonoras.

No universo das pesquisas e discussões já desenvolvidas sobre aspectos do desempenho ambiental do edifício Vilanova Artigas, este trabalho traz uma investigação sobre a adequação ambiental desse e sua relação com a percepção de conforto dos usuários, após a reforma da cobertura de 2014. Para isso, são apresentados resultados de medições térmicas, luminosas e acústicas, que se somam a uma pesquisa de satisfação realizada junto aos usuários por meio de questionários, com foco nos espaços de estúdios, salas de aula e o Salão Caramelo. Complementando, são também examinadas as melhorias ambientais promovidas pela reforma.

2. Desempenho luminoso

É apresentado a seguir o estudo técnico de desempenho luminoso de espaços de atividades acadêmicas do edifício Vilanova Artigas, realizado *in situ*, após a reforma da cobertura de 2014.

2.1. Método e procedimentos

A presente avaliação foi constituída de medições de iluminâncias em um estúdio (Estúdio 3) e uma sala de aula (Sala de Aula 812), por um período contínuo ao longo do mês de março de 2019. Os dados medidos internamente foram comparados com dados referentes a iluminâncias externas, no mesmo período. Para essa análise, são apresentados resultados das medições realizadas entre os dias 16 e 21 de março - equinócio de outono (Figura 5). Os resultados das medições internas foram comparados com dados referentes às iluminâncias externas no mesmo período.

O intervalo de medição englobou dias de céu claro e parcialmente nublado, típicos desta estação do ano, assim como do clima da cidade de São Paulo ao longo do ano, segundo o Zoneamento

Bioclimático Brasileiro, que classifica a cidade como Zona Bioclimática 3, segundo a norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

A medição foi realizada por meio de registradores de dados (*data-loggers*) com fotocélula inclusa (marca Hobo, Modelo U12-012), em intervalos de 15 minutos entre cada coleta. No Estúdio 3, foi colocado um medidor no centro do espaço, enquanto na Sala de Aula 812 foram utilizados dois medidores, em função da presença de claraboias com diferentes transmissões luminosas (Tvis), sendo dois terços da sala cobertos por claraboias com Tvis de 20% e um terço por aquelas com Tvis de 7%. Todos os medidores foram posicionados a uma distância de 0,75 m do nível do piso acabado, como recomendado na norma brasileira NBR 15215 (ABNT, 2005).

Inicialmente, as medições incluíram dados de luz natural e artificial, uma vez que se optou por não controlar a iluminação artificial nos espaços durante os dias inteiros, para não atrapalhar a rotina de uso dos mesmos. Contudo, sabe-se que por conta da não ocupação do edifício nos finais de semana, o sistema de iluminação artificial dos estúdios e salas de aula foi mantido desligado nesses dias e, com isso, pode-se aferir a contribuição exclusiva da luz natural.

Os dados externos de irradiação global no plano horizontal para os horários das medições internas de iluminâncias foram extraídos da estação meteorológica (do tipo *Campbell Scientific*) do Instituto de Energia e Ambiente da USP - IEE, que funciona ininterruptamente, registrando dados de variáveis climáticas externas. Com base nesses dados, os níveis aproximados de iluminância externa foram calculados com a equação que correlaciona radiação solar e nível de iluminância, apresentada por Alucci (2006), a saber:

$E \text{ (lux)} = (94 * R) \text{ W/m}^2$, onde:

E: Iluminância

R: Radiação Solar (medida no plano horizontal desobstruído).

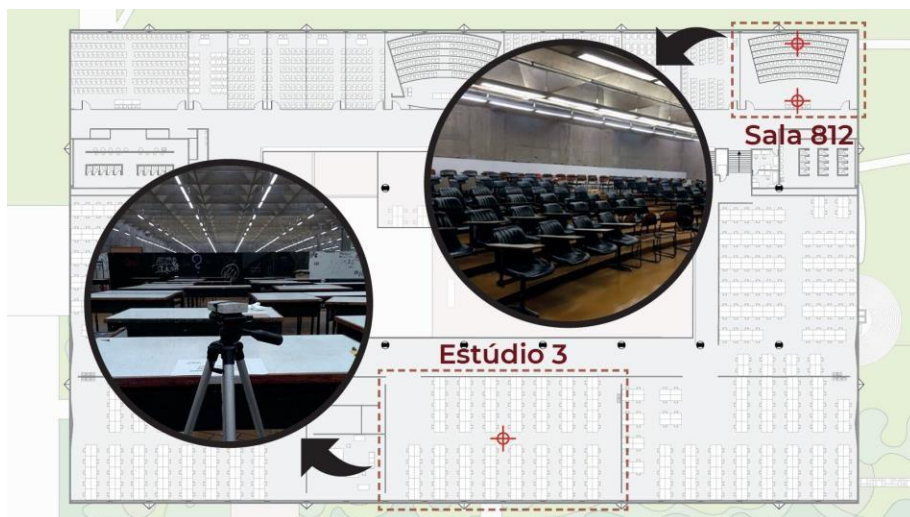


Figura 5 – Planta do edifício da FAUUSP com a marcação dos pontos de medição na Sala de Aula 812 e no Estúdio 3, com vistas do interior mostrando os sensores. Fonte: Os autores.

2.2. Resultados e discussão

Do período de três semanas de medição, quatro dias foram escolhidos para análise, pelas seguintes razões: (I) Dia 16 de março - sábado: dia não letivo, medições diurnas exclusivamente de luz natural e com baixos níveis de radiação por conta da condição de céu parcialmente encoberto; (II) Dia 17 de março - domingo: dia não letivo, medições diurnas exclusivamente de luz natural e com níveis médios de radiação por conta da condição de céu claro; (III) Dia 19 de março - terça: dia letivo e com altos níveis de radiação por conta da condição de céu claro; e, (IV) Dia 21 de março - quinta: dia letivo e com baixos níveis de radiação por conta da condição de céu encoberto (Figura 6). Como já mencionado, durante os dias letivos, as medições de iluminância incluíram a contribuição da luz natural e artificial de maneira conjunta, enquanto nos finais de semana registrou-se apenas o efeito da luz natural.

Para os dias de final de semana (16 e 17 de março), sem a utilização da iluminação artificial, observa-se que os níveis de iluminação são ligeiramente mais altos no estúdio, do que nas salas de aula, em função das divisórias baixas e maior área iluminante para os estúdios. Para o dia 16 de março, particularmente, de céu parcialmente encoberto, os níveis de iluminância no estúdio variaram entre 240 e 3.120 lux, aproximadamente, entre 8h e 16h, enquanto os níveis externos variaram entre 12.000 e 62.000 lux. Esses resultados comprovaram que o espaço tem condições de ser ocupado sem a necessidade da iluminação artificial por grande parte do dia, mesmo em dias encobertos. Já durante o período da manhã dos dias letivos (dias 19 e 21 de março), quando as salas de aula estão normalmente em uso, a diferença entre estúdio e sala de aula se inverte e os maiores níveis de iluminância são

encontrados na sala, devido ao possível acionamento da iluminação artificial, por hábito dos usuários, mesmo sem a real necessidade desta.

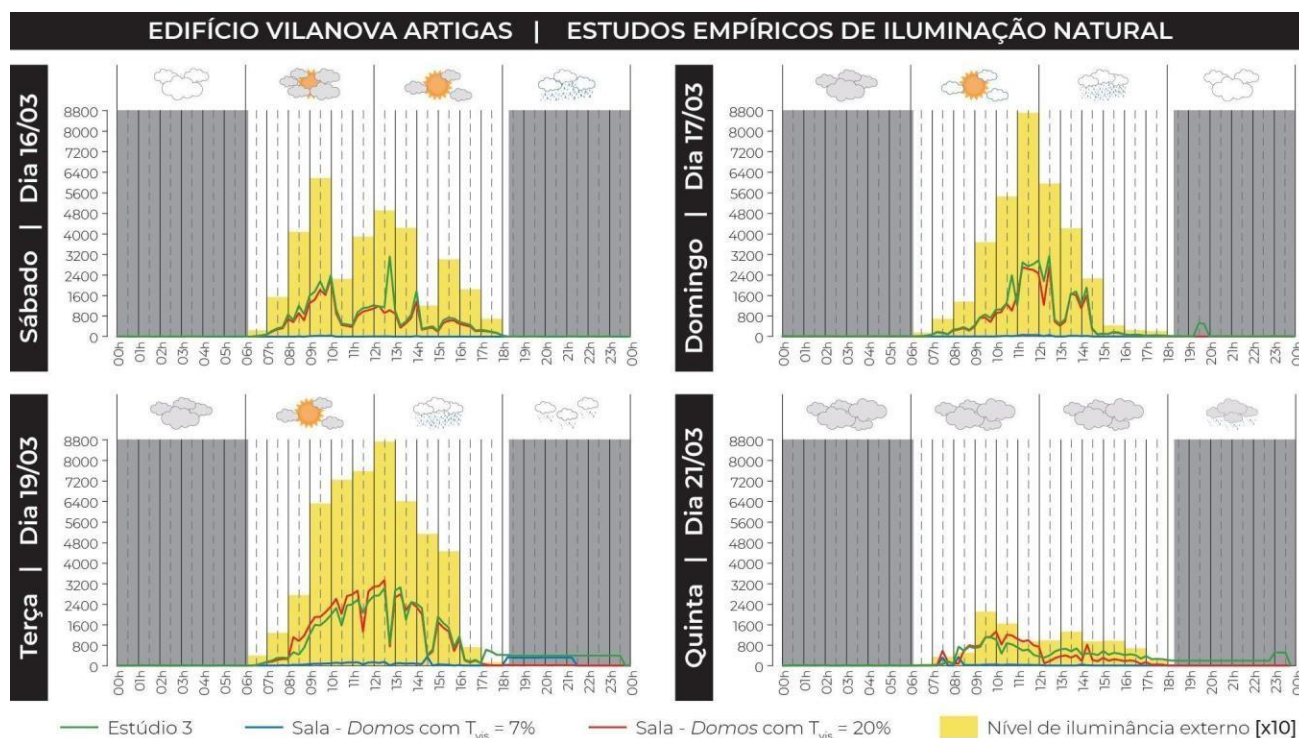


Figura 6 – Gráficos dos 4 dias selecionados de medição de iluminâncias na sala de aula e no estúdio, no mês de março de 2019, a saber: canto superior esquerdo, dia 16 de março (sábado); canto superior direito, dia 17 de março (domingo); canto inferior esquerdo, dia 19 de março (terça-feira); e canto inferior direito, dia 21 de março (quinta-feira). Fonte: Os autores.

Com relação aos valores absolutos medidos, considerando a somatória da iluminação natural com a artificial, os maiores níveis de iluminância durante todo o período de medição foram identificados abaixo das claraboias mais translúcidas da sala de aula, na terça-feira, dia 19 de março, próximo ao meio-dia, aferindo valores de até 3.330 lux, enquanto níveis externos extrapolavam a marca dos 75.000 lux. O registro de maiores valores nesta posição já era esperado, tendo em vista a proximidade entre o plano de trabalho e a superfície iluminante da cobertura translúcida. Desconsiderando a área sob as claraboias com T_{vis} de 7%, alguns dos valores mais baixos de iluminância também foram encontrados nesse ambiente: no período da tarde da quinta-feira, dia 21 de março, quando o céu estava encoberto, ficando por volta dos 150 lux. É possível que nesta situação, o sistema de iluminação artificial estivesse desligado. De uma forma geral, ao serem avaliados os dias com ocupação, ou seja, com a luz artificial ligada, comparativamente aos finais de semana (quando foi medida apenas a luz natural), pode-se perceber uma variação nos espaços de estudo de aproximadamente 300 lux.

No mesmo dia de céu encoberto, 21 de março, enquanto a disponibilidade de luz externa chegou ao máximo de 20.900 lux, na área mais iluminada da sala de aula as iluminâncias internas atingiram o valor máximo de 1.328 lux, com o auxílio da luz artificial. Levando em consideração a variação de 300 lux entre os dias com e sem o uso de luz artificial, pode-se chegar a uma estimativa de aproximadamente 1.000 lux na parte mais iluminada da sala de aula em decorrência da contribuição da luz natural, apenas. É importante comentar que este valor já ultrapassa o recomendado para salas de aula, áreas de leitura de bibliotecas e salas de desenho técnico (300, 500 e 750 lux, respectivamente), pela norma brasileira NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Além disso, com base nos dados medidos, pode-se constatar que a área de baixa transmissão luminosa colocada nas salas de aula é capaz de barrar mais de 90% da radiação solar recebida na face externa. No dia de maior intensidade da radiação solar, com valores de disponibilidade de luz natural ultrapassando os 75.000 lux, os dados internos registrados na sala de aula ficaram próximos dos 2.500 lux sob a parte mais translúcida e em torno dos 130 lux apenas, sob a parte mais escura, onde ficam as paredes para projeções e, por conseguinte, onde iluminâncias menores são vantajosas para a visibilidade das mesmas.

Concluindo, os dados medidos de luminosidade mostram uma tendência clara de variação dos níveis internos de iluminação nos espaços do Edifício Vilanova Artigas, que segue a oscilação dos níveis externos de iluminância. Complementarmente, a contribuição da luz natural é significativa nos principais espaços de estudo e supera, com grande margem de diferença, a contribuição da iluminação artificial, em particular nos períodos de céu claro, confirmando o impacto positivo da nova cobertura para o aproveitamento da luz natural.

3. Desempenho térmico

É apresentado a seguir o estudo técnico de desempenho térmico de espaços de atividades acadêmicas do edifício Vilanova Artigas, realizado *in situ*, após a reforma da cobertura de 2014.

3.1. Método e procedimentos

Assim como nas medições de iluminação, o monitoramento de térmica foi feito no Estúdio 3 e na Sala de Aula 812, além de um ponto de medição no Salão Caramelo, a fim de identificar as diferenças nas condições térmicas entre os principais espaços de atividades acadêmicas e o grande vazio central e aberto do edifício. A medição das condições térmicas consistiu na coleta de dados de temperatura do ar, temperatura de globo e umidade relativa. Dados de velocidade do ar foram também medidos no Estúdio 3.

As medições foram realizadas em um período quente do ano, entre os dias 22 de novembro e 12 de dezembro de 2018. Para efeitos desta análise, foi feito um recorte entre os dias 5 e 8 de dezembro. Foram utilizados registradores de dados (*data-loggers* da marca Hobo, modelo U12-012), com

intervalos de 15 minutos entre os registros. Os pontos de medição das variáveis de térmica estão indicados na Figura 5, sendo eles os mesmos das medições de iluminação natural. Vale destacar que os procedimentos de medição seguiram as recomendações da norma internacional ISO 7726 (ISO, 1998). Assim como para a avaliação do desempenho luminoso, foram extraídos dados de temperatura do ar e umidade relativa do clima externo, da estação meteorológica (do tipo *Campbell Scientific*) do Instituto de Energia e Ambiente da USP – IEE, referentes ao período das medições internas.

3.2. Resultados e discussão

Os resultados das medições de térmica nos espaços de estudo estão apresentados na Figura 7. Primeiramente, nota-se que o perfil das temperaturas do ar internas nos três espaços acompanha o das temperaturas externas, estando as mesmas na sala de aula mais próximas das temperaturas externas durante o dia e as temperaturas do estúdio bem próximas aquelas da sala de aula. O pico de temperatura externa ao longo dos quatro dias de medição foi registrado entre as 14 e 16h, variando entre 31 e 32 °C. No dia de céu claro, a temperatura máxima do ar na sala de aula chegou próxima à marca dos 30 °C, ficando a pouco menos de 1,5 °C da máxima externa e ultrapassando o limite da zona de conforto por quase 2 °C.

Paralelamente, as temperaturas do ar no estúdio ficam ao redor dos 29 °C, perto do pico do dia. No Salão Caramelo, as temperaturas do ar ficam pouco mais de 4 °C abaixo das temperaturas externas, com valores ao redor dos 27 °C durante as horas de pico e, assim, dentro da zona de conforto. As temperaturas de globo nos três espaços ficam bem próximas às temperaturas do ar. Apenas nos horários de pico que uma diferença de aproximadamente 0,5 °C é registrada entre essas, nas salas de aula e nos estúdios, tanto nos dias de céu claro como parcialmente encoberto.

As temperaturas do ar mais elevadas na sala de aula, seguidas pelas do estúdio, refletem o impacto da radiação solar proveniente da cobertura. A pior resposta térmica da sala de aula, em comparação aos estúdios, se explica pelo seu volume menor, combinado à condição de ambiente fechado (sem aberturas laterais). Já os estúdios, além de terem um pé-direito maior, são contíguos ao volume do vazio central do edifício, aberto ao exterior.

No período noturno, as temperaturas do ar no Salão Caramelo são as mais próximas das registradas no exterior (ficando ao redor de 1 °C acima da temperatura exterior), em função da exposição ao ambiente externo. Nesse período, é notória a influência das condições do Salão Caramelo no ambiente dos estúdios, onde as temperaturas oscilam em até 2 °C acima, enquanto na sala de aula as temperaturas ficam 2 °C acima das registradas no estúdio. Ou seja, tanto o Salão Caramelo como os estúdios se resfriam mais rapidamente durante a noite do que as salas de aula.

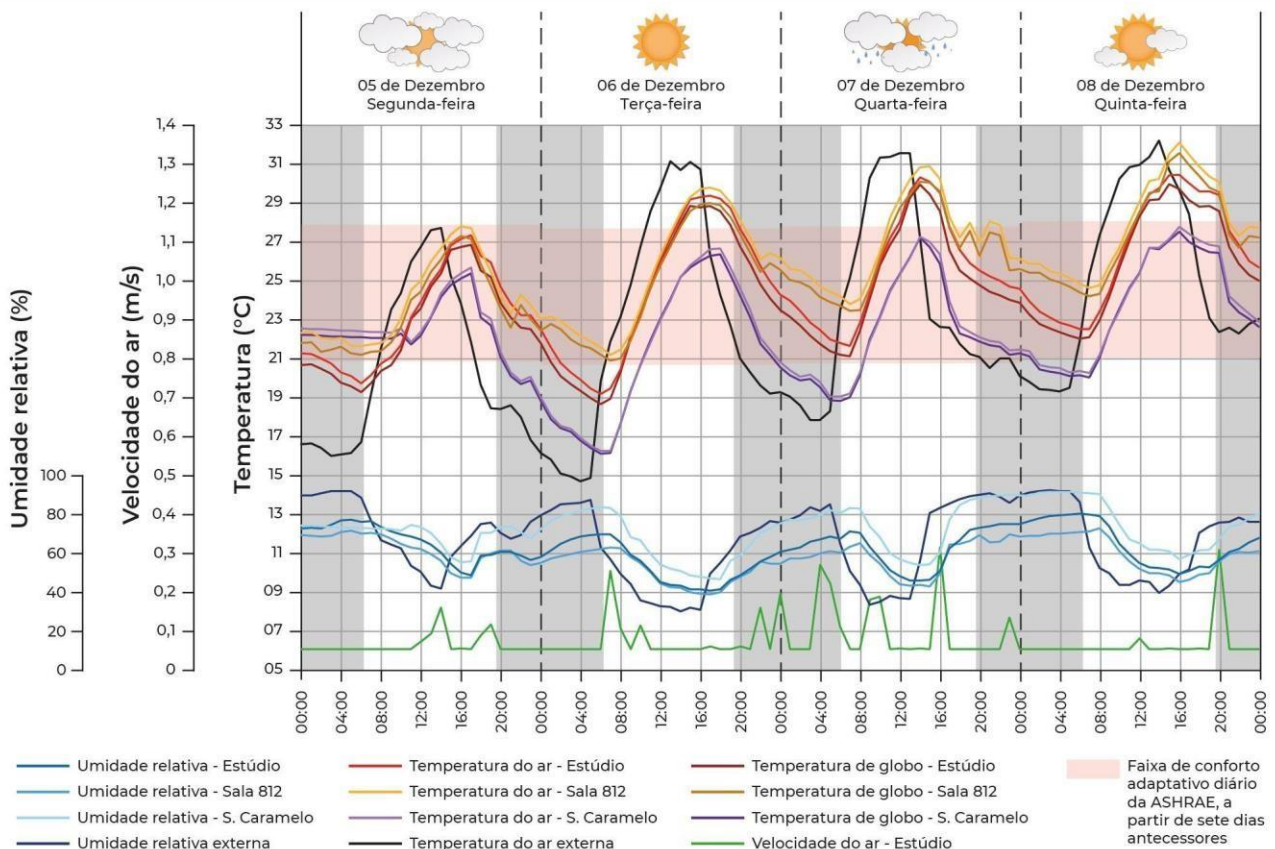


Figura 7 – Medições de variáveis do ambiente térmico em espaços interiores do edifício da FAUUSP: Estúdio 3, Sala de Aula 812 e Salão Caramelo, no período de 5 a 8 de dezembro de 2018. Fonte: Os autores.

Em geral, observa-se que as curvas de temperatura do ar nos estúdios e nas salas de aula acompanham o perfil de temperaturas externas, sem um atraso significativo entre as horas de pico do exterior e interior. Isso se deve, principalmente, à significativa exposição desses ambientes à radiação incidente no plano da cobertura combinada à baixa inércia dos espaços internos. De acordo com os princípios da física aplicada, a inércia térmica de um ambiente é resultante da relação entre a capacidade térmica da construção e o volume do espaço interno (FROTA e SHIFFER, 2005). Por isso, apesar da envoltória de concreto (material de elevada densidade e alta capacidade térmica), a relação entre a capacidade térmica da mesma e o volume dos espaços internos resulta em uma baixa inércia térmica, nos vários ambientes internos do edifício, sendo a inércia dos estúdios ainda menor, por conta do seu volume significativamente maior. A proximidade entre as temperaturas do ar e as de globo é outra evidência da baixa inércia dos espaços. Deve-se considerar, ainda, que a abertura dos ambientes contíguos dos estúdios para o Salão Caramelo que, por sua vez, é exposto diretamente para o exterior, é um fator de grande influência na aproximação entre as temperaturas do ar internas e externas.

As medições de velocidade do ar no estúdio apontam valores imperceptíveis pelo corpo humano, que variam entre menos de 0,1 a 0,3 m/s. A baixa velocidade do ar pode ser explicada por baixos valores de renovação do ar (em função do grande volume do ambiente) e a um possível efeito chaminé fraco. Concluindo a leitura dos dados medidos, como no caso das temperaturas do ar, os valores de umidade relativa da sala de aula ficam próximos aos do estúdio, e os do Salão Caramelo praticamente se sobrepõem aos do exterior, variando ao redor dos 40% durante o dia e 80% durante a noite, sem comprometer as condições de conforto térmico.

4. Desempenho acústico

É apresentado a seguir o estudo técnico de desempenho acústico de espaços de atividades acadêmicas do edifício Vilanova Artigas, realizado *in situ*, após a reforma da cobertura de 2014.

4.1. Método e procedimentos

A avaliação da qualidade acústica no Edifício Vilanova Artigas foi realizada por meio de indicadores objetivos obtidos por meio de levantamentos em campo e comparados com critérios e limites estabelecidos em normas técnicas. Neste estudo, são apresentados resultados de medições acústicas no Salão Caramelo, em um estúdio e em uma sala de aula. Diferente dos estudos de térmica e iluminação, para os quais foram adotados o Estúdio 3 e a Sala de Aula 812, os estudos de acústica se concentraram no Estúdio 1 e na Sala de Aula 801, sendo esses os espaços dedicados aos alunos do 1º ano do curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP e, por isso, serem o estúdio e a sala de aula de ocupação mais intensa, tendo em vista a agenda de período integral e a assiduidade dos alunos ingressantes. Vale colocar que os resultados de acústica encontrados na avaliação do Estúdio 1 valem para os demais estúdios, desde que a ocupação seja correspondente, pelo fato destes terem dimensões semelhantes. O mesmo se aplica para as salas de aula.

Nos três ambientes, foram medidos os níveis de pressão sonora equivalentes ponderada em A, representativos dos ambientes (L_{Aeq}) e os níveis de pressão sonora equivalentes, em bandas de oitavas, representativos dos ambientes ($L_{eq,fHz(1/1)}$). Na sala de aula, além das medições dos níveis de pressão sonora, também foi medido o tempo de reverberação (TR), sendo esse parâmetro um indicativo da reverberação presente no local e, portanto, da inteligibilidade da palavra no mesmo. Vale lembrar aqui que o tempo de reverberação de um ambiente depende do seu volume e da absorção sonora presente no mesmo, além da frequência sonora. A realização das medições acústicas seguiu as diretrizes estabelecidas pelas normas NBR 10152 (ABNT, 2017) e NBR ISO 3382-2 (ABNT, 2017), fazendo uso de equipamentos adequados.

Para as medições dos níveis de pressão sonora foram utilizados três sonômetros (marca Instrutherm, modelo DEC-500) que mediram simultaneamente os L_{Aeq} dos três ambientes ao longo de dois dias de

medição: um durante o período de férias e outro durante o período letivo no ano de 2019. Cada medição foi realizada ao longo de 1 minuto, a cada 15 minutos, 3 vezes consecutivas, para obtenção da média entre as três medições. Durante as medições, foram feitas anotações sobre eventos sonoros ocorridos. Com o sonômetro (marca Larson Davis, modelo SLM 831), foram medidos os L_{Aeq} e os $L_{eq, fHz(1/1)}$ durante 30 minutos, nos diferentes ambientes, porém não simultaneamente.

Para as medições do tempo de reverberação da sala de aula, foram utilizadas dez posições de microfones e três posições da fonte sonora dodecaédrica, conforme procedimento da NBR ISO 3382-2 (ABNT, 2017). O uso de dois microfones permitiu a realização das medições em dois pontos da sala simultaneamente. A Figura 8 ilustra as posições dos pontos de medição (P1-10) e as posições da fonte sonora (FA-C).

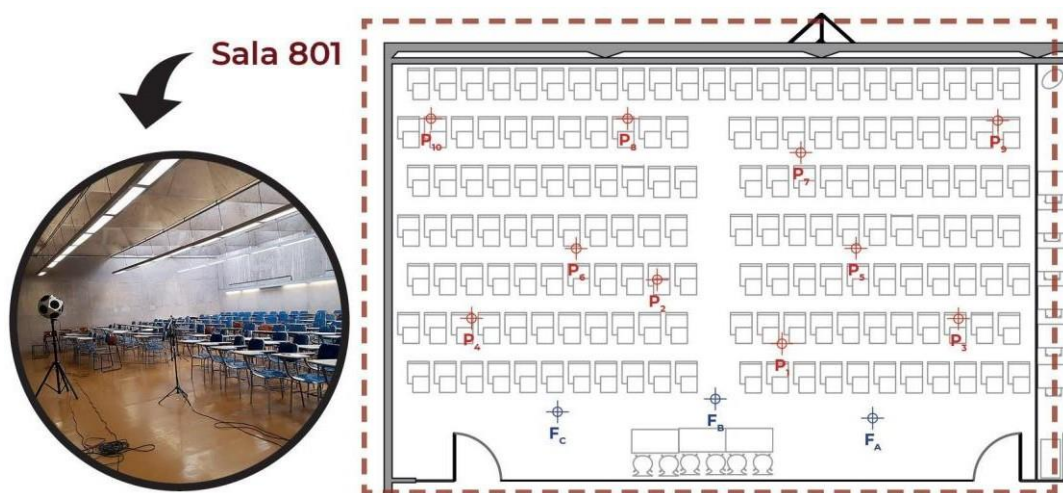


Figura 8 – Planta ilustrativa da Sala de Aula 801 com a marcação das posições dos pontos de medição (P1-10) e das posições da fonte sonora (FA-C). Fonte: Os autores.

4.2. Resultados e discussão

Os resultados das medições acústicas estão apresentados na Figura 9, na forma dos níveis de pressão sonora equivalentes, ponderada em A, expressos em dB, medidos simultaneamente nos três ambientes em dois dias distintos: um dia de férias e um dia de aula. Complementando, a Figura 10 apresenta os níveis de pressão sonora equivalentes em função das frequências, nas bandas de oitava de 125 Hz a 8 kHz, medidos nesses mesmos dias.

EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS | NÍVEL DE PRESSÃO SONORA (L_{Aeq}) | PERÍODOS LETIVO E DE FÉRIAS

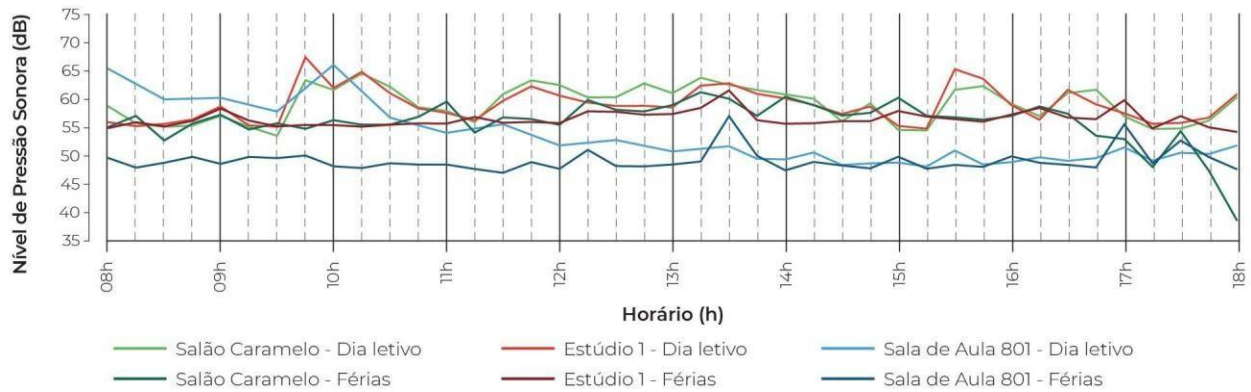


Figura 9 – Níveis de pressão sonora (L_{Aeq}), em três ambientes da FAUUSP, em dois dias: férias, dia 30 de julho de 2019 (terça-feira), e dia letivo, dia 06 de agosto de 2019 (terça-feira). Fonte: Os autores.

EDIFÍCIO VILANOVA ARTIGAS | NÍVEL DE PRESSÃO SONORA EM BANDAS DE OITAVA ($L_{eq,fHz(1/1)}$)

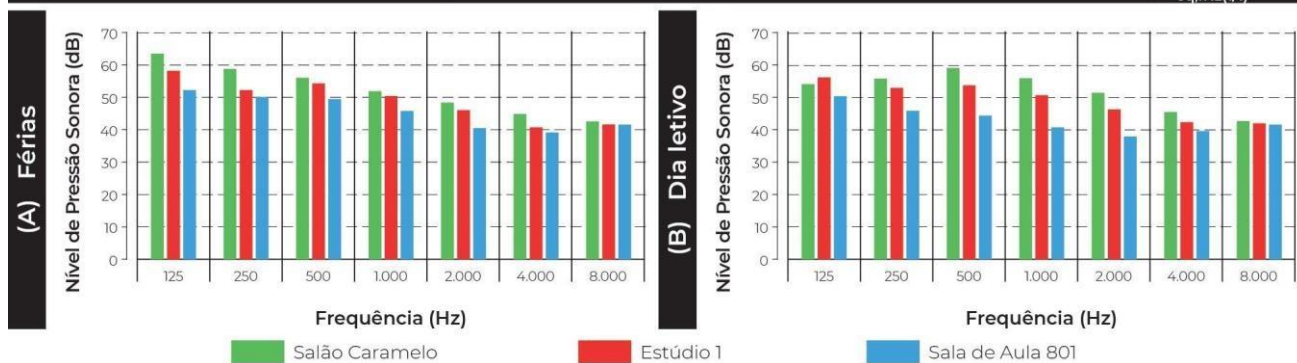


Figura 10 – Níveis de pressão sonora em bandas de oitava ($L_{eq,fHz(1/1)}$), em três ambientes da FAUUSP: (A) aferição durante as férias, dia 30 de julho de 2019, e (B) aferição em dia letivo, dia 06 de agosto de 2019. Fonte: Os autores.

Observa-se que os níveis medidos no Salão Caramelo e no Estúdio 1 apresentam comportamento similar. Isso é facilmente explicado pois os dois ambientes são totalmente conectados acusticamente: são dois ambientes abertos sob a mesma cobertura e, portanto, o que acontece em um pode ser ouvido no outro. No dia 30 de julho, férias, o Salão Caramelo e o Estúdio 1 (sem aula) apresentaram um valor médio de nível de pressão sonora equivalente ponderada em A, de 56 dB ao longo do dia. Já a Sala de Aula 801 (sem aula e com a porta fechada) apresentou nível médio de 49 dB ao longo do dia.

A partir das anotações realizadas simultaneamente às medições, foi possível identificar os eventos ocorridos e os picos observados nos gráficos. No Salão Caramelo, a principal fonte sonora eram pessoas passando e conversando, enquanto fontes sonoras pontuais foram aviões e helicópteros sobrevoando o edifício e uma máquina de cortar grama ao fundo. No Estúdio 1, a principal fonte sonora

eram pessoas conversando, e fontes sonoras pontuais foram sons de pássaros, além dos aviões e helicópteros. Na Sala de Aula 801, fontes sonoras pontuais foram pássaros, aviões, helicópteros e movimentação de folhas e marteladas.

Analisando os resultados do dia letivo, observa-se que houve aula na Sala de Aula 801 (de 08h às 12h). Nesse período, o nível médio de pressão sonora foi de 59 dB no local. À tarde, sem aula, o nível médio registrado foi de 49 dB. Os níveis médios medidos ao longo do dia no Salão Caramelo e no Estúdio 1 (sem aula) foram de 59 dB. Assim como durante as férias, as principais fontes sonoras no Salão Caramelo eram conversas, enquanto fontes sonoras pontuais foram avião e/ou helicóptero sobrevoando e motor de motocicleta ao fundo. Na Sala de Aula 801, a principal fonte sonora foram os alunos e professores durante a aula. Fontes sonoras pontuais foram helicópteros e ruído externo, como conversas nos corredores. Os picos registrados por volta das 10h devem-se ao intervalo entre aulas, que acontecem de 08h15 às 10h e de 10h15 às 12h, nas salas de aula. Entre 12h e 14h, horário de almoço, os níveis do Estúdio 1 e do Salão Caramelo ficaram acima de 60 dB. Novos picos aconteceram às 15:30h e às 16:30h devido a conversas no edifício.

Ao comparar o dia sem aula com o dia letivo, observa-se pouca diferença para os níveis da sala de aula vazia, mas 10 dB de diferença entre sala com aula e sala sem aula. Para o Estúdio 1 e o Salão Caramelo, uma diferença média de 3 dB foi registrada entre os diferentes dias. Observando o gráfico da Figura 10, no dia 06 de agosto, é possível notar, principalmente nas frequências médias (entre 200 e 2.000 Hz), uma diferença maior entre os níveis da sala de aula e dos outros dois ambientes. Nessa faixa de frequências estão as frequências da voz humana. As principais fontes sonoras no Salão Caramelo e no Estúdio 1 são exatamente conversas.

De acordo com a norma NBR 10152 (ABNT, 2017) recomenda-se o valor de referência de L_{Aeq} de 35 dB para salas de aula e de 50 dB para espaços de circulação (o Salão Caramelo pode ser considerado um espaço de circulação). Outra norma considerada na pesquisa foi a norma australiana AS/NZS 2107 (2016), que recomenda uma faixa de níveis sonoros para projeto de espaços de ensino de 35 a 45 dB. Para salas de conferência, a faixa é de 35 a 40 dB; para estúdios de arte, de 40 a 45 dB; e para corredores ou lobbies, níveis menores que 50 dB. Ao se comparar os valores medidos nos três ambientes com os das normas NBR 10152 e AS/NZS 2107, verifica-se que os níveis de todos os ambientes, inclusive do Salão Caramelo, estão acima dos valores recomendados como adequados.

Sobre o tempo de reverberação da Sala de Aula 801, os resultados das medições estão apresentados na Figura 11, em bandas de oitava, para frequências de 125 Hz até 8 kHz. Não há normas técnicas brasileiras com valores recomendados de tempo de reverberação para salas de aula. A norma NBR 12179 (ABNT, 1992) apresenta valores de TR ótimo para salas de conferência. Não havendo especificações diretas para sala de aula, escolheu-se este uso para a avaliação. Para uma sala de

conferência com o volume da Sala de Aula 801 (aproximadamente 700 m³), o tempo de reverberação ótimo seria 0,73 segundos para 500 Hz, os valores ótimos por banda de oitava também estão apresentados na Figura 11.

Já a norma australiana AS/NZS 2107 (2016) recomenda valores de tempo de reverberação para projeto de diversos ambientes educacionais. Para espaços de ensino com o mesmo volume da Sala de Aula 801, o valor de 0,7 segundos é recomendado. Para salas de conferência, a faixa é de 0,6 a 0,7 segundos; para estúdios de arte, corredores ou lobbies, a recomendação é que se tenha tempos de reverberação menores que 0,8 segundos. Ao comparar com os levantamentos em campo, observa-se que os valores medidos do tempo de reverberação da Sala de Aula 801 são muito maiores do que os recomendados pelas duas normas. Esse resultado já era esperado ao considerar o volume e os materiais de revestimento do ambiente.

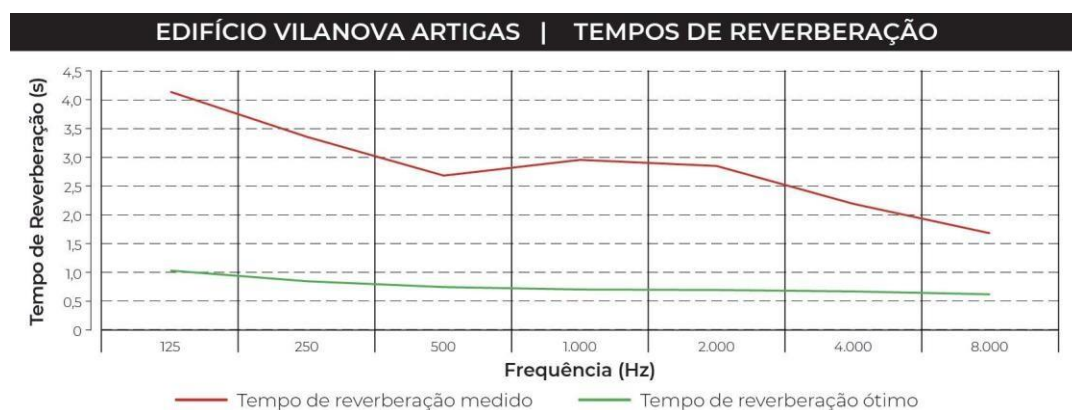


Figura 11 – Tempos de reverberação medido e ótimo para a Sala de Aula 801. Fonte: Os autores.

A Sala de Aula 801 apresentou os menores níveis de pressão sonora, apesar de não serem ideais para a tarefa ali realizada. Além disso, seu alto tempo de reverberação pode levar a dificuldades no entendimento do discurso dos professores por partes dos alunos e, conseqüentemente, pode prejudicar o aprendizado. O material de revestimento predominante na sala, concreto exposto, possui baixo coeficiente de absorção sonora. Pouca absorção sonora associada com um grande volume ocasiona reverberação sonora, permitindo que a energia sonora do discurso do docente reverbere por um grande tempo no ambiente. Sendo assim, toda a absorção sonora essencial para proporcionar inteligibilidade ao som do discurso do professor, como se espera de uma sala de aula, não existe na Sala de Aula 801, assim como não existe nas demais salas de aula do edifício. Além disso, as partições de fibrocimento que delimitam a sala não funcionam com eficiência para reduzir a intensidade sonora dos ruídos que vêm do exterior do ambiente, tanto os aéreos quanto os de impacto.

Em suma, esta avaliação acústica evidenciou valores de níveis de pressão sonora e tempo de reverberação inadequados acusticamente para as suas atividades-fim, revelando uma delicada condição de conforto acústico nos ambientes estudados.

5. Percepção de conforto ambiental

5.1. Método e procedimentos¹

Durante o período das medições de térmica, no início do mês de dezembro, foi aplicado um mesmo questionário sobre a percepção de conforto ambiental dos usuários do edifício Vilanova Artigas, com foco nos alunos do 1º ano letivo do curso diurno de graduação em Arquitetura e Urbanismo. De um grupo de aproximadamente 180 alunos, 100 questionários foram respondidos em um único dia, em cada um dos dois ambientes de estudo, sendo estes: Sala de Aula 812, ocupada durante todas as manhãs e contemplada nos estudos de térmica e iluminação, e o Estúdio 1, ocupado todas as tardes pelos alunos, sendo este o estúdio mais ocupado do edifício e contemplado nas medições de acústica.

O questionário constou de cinco perguntas englobando a satisfação geral do usuário com o edifício, sua percepção sobre o tamanho dos espaços (uma questão ergonômica) e o conforto térmico, luminoso e acústico. Para as respostas, foi montada uma escala de quatro pontos: “ótimo”, “bom”, “ruim” e “péssimo”, optando-se por eliminar a resposta de neutralidade ou indiferença, entre as alternativas positivas e negativas da escala. Com o objetivo de contextualizar o impacto da percepção do conforto ambiental na satisfação geral com o edifício, além de avaliadas dentro do total de entrevistados, as respostas para as quatro perguntas de conforto estão apresentadas de maneira associada ao grau de satisfação geral, dividindo a amostra entre aqueles que avaliaram o edifício, em geral, como “ótimo” e “bom” ou “péssimo” e “ruim”.

5.2. Resultados e discussão

Os principais resultados da pesquisa junto aos alunos dos ambientes de estudo estão apresentados na Figura 12. Olhando de maneira conjunta para as respostas sobre a satisfação geral dos usuários do estúdio e da sala de aula com o edifício, o resultado é majoritariamente positivo (somando as respostas “bom” e “ótimo”), variando entre 60% no estúdio e 70% na sala de aula. Nos dois espaços, foi identificada uma satisfação também destacadamente positiva com o tamanho dos mesmos e as condições de iluminação. Por outro lado, o conforto térmico e o acústico nestes espaços foram avaliados negativamente.

Sobre o estúdio, especificamente, a avaliação entre “bom” e “ótimo” a respeito do tamanho do espaço é a opinião de quase 100% dos entrevistados, enquanto 60% dos mesmos tem uma satisfação geral com o edifício também entre “bom” e “ótimo”. A boa avaliação do conforto luminoso supera a da satisfação geral, sendo avaliado como “bom” e “ótimo” por quase 90% daqueles que têm uma boa

satisfação geral com o edifício, se mantendo essa entre “bom” e “ótimo” por mais de 60% daqueles que não têm uma boa avaliação geral. No que tange à térmica, mesmo dentre aqueles que fazem uma boa avaliação do edifício, o conforto térmico fica entre “ruim” e “péssimo” para quase 100% dos entrevistados. O percentual de quem acha o conforto térmico “péssimo” sobe de 20% para mais de 70% entre aqueles que apreciam positivamente o edifício em geral e os que não. Sobre o conforto acústico, aproximadamente 70% daqueles que fazem uma boa avaliação do edifício, avaliam este como ruim ou péssimo. Sobre aqueles que não estão satisfeitos com o edifício de uma maneira geral, mais de 80% avaliam o conforto acústico como ruim ou péssimo, sendo a segunda opção para 30% deles. Dos usuários entrevistados na Sala de Aula 812, mais de 70% têm uma boa satisfação geral com o edifício. Desses, 90% avaliam o tamanho do espaço como “bom” ou “ótimo”. Uma avaliação semelhante é mantida para 80% daqueles que não tem uma boa satisfação com o edifício. A avaliação do conforto luminoso segue a mesma tendência positiva, sendo “bom” ou “ótimo” para aproximadamente 70% dos entrevistados, independente da sua satisfação geral com o edifício. Sobre a térmica na sala de aula, mesmo para os entrevistados que fazem uma avaliação satisfatória do edifício como um todo, o conforto é avaliado como “ruim” para 60% deles e péssimo para 20%. Essa avaliação negativa do conforto térmico sobe de 80% para 100% daqueles que não têm uma boa avaliação geral do edifício. Passando para a acústica, 55% daqueles que apreciam positivamente o edifício avaliam o conforto acústico como “ruim” ou “péssimo”. Complementando, 50% dos entrevistados que não têm uma boa satisfação geral com o edifício, avaliam o conforto acústico na sala como ruim e 30% como péssimo.

Além da pesquisa de satisfação que contemplou todas as variáveis do conforto ambiental de maneira conjunta, paralelamente às medições acústicas também foram coletadas as opiniões dos usuários sobre as condições de acústica nos três espaços de estudo, numa amostra total de 90 entrevistados, sendo 30 por ambiente. Sobre o Salão Caramelo, um espaço essencialmente usado como ambiente de passagem, as entrevistas mostraram que apesar de 76% dos entrevistados considerá-lo um local ruidoso (principalmente à tarde), poucos se incomodam ou se sentem insatisfeitos com o ruído. Já no Estúdio 1 e na Sala de Aula 801, a percepção é bastante diferente da do Salão Caramelo. A maioria dos alunos costuma permanecer no Estúdio entre 4 e 8 horas por dia, e na Sala de Aula 801, entre 2 e 4 horas diárias. Quase 100% dos entrevistados definem o estúdio e a sala de aula como ambientes ruidosos ou muito ruidosos, principalmente à tarde, sendo necessário algum esforço para ouvir o que é falado nos dois locais. No estúdio 1, 53% dos entrevistados se sentem incomodados com o ruído no local, enquanto na sala de aula 100% se sentem incomodados com o ruído. A principal fonte de ruído que causa incômodo no estúdio e na sala de aula são conversas. No caso da sala de aula, o ruído das claraboias proveniente de chuvas fortes também foi ressaltado como motivo de incômodo. Neste

contexto, baixa concentração, irritabilidade e dor de cabeça foram relatadas como consequências do ruído na sala. A seguir são apresentadas mais informações sobre a opinião dos usuários coletada na pesquisa sobre a percepção de conforto ambiental.

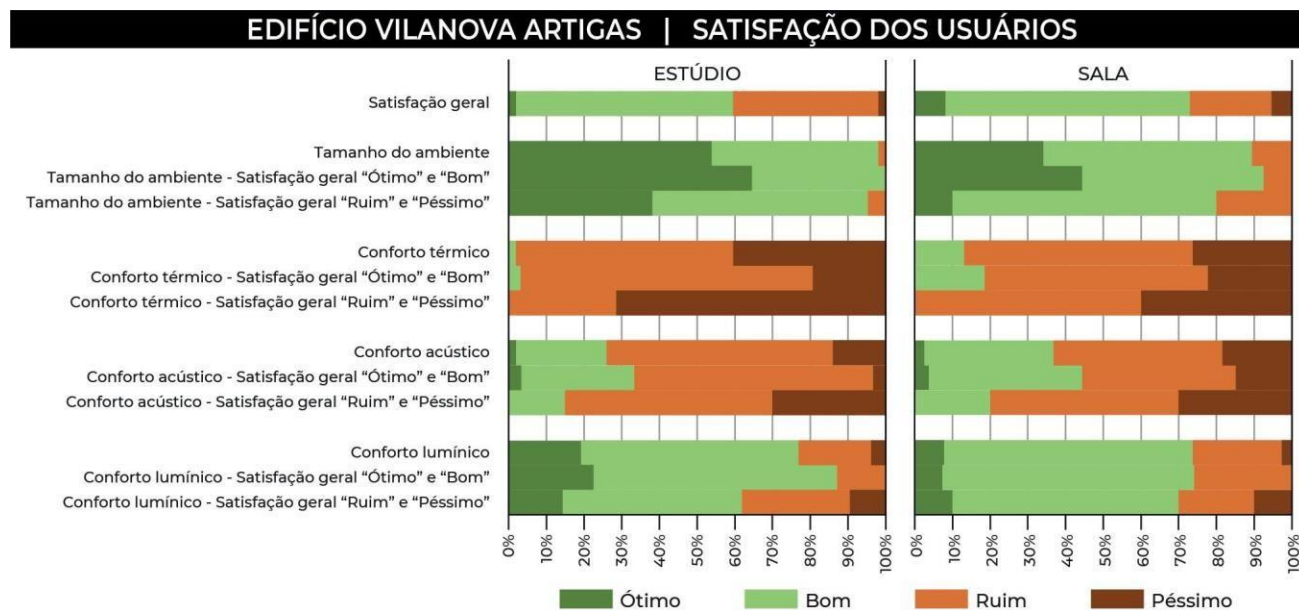


Figura 12 – Resultados da pesquisa de satisfação dos usuários com as condições ambientais no Edifício Vilanova Artigas. À esquerda, resultados referentes ao Estúdio 1 e, à direita, à Sala de Aula 812. Fonte: Os autores.

6. Considerações finais

Os resultados das medições de térmica e iluminação, em particular, feitas nos espaços de estúdios e salas de aula do edifício Vilanova Artigas, confirmam o impacto positivo da reforma da cobertura, previsto nos estudos analíticos realizados durante a etapa de projeto da mesma (XXXX, XXXX). No que tange à iluminação, as medições demonstraram que a contribuição da luz natural é significativa nos principais espaços de estudo e supera, com grande margem de diferença, a contribuição da iluminação artificial, em particular nos períodos de céu claro, confirmando o impacto positivo da nova cobertura, criando um ambiente luminoso de luz zenital difusa ao longo de toda a área de piso do edifício exposta à grande cobertura de claraboias. Já o impacto da falta de aberturas laterais nos estúdios e salas de aula e, conseqüentemente, da comunicação visual entre interior e exterior, na satisfação e no comportamento dos usuários, é uma questão do conforto ambiental ainda não investigada.

Quanto à térmica, vê-se que as curvas de temperaturas do ar nos estúdios e nas salas de aula acompanham o perfil de temperaturas externas, sem um atraso significativo entre as horas de pico do

exterior e interior (evidenciando a baixa inércia térmica dos espaços de estudo), sendo que as temperaturas internas superam as externas nos horários mais quentes, em função principalmente da exposição à radiação global proveniente da área de claraboias. Porém, em um dia de céu claro, a temperatura máxima do ar na sala de aula (pior caso entre os espaços de estudo), se limita a pouco menos de 1,5 °C acima da máxima externa.

Do ponto de vista da acústica, a concepção do edifício com vários ambientes semiabertos debaixo da mesma cobertura e sem isolamento sonoro entre eles permite a propagação sonora por todos os espaços, fazendo com que todos se comuniquem acusticamente. Em outras palavras, a ocorrência de muita reverberação (pouca absorção sonora) e muita transmissão sonora (pouco isolamento sonoro), de forma geral, gera danos ao desempenho acústico dos espaços internos do edifício. No entanto, é importante destacar que apesar das deficiências encontradas, observou-se durante a pesquisa de campo que seus usuários se adaptam, havendo um certo acordo informal entre esses para que os ambientes não atinjam níveis de ruído ainda maiores.

Indo além dos limites dos estudos analíticos, a pesquisa de campo no período pós-reforma, se destaca pela avaliação conjunta da adequação ambiental do edifício (térmica, luminosa e acústica), baseada nas medições *in situ*, e a percepção de conforto dos usuários (nesse caso, exclusivamente dos alunos), nesse edifício que é um ícone da arquitetura modernista na cidade de São Paulo, de qualidade ambiental inusitada, principalmente aquela associada à luz natural.

Complementando, a pesquisa de satisfação do edifício e suas condições de conforto ambiental junto aos usuários dos estúdios e salas de aula, mostrou, inicialmente, que mais da metade da amostra (de 60% a 70%) aprecia o edifício como bom ou ótimo, apesar do alto grau de insatisfação com o ambiente térmico e acústico, evidenciando uma valorização dos conceitos arquitetônicos aplicados ao edifício. Por outro lado, a satisfação com a luz natural difusa supera a satisfação com o edifício em geral. Aqui, vale colocar que o uso da luz natural, como fator de qualificação dos espaços internos de estudo, trabalho e convívio, está no centro da concepção arquitetônica.

Concluindo, convém observar que a vivência dos alunos em um edifício tombado, com todas as questões problemáticas reais de conforto ambiental, reforça a função didática do mesmo. A dupla função de “alunos usuários” e “futuros protagonistas” de intervenções, no papel de arquitetos, corrobora com a importância da ação crítica que considere de forma conjunta os levantamentos e a percepção do usuário.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Processos nº: 2014/15961-9; 2015/04646-8 e 2018/25711-0), ao CNPq e à CAPES pelos auxílios concedidos às pesquisas que embasaram o conteúdo deste artigo.

Agradecimentos também às Diretorias da FAUUSP (gestões de 2011 a 2014, 2015 a 2018 e a atual) pelo apoio dado às várias atividades de pesquisa realizadas no edifício Vilanova Artigas e ao IEE-USP e IAG-USP, pelo fornecimento de dados medidos de variáveis climáticas. Agradecimentos ao técnico de laboratório Ranieri Higa pelo apoio com as medições e, por fim, aos alunos que aceitaram participar das pesquisas de campo.

Notas

¹Os questionários foram realizados em concordância aos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aplicados como atividades acadêmicas durante as disciplinas de graduação “AUT0272 – Sol, Arquitetura e Urbanismo” e “AUT0278 – Desempenho Acústico, Arquitetura e Urbanismo”, com supervisão dos docentes responsáveis por essas disciplinas nos anos acadêmicos de 2018 e 2019.

Referências

- ALUCCI, M. P. Manual para dimensionamento de aberturas e otimização da iluminação natural na arquitetura. São Paulo: FAUUSP, 2006.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS (ASHRAE). ASHRAE 55-2017: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: ASHRAE, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10152: Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 3382-3: Acústica – Medição de parâmetros de acústica de salas. Parte 3: Escritórios de planta livre. Rio de Janeiro, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho – Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15215: Iluminação natural. Parte 4 – Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

AUSTRALIAN/NEW ZEALAND STANDARD. AS/NZS 2107: Acoustics – Recommended design sound levels and reverberation times for building interiors. Sydney, 2016.

BAROSSO, A. C. O edifício da FAU-USP de Vilanova Artigas. São Paulo: Editora da Cidade, 2016.

BILESKEY, D. F.; MICHALSKI, R. L. X. N. Acústica de sala de aula do edifício da FAUUSP, um ícone do Modernismo Brasileiro. In: XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica - SOBRAC 2018, Porto Alegre. Anais eletrônicos... Campinas, Galoá, 2018. Disponível em: <<https://proceedings.science/sobrac/papers/acustica-de-sala-de-aula-do-edificio-da-fau-usp%2C-um-icone-do-modernismo-brasileiro>>. Acesso em fevereiro de 2020.

CREMONESI, F. J. AUT0272 - Sol, Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, aulas de 13, 20 e 27 de agosto. 2013. Notas de aula.

FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. Manual de conforto térmico (7ª edição). São Paulo: Editora Nobel, 2005.

FURUYAMA, C. M. Sato; GONÇALVES, J. C. S.; LIMA, E. G.; MÜLFARTH, R. C. K.; ROMERO, M. de A. O aproveitamento da luz natural e o uso consciente da iluminação artificial no Edifício Vilanova Artigas - FAUUSP. In: XV ENCAC - Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído; XI ELACAC - Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído e XI Bienal de Arquitetura Bioclimática José Miguel Aroztegui. 2019, João Pessoa. Anais do XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído: Mudanças climáticas, concentração urbana e novas tecnologias. Porto Alegre: ANTAC, 2019. v. 1. p. 2845-2855.

GONÇALVES, J. C. S.; SANCHES, P.; CAVALCANTE, R. FAUUSP, São Paulo, Brasil: an icon of Brazilian modern architecture with lessons and questions on environmental design and thermal comfort. In: PLEA 2006, 23rd International Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2006, Genève. Clever Design, Affordable Comfort: A Challenge for Low Energy Architecture and Urban Planning. Genève: Passive and Low Energy Architecture & Université de Genève, 2006, v. II, p. 875-880.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 15469: 2004: Spatial distribution of daylight — CIE standard general sky. Genova: ISO, 2004.

KRONKA-MÜLFARTH, R. C. Ensino e conforto ambiental: discussão sobre a inserção da ergonomia no processo de projeto / Teaching and environmental comfort: A discussion about the insertion of ergonomics in the design process. OCULUM ENSAIOS (PUCCAMP), v. 15, p. 171, 2018.

KRONKA-MÜLFARTH, R. C. Subsídios Investigativos e Projetuais para a Preservação do Patrimônio Edificado. São Paulo: Curso de Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, aulas de 10, 17 e 24 de março, 2015. Notas de aula.

OLIVEIRA, C. T. A.; PRESTES, L. F.; YURGEL, M.; SAWAYA, S. B.; BORTOLLI JR., O.; ROSA, A. M. A. O restauro do moderno: o caso do Edifício Vilanova Artigas da FAUUSP. In: 7º Seminário DOCOMOMO Brasil. 2007, Porto Alegre. Anais do 7º Seminário DOCOMOMO Brasil. Disponível em: < <http://docomomo.org.br/wp-content/uploads/2016/01/069.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2020.

PINHO, J. K. C. Desempenho Ambiental da FAUUSP em Cenário de Mudança Climática. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo (FAUUSP). São Paulo: FAUUSP, 2013.

PINHO, J. K. C.; GONÇALVES, J. C. S.; MOURA, N.; LUZ, B. Conforto Luminoso no Edifício da FAUUSP, Cidade Universitária, São Paulo: Uma Avaliação de Desempenho Por Meio de Medições e Simulações Computacionais. In: NUTAU 2008 - Seminário Internacional do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2008, São Paulo. O espaço sustentável: inovações em edifícios e cidades. São Paulo: NUTAU/FAUUSP, 2008. v.1. p.CD-ROM.

RUSSO, F. Climatic Responsive Design in Brazilian Modern Architecture. MPhil Dissertation, Cambridge, Martin Centre for Architectural and Urban Studies, Cambridge University, 2004.