

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE PAINÉIS ACÚSTICOS: aprendendo pela prática

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PANELES ACÚSTICOS: aprender a través de la práctica

DESIGN AND CONSTRUCTION OF ACOUSTIC PANELS: learning through practice

TAVARES, SIMONE FERNANDES

Doutora em Ciências, Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo e Design da Universidade Federal de Uberlândia (FAUeD UFU), E-mail: simone.tavares@ufu.br

OLIVEIRA, MARIA FERNANDA

Doutora em Engenharia, Professora da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FECFAU Unicamp), E-mail: maria.fernanda@unicamp.br

RAGO, LUÍZA LÍVERO

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas (FECFAU Unicamp), E-mail: luizalrago@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem como objetivo descrever, discutir e analisar as atividades acadêmicas realizadas em duas disciplinas vinculadas a um projeto de extensão universitária, com foco no desenvolvimento de soluções de condicionamento acústico com o uso de dispositivos de madeira. Nessas disciplinas, os alunos tiveram que entender, projetar, construir e avaliar uma solução de condicionamento acústico para o pátio interno de uma escola de educação infantil localizada em Campinas/SP. Para isso, adotou-se a abordagem de metodologias ativas de ensino-aprendizagem, especificamente as estratégias de ensino por projeto, múltiplos espaços de ação, trabalho em grupo e interaprendizagem. Foram fomentadas a participação e a discussão coletiva dos resultados alcançados em cada etapa do projeto de extensão, como condição para avançar para as etapas seguintes. A partir da observação direta dos processos, é possível concluir que atividades acadêmicas que possibilitam o envolvimento e a participação ativa dos estudantes podem conciliar rigor técnico e processos criativos na resolução de problemas reais. No caso específico deste trabalho, o desenvolvimento do projeto de condicionamento acústico de um espaço escolar proporcionou a mobilização e o desenvolvimento de habilidades que superaram o conhecimento técnico em acústica, avançando nas relacionadas à dimensão afetivo-emocional, às habilidades e às atitudes e valores. Contribuiu, desta maneira, para momentos de aprendizagem mais amplos em que se aliaram teoria e prática, projeto e construção, conhecimento técnico e científico, além de responsabilidade e ação social.

PALAVRAS-CHAVE: ensino de acústica; metodologia ativa; ambientes escolares; condicionamento acústico; painel em madeira.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo describir, analizar y discutir las actividades académicas desarrolladas en dos asignaturas vinculadas a un proyecto de extensión universitaria, con énfasis en el desarrollo de soluciones de acondicionamiento acústico mediante el uso de dispositivos de madera. En estas asignaturas, los estudiantes debieron comprender, diseñar, construir y evaluar una solución de acondicionamiento acústico para el patio interior de un jardín de infancia en Campinas. Para ello, se adoptó el enfoque de metodologías activas de enseñanza-aprendizaje, basado en la enseñanza por proyectos, múltiples espacios de acción, trabajo en grupo y aprendizaje entre pares. Se fomentó la participación y la discusión colectiva de los resultados obtenidos por cada grupo en cada etapa del proyecto, estableciéndose como requisito para avanzar. A partir de la observación directa de los procesos, se concluye que las actividades académicas que posibilitan la implicación y participación de los estudiantes pueden conciliar el rigor técnico y los procesos creativos en la solución de problemas reales. En este caso, el desarrollo del proyecto de acondicionamiento acústico facilitó la movilización de competencias más allá del conocimiento técnico, incluyendo la dimensión afectivo-emocional, habilidades, actitudes y valores. Así, se contribuyó a experiencias de aprendizaje más integradoras, en las que se combinaron teoría y práctica, diseño y construcción, conocimiento técnico y científico, así como responsabilidad y acción social.

PALABRAS-CLAVES: enseñanza de acústica; metodología activa; ambientes escolares; acondicionamiento acústico; panel de madera.

ABSTRACT

This article aims to describe, discuss, and analyze the academic activities conducted in two disciplines associated with a university extension project focused on developing acoustic conditioning solutions using wooden devices. In these disciplines, the students had to understand, design, build, and evaluate an acoustic conditioning solution for the internal courtyard of a kindergarten located in the city of Campinas. For this purpose, active teaching-learning methodologies were adopted, utilizing project-based teaching, multiple action spaces, group work, and peer learning strategies. Participation and collective discussion of the results achieved by each group in each stage of the extension project were encouraged as a condition for advancing to the next stage. From direct observation of the processes, it is possible that academic activities that enable students' involvement and active participation can reconcile technical rigor and creative processes in solving real problems. In the specific case of this work, the development of the acoustic conditioning project for a school space facilitated the mobilization and development of skills that extended beyond technical knowledge of acoustics, encompassing those related to the affective-emotional dimension, including skills, attitudes, and values. It thus contributed to broader learning moments in which theory and practice, design and construction, technical and scientific knowledge, responsibility, and social action were combined.

KEYWORDS: acoustics teaching; active methodology; school environments; acoustic conditioning; wooden panel.

Recebido em: 09/04/2025

Aceito em: 01/04/2026



REVISTA
PROJETAR

Projeto e Percepção do Ambiente

v.11, n.2, maio de 2026

1 INTRODUÇÃO: PROBLEMA, OBJETIVO E CONTEXTUALIZAÇÃO

A integração entre teoria e prática na formação de engenheiros civis e arquitetos e urbanistas é um aspecto fundamental frequentemente negligenciado pelos respectivos cursos de graduação. Da mesma forma, a baixa interlocução entre projeto e construção, seguida de fraco domínio das práticas construtivas, pouco contribui para que estes profissionais realizem integralmente suas potencialidades (Lopes, 2014). O desenvolvimento de competências que possibilitem o domínio e a integração de conhecimentos técnicos e científicos é essencial para a solução de questões relacionadas à materialização do ambiente construído (Leite, 2005). Neste sentido, práticas didáticas que articulem a construção de conhecimentos teóricos, a visualização física dos fenômenos e a experimentação prática em canteiros ou em laboratórios são entendidas como inovadoras e positivas (Leite, 2014).

De acordo com Moran (2015, p. 18), “[...] quanto mais aprendemos próximos da vida, melhor”. Como a estratégia de ensino deve estar associada aos objetivos do ensino e às habilidades/competências que se querem desenvolver, alternativas pedagógicas nas quais os alunos tenham que tomar decisões e avaliar resultados têm sido consideradas mais adequadas, desde que devidamente embasadas, e seguem em consonância com metodologias ativas. “Nas metodologias ativas de aprendizagem, o aprendizado se dá a partir de problemas e situações reais; os mesmos que os alunos vivenciarão depois na vida profissional, de forma antecipada, durante o curso” (Moran, 2015, p. 19).

Nas metodologias ativas o foco se concentra mais no processo de aprendizagem, e menos no processo de ensino. Esta prerrogativa altera o papel destinado ao professor e ao aluno. Se no ensino tradicional o professor é detentor universal do conhecimento e transmissor de informações, as metodologias ativas propõem que os alunos sejam agentes ativos e participativos do processo de aprendizagem, enquanto o professor assume a função de orientação e mediação entre o aluno e o objeto de conhecimento – princípios educacionais que dialogam com as obras de Paulo Freire (2014, 2021) e Léon Vygotsky (1991).

Masetto (2015) afirma que o processo de aprendizagem, em especial em ambientes universitários, deve superar o conhecimento técnico e promover o crescimento e o desenvolvimento integral dos envolvidos. Para que isso seja possível, ainda de acordo com o autor, é necessária a atenção em quatro grandes áreas:

- Área do conhecimento – Refere-se ao domínio dos conteúdos específicos de uma disciplina ou campo de estudo. O aprendizado ocorre por meio da aquisição, compreensão e aplicação do conhecimento, exigindo constante atualização, aprofundamento e extrapolação, incluindo a possibilidade de desenvolver novas teorias ou soluções. Envolve, desta forma, capacidade crítica e criatividade;
- Área afetivo-emocional – Relaciona-se à capacidade de conhecer-se, ao entendimento dos recursos existentes, das potencialidades a serem otimizadas e dos limites pessoais a serem respeitados. Pressupõe o desenvolvimento da autoestima e autoconfiança através de trabalho em equipe, num ambiente cooperativo onde existe a corresponsabilidade pelo processo de aprendizagem;
- Área das habilidades – Engloba a capacidade de aplicar o conhecimento adquirido de forma prática, desenvolvendo competências técnicas, intelectuais e interpessoais que possibilitam a resolução de problemas e a atuação eficaz em diferentes contextos. Também envolve a capacidade de expressão e comunicação, de trabalho em equipe, de desenvolvimento de ferramentas pertinentes a cada desafio profissional (relatórios, pesquisa, uso de softwares, redação de trabalhos científicos);
- Área das atitudes e valores – Refere-se à formação ética e social do indivíduo, promovendo a responsabilidade, a colaboração, a ética profissional e o compromisso com a aprendizagem contínua, bem como com questões sociais e comunitárias.

Para que seja possível atuar concomitantemente nestas áreas, é preciso mobilizar diversos recursos pedagógicos, como trabalhos em grupo, debates, estudo de caso, ensino com pesquisa, aula expositiva dialogada, ensino por projeto, formulação de questões e grupos de oposição, citando apenas algumas possibilidades. Além disso, é oportuno: a) realizar atividades fora do espaço tradicional da sala de aula, como visitas técnicas; b) incentivar a interação entre os alunos para a construção compartilhada e solidária do processo de aprendizagem (interaprendizagem); e c) elaborar formas de avaliação alinhadas aos objetivos e às metodologias de ensino (Masetto, 2015). É importante reforçar que tais ações tenham apoio da Instituição de Ensino Superior (IES), garantindo todo o aporte de infraestrutura para novas práticas, e que elas estejam integradas ao seu Projeto Político-Pedagógico.

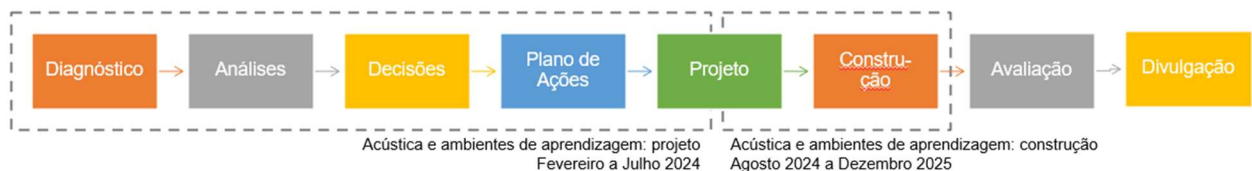
Atualmente, as atividades de extensão universitária têm se configurado como um ambiente oportuno para a aplicação de novas metodologias, já que estão baseadas na articulação indissociável entre ensino e pesquisa e, naturalmente, quebram a estrutura da sala de aula tradicional ao propor a atuação em um ambiente particular, com demandas reais, alinhadas à formação cidadã do aluno (Gadotti, 2017).

O ensino de acústica, por sua vez, pode apresentar desafios significativos devido à complexidade dos fenômenos físicos envolvidos (Michalski *et al.*, 2023), os quais se relacionam aos sons e aos diferentes materiais e arranjos utilizados em projetos de condicionamento acústico (ABQA, 2019). Além disso, o uso de materiais menos convencionais agrava essa dificuldade, pois exige não apenas familiaridade com as propriedades acústicas aplicadas à construção civil, mas também a habilidade de interpretar dados técnicos confiáveis e aplicá-los adequadamente em projetos. Por fim, verifica-se que muitas das soluções de mercado propostas têm custo elevado, inviabilizando o correto condicionamento acústico dos espaços habitados, como as escolas da rede pública de educação. Desta forma, não se trata apenas de entender tecnicamente sobre a acústica, mas de integrar o saber técnico à materialização do projeto, considerando os processos de trabalho e de produção, bem como as demais variáveis que o tornam viável.

A partir deste contexto, este artigo é fruto da integração entre disciplinas para a solução de um problema real. Tem como objetivo descrever e discutir o conjunto de atividades de um projeto de extensão universitária e avaliar seus resultados quanto à aprendizagem em acústica arquitetônica e em técnicas construtivas dos alunos participantes. Pretende, desta forma, contribuir para o debate sobre práticas didáticas voltadas ao ensino de acústica em cursos de graduação em Engenharia Civil e em Arquitetura e Urbanismo.

O projeto de extensão, originalmente, foi organizado em oito etapas (Figura 1) sendo que, neste artigo, serão exploradas as atividades do “Diagnóstico” à “Construção”. O local escolhido para o desenvolvimento do projeto foi uma creche-escola localizada em Campinas – SP.

Figura 1: Etapas do projeto de extensão.

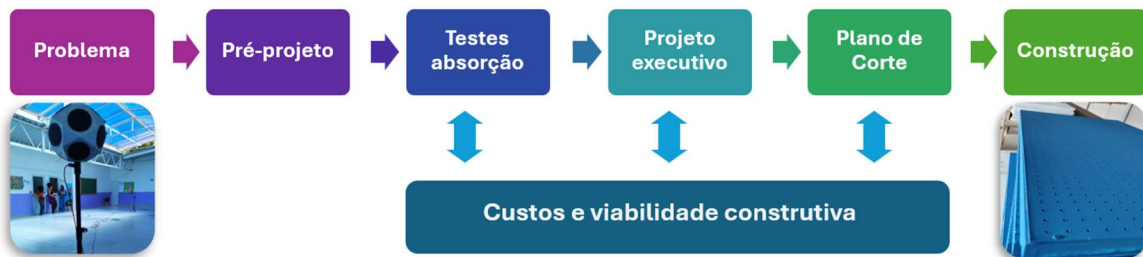


Fonte: Autoras.

2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Nesta seção, são apresentadas e discutidas as atividades realizadas no projeto e nas disciplinas de extensão, conforme as etapas apresentadas na Figura 2.

Figura 2: Etapas do trabalho de construção dos painéis



Fonte: Autoras.

Aulas introdutórias

Foram realizadas três aulas expositivas dialogadas sobre acústica, abordando os seguintes temas: acústica em ambientes de aprendizagem; qualidade acústica de salas: critérios e descritores; materiais e dispositivos para condicionamento acústico; uso de madeira no projeto acústico. As aulas foram acompanhadas de exercícios simples de cálculo do tempo de reverberação, além da medição, avaliação e correção sonora da sala de aula ocupada durante a disciplina.

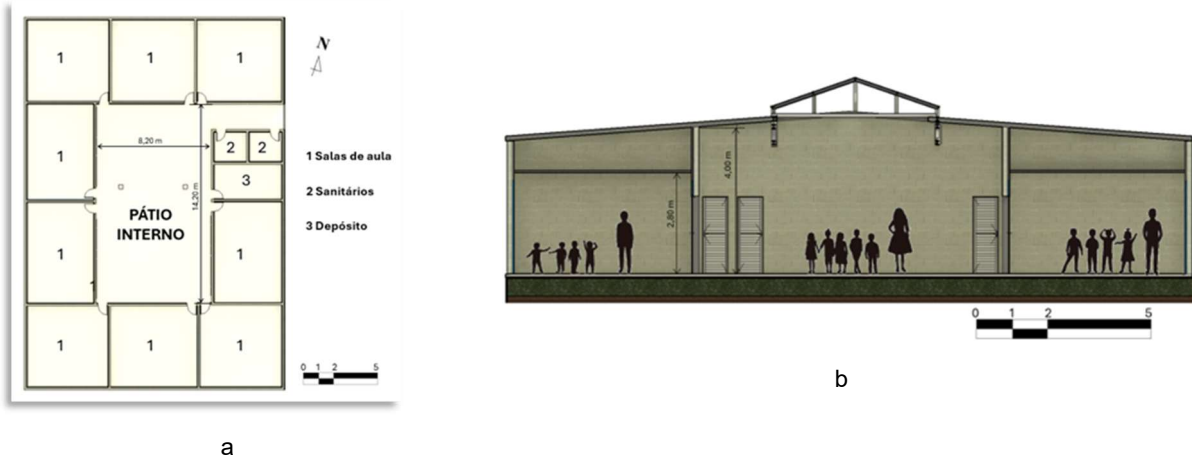
Caracterização do problema

Foi realizada uma visita à escola para a apresentação do projeto de extensão aos diretores e professores, com a explicação de suas motivações e limitações. A equipe da escola externalizou quais espaços e quais

problemas enfrentavam em relação à acústica, apresentando-os e discorrendo sobre as dinâmicas realizadas neles. Foram visitados: as salas de aula, o pátio interno e o refeitório.

O espaço de intervenção selecionado compõe um bloco com salas de aula, depósito, sanitários e pátio interno (Figura 3a). As salas de aula estão dispostas ao redor do pátio interno, que, além da circulação, proporciona melhores condições de ventilação e iluminação naturais ao conjunto por meio de um lanternim (Figura 3b). A área do piso desse pátio interno é de 116,44 m² e o volume do local é de aproximadamente 525 m³.

Figura 3: Planta baixa (a) e corte transversal (b) do bloco de salas de aula.

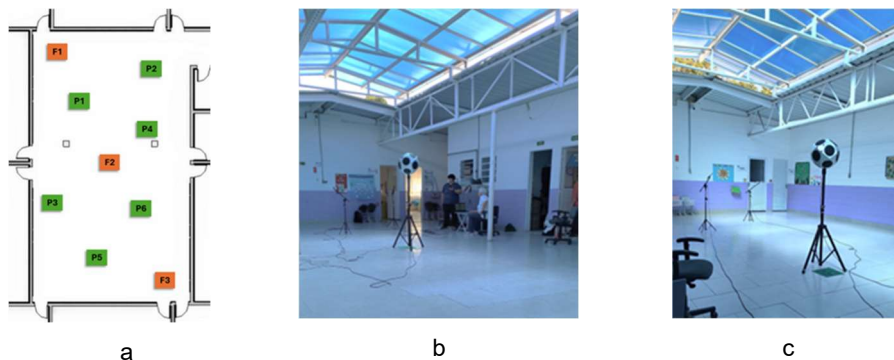


Fonte: Autoras.

O pátio interno, por ser o espaço articulador entre as salas de aula e de acesso das crianças às áreas externas, é responsável pela mistura e distribuição dos sons produzidos em todas as salas de aula e fora delas. Também é usado como espaço de atividades em dias chuvosos, quando se torna ainda mais problemático devido ao barulho da chuva nas telhas de policarbonato. Apesar de não ser considerado um ambiente prioritário em um projeto de acústica, o pátio interno foi escolhido como ambiente do estudo, em concordância com a equipe de diretores e professores da escola, justamente pelo impacto sonoro que causa nas atividades realizadas nas salas de aula. Esta opção considerou os estudos conduzidos por Yang e Kang (2021; 2022) sobre espaços sequenciais.

A fim de entender suas características sonoras, foram realizadas medições locais, conforme os procedimentos da ABNT NBR ISO 3382-2 (2017), pelo método de precisão, com 12 combinações de posições de fonte-microfone (Figura 4a). Utilizou-se o sistema de medição DIRAC e os equipamentos utilizados foram o *software* de avaliação acústica de salas DIRAC, *notebook* com placa de som Scarlett 8i6 Focusrite, amplificador de potência sonora 2716 B&K, fonte sonora omnidirecional OmniPower 4296 B&K e microfones omnidirecionais de 1/2" da Behringer. As alunas inscritas participaram do planejamento, da organização e da medição sonora (Figuras 4b e 4c), realizada em quatro horas, período em que também realizaram o levantamento dos materiais construtivos e das dimensões do local, informações importantes para a modelagem da condição acústica do pátio.

Figura 4: Planta de localização dos equipamentos (a) e interior do pátio interno durante as medições (b e c).



Fonte: Autoras.

Utilizaram-se trena comum, trena a laser, prancheta, lápis e câmera fotográfica para o levantamento das condições e dimensões do pátio interno.

Para fins de análise dos resultados acústicos, adotaram-se os critérios do BB93 (Department for Education UK, 2015) para edifícios já ocupados, em fase de reformas. Por apresentarem flexibilidade de uso, foram analisadas três classificações de ambientes, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Referência de tempo de reverberação (T_{mf}) para ambientes escolares, conforme BB93.

Ambiente	Reformas
Átrios e espaços de circulação sem uso educacional	$T_{mf} \leq 2,0$ s
Espaços multiuso com finalidade educacional	$T_{mf} 0,8 - 1,5$ s
Espaços para alunos com necessidades especiais de comunicação	$T_{mf} \leq 0,4$ s

Fonte: Department for Education, UK, 2015.

Os resultados da medição foram analisados em sala de aula, quando retomaram-se os conceitos e os princípios gerais de um projeto de condicionamento acústico.

Pré-projeto

A etapa de pré-projeto incluiu a análise dos dados levantados; a modelagem sonora do espaço, considerando sua condição real e a ideal; e a definição da composição e dos critérios para o desenvolvimento do projeto de condicionamento acústico.

Com base nos resultados das medições no local, definiram-se as bandas de frequência mais importantes (com maior tempo de reverberação) para a composição e o dimensionamento dos painéis a serem utilizados no condicionamento acústico. Para atender ao parâmetro utilizado nas análises, foram adotadas soluções de painéis com maior atuação nas bandas de oitava utilizadas na definição do T_{mf} .

Para a elaboração do pré-projeto dos painéis de madeira, empregou-se uma equação que considera as principais características construtivas para a definição da frequência de maior atuação, ou seja, a frequência de ressonância f_0 .

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\Psi}{D \left(e + 0,85 \cdot d \left(1 - 0,22 \frac{d}{q} \right) \right)}}$$

Sendo: f_0 a frequência de ressonância (Hz); c a velocidade do som no ar (m/s); Ψ a razão de área perfurada (porcentagem de área aberta do painel/100); D a profundidade da caixa formada pelo painel (m); e a espessura da chapa externa (m); d o diâmetro de cada furo (m); q o espaçamento entre furos (m).

A madeira é tipicamente utilizada em dispositivos de absorção sonora para a confecção de membranas e absorvedores de cavidade, especialmente seus produtos, como as chapas de MDF. Além de suas características acústicas, é um material regionalmente disponível, de custo acessível, de alta trabalhabilidade com ferramentas simples e de fácil aquisição pela universidade. Outra característica relevante é o baixo peso, o que facilita o seu manuseio pelos alunos.

Em relação à área a ser ocupada, decidiu-se, em sala de aula, utilizar apenas as paredes, visto que o lanternim, ocasionalmente, permite a entrada de água, o que inviabilizaria o uso de MDF para compor elementos suspensos na estrutura da cobertura. Além disso, a instalação dos painéis na estrutura das treliças e tesouras metálicas poderia acarretar aumento de carga nestes elementos, prejudicando o seu correto desempenho. Por fim, o custo final do projeto deveria ser de até R\$10mil, recurso disponibilizado pela Pró-Reitoria de Extensão, Esporte e Cultura (PROEEC) da Unicamp. Isso determinava que o projeto dos painéis deveria ser o mais simplificado possível (materiais, geometrias e formas de utilização), mas adequado à sua funcionalidade.

Em relação ao T_{mf} , a referência utilizada indicava que ele deveria ser menor que 0,4s, considerando-se o uso do espaço por alunos com necessidades especiais de comunicação. No entanto, já nas primeiras simulações, verificou-se que não haveria área suficiente de parede para atender à relação entre a área e a capacidade de absorção dos painéis. Além disso, o limite orçamentário do projeto seria o suficiente para a construção de painéis simples, sem a exigência de instalações que pudessem causar sobrecarga nos sistemas construtivos existentes. Desta forma, após discussão com a turma, estabeleceu-se que o tempo de reverberação

referência seria de 1,5s, ainda que o desempenho final não pudesse atender adequadamente aos alunos com necessidades especiais de comunicação.

Para que o cálculo de volume e de áreas fosse possível, as alunas envolvidas nesta etapa do projeto desenharam plantas e cortes da escola em *software* específico de desenho, a partir do levantamento *in loco*. As estimativas iniciais para o atendimento das condições acústicas indicadas a partir das informações obtidas nas medições foram realizadas com a equação de Sabine e simuladas em uma planilha adaptada.

Os projetos desenvolvidos pela turma foram apresentados em conjunto com os estudos de materiais e áreas para os painéis, assim como questões técnicas e construtivas, como estruturação, formas de fixação e instalação, seguidos dos desenhos técnicos pertinentes (cortes, plantas, vistas, perspectivas). Estes projetos foram enviados à direção da escola objeto de intervenção, sendo discutidos coletivamente por seus representantes. Foi escolhido um dos estudos para o desenvolvimento do projeto executivo (Figura 5). É importante destacar que a escolha do projeto pelos representantes da escola se atentou mais à sua aparência do que ao seu desempenho ou materialidade. As questões de composição do painel e de cores foram trabalhadas na segunda etapa do projeto de extensão.

Figura 5: Imagem do projeto de painéis produzido pela estudante e escolhido pela direção da escola. Trata-se de um único projeto, produzido em cores distintas.



Fonte: Autoras.

Revisão da composição dos painéis e ensaio de absorção sonora em tubo de impedância

Esta etapa do projeto teve início em agosto de 2024, em conjunto com a segunda disciplina. Se na primeira disciplina havia quatro alunas matriculadas, todas do curso de Arquitetura e Urbanismo, nesta havia 23 alunos de diferentes estágios da graduação dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e de Engenharia Civil, incluindo três das alunas já participantes na disciplina anterior.

A fim de contextualizar as atividades, iniciou-se o semestre revisando critérios para projeto de condicionamento acústico, acompanhado de exercícios de cálculo de tempo de reverberação, com o objetivo de evidenciar as relações entre a área e a capacidade de absorção sonora. Foram apresentados os projetos desenvolvidos na disciplina anterior. Seguindo o cronograma de atividades previamente estabelecido, organizaram-se os ensaios para a determinação dos coeficientes de absorção dos materiais previamente escolhidos, em conjunto com professores e técnicos do Laboratório da Engenharia Mecânica.

A fim de auxiliar na revisão e na definição da composição mais detalhada dos painéis, foram utilizados os resultados obtidos por Pereira *et al.* (2019). Apesar de apresentarem resultados adequados para serem adotados no projeto de correção acústica do pátio interno, a referência estudada empregou chapa perfurada com espessura de 12 mm (chapa externa). No entanto, além de aumentar o custo, o uso dessa espessura acarretaria maior peso dos painéis e dificultaria a produção na universidade (seria necessário colar diferentes chapas perfuradas mantendo seus furos alinhados, já que a cortadora a laser disponível não processava essa espessura de material). Então, foram propostas e testadas outras composições, partindo dos materiais mais corriqueiros, como chapas de fibra perfuradas industrialmente (chapa utilizada nas amostras 2C, 2S, 4C40, 4S).

Tabela 2: Especificação das composições para o teste no tubo de impedância.

Amostras	R1	R2	4C15	3S	15S	2C	2S	4C40	4S
Espessura da chapa externa (mm)	12	12	12	3	3	3	3	3	3
Perfuração da chapa externa (%)	6,4	64	6,4	7,4	7,4	2,0	2,0	2,0	2,0
Espessura da lâ (mm)	30	30	15	-	-	20	-	40	-
Profundidade da câmara interna (mm)	40	30	40	30	15	20	20	40	40

Fonte: Autoras, adaptado de Pereira *et al.* (2019).

Os testes para determinação dos coeficientes de absorção sonora por bandas de oitava foram realizados durante uma aula da disciplina, com um tubo de impedância BSWA SW 433 (Figura 6), conforme procedimentos da ISO 10534-2 (2023), utilizando amostras com diâmetro de 60mm. Durante os testes, os alunos se dividiram e produziram relatórios técnicos sobre o ensaio, com descrição dos princípios de funcionamento do tubo e indicação normativa do método de medição e das características das amostras testadas. Nos relatórios elaborados pelos alunos, foram apresentados os resultados dos testes e as discussões sobre a melhor solução para aplicação no ambiente de estudo.

Figura 6: Tubo de impedância utilizado nos testes.



Fonte: Autoras.

É importante ressaltar que, para os testes em tubo de impedância, não foram considerados os materiais de acabamento posteriormente utilizados na produção dos painéis. A opção pela exclusão de acabamentos superficiais, tais como pintura ou revestimentos ignífugos, nas amostras submetidas ao tubo de impedância fundamenta-se na natureza física do mecanismo de absorção dos painéis perfurados, que operam como ressonadores de Helmholtz. Diferentemente de materiais fibrosos ou porosos, cuja performance está diretamente ligada à resistência ao fluxo e à morfologia superficial (mecanismo resistivo), o comportamento acústico de painéis perfurados é predominantemente reativo (Bistafa, 2018). Em um material poroso, a obstrução dos poros pela pintura alteraria a resposta acústica do material. Nos painéis perfurados, a dissipação de energia ocorre por meio da oscilação da massa de ar contida nos furos, em função do amortecimento da cavidade posterior (Cox; D'Antonio, 2016). Uma vez que a espessura das camadas de acabamento é desprezível frente à espessura da chapa, sem alterar o diâmetro nominal das perfurações, sua influência na impedância acústica e no coeficiente de absorção é considerada insignificante.

Os resultados dos testes foram discutidos em sala de aula, a fim de selecionar qual seria o arranjo mais adequado para o problema, considerando desempenho, custo e viabilidade técnica e construtiva. Nesta dinâmica, os alunos foram estimulados a partilhar a discussão de seus relatórios, defendendo pontos de vista e formas de proceder. Ao final, houve consenso quanto ao arranjo mais adequado para o problema enfrentado, considerando suas múltiplas variáveis.

Projeto executivo

Nesta etapa, os alunos atuaram na revisão do projeto preliminar e no desenvolvimento do projeto executivo. O desafio foi adequar a aparência do projeto preliminar à nova área exigida com a definição da composição final dos painéis. O cálculo da área a ser trabalhada foi realizado coletivamente em sala de aula e a discussão sobre o resultado também.

Seriam necessários 160 m² de painéis, mas, além de extrapolar o recurso financeiro disponível, essa área excederia a área disponível de paredes do pátio interno. Nessa situação, uma das soluções seria a utilização de *baffles* e/ou nuvens acústicas como recurso complementar aos painéis. No entanto, para a instalação desses elementos suspensos na estrutura existente seria necessária uma avaliação estrutural. Sendo assim, a complementação com esses elementos foi planejada para uma etapa posterior. Após a definição da área com a equação de Sabine, os projetos foram desenvolvidos.

Foram produzidos sete projetos diferentes e coerentes com o projeto aprovado pela escola, passíveis de serem construídos. Neles, os alunos especificaram a composição final, o processo de montagem, a ligação

De forma bastante resumida, e com o auxílio do técnico do laboratório, foram atividades do processo de produção:

- Corte das diferentes chapas de MDF (frente, estrutura e fundo), com diferentes espessuras e tamanhos, lisa ou perfurada, na serra de mesa e na seccionadora vertical (Figuras 8a e 8b);
- Montagem da estrutura (MDF 15mm), usando grampeador pneumático, esquadro e trena, em mesa (Figura 8c);
- Fixação da chapa de fundo (MDF 6mm), com parafusos, utilizando pré-furo e gabarito (Figura 8d);
- Recorte e fixação da lã de PET no interior do painel, com grampeador pneumático (Figuras 8e e 8f);
- Fechamento do painel, com fixação da chapa de frente (chapa de fibra perfurada industrialmente), utilizando pré-furo e gabarito (Figura 8g);
- Lixamento do conjunto (Figura 8f);
- Aplicação de camada de tinta de fundo (cor branca) utilizando pistola de pintura, rolo ou pincel;
- Lixamento do painel e aplicação de tinta colorida, quantidade de demãos suficientes para garantir um bom recobrimento (tintas mais escuras demandaram até 3 demãos), com pistola de pintura, rolo ou pincel (Figuras 8i e 8j);
- Aplicação de 3 demãos de tinta ignífuga, seguindo o tempo de secagem especificado entre cada camada;
- Armazenamento dos painéis no pavimento superior da maquetaria, de modo a manter o espaço útil do local (Figuras 8k e 8l).

Figura 8: Alunos no Laboratório de Modelos e Maquetes (LMM) para a construção dos painéis de madeira.



Fonte: Autoras.

Após cada etapa, as equipes compartilhavam, em ambiente virtual, as informações sobre os resultados e as indicações de possíveis ajustes no processo, com sugestões de encaminhamento previamente discutidas com as professoras ou com o técnico da maquetaria, por exemplo, alterações no gabarito de parafusos. Também compartilhavam os cuidados necessários para o melhor resultado do trabalho, como a forma de aplicação da cola, o posicionamento da estrutura do painel, a fim de minimizar o trabalho de lixamento, a proporção de tinta e água para o correto funcionamento da pistola de pintura – aspectos apenas revelados durante o processo de produção dos painéis.

Outro ponto importante, ainda não ressaltado, mas recorrente em todos os processos do projeto de extensão, especialmente nas atividades de construção, foi a necessidade de gestão de conflitos interpessoais, como os relacionados à divisão de tarefas, ao cumprimento dos prazos estabelecidos, à participação efetiva e à assiduidade.

3 SÍNTESE E REFLEXÕES

Como discutido na introdução, para que o processo de aprendizagem ocorra integralmente e contribua para o pleno desenvolvimento do aluno, em suas diferentes dimensões, é necessário trabalhar em quatro grandes áreas: a do conhecimento, a do afetivo-emocional, a das habilidades e a das atitudes e valores. As atividades descritas na seção da metodologia permitem afirmar que houve participação ativa dos estudantes e que as atividades propostas propiciaram momentos de aprendizagem mais ampla, para além do conhecimento técnico em acústica.

Resumidamente, as seguintes atividades foram realizadas de forma coletiva e dialogada com a turma:

- Aulas expositivas e práticas de laboratório sobre temas básicos de acústica, materiais e técnicas construtivas;
- Resolução de exercícios de cálculo de tempo de reverberação;
- Levantamento das condições acústicas reais do espaço existente com a utilização de equipamentos adequados, conforme as normas técnicas vigentes;
- Levantamento das condições físicas do local com o mapeamento de materiais, dimensões e áreas do pátio da escola manipulando instrumentos de medição e registro;
- Identificação de possibilidades de intervenção física no local: se a área de projeto seria apenas a da parede ou a da parede e a do teto;
- Estimativas teóricas do tempo de reverberação do pátio interno considerando sua condição real e a sua condição ideal, a partir de parâmetros técnicos, cálculo de áreas e de volumes, com aplicação da equação de Sabine;
- Produção de desenhos técnicos do espaço, 2D e 3D, manuseando ferramentas digitais de expressão gráfica, como Revit, Autocad, ArchiCAD e Sketchup;
- Elaboração de relatório técnico sobre o ensaio dos materiais, com avaliação de resultados e indicação de soluções, considerando os problemas a serem superados pelo projeto;
- Elaboração de projeto executivo envolvendo detalhes construtivos, com a quantificação de materiais e a definição de técnicas construtivas;
- Elaboração de plano de produção na forma de cartilha com o passo a passo da construção dos painéis de madeira;
- Elaboração de plano de corte visando máxima utilização dos materiais especificados;
- Definição das atividades de produção, incluindo lista de tarefas, organização das equipes, escala de uso do espaço físico, compartilhamento de ferramentas;
- Construção dos painéis lidando com dificuldades operacionais não previstas no planejamento, o que gerou uma avaliação permanente e contínua dos processos por parte de toda a turma;
- Enfrentamento de dificuldades não previstas no planejamento, como, por exemplo, utilizar a parafusadeira de forma mais efetiva, gerar um gabarito de parafusos, realizar o pré-furo da madeira, pintar utilizando diferentes ferramentas, esconder defeitos de corte minimizando o trabalho e aliar o tempo curto para a confecção dos painéis, compartilhando as poucas ferramentas disponíveis em um final do semestre letivo.

As estratégias didáticas utilizadas foram:

- Ensino por projeto: as relações entre teoria e prática foram evidenciadas quando os alunos propuseram encaminhamentos e desenvolveram soluções projetuais baseadas em uma situação real, por meio da realização de estudos diagnósticos, considerando as limitações orçamentárias, técnicas e construtivas alinhadas às demandas da escola parceira;
- Múltiplos espaços de ação: foi necessário transitar por vários espaços como escola parceira, a sala de aula, o laboratório de informática e o laboratório de construção (maquetaria), promovendo uma dinâmica mais ativa;
- Trabalho em grupo, com todos os grupos desenvolvendo a mesma tarefa: isso fomentou o debate e a colaboração entre os colegas do mesmo grupo e gerou respostas diferentes ao problema comum apresentado (nas etapas de pré-projeto, definição de materiais e composição dos painéis, projeto

executivo, plano de corte, planejamento da produção). Por sua vez, a discussão coletiva dos trabalhos de cada grupo possibilitou a avaliação e a comparação dos resultados com base em múltiplos critérios. Para cada etapa foi necessário discutir a solução que melhor se adequava ao objetivo principal do projeto de extensão, para a sequência das atividades;

- Interaprendizagem: os alunos aprenderam com seus pares ao desenvolverem respostas, na discussão coletiva das soluções e nas formas de ação.

As atividades exigiram dos alunos:

- Conhecimento técnico sobre acústica, materiais construtivos, técnicas construtivas para o desenvolvimento da proposta;
- Criatividade;
- Capacidade de confrontar soluções, analisar resultados, defender ponto de vista – capacidade crítica;
- Reconhecimento da diversidade de interpretações sobre um mesmo assunto, desenvolvendo flexibilidade e compreensão;
- Participação ativa e interação com os colegas;
- Gestão de conflitos;
- Comunicação e capacidade de adaptação a mudanças;
- Reconhecimento do esforço individual e dos colegas;
- Reconhecimento das diferentes habilidades de cada integrante da equipe;
- Cooperação e respeito às decisões do grupo, em cada etapa do projeto;
- Responsabilidade pelos resultados, já que os painéis foram produzidos e instalados na escola.

Pode-se concluir, portanto, que atividades acadêmicas que possibilitam o envolvimento e a participação ativa dos estudantes podem conciliar rigor técnico e processos criativos na resolução de problemas reais. No caso específico deste trabalho, o desenvolvimento do projeto de condicionamento acústico de um espaço escolar proporcionou a mobilização e o aprimoramento de habilidades que superaram o conhecimento técnico sobre acústica.

No que diz respeito às questões que envolvem atitudes e valores, para além dos aspectos já mencionados (trabalho em grupo, colaboração, responsabilidade, reconhecimento do outro), houve o comprometimento com o objetivo da extensão, qual seja, contribuir para a qualidade espacial de um ambiente de aprendizagem. Ter isso como horizonte permitiu que os alunos entendessem a importância do seu trabalho e da sua profissão para a sociedade.

Qual foi a impressão dos alunos?

A última atividade do projeto de extensão foi a realização de uma autoavaliação pelos alunos participantes da segunda disciplina. O questionário teve como objetivo provocar uma reflexão sobre a dedicação de cada um como agente ativo de seu processo de aprendizagem, avaliando ações, comportamentos e conhecimentos adquiridos, a fim de identificar áreas a serem trabalhadas, visando a um melhor desempenho acadêmico e pessoal¹.

O questionário foi composto de perguntas abertas, para a livre redação, e outras com escala de avaliação de 1 a 5, sendo a escala 1 “discordo totalmente” e a 5 “concordo totalmente”. Abordou os seguintes temas: aprendizagem adquirida, trabalho em grupo, participação, interesse pelo conteúdo da disciplina e dedicação ao trabalho prático. Dezesete dos vinte e três alunos responderam ao questionário.

Quando questionados sobre o desempenho pessoal no *trabalho em grupo*, em aspectos como contribuição na discussão, respeito às diferentes opiniões, colaboração com o processo e os resultados, os alunos consideraram, majoritariamente (70,6%), que sua atuação foi positiva (escala 5).

Sobre a *participação na aula*, a maior parte deles considerou ótimo seu interesse e engajamento, assim como sua presença e comprometimento com a disciplina (escala 5). No entanto, quando indagados sobre o aproveitamento da oportunidade para esclarecer dúvidas e aprofundar o conteúdo, 17,6% declararam moderado aproveitamento (escala 3) e 5,9% sugeriram baixo aproveitamento (escala 2) – o que sugere a necessidade de aprimorar as ferramentas didáticas que fomentem a interação e a participação.

Na avaliação do *interesse pelo conteúdo da disciplina*, as respostas mostram interesse máximo (nível 5) pelos temas abordados (70,6%) e alta capacidade de estabelecer relações entre o conteúdo da disciplina e temas ou situações do mundo real (64,7%). No entanto, quando inqueridos sobre a busca por informações adicionais

ou referências complementares, a maioria dos alunos (58,8%) marcou a opção 3, indicando comprometimento moderado. Apenas 17,6% dos alunos relataram ter buscado ativamente outras fontes de informação (escala 5), demonstrando que a maioria se manteve restrita ao conteúdo apresentado em sala.

Por fim, a seção de *dedicação ao trabalho prático* buscou entender como os alunos se envolveram na confecção dos painéis de condicionamento acústico, atividade realizada na maquetaria da faculdade. 70,6% responderam ter dedicado tempo adequado ao desenvolvimento das atividades práticas (nível 5), 23,5% consideraram bom (nível 4) e apenas 5,3% avaliaram como moderada (nível 3). Sobre a contribuição com ideias para os desafios apresentados no trabalho em equipe, 88,3% avaliaram como ótimo. Já em relação ao cumprimento de prazos estabelecidos, predominaram respostas positivas (82,4%), mas 17,8% consideraram regular ou ruim, o que sugere dificuldade no gerenciamento do tempo, possivelmente devido à condição de final de semestre letivo.

Foram propostas três questões abertas, conforme descrito na sequência.

Questão 1) Qual foi o tópico mais importante que você aprendeu nesta disciplina?

Como a pergunta estava em aberto, as respostas abordaram diferentes temas como: 1) aprendizado sobre acústica; 2) desenvolvimento de habilidades interpessoais, como lidar com prazos, imprevistos e alteração de planos, trabalhar em equipe, ser resiliente, se comunicar; 3) elaboração completa de um projeto de condicionamento acústico, do projeto à construção; 4) conhecimento sobre materiais e técnicas construtivas; 5) a possibilidade de trabalhar na realidade, a partir de um projeto de extensão.

Algumas das respostas selecionadas demonstram este universo de possibilidades propiciado pelo projeto de extensão:

Nessa disciplina tivemos uma experiência completa da produção de um painel acústico, desde o estudo de qual frequência deveríamos trabalhar até a produção dos painéis para que tenha a função necessária. Durante todo o processo houve trabalho em equipe que foi muito importante para troca de conhecimento e desenvolvimento pessoal.

Identificar dificuldades que aparecem apenas na prática.

Acredito que houberam (sic) vários pontos importantes que consegui aprender com a disciplina: aprofundi um pouco mais o conhecimento teórico em acústica, aprimorei minha comunicação, também aprendi a especificar e representar melhor um projeto, deixando de pensar que o óbvio, para mim, não significa o mesmo para outros públicos. A parte prática também agregou muito conhecimento.

A extensão permitiu aprender mais sobre aspectos da acústica e a parte prática da construção dos painéis e o trabalho em grupo para ajudar a escola foi muito importante e uma grande lição de vida.

O funcionamento de um painel acústico e sua concepção e construção.

Um dos tópicos mais importantes que aprendi durante a disciplina é a resiliência durante a execução de projetos. Muitas vezes tivemos que alterar nossos planos devido a imprevistos ou transtornos; o fato de sempre conseguirmos adequar mudanças para a conclusão dos painéis no tempo previsto para a escola mostra como é importante saber criar alternativas para problemas.

Foi a minha primeira experiência lidando com organização de um projeto de engenharia.

As respostas demonstram que, apesar da ênfase do aluno sobre um aspecto ou outro, a experiência foi múltipla, extrapolando as questões de condicionamento acústico.

Questão 2: Que aspectos da disciplina mais contribuíram para a sua formação pessoal e profissional?

Mais uma vez, as respostas foram variadas e abrangentes, considerando desde: 1) o trabalho em equipe e a divisão de tarefas; 2) a atuação em um ambiente real onde é necessário considerar custos, estética e as condições do espaço para que as respostas sejam factíveis; 3) a responsabilidade em projetar e produzir dispositivos adequados já que eles irão impactar, de fato, a vivência de outras pessoas; 4) a experiência dinâmica e completa do projeto e a aprendizagem técnica sobre acústica. Entre as respostas, destacamos:

Trabalho em grupo, comprometimento com a escola e prazo de entrega, saber respeitar opiniões e decisões diferentes da minha.

Ter que projetar o design dos painéis em grupo e pensando no gasto, estética e espaço foi o mais próximo de uma experiência profissional que tive até agora nesse curso.

Os tópicos de análise acústica, como os tipos de material, o desempenho destes e como calcular qual faixa acústica pode ser tratada com cada tipo de material.

Aprendi bastante sobre os processos de construção e sobre as propriedades e funcionalidades dos materiais que utilizamos.

Acredito que o como trabalhar em equipe e também sobre como as escolhas que fazíamos sobre os painéis impactaria na vida de outras pessoas, entender que o trabalho mal feito não seria mais somente a nota ruim mas sim uma experiência ruim para as crianças.

Na formação pessoal, consegui desenvolver melhor minha comunicação com diferentes tipos de pessoas, aprendi a lidar, esclarecer e entender melhor diferentes ideias e opiniões. Na formação profissional, teve um acréscimo muito alto, depois da disciplina, comecei a observar os ambientes de forma diferente, com um olhar mais tecnicamente crítico e, também, consegui compreender o grande diferencial que o conhecimento na área pode trazer.

Formação de equipes, troca de ideias e independência no momento de criar os painéis.

Experiências de dinâmicas de trabalho em grupo com processos manuais como esses.

Mais uma vez, as respostas permitem afirmar que a participação na disciplina proporcionou aos alunos o desenvolvimento nas quatro grandes áreas de um efetivo processo de aprendizagem, ficando evidente aspectos afetivo-emocional e relacionados a valores, como a responsabilidade e o reconhecimento do outro.

Por fim, a última questão proposta demonstra a gratidão e o prazer dos alunos por terem participado da disciplina, o que reforça a necessidade de pensar e propor novas estratégias de ensino-aprendizagem no ambiente universitário.

Questão 3: Há algo mais que você gostaria de compartilhar sobre sua experiência nesta disciplina?

Algumas das respostas foram:

Me matriculei na disciplina em busca de créditos para graduação apenas, mas realmente me interessei pela EX. Principalmente agora no final do semestre [...], me dediquei à disciplina assim como me dediquei às provas finais. Dentre as extensões que já fiz durante meu curso, essa foi uma que eu senti o "quero mais", pois realmente foi um tema que me atraiu interesse.

Eu acho que foi uma experiência muito boa desde a aprendizagem até a prática. Mobilizar uma equipe para tirar as ideias do papel e ver o processo dando certo traz uma satisfação enorme, então para mim valeu muito a pena participar desta eletiva.

Foi bem diferente das outras disciplinas que tive até agora, gostei de ter que trabalhar diretamente no projeto ao invés de apenas teorizar algo em sala.

Como eu disse no começo do semestre eu quis participar da disciplina para saber da funcionalidade e importância da acústica, acredito que tal questão foi sanada. Aprendi muito não só na sala de aula, mas também fora, o que é muito positivo.

Dificuldades

Apesar dos pontos positivos discutidos em relação à disciplina, é importante apontar algumas das dificuldades enfrentadas durante o processo de aprendizagem dos alunos.

A primeira diz respeito à necessária participação e ao real engajamento dos discentes para o correto andamento da disciplina. Foi necessário, ao longo de todo o projeto, reforçar esta responsabilidade já que as etapas do projeto de extensão eram interdependentes – não era possível avançar em uma etapa sem o cumprimento da anterior. Por exemplo, houve atraso na modelagem do pátio porque, para tanto, era necessário que as alunas participantes desenhassem o espaço e calculassem suas áreas e volumes. Como se tratava de alunas do terceiro semestre, não havia domínio pleno das ferramentas de desenho, o que exigia maior dedicação e tempo. Ou seja, quando a participação não era efetiva, por motivos diversos, era necessário readequar o cronograma de atividades.

Outro fator que contribuiu para os atrasos foi o tempo não controlado de decisões externas, como a escolha do projeto pela escola ou a compra e a entrega dos materiais. Isso exigiu a proposição de atividades

inicialmente não previstas ou o adiantamento de atividades que seriam realizadas posteriormente, gerando retrabalho.

Além disso, durante as diferentes discussões coletivas, nas quais realizou-se importantes decisões sobre o processo (escolha do projeto executivo, do plano de corte, da organização das frentes de trabalho, por exemplo), prevaleceu a postura ativa dos alunos com perfil mais extrovertido, o que exigiria testar outras formas de promover a interação.

Por fim, é importante ressaltar a exigência deste processo em relação ao professor. Aqui, os resultados não são previsíveis e os tempos não são controlados, o que demanda dele flexibilidade, capacidade de adaptação, busca contínua por referências de suporte, além de um olhar mais humano sobre a condição de cada aluno.

CONCLUSÕES

Este artigo descreveu, discutiu e avaliou o conjunto de atividades acadêmicas de duas disciplinas de extensão, para as quais foram propostas a elaboração do projeto e a construção de painéis de madeira para o condicionamento acústico de um ambiente escolar. A análise realizada permite afirmar que o processo de aprendizagem resultante da dinâmica proposta permitiu o desenvolvimento de diferentes dimensões dos alunos, como a cognitiva, a efetivo-emocional, a das habilidades e a das atitudes e valores.

É importante ressaltar que o ambiente de extensão universitária foi bastante propício para os resultados aqui discutidos, ao permitir que os alunos inscritessem conhecimentos técnicos e ação em um ambiente particular, com demandas reais, mobilizando teoria e prática. O resultado físico da experiência materializou-se em dispositivos capazes de melhorar a qualidade de vida de uma comunidade, tornando os discentes agentes duplamente responsáveis: pelo seu processo de aprendizagem e pelo resultado de sua ação.

Por fim, apesar das dificuldades relatadas e das limitações inerentes ao processo, a estruturação e organização das atividades propostas, em conjunto com as estratégias de ensino-aprendizagem adotadas, propiciaram progressos significativos na formação de arquitetos e engenheiros civis. Essas iniciativas favoreceram a integração entre projeto e execução, formas e aparências, materiais e processos construtivos, promovendo, assim, uma compreensão mais abrangente sobre a concretização do projeto do ambiente construído.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA (ABQA). **Manual ProAcústica de acústica básica**. São Paulo: ProAcústica, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 3382-2**: Acústica: Medição de parâmetros de acústica de salas. Parte 2: tempo de reverberação em salas comuns. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 1. ed. São Paulo, SP: Blucher, 2018.
- COX, Trevor J; D'Antonio, Peter. **Acoustic absorbers and diffusers: theory, design, and application**. 3. Ed. Boca Raton: CRC Press, 2016.
- DEPARTMENT FOR EDUCATION UK. **BB 93 - Acoustic design of schools: performance standards**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/bb93-acoustic-design-of-schools-performance-standards>. Acesso em: janeiro. 2025.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. 49. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2014.
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 78. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2021.
- GADOTTI, M. Extensão universitária: para quê. **Instituto Paulo Freire**, v. 15, p. 1-18, 2017. Disponível em https://www.paulofreire.org/images/pdfs/Extens%C3%A3o_Universit%C3%A1ria_-_Moacir_Gadotti_fevereiro_2017.pdf. Acesso em: fevereiro. 2025.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10534-2**: Acoustics: Determination of acoustic properties in impedance tubes. Part 2: Two-microphone technique for normal sound absorption coefficient and normal surface impedance. 2. Ed. Genebra: ISO, 2023.
- LEITE, M. A. D. F. D. **A aprendizagem tecnológica do arquiteto**. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. DOI:10.11606/T.16.2006.tde-15092014-145403. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-15092014-145403/pt-br.php>. Acesso em: fevereiro. 2025.

LEITE, M. A. D. F. D. A aprendizagem tecnológica do Arquiteto – conceitos norteadores para inovação curricular. In: III ENANPARQ São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo, ANPARQ 2014. Disponível em: <https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-3/htm/XFramesSumarioST.htm>. Acesso: fevereiro. 2025.

LOPES, J. M. A. Quando menos não é mais: tectônica e o ensino tecnológico da Arquitetura e do Urbanismo. In: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo ENANPARQ, 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ANPARC, 2014. Disponível em: <https://www.anparq.org.br/dvd-enanparq-3/htm/Artigos/ST/ST-NPNT-005-5-LOPES.pdf>. Acesso em: fevereiro. 2025.

MASETTO, M. T. **Competência pedagógica do professor universitário**. 3. ed. São Paulo: Summus, 2015.

MICHALSKI, R. L. X. N.; SHIMOMURA, A. R. P.; ROSSI, M. M.; MÜLFARTH, R. C. K.; AMORIM, M. B.; KLEIN, M. E. Oficina de sensibilização de fenômenos acústicos como ferramenta de metodologia ativa de ensino: explorando a percepção de estudantes de arquitetura e urbanismo. In: ENCAC ENALAC, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ANTAC, 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/4064>. Acesso em: fevereiro. 2025.

MORAN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T. (orgs.). **Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**. Vol. II. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2015, pp. 15-33. Disponível em: https://moran.eca.usp.br/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso: fevereiro. 2025.

PEREIRA, A.; GASPAR, A.; GODINHO, L.; AMADO-MENDES, P.; MATEUS, D. Sound absorption assessment of variable perforated shapes for room acoustic design. Em: Inter-noise 2019, Madri. **Anais [...]** Madri: Sociedad Española de Acústica, 2019. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/content/ince/incecp/2019/00000259/00000002/art00074>. Acesso em: fevereiro. 2025.

VYGOTSKY, L. S. **Formação social da mente**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

YANG, T.; KANG, J. Sound attenuation and reverberation in sequential spaces: An experimental study. **Applied Acoustics**, v. 182, 1 nov. 2021. DOI 10.1016/j.apacoust.2021.108248. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X2100342X>. Acesso em: Janeiro. 2025.

YANG, T.; KANG, J. Acoustic modeling of sequential spaces: A parametric study. **Building and Environment**, v. 212, 15 mar. 2022. DOI 10.1016/j.buildenv.2021.108733. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132321011227>. Acesso em: Janeiro. 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos técnicos do Laboratório de Mecânica e de Modelos e Maquetes (LMM); à Pró-Reitoria de Extensão, Esporte e Cultura (PROEEC Unicamp) pela bolsa de extensão e pelo recurso destinado ao projeto; aos alunos envolvidos na disciplina; aos demais funcionários da faculdade pelo recebimento de materiais; à Escola Abrace Solidário, pela parceria.

NOTAS

¹ Este trabalho está dispensado de registro e avaliação no sistema CEP/CONEP conforme o item VIII do parágrafo único do Art. 1º da Resolução Nº 510, de 07 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde.

NOTA DO EDITOR (*): O conteúdo do artigo e as imagens nele publicadas são de responsabilidade das autoras.