

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE RONDÔNIA CAMPUS VILHENA
CURSO DE BACHARELADO EM ARQUITETURA E URBANISMO

O IMPACTO DA ACÚSTICA NÃO PROJETADA EM SALAS DE AULAS NO DESEMPENHO E BEM-ESTAR DE DISCENTES E DOCENTES



DISCENTE ROSIMERE PESSOA SANTOS | PROF.^a ORIENTADORA LOUISE MARIA MARTINS CERQUEIRA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II | 2026/I

ROSIMERE PESSOA SANTOS

O IMPACTO DA ACÚSTICA NÃO PROJETADA EM SALAS DE AULAS NO DESEMPENHO E BEM-ESTAR DE DISCENTES E DOCENTES

Trabalho de Conclusão de Curso entregue ao Instituto Federal de
Ciência e Tecnologia de Rondônia - Campus Vilhena, para
obtenção do título de Arquiteta e Urbanista.

Orientador(a): Prof.^a Louise Maria Martins Cerqueira

Coorientador(a): Prof.^a Francielle Pereira Fernandes Monteiro

VILHENA/RO
2026/1

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Santos, Rosimere Pessoa.
O impacto da acústica não projetada em salas de aulas no
desempenho e bem-estar de discentes e docentes / Rosimere Pessoa
Santos. - Vilhena, 2026.
42 f. : il.

Orientador(a): Profª. Dra. Louise Maria Martins Cerqueira.
Coorientador(a): Profª Francielle Pereira Fernandes Monteiro.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e
Urbanismo) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Rondônia - IFRO, Vilhena, 2026.

1. Conforto acústico. 2. Desempenho cognitivo. 3. Sala de aula
. 4. Saúde. 5. Parâmetros acústicos. I. Cerqueira, Louise Maria
Martins (orient.). II. Monteiro, Francielle Pereira Fernandes (coorient.).
III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia -
IFRO. IV. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Rosilene Maria do Couto Marques, CRB-11/321

ROSIMERE PESSOA SANTOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Campus Vilhena, como requisito para obtenção do grau de bacharelado, junto ao Curso de Arquitetura e Urbanismo, sob a orientação da Prof.^a Dra. Louise Maria Martins Cerqueira e da coorientação da Prof.^a Francielle Pereira Fernandes Monteiro.

O IMPACTO DA ACÚSTICA NÃO PROJETADA EM SALAS DE AULAS NO DESEMPENHO E BEM-ESTAR DE DISCENTES E DOCENTES

Aprovado em: 19/06/2026 pela banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por **Rosimere Pessoa Santos**, Discente, em 25/06/2026, às 11:28, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Louise Maria Martins Cerqueira**, Orientador, em 24/06/2026, às 15:31, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Fernanda Oliveira Brandao**, Examinador Interno, em 25/06/2026, às 16:51, conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Documento assinado eletronicamente por **Lysania Frisselli Ferreira dos Santos Schaida**, Examinador Externo, em 03/07/2026, às 07:21 conforme horário oficial de Rondônia, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

Agradecimentos



A realização deste trabalho representa a concretização de uma importante etapa de minha vida acadêmica e pessoal, marcada por desafios, aprendizados e crescimento. Dessa forma, expresso minha sincera gratidão a todos que de alguma maneira, contribuíram para a construção deste estudo.

Agradeço, primeiramente, a Deus, pela força, sabedoria e resiliência concedidas ao longo desta jornada, especialmente nos momentos desafiadores.

À minha família, pelo amor incondicional, apoio constante, compreensão e incentivo durante toda a trajetória acadêmica. Saiba que, vocês (Davi Pereira, Rosineide Pessoa e Maria Pessoa), foram cruciais para que eu permanecesse firme em busca de meus objetivos.

Agradeço às minhas orientadoras, professora Francielle Pereira Fernandes Monteiro (orientadora de TCC I) e professora Louise Maria Martins Cerqueira (orientadora de TCC II), pela dedicação, paciência, competência e valiosíssimas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho. Seus ensinamentos e orientações foram importantes para a realização desta pesquisa.

Agradeço, também, aos professores e aos colegas de curso, pelos conhecimentos compartilhados, pelas experiências vividas e trocas enriquecedoras ao longo de toda essa jornada acadêmica.

Aos meus colegas de trabalho, pela paciência em contribuir com esta pesquisa, seja respondendo ao formulário seja me permitindo realizar os levantamentos acústicos em suas aulas. Meus sinceros agradecimentos, esta pesquisa não aconteceria sem vocês.

Sou grata a instituição de ensino por proporcionar os recursos e oportunidades necessários para minha formação profissional e pessoal. E, por todos os profissionais de cada departamento que cruzaram o meu caminho para somar. Meu muito obrigada!

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte desta conquista e contribuíram para que este sonho se tornasse realidade.

Muito Obrigada!



Resumo

A sala de aula é o ambiente de socialização do conhecimento e por isso exige condições de conforto ambiental adequado. Nessa perspectiva, a atual pesquisa analisou as condições acústicas de salas de aulas da EEEFM Álvares de Azevedo, no município de Vilhena-RO. Para tal, buscou-se compreender como a acústica interfere na saúde dos docentes e no desempenho cognitivo dos discentes, bem como de que forma as diretrizes arquitetônicas podem contribuir para a melhoria do conforto acústico nos ambientes escolares. Partindo da análise e dos estudos bibliográficos, a pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e quantitativa que, possibilitou correlacionar as referências usadas e suas implicações na saúde do professor e no processo cognitivo do aluno, quando não são seguidas. Foi utilizado um questionário autoaplicado, além do levantamento de dados sonoros *in loco*, como o Tempo de Reverberação, o nível do Ruído de Fundo, ruídos dos aparelhos mecânicos, o dimensionamento do espaço físico, os materiais e os mobiliários utilizados. O estudo indicou que a edificação escolar analisada carece de planejamento acústico adequado, e propõem como intervenção a inserção de diretrizes arquitetônicas voltadas para o condicionamento sonoro. Recomenda-se a mitigação dos ruídos internos, a substituição de equipamentos mecânicos e a instalação de materiais fonoabsorventes, com o objetivo de garantir a inteligibilidade da fala, promover a saúde ocupacional dos docentes e otimizar a qualidade do processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Conforto Acústico, Desempenho Cognitivo, Sala de Aula, Saúde, Parâmetros Acústicos

INTRODUÇÃO8

1. REFERENCIAL TEÓRICO 9

1.1 A Arquitetura Escolar e a Qualidade do Ambiente Construído9

1.2 Acústica Arquitetônica - Normas e Manuais10

1.3 Ruído - Impactos na Educação e na Saúde 11

2. METODOLOGIA12

2.1 Seleção e Caracterização do Objeto de Estudo.....12

2.2 Estudo de Campo16

3.RESULTADOS DE DISCUSSÕES 17

3.1 Quadro síntese - Parâmetros Acústicos, Implicações e Recomendações18

3.2 Mapa Falado - Fonte de Ruídos;.....19

3.3 Análise Qualitativa - Questionário aos Docentes.....20

3.4 Projetos Arquitetônicos Referenciais.....23

3.5 Análise Quantitativa – As Salas de Aula25

3.6 Análise Quantitativa – Ruído de Fundo (RF).....26

3.7 Análise Quantitativa - Análise dos Ruídos dos Equipamentos Internos.....26

4.PROPOSTA DE INTERVENÇÃO 29

4.1 Princípios Norteadores30

4.2 Diretrizes Projetuais30

4.3 Tratamento Acústico31

4.4 Perspectivas32

4.5 Planta Baixa e Cortes AA, BB Salas de Aula 2 e 5.....34

4.6 Planta Baixa e Cortes AA, BB Salas de Aula 7 e 1235

5. CONSIDERAÇÕES37

6. REFERÊNCIAS38

7. ANEXOS40

7.1 Anexo I - Formulário para os docentes40

7.2 Anexo II - Planilhas do Tempo de Reverberação do Som.....41

Sumária



Introdução

A acústica, enquanto ciência que estuda a propagação, o controle e a percepção do som, tem fundamental relevância na qualidade dos espaços construídos e na experiência dos seus usuários. Ela não se restringe ao campo técnico, mas se fundamenta no fenômeno do som e em como ele se propaga, envolvendo diretamente a saúde, o bem-estar e a eficiência das atividades realizadas em cada ambiente (ALMEIDA *et al.*, 2012). Assim, no contexto da arquitetura, a acústica busca equilibrar a transmissão, a absorção e a difusão sonora para que o espaço cumpra de forma adequada a função a que se destina. Nesse sentido, a qualidade do espaço construído vai além da estética ou da funcionalidade estrutural, ela engloba a satisfação do usuário em relação à qualidade do ambiente acústico, muitas vezes negligenciado nos projetos escolares (KOWALTOWSKI, 2011). Dessa forma, um ambiente educacional poderá ser considerado de qualidade se proporcionar condições adequadas para a concentração, a interação e o aprendizado. O conforto acústico em edificações, como as escolares, é regido por normas técnicas que estabelecem parâmetros mínimos de desempenho que garantem a qualidade ambiental e o bem estar dos usuários. Tais normativas regulamentam as condições acústicas dos espaços construídos, sendo que a norma 10.151/2019 – avalia o impacto de fontes sonoras externas (ABNT, 2019); a norma 10.152/2017 – verifica os níveis de pressão sonora em ambientes internos (ABNT, 2017); a norma 12.179/1992 – fixa os critérios fundamentais para a execução de tratamentos acústicos em recintos fechados (ABNT, 1992); e a norma 15.575/2013 – trata de requisitos de isolamento acústico entre ambientes e com o meio externo (ABNT, 2013).

Portanto, ao analisar as salas de aula, a importância da acústica fica ainda mais evidente, uma vez que a comunicação oral é o principal instrumento do processo de ensino-aprendizagem. Fatores como o tempo de reverberação e a presença de ruídos internos e externos podem comprometer a inteligibilidade da fala, prejudicando a compreensão dos alunos e exigindo maior esforço vocal dos professores. Por isso, o desempenho escolar e a saúde docente tornam-se diretamente dependentes da qualidade acústica do ambiente. Diante do exposto, escolheu-se como objeto de análise da presente pesquisa a Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Álvares de Azevedo localizada no município de Vilhena, Rondônia. A escola foi criada através do Decreto nº 874 de 18 de novembro de 1977 e iniciou suas atividades em 13 de fevereiro de 1978. Foi a segunda escola do município de Vilhena, criada ainda na época do Ex-Território de Rondônia (RONDÔNIA, 1990). Construída no coração da cidade e situada à Avenida Liberdade, localiza-se na região urbana central do município vilhenense. É uma escola da dependência administrativa estadual, com modalidade de ensino regular para as etapas do ensino fundamental II e do ensino médio. Atualmente, a instituição também atende e dá suporte às extensões rurais São Lourenço e Perobal – evidenciando a diversidade do público atendido. Pela importância histórica e educacional e por representar a realidade das instituições de educação estadual do município, o estudo da escola escolhida auxiliará no projeto de reformas e futuras instalações educacionais. Por isso, buscou-se investigar como as condições acústicas das salas de aula da EEEFM Álvares de Azevedo influenciam o desempenho cognitivo dos alunos e a saúde dos professores e, de que forma diretrizes arquitetônicas podem contribuir para a melhoria do conforto acústico nesses ambientes escolares.

1. Referencial Teórica

1.1 A ARQUITETURA ESCOLAR E A QUALIDADE DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A arquitetura escolar deve ir além da simples construção de espaços físicos e abranger a criação de ambientes que favoreçam a aprendizagem, o bem-estar e o desenvolvimento integral dos indivíduos. Desde o final do século XIX, com os ideais higienistas e os primeiros modelos de escolas públicas, já se compreendia que o espaço construído influenciava o rendimento escolar e a saúde dos estudantes (SANTOS; ADOLFINI, 2021). Contudo, mesmo com os avanços no entendimento da relação entre ambiente e comportamento, muitos projetos escolares ainda negligenciam esses aspectos fundamentais.

Nesse sentido, Neufert (2010) adverte que, ao projetar edificações educacionais, deve-se considerar critérios técnicos que assegurem funcionalidade, acessibilidade e conforto ambiental. Para o autor, a disposição das salas, os materiais de construção, a forma do edifício e o seu entorno urbano são fatores que interferem diretamente na qualidade do espaço de ensino. Sob esse viés, Brandão (2016) complementa a afirmativa de Neufert, ao considerar a definição dos limites gerais do ambiente, o estudo do ruído ambiental e a definição do isolamento acústico como ponto de partida para o projeto acústico. Tais aspectos evitam que uma escola seja mal projetada acusticamente e comprometa a eficiência pedagógica.

Ademais, o espaço escolar como lugar de socialização e desenvolvimento humano precisa ser pensado de forma sensível às necessidades de seus ocupantes. Isso inclui considerar diferentes perfis de estudantes e docentes, bem como as especificidades de cada região ou lugar.

Nessa perspectiva, o conforto acústico é o fator que influencia na qualidade da comunicação em sala de aula e visa garantir a inteligibilidade da fala – ou seja, a clareza com que as palavras são percebidas pelos ouvintes – que depende de um ambiente sonoro controlado.

Sob essa ótica, Almeida, Bragança e Souza (2012) afirmam que a acústica deve ser considerada desde as etapas iniciais do projeto, visto que está diretamente associada à saúde física e mental dos ocupantes do edifício.

Além disso, a Organização Mundial da Saúde reconhece o ruído como um dos fatores ambientais que mais afetam a saúde urbana, destacando seus efeitos sobre o sono, o sistema cardiovascular, a capacidade de concentração e o desempenho escolar (OMS, 2010). Essa constatação evidencia que o conforto acústico é não somente uma questão técnica, mas uma questão de saúde pública e justiça social, especialmente em instituições públicas de ensino cujo os recursos são limitados e os problemas estruturais persistem. Nesse contexto, Kowaltowski (2011) afirma que,

Os resultados das condições acústicas das escolas mostram que há necessidade de maior conscientização por parte dos órgãos responsáveis pelo projeto, construção e implantação das edificações escolares no quesito acústico, que não é considerado nas fases iniciais de projeto (KOWALTOWSKI, p. 138, 2011).

Por isso, a arquitetura escolar deve ser compreendida como um agente facilitador do processo educativo. Ela deve integrar os princípios do conforto acústico com as diretrizes pedagógicas, para criar espaços que estimulem o aprendizado, a interação social e a saúde de seus ocupantes. Portanto, avaliar e propor melhorias no desempenho acústico das salas de aula é uma forma de qualificar a arquitetura educacional e promover equidade no acesso ao ensino de qualidade.

1.2 ACÚSTICA ARQUITETÔNICA – NORMAS E MANUAIS

A acústica arquitetônica é a área da arquitetura que estuda o comportamento do som nos espaços construídos, com o objetivo de proporcionar conforto auditivo e a inteligibilidade da fala. Segundo o manual técnico de Almeida, Bragança e Souza (2012), a acústica deve ser compreendida como um dos componentes fundamentais do projeto arquitetônico. Ela envolve o controle de aspectos como a transmissão sonora entre ambientes - isolamento acústico, o tempo de reverberação dentro de um espaço e o nível de ruído existente.

Esses parâmetros são definidos por normas técnicas, como a NBR 10.151/2000 que trata da medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas e, define os critérios para a medição do ruído ambiental estabelecendo limites de emissão sonora aceitáveis para diferentes tipos de ambientes (ABNT, 2000). Já a NBR 10.152/2017 aborda os procedimentos técnicos a serem adotados e dos valores de referência para avaliação dos resultados derivados do uso, função e finalidade dos ambientes (ABNT, 2017).

Há também a NBR 15.575/2013, que define o desempenho de edificações habitacionais, utilizada como referência técnica para edificações públicas e escolares por tratar de requisitos de isolamento acústico entre ambientes e com o meio externo (ABNT, 2013). Outra norma usada neste trabalho, é a NBR 12.179/1992 que aborda os critérios fundamentais para a execução de tratamentos acústicos em recintos fechados (ABNT, 1992).

Acrescenta-se, ainda, a norma IEC 60.268-16/2011 que define e classifica o Índice de Transmissão da Fala (STI), isto é, um indicador de inteligibilidade da fala variando de 0 – incompreensível a 1 - compreensível (ABNT, 2011). “A inteligibilidade é a propriedade pela qual, dentro de uma sala, os ouvintes compreendem com mais ou menos dificuldade o que está sendo falado por um orador” (PROACÚSTICA, 2019).

Nessa perspectiva, Kowaltowski (2011), afirma que a inteligibilidade da fala está “ligada aos níveis de aprendizagem dos alunos” e, por isso a clareza com que as palavras são percebidas pelos ouvintes depende de um ambiente sonoro controlado.

Além das normas, existem manuais técnicos e guias de boas práticas voltados à arquitetura escolar que reforçam a importância do desempenho acústico desde as fases iniciais do projeto. O manual “Bê-á-bá da Acústica Arquitetônica”, de Almeida, Bragança e Souza (2012), por exemplo, alerta para a necessidade de considerar a acústica junto à ventilação, à iluminação e à disposição do mobiliário como parte integrada do projeto pedagógico e funcional da escola. Já o manual “Proacústica” complementa destacando o controle do ruído nas áreas externas da sala de aula; o controle do ruído intrusivo das salas adjacentes; a circulação e os espaços comuns, a forma da sala, bem como também a instalação de materiais fonoabsorventes¹ para isolamento acústico satisfatório (PROACÚSTICA, 2019).

Contudo, a aplicação efetiva dessas normas e diretrizes ainda é limitada na prática da construção pública brasileira. Portanto, conhecer e aplicar as normas técnicas de desempenho acústico é essencial para projetar e adaptar escolas para que cumpram sua função social de maneira eficaz. Essas normas não devem ser vistas apenas como exigências legais, mas como ferramentas que assegurem a qualidade do ambiente construído e garantam o direito a uma educação pública de qualidade.

¹ Materiais usados para diminuir a reverberação e o ruído num ambiente por meio da absorção das ondas sonoras impedindo sua reflexão.

1.3 RUÍDO – IMPACTOS NA EDUCAÇÃO E NA SAÚDE

O ruído em ambientes escolares pode proceder tanto do ambiente interno quanto do externo, e considerando a sala de aula, especificamente, esse ruído pode interferir na fonte sonora de principal interesse que é o docente. Não apenas isso, mas o ruído é uma das principais causas de desconforto e compromete o desempenho acadêmico. Sob o mesmo ponto de vista, o manual “Proacústica” enfatiza que:

A exposição de pessoas ao ruído em ambientes de ensino, principalmente crianças, traz consequências negativas ao processo de aprendizagem, como dispersão de atenção em sala de aula, dificuldade de leitura e déficit motivacional (PROACÚSTICA, p.09, 2019).

Compreende-se que, diferentemente de outros tipos de poluição ambiental, o ruído muitas vezes é negligenciado por ser invisível, mas seus efeitos são profundos e cumulativos. Os ambientes escolares, segundo estudos técnicos e recomendações de órgãos internacionais como a Organização Mundial da Saúde, devem ter Índice de Inteligibilidade da Fala (STI) superior a 75%, tempo de reverberação entre 0,6 e 0,8 segundos, e nível de Ruído de Fundo inferior a 35 dB, para que haja compreensão clara da fala em todos os pontos da sala (OMS, 2010).

A Organização Mundial da Saúde alerta que o ruído é um dos fatores ambientais com maior impacto negativo sobre a saúde, especialmente em ambientes urbanos. Segundo a organização, a exposição contínua a níveis elevados de ruído, isto é, acima de 35dB pode provocar distúrbios do sono, aumento da pressão arterial, dificuldades de concentração, perda auditiva e até efeitos cardiovasculares (OMS, 2010). Considerando os ambientes escolares, tais efeitos se tornam ainda mais preocupantes, já que os estudantes estão em processo de formação cognitiva.

Por outro lado, os docentes são um dos grupos mais afetados pela má acústica em sala de aula, pois a constante necessidade de elevar a voz para superar o ruído de fundo ou a reverberação pode provocar fadiga vocal, disfonia e, em casos mais severos, nódulos nas cordas vocais (FARIA et al., 2024). Tais problemas impactam diretamente a qualidade de vida e o desempenho profissional, podendo levar ao afastamento do profissional de suas atividades. “Esses distúrbios afetam diretamente a continuidade das atividades pedagógicas, impactando negativamente a qualidade do ensino” (GUIDINI et al., 2012 apud FARIA et al., 2024).

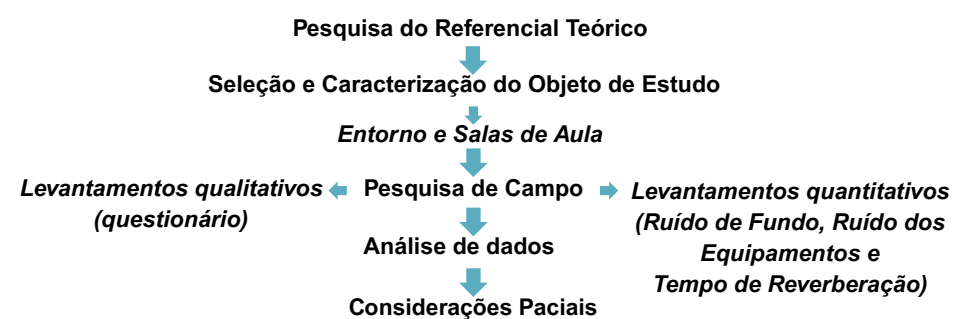
Nesse cenário, a inteligibilidade da fala é afetada quando o ruído compete com a voz do professor, fazendo com que informações importantes sejam perdidas durante a explicação. Nessa perspectiva, Kowaltowski (2011) afirma que para haver a inteligibilidade da fala é necessário que o ambiente sonoro seja planejado.

Portanto, a má qualidade acústica não deve ser vista como um problema técnico isolado, mas como uma questão de saúde pública e qualidade educacional. Garantir o conforto acústico nas escolas significa proteger a saúde dos docentes, promover o aprendizado dos alunos e assegurar ambientes educacionais mais inclusivos e produtivos.

2. Metodologia

A presente pesquisa classifica-se como de natureza aplicada, descritiva e exploratória (GIL, 2025). E, tendo por finalidade alcançar os objetivos propostos, adotou-se uma abordagem qualitativa e quantitativa do estudo de caso único. A metodologia foi, portanto, estruturada em etapas sucessivas que envolvem revisão bibliográfica e documental, levantamentos *in loco* e análise embasada nos parâmetros técnicos e qualitativos. A maneira como os procedimentos foram conduzidos é descrita a seguir (Figura 1).

Figura 1– Procedimento Metodológico



Fonte: Autora, 2025.

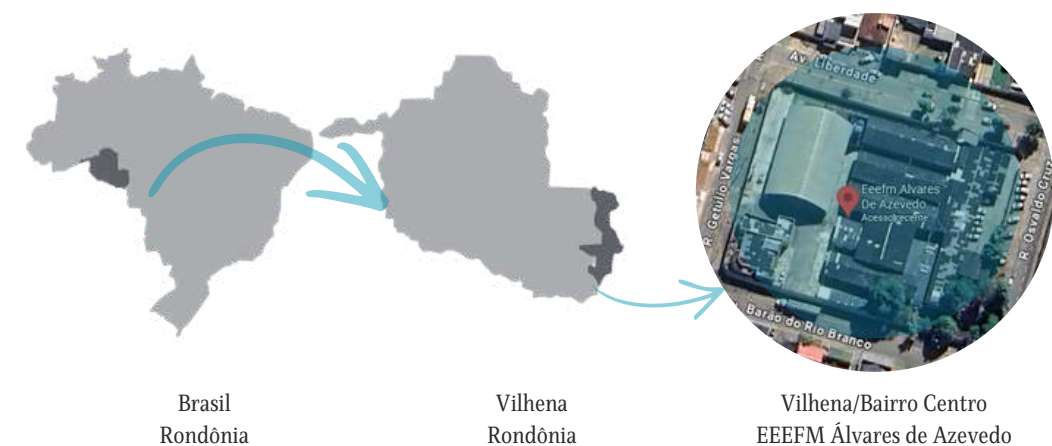
2.1 Seleção e Caracterização do Objeto de Estudo

Há em Vilhena, segundo a plataforma de dados educacionais QEdU [2020?], quinze unidades escolares estaduais dentre as quais a EEEFM Álvares de Azevedo foi escolhida como objeto de estudo desta pesquisa. E por apresentar uma padronização dos edifícios educacionais, permite que os estudos realizados sirvam de modelo para as demais unidades estaduais do município.

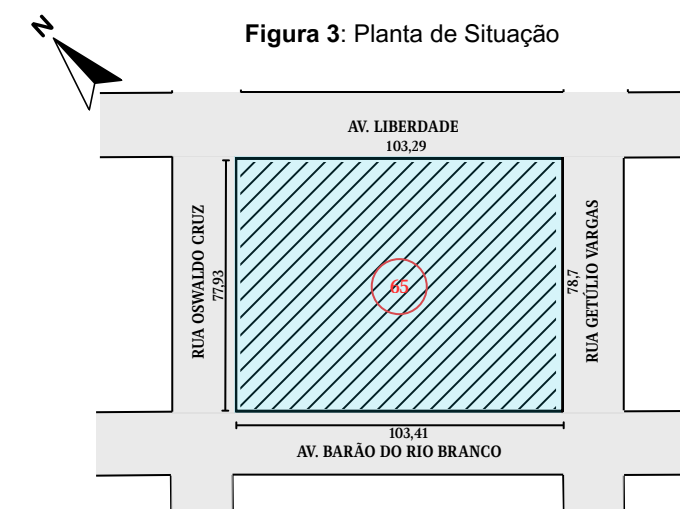
A instituição é uma das primeiras escolas do município - ocupa uma área de 8.138,367 m² - e atende cerca de 1168 alunos do fundamental II e ensino médio, considerando os períodos diurno e noturno. Sua estrutura escolar conta com 17 salas de aula, auditório, laboratório de informática, laboratório de ciências, biblioteca, pátio parcialmente coberto, departamentos administrativos, quadra esportiva, dentre outras dependências. A escola está localizada na zona urbana do município de Vilhena, região central (Figura 2).

A instituição situa-se na região central de Vilhena-RO, e está entre as Av. Liberdade e Av. Barão do Rio Branco, que são vias coletoras, e interseccionam com as ruas Getúlio Vargas e Oswaldo Cruz, vias locais, segundo a LEI Nº 4.287 (VILHENA/RO, 2016). Como o entorno é composto por residências e comércios, há uma movimentação considerável do trânsito que, somando ao movimento do transporte escolar impacta na acústica da edificação.

Figura 2 - Localização da EEEFM Álvares de Azevedo



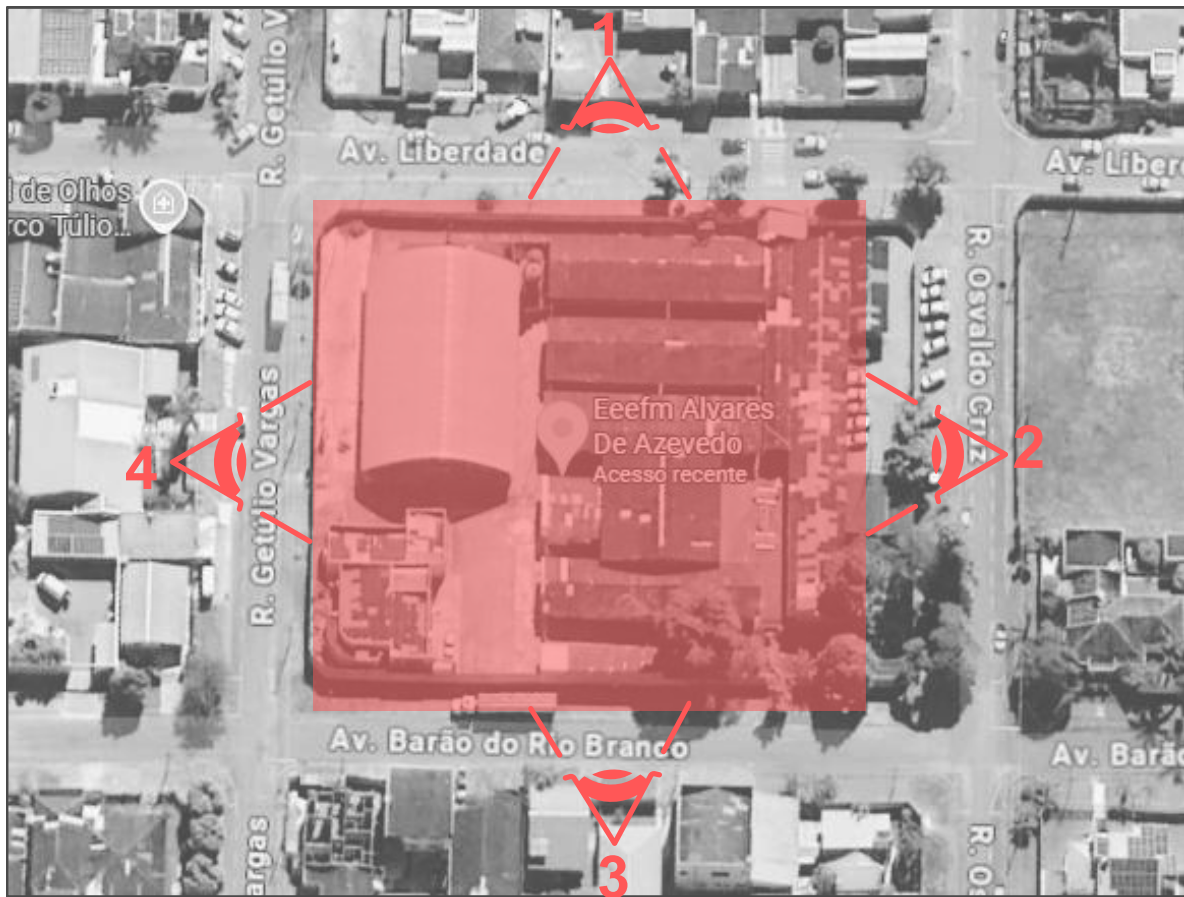
Fonte: Autora, 2025 (adaptado de Google Maps).



Fonte: Autora, 2026.

METODOLOGIA

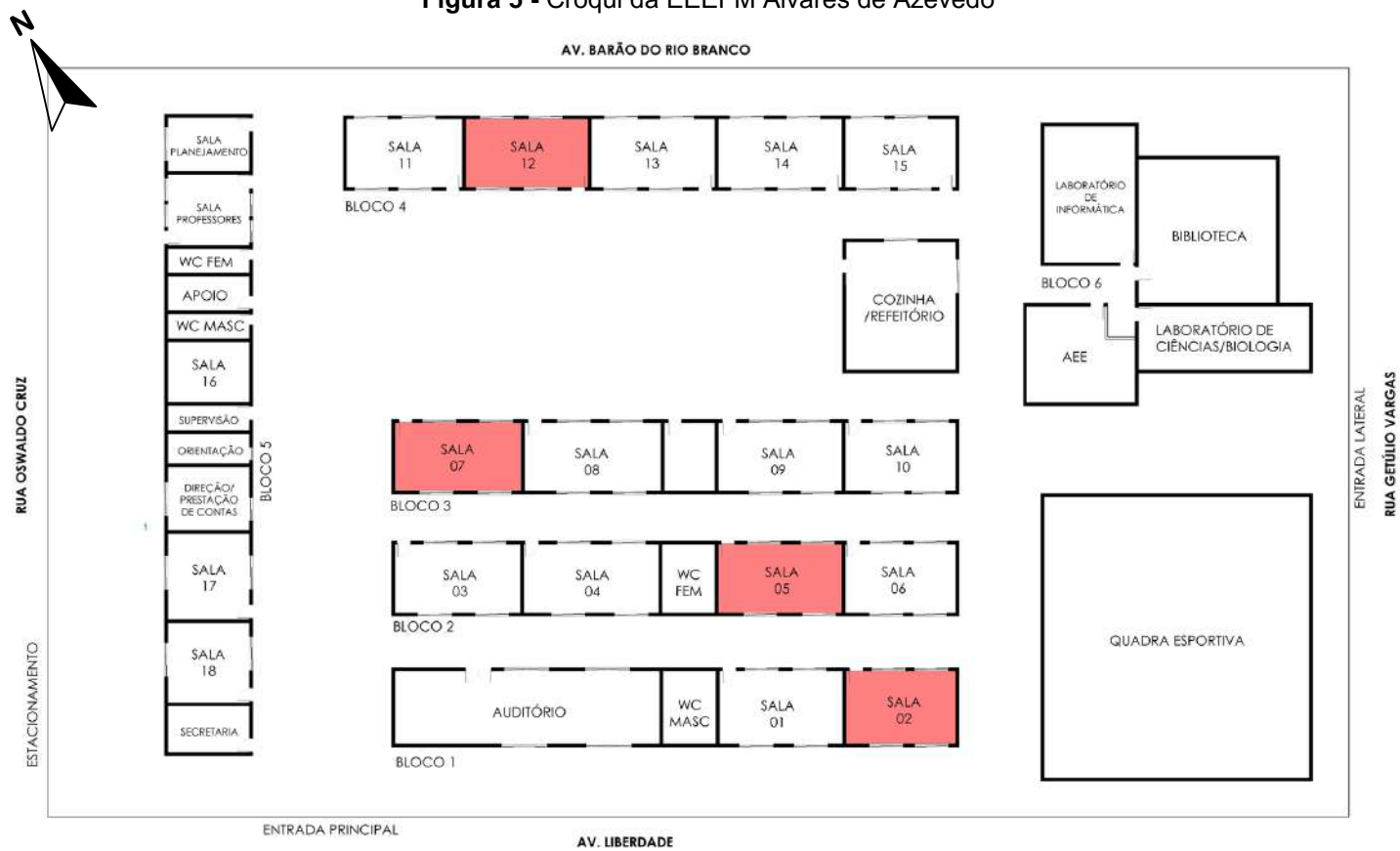
Figura 4 - Vistas do Entorno da EEEFM Álvares de Azevedo



Fonte: Autora, 2025 (adaptado de Google Maps).

Para a escolha das salas de aula analisadas, foi elaborado um croqui da instituição educacional. E, a partir dele foram identificados os blocos e salas de aulas existentes. Escolheram-se, pois, quatro ambientes para levantamentos *in loco*, sendo um ambiente por bloco considerando as variantes de sua disposição espacial, como o demonstrado a seguir (Figura 5).

Figura 5 - Croqui da EEEFM Álvares de Azevedo



Fonte: Autora, 2025.

LEGENDA:

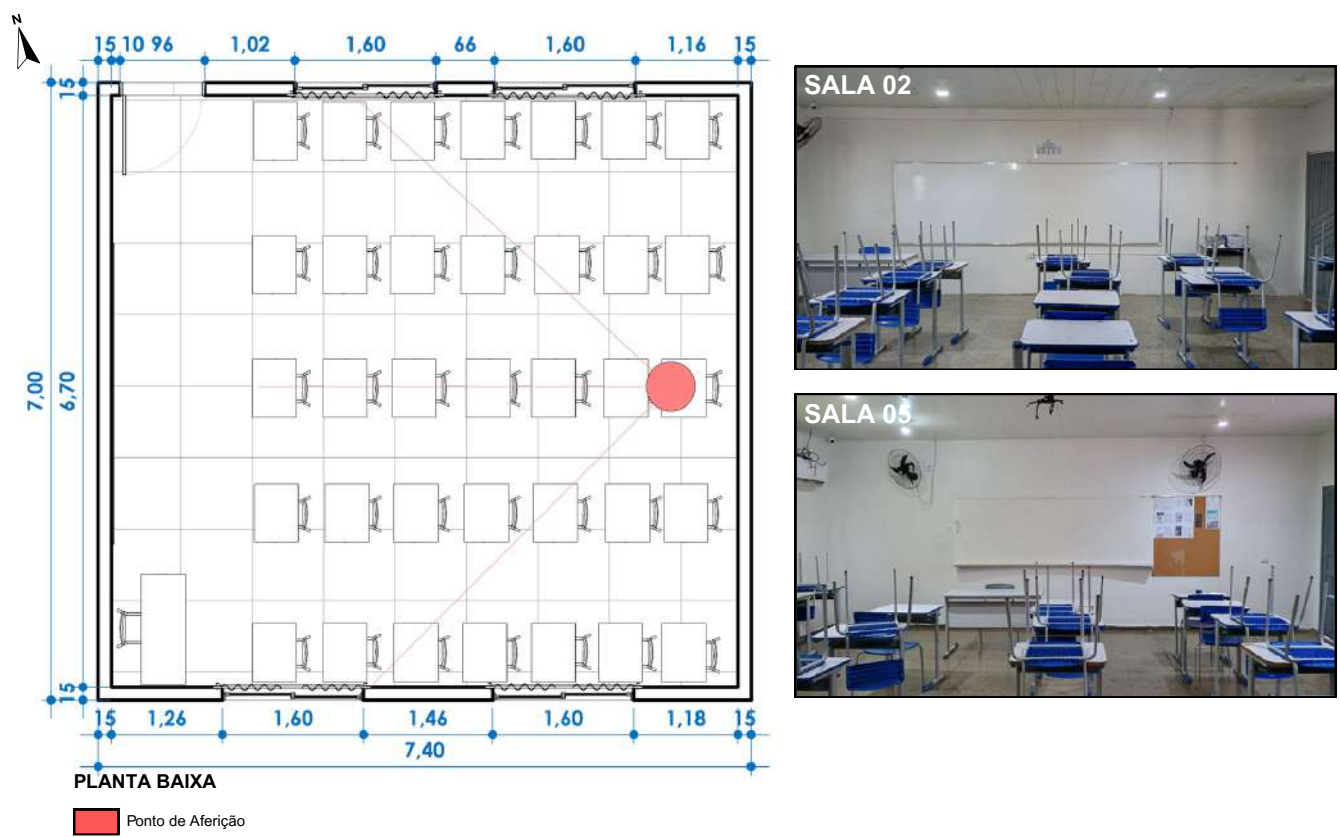
Salas de aula selecionadas para análise acústica.

A sala de aula 02/ bloco 01 foi selecionada por estar próxima da quadra esportiva e da Av. Liberdade, dois pontos que contribuem para a produção de ruídos externos e que interferem dentro do espaço. Já a sala de aula 05/ bloco 02, sua escolha, justifica-se pela localidade entre corredores abertos – região de movimentação constante e que dá acesso aos banheiros. A sala de aula 07/ bloco 03 foi escolhida por estar entre corredores, pátio interno e refeitório – outra região de intensa movimentação. Por fim, a sala de aula 12/ bloco 04 foi selecionada pela proximidade com pátio interno, refeitório e Av. Barão do Rio Branco. As salas de aula 02 e 05 são destinadas aos alunos dos segundos e terceiros anos do ensino médio.

METODOLOGIA

Estas salas (Figura 6) possuem capacidade para atender 35 alunos, a área é de aproximadamente 51,8m² e pé-direito de 3m e o volume de 155,4m³. Já as salas de aula 07 e 12 são destinadas aos alunos do primeiro ano do ensino médio. Estas também possuem capacidade para 35 alunos, com área de 46,24m², pé-direito de 3m e o volume de 138,72m³ (Figura 7).

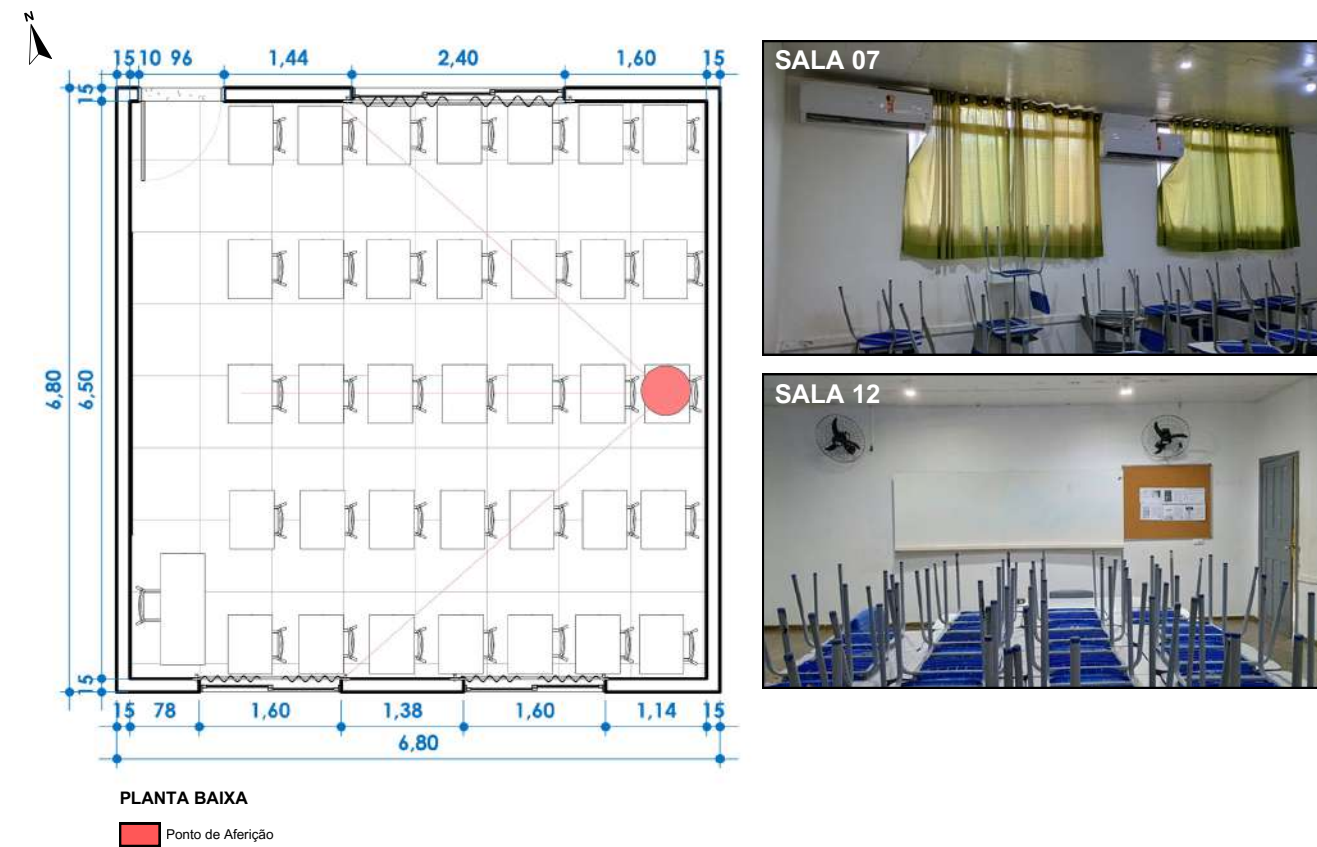
Figura 6 – Planta Baixa das salas 02 e 05 com ponto de aferição do ruído e respectivas fotos.



Fonte: Autora, 2025.

Para a aferição do ruído, seguiu-se a ISO 16.283-1 (2018) em que o pesquisador se posicionou fixamente em um ponto X por 30min em todas as salas analisadas sejam ocupadas e desocupadas (Figuras 6 e 7).

Figura 7 - Planta Baixa das salas 07 e 12 com ponto de aferição do ruído e respectivas fotos.

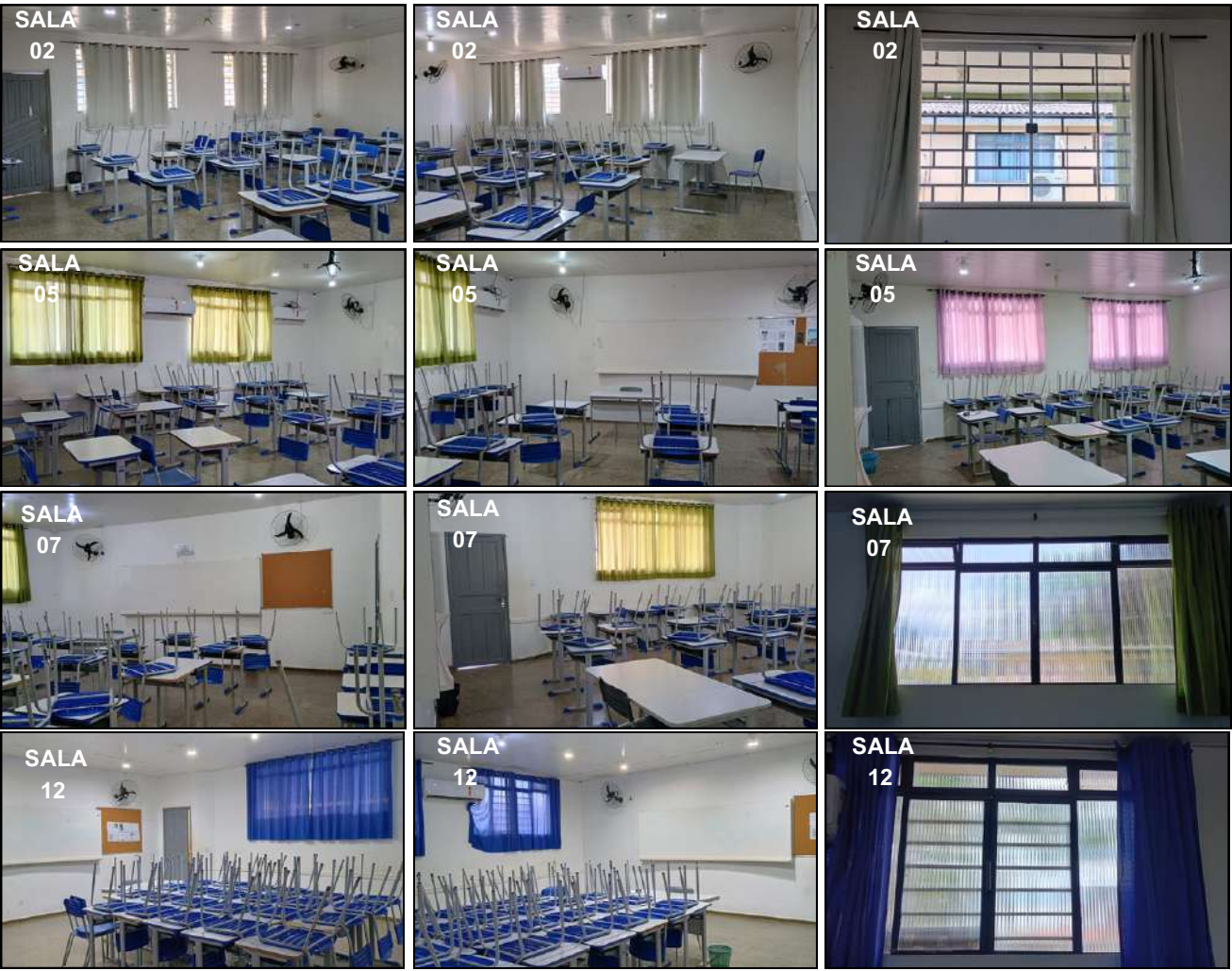


Fonte: Autora, 2025.

METODOLOGIA

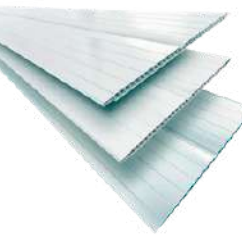
As salas apresentam um padrão tipo, mesmo formato, organização espacial, disposição dos mobiliários para ministração da aula em fileiras, equipamentos, aberturas e materiais (Figuras 8 e 9), mas apresentaram uma pequena variação em sua dimensão o que influencia no TR – Tempo de Reverberação. Sendo as salas de aula 02 e 05 de 51,8m² e as salas 07 e 12 de 46,24m². As imagens abaixo demonstram esse padrão tipo, contudo no momento do registro fotográfico não foi possível capturar a organização da sala em fileiras como ocorre no momento da aula.

Figura 8 – Esquema da Disposição de Mobiliários e Ambientação das Salas de Aula.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 9 – Esquema de Materiais Estruturais e de Mobiliários das Salas de Aula.

Mobiliários 	Quadro Escolar Branco Moldura de Alumínio 250x120cm	Materiais Estruturais 	Janelas de vidro 4 folhas
	Quadro de Aviso Cortiça Moldura Mdf Alumínio 60x40		Forro PVC branco
	Conjunto Escolar Aluno		Piso Granilite 1mX1m
	Conjunto Mesa Professor		Porta de Madeira 0.90mx2.10m

Fonte: Autora, 2025.

2.2 Estudo de Campo

Para levantamento dos dados qualitativos, nesta pesquisa utilizou-se como método o questionário autoaplicado – que buscou aferir a percepção dos usuários sobre a qualidade acústica das salas de aula. O termo “autoaplicado” é citado por Ono *et. al.* (2018), entendido como um questionário que possui perguntas simples e completas – resultado do procedimento de estruturação e elaboração de um método. Após definir os objetivos da pesquisa, o público-alvo e o assunto a ser abordado, elaboraram-se perguntas fechadas, com base na escala Likert², que foram respondidas digitalmente por meio do Google Formulário (Anexo 1).

O contato entre pesquisador e entrevistados ocorreu por meio de recursos digitais – utilizou-se o Whatsapp para divulgação do link do formulário da pesquisa e Google Forms para coleta das respostas. O questionário foi direcionado aos professores por passarem boa parte do tempo dentro de uma sala de aula. Sua participação foi anônima e voluntária, buscando apenas identificar a percepção e experiência do usuário em relação à qualidade acústica do lugar.

Para o levantamento de dados quantitativos, esta pesquisa verificou o Ruído de Fundo (RF), e como já mencionado seguiu-se a norma ISO 16.283-1 (2018) para definição de um ponto de aferição sonora. A análise focou no ambiente interno da sala de aula em que foram consideradas as variáveis como a área, o volume, os materiais, mobiliários e o tipo de atividade realizada durante as aulas. O pesquisador definiu um ponto fixo em para todas as salas de aula e nele permaneceu por 30min a fim de captar o ruído existente no lugar. Tal procedimento foi considerado para o ambiente ocupado e desocupado no levantamento dos dados.

Para as medições acústicas do Nível de Pressão Sonora (NPS) foi usado o decibelímetro digital MOD. DEC-500 N° Série N712338, medidor de nível de pressão sonora digital, da marca Instrutherm (Figura 8). Após a definição prévia das salas de aula, turmas, dias e horário das aulas, realizaram-se as medições *in loco* dos níveis de ruídos presentes nesses ambientes nos períodos diurno e noturno.

Antes de cada medição o aparelho foi calibrado em 94 dB através do sinal embutido conforme orientação do manual de instruções da Instrutherm. Seleccionada a ponderação de frequência em A, por aproximar-se da audição humana e a função temporal marcada em “slow”, isto é, lenta num período de medição contínua de 30min.

Figura 10 - Decibelímetro Digital usado nas medições.



Fonte: Autora, 2025 (equipamento disponibilizado pelo IFRO campus VHA/RO).

Para calcular o Tempo de Reverberação (TR), utilizou-se inicialmente, o levantamento *in loco* de cada sala de aula. Posteriormente, quantificaram-se os materiais e mobiliários existentes. E a partir dessa etapa, buscou-se na literatura identificar os coeficientes de absorção para cada material e mobiliário. Após essas etapas, os dados foram inseridos numa planilha do Excel com as fórmulas necessárias para o cálculo de reverberação.

Para esta etapa, levou-se em consideração a NBR 12.179, em que se identifica o tempo ótimo de reverberação em relação ao volume da sala em m³, resultando em 0,5 segundos na frequência de 500 Hz para uma sala de conferência, ou seja, para a palavra falada (ABNT, 1992).

Figura 11 - Modelo da Planilha de Cálculo do Tempo de Reverberação

EQUALIZAÇÃO DO AMBIENTE (TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM)																	
AMBIENTE:																	
NOME:																	
MATERIAIS - PESSOAS - OBJETOS					ABSORÇÕES												
REFERÊNCIA	LEG	DESCRIÇÃO	QUANT.	ÁREA (m²)	αα	A125	αα	A250	αα	A500	αα	A1000	αα	A2000	αα	A4000	
VOLUME				A =	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		
Trev = 0,161 x Volume/A				Trev =													
Tolerância					1,1	1,8	1	1,3	1	1,2	1	1,1	0,9	1,2	0,9	1,2	
Tempo Ótimo de Reverberação (Palavra Falada)				Tot =	0,5	0,55	0,9	0,5	0,65	0,5	0,6	0,5	0,55	0,45	0,6	0,45	0,6

Fonte: Professora Louise Maria Martins Cerqueira, 2025.

² Faz referência a Rensis Likert – cientista social estadunidense e, é uma ferramenta de pesquisa utilizada para saber a opinião ou grau de satisfação.

3. Resultados e Discussões

A pesquisa parte da compreensão de que a sala de aula é um dos principais espaços de construção do conhecimento e, por isso necessita oferecer condições adequadas de conforto ambiental, especialmente no que se refere à acústica.

O estudo investiga como a ausência de planejamento acústico interfere diretamente no desempenho cognitivo dos estudantes e na saúde vocal do professor, afetando a inteligibilidade da fala, a concentração, o aprendizado e o bem-estar dos usuários.

A fundamentação da pesquisa baseou-se em autores e normas técnicas que discutem a relação entre arquitetura escolar, qualidade ambiental e acústica arquitetônica, em que se destacam parâmetros como: TR - Tempo de Reverberação, RF - Ruído de Fundo, Inteligibilidade da Fala, Isolamento Acústico e Desempenho Acústico de Materiais e Ambientes. Como parte fundamental desta pesquisa, a seguir é apresentada a análise dos dados resultantes tanto dos estudos de revisão bibliográfica, análise documental, dispostos comparativamente no Quadro 2, quanto das pesquisas qualitativas (aplicação de questionário com os docentes), e quantitativas (análise comparativa entre os obtidos e os parâmetros normativos vigentes) realizadas *in loco*.

Além do diagnóstico técnico, o estudo também apresenta, de forma esquemática, um mapa que sintetiza os principais ruídos produzidos seja por fontes externas quanto por fontes internas. A pesquisa apresenta, ainda, estudos de caso e referências arquitetônicas que demonstram soluções de conforto acústico aplicáveis a ambientes educacionais, incluindo estratégias sustentáveis e de baixo custo.

Organização dos tópicos:

- Quadro síntese - Parâmetros Acústicos, Implicações e Recomendações;
- Mapa Falado - Fonte de Ruídos;
- Análise Qualitativa - Questionário aos Docentes;
- Projetos Arquitetônicos Referenciais;
- Análise Quantitativa - As Salas de Aula;
- Análise Quantitativa - Ruído de Fundo;
- Análise Quantitativa - Ruídos dos Equipamentos Internos;

3.1 QUADRO SÍNTESE

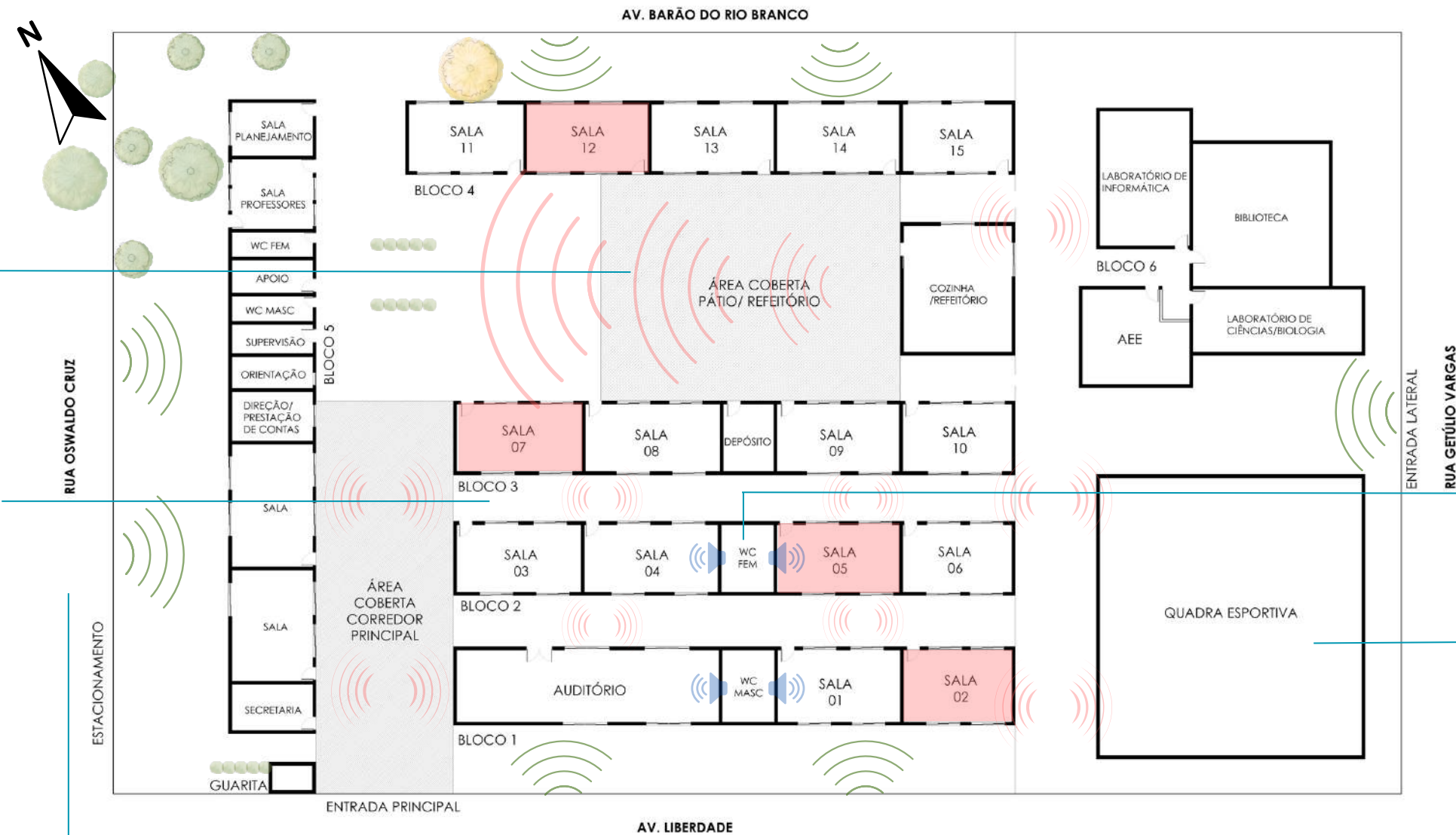
Quadro 1: Parâmetros Acústicos, Implicações e Recomendações.

REFERÊNCIAS	PARÂMETROS ABORDADOS	IMPLICAÇÕES NA SAÚDE DO DOCENTE	IMPLICAÇÕES NO PROCESSO COGNITIVO DOS ESTUDANTES	RECOMENDAÇÕES
ALMEIDA; BRAGANÇA; SOUZA (2012)	Define o TR (Tempo de Reverberação) ideal para salas de aula entre 0,6s a 0,8s.	Ambientes com TR alto forçam professores a elevar a voz, aumentando risco de fadiga vocal e rouquidão.	Ambientes com TR elevado reduz clareza da compreensão e diminui retenção de conteúdo.	Inserir elementos absorvivos como forros e painéis para evitar superfícies altamente reflexivas, bem como considerar o material do mobiliário.
ABNT/NBR 10151 (2019)	Apresenta os níveis de pressão sonora em áreas habitadas avaliando o ruído fundo devendo ser ≤ 35 dB(A).	Níveis elevados aumentam esforço vocal e desconforto; contribuem para sintomas vocais.	Aulas com ruído de fundo alto prejudicam concentração, leitura e memorização.	Medir em vários pontos e vedar esquadrias inserindo barreiras contra ruído externo.
ABNT/NBR 10152 (2017)	Apresenta níveis de ruído aceitáveis em ambientes internos. Recomenda-se para salas de aula 35–45 dB(A)	Ruídos acima de 45 dB, reduzem a inteligibilidade da fala e provoca fadiga vocal	Ruídos acima de 45 dB(A) compromete atenção, leitura e memória.	Garantir absorção e controlar as fontes internas de ruídos: ventiladores, corredores, ar condicionado.
ABNT/NBR 12179 (1992)	Aborda os requisitos necessários para o tratamento acústico em ambientes fechados.	Ambientes sem tratamento acústico expõem docentes a ruídos e esforço vocal.	Ambientes sem tratamento acústico prejudicam a concentração e a realização de tarefas.	Escolher materiais cujo valor do isolamento acústico e os coeficientes de absorção acústica sejam ideais para o ambiente.
ABNT/NBR 15575 (2013)	Aborda como deve ser o isolamento acústico adequado entre os ambientes e o meio externo.	Falhas em isolamento expõem professores a ruídos imprevisíveis e forçam o aumento vocal.	Ruídos intermitentes de salas vizinhas atrapalham sequência cognitiva e tarefas de atenção	Executar detalhes construtivos: paredes e portas com desempenho acústico e vedação de juntas.
MANUAL PRÓ-ACÚSTICA (2017)	Apresenta os parâmetros ideais de qualidade acústica escolar, sendo o nível de ruído < 35 dB(A); o TR $\leq 0,6$ – $0,8$ s; STI $\geq 0,6$.	Ambientes sem esses parâmetros provocam o esforço vocal levando a patologias.	Ambientes sem esses parâmetros prejudicam a concentração, a compreensão e o rendimento.	Implantar tratamento acústico no projeto e reforma das escolas desde o início projetual.
NEUFERT - ARTE DE PROJETAR (2010)	Apresenta diretrizes gerais de projeto (conforto ambiental integrado).	Projeto adequado reduz necessidade de esforço vocal rotineiro.	Espaços bem projetados favorecem concentração e participação	Integrar acústica nos programas de necessidades e no layout das salas.
OMS (2010)	Aborda sobre o ruído ambiental e saúde.	Exposição prolongada: estresse, aumento pressão arterial, fadiga — potencial distúrbio da voz	Déficits de desempenho escolar, pior desempenho em leitura e memória, dificuldade de atenção.	A OMS não aponta recomendações.
KOWALTOWSKI (2011)	Discorre sobre a arquitetura escolar e qualidade ambiental – as salas devem garantir inteligibilidade e conforto.	Ambientes mal projetados elevam esforço vocal e estresse.	Reduz motivação e rendimento; gera ambiente excludente.	Planejar acústica, ventilação e iluminação de forma integrada.

Fonte: Autora, 2025.

3.2 Fontes de Ruídos

Figura 12: Mapa Falado das Fontes de Ruídos



O pátio interno, também usado como refeitório é uma região de intensa movimentação de alunos e funcionários da escola. É ainda o lugar de maior produção de ruídos, principalmente no horário de intervalo/ recreio.

O ruído produzido entre os corredores internos também impactam no conforto acústico das salas de aulas.

A rua Oswaldo Cruz é uma importante via local que intersecciona com as Av. Liberdade e Av. Barão do Rio Branco e, contribuem significativamente para a produção de ruídos externos.

A AV. Barão do Rio Branco é a segunda importante via coletora do entorno e a segunda de maior movimentação de veículos.

Por ausência de isolamento acústico nas paredes dos banheiros os ruídos e ecos são ouvidos nas salas de aulas próximas.

Na quadra poliesportiva quando há eventos ou atividades os ruídos impactam nas atividades da salas de aula próximas.

A AV. Liberdade é a principal via coletora do entorno da escola e portanto a de maior movimentação veicular - o que contribui para produção de ruídos que interferem na sala 2.

Fonte: Autora, 2026.

LEGENDA:

- Ruído Externo: vias coletoras e locais.
- Ruído Interno: entre blocos e quadra poliesportiva.
- Ruído Interno: entre ambientes (salas de aula e banheiro).
- Ruído Interno: pátio/refeitório.
- Salas de aula selecionadas para análise acústica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

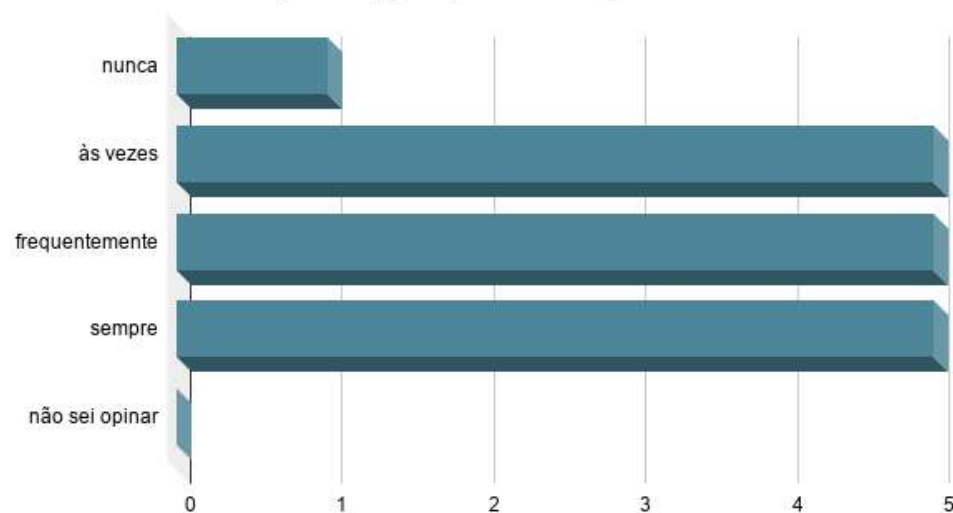
3.3 Análise Qualitativa

Em paralelo às medições, foi aplicado o questionário a dezesseis professores, de um total de trinta e dois componentes do corpo docente do ensino médio, com a finalidade de verificar a percepção da qualidade acústica das salas de aula. As perguntas foram elaboradas de maneira que também se obtivesse a percepção dos estudantes, através das respostas dos professores.

Entre as perguntas realizadas, duas permitiram verificar a percepção dos usuários quanto a presença dos ruídos internos e externos (Gráficos 1 e 2).

Gráfico 1 – Percepção do ruído externo

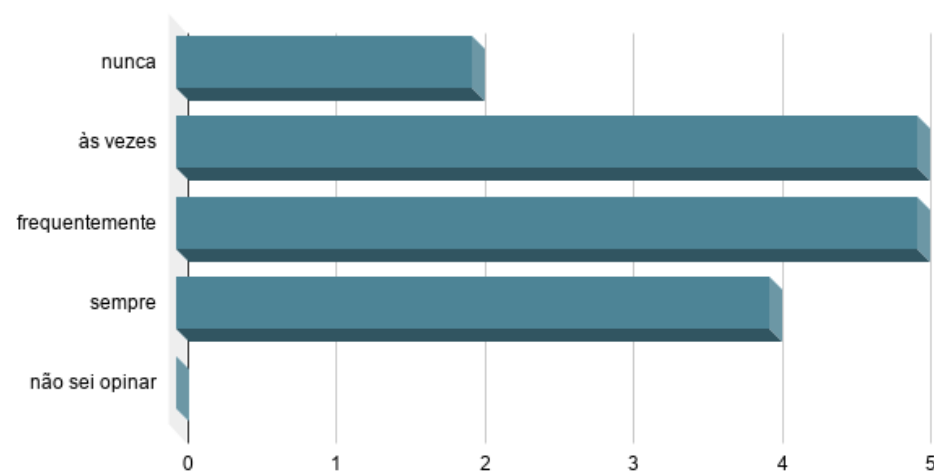
O ruído externo (trânsito, pátio, corredores) interfere na sua aula?



Fonte: Autora, 2025.

Gráfico 2 – Percepção do ruído interno

O barulho interno (conversas, ventiladores, ar-condicionado, movimentação) atrapalha a transmissão do conteúdo?



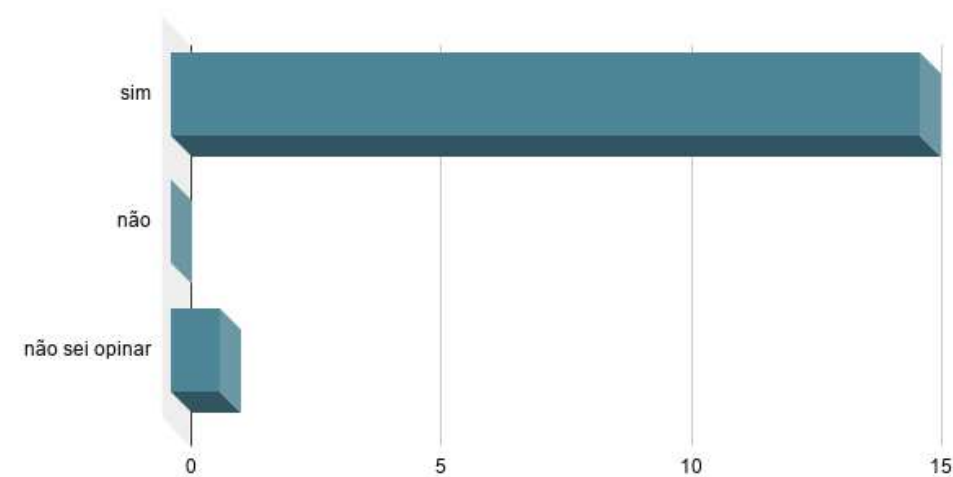
Fonte: Autora, 2025.

Conclui-se que, 93,9% dos 16 entrevistados percebem o ruído como fator de interferências nas aulas, e 87,6% dos professores dizem que o barulho interno perturba a transmissão do conteúdo. Essa percepção foi corroborada pelos altos níveis de decibéis encontrados no levantamento sonoro mostrando a necessidade de um tratamento acústico.

Gráfico 3 demonstra que 93,8% dos entrevistados consideram o ambiente sonoro como fator de influência no rendimento escolar dos estudantes. O E o Gráfico 4 mostra que apesar de todas as interferências dos ruídos externos e internos, 37,5% dos professores consideram que os alunos às vezes compreendem bem o que ele fala.

Gráfico 3 – Rendimento escolar do aluno

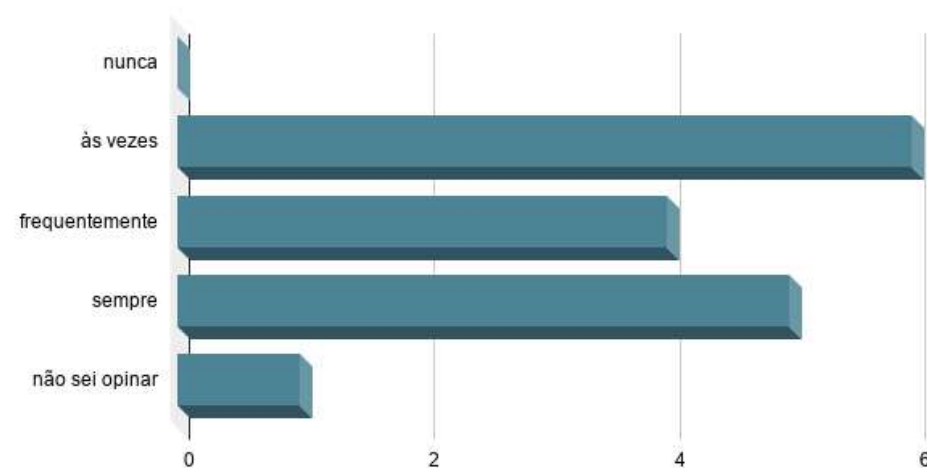
O ambiente sonoro da sala influencia no rendimento escolar do aluno (notas, atenção, participação)?



Fonte: Autora, 2025.

Gráfico 4 - Inteligibilidade da Fala

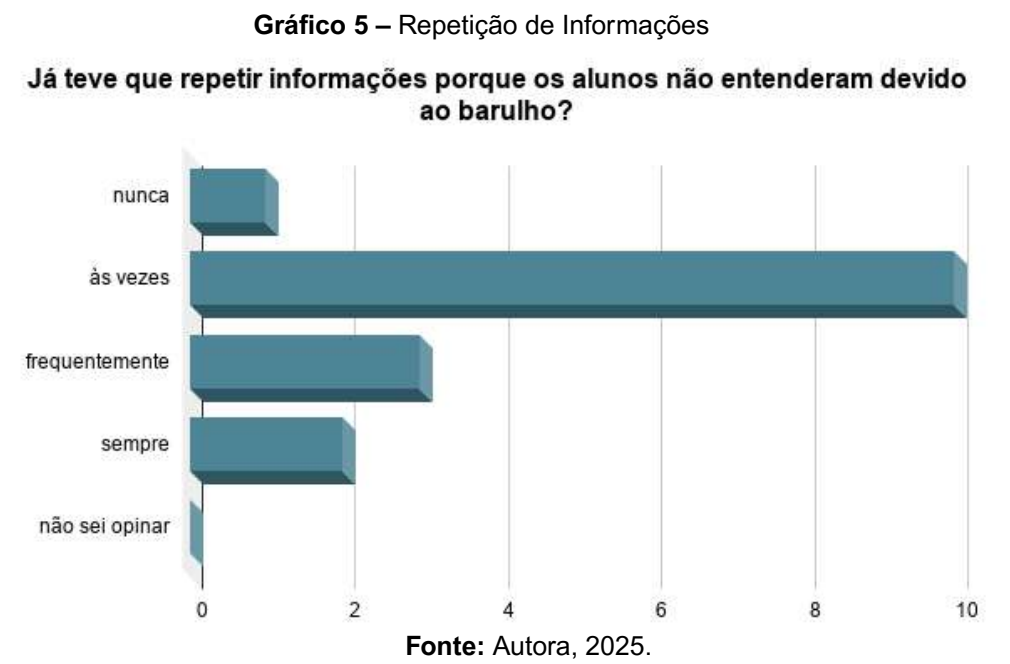
Considera que seu aluno ouve claramente o que você fala quando leciona?



Fonte: Autora, 2025.

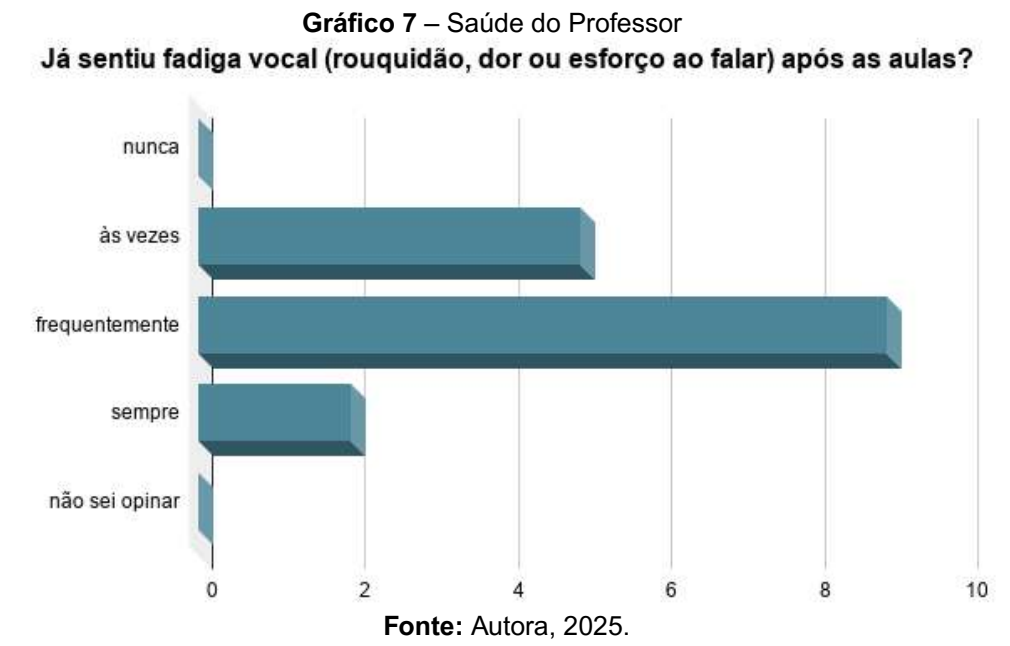
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Já nos Gráficos 5 e 6, 93,8% dos entrevistados já tiveram que repetir informações porque os alunos não entenderam o que estava sendo dito, e 100% deles já elevaram a voz com certa frequência durante as aulas.



O Gráfico 7 mostra que todos os 100% dos entrevistados sentem, com alguma frequência, fadiga vocal ao término das aulas e, 62,6% afirmam que já precisaram buscar um médico, por estar com problemas na voz (Gráfico 8).

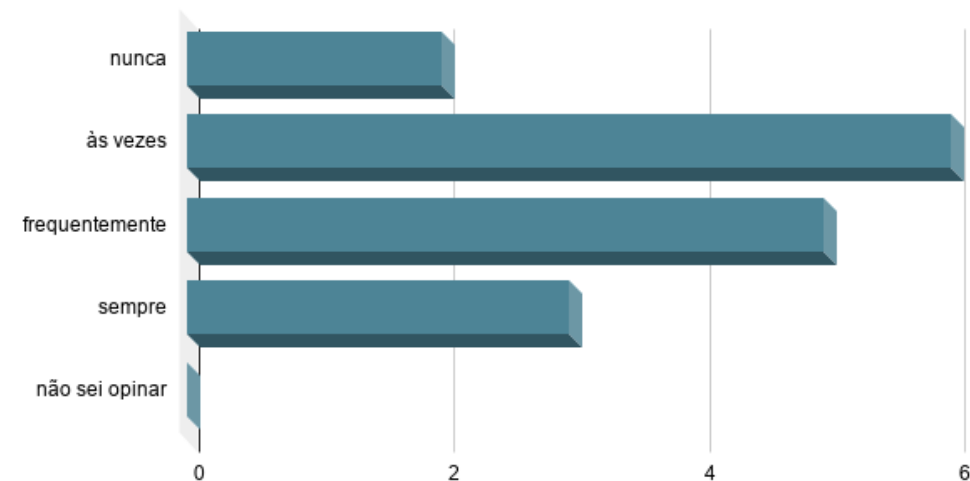
Outros sintomas, também advindos do ambiente sonoro, foram identificados. Dos entrevistados, 87,6% afirmam sentir dor de cabeça, estresse ou irritação com certa frequência. Destes 18,8% afirmaram sempre sentirem esses sintomas, 31,3% apresentam esses sintomas frequentemente e 37,5% às vezes (Gráfico 9).



RESULTADOS E DISCUSSÕES

Gráfico 9 – Saúde do Professor

Percebe sintomas como dor de cabeça, estresse ou irritação relacionados ao ambiente sonoro da sala de aula?



Fonte: Autora, 2025.

Ao correlacionarmos os dados obtidos por meio do questionário com os dados sonoros coletados com uso do decibelímetro, tem-se que o maior problema da EEEFM Álvares de Azevedo é o inexistente isolamento acústico. Os ambientes possuem superfícies reflexivas muito reverberantes e quase nenhuma superfície absorvente. Tais dados confirmam a percepção de desconforto acústico dos professores e consequentemente dos alunos.

3.4 Projetos Referenciais

3.4.1 CASA DAS CRIANÇAS EM SAUNALAHTI

Integração do Tratamento Acústico desde o Projeto Arquitetônico

JARDIM DE INFÂNCIA

Localização: Finlândia

Ano: 2011

Área: 1750m²

Responsáveis: JKMM Architects

A Casa da Crianças na Finlândia é um projeto do escritório JKMM Architects e, está inserido no contexto das escolas filandesas - que priorizam o conforto ambiental como elemento estruturador do projeto arquitetônico.

A edificação foi concebida com foco na qualidade sensorial do espaço e teve a acústica como uma das principais condicionantes do projeto. Além disso, o projeto integra forma e desempenho a partir da geometria espacial pensada para evitar focos de reflexão sonora com ambientes subdivididos por zonas de atividades.

Figura 13 : Interior do Jardim de Infância



Fonte: Archdaily, 2026.

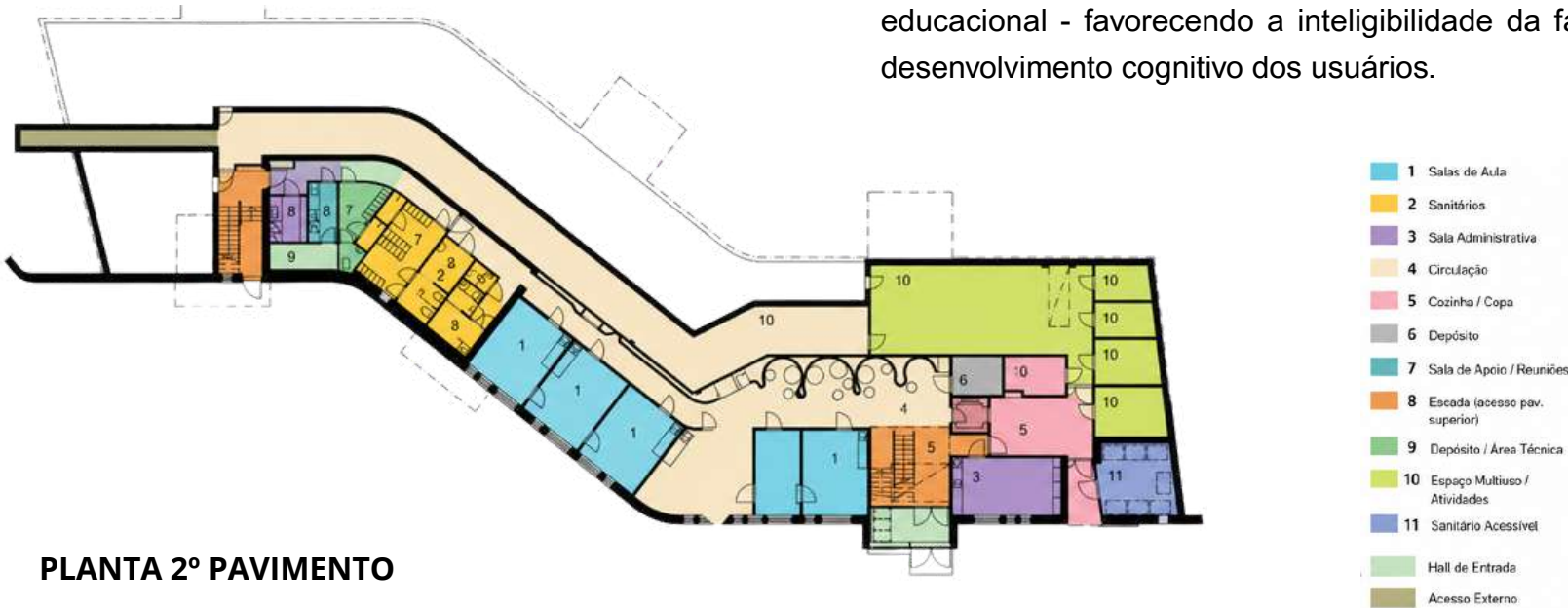
No projeto, os materiais ganham dupla função, isto é, além da estética também é material acústico.

Nas estratégias de projeto relacionados ao condicionamento acústico, existe o uso da madeira perfurada com a função absorviva; os forros acústicos são contínuos e há revestimento em tecido nas áreas de permanência.

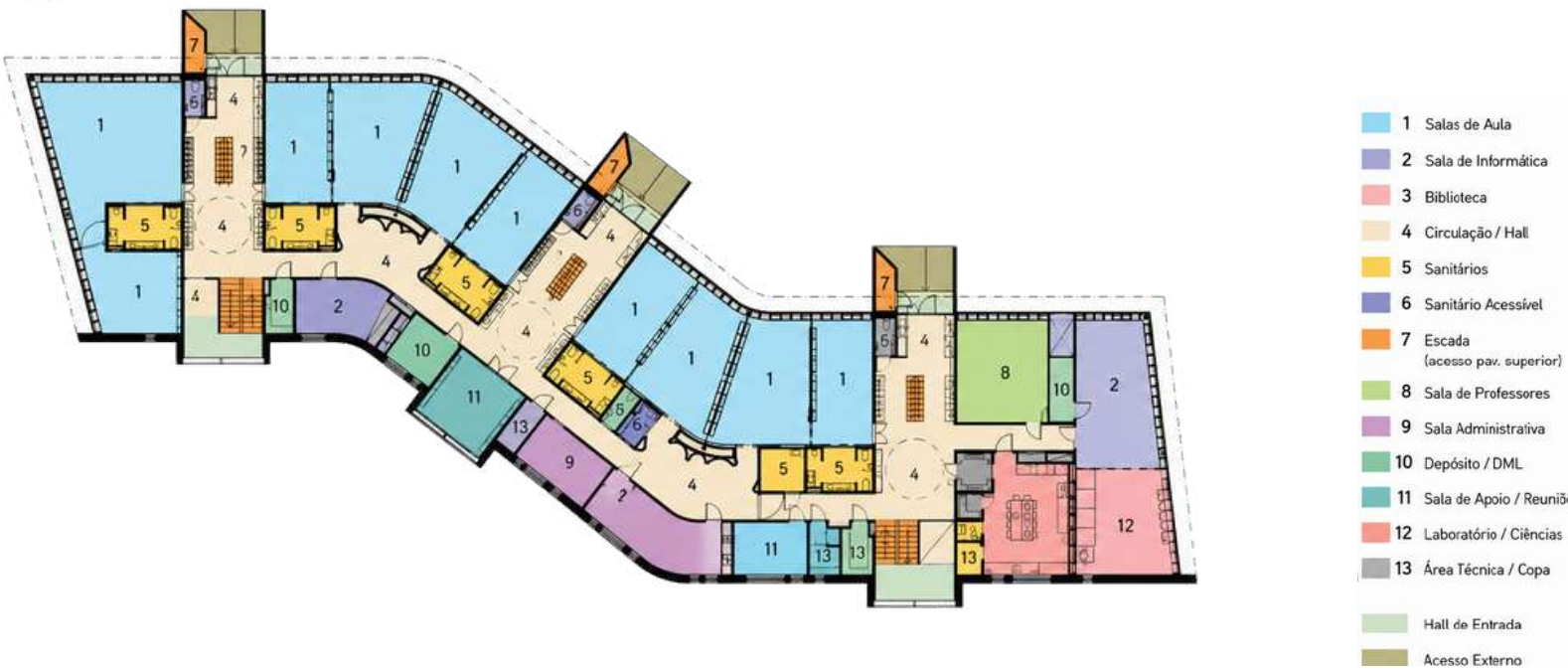
Ao considerarmos o teto e as paredes, o edifício é tratado de maneira uniforme. Investiu-se, também no mobiliário de madeira por ser considerado mais absorvivo sonoramente. Sendo, portanto, ideal para tratamento acústico.

Por fim, o projeto “Casa das Crianças”, mostra como o desempenho acústico pode ser integrado ao partido arquitetônico por meio de estratégias e da seleção de materiais que contribuem para a qualidade do ambiente educacional - favorecendo a inteligibilidade da fala e o desenvolvimento cognitivo dos usuários.

PLANTA 1º PAVIMENTO



PLANTA 2º PAVIMENTO



3.4 Projetos Referenciais

3.4.2 UFBA/ CONFORTO ACÚSTICO: REVESTIMENTO SUSTENTÁVEL DE SALA DE AULA

Exemplo de Intervenção Inovadora, Solução Sustentável e de Baixo Custo

Localização: UFBA - Salvador, Bahia

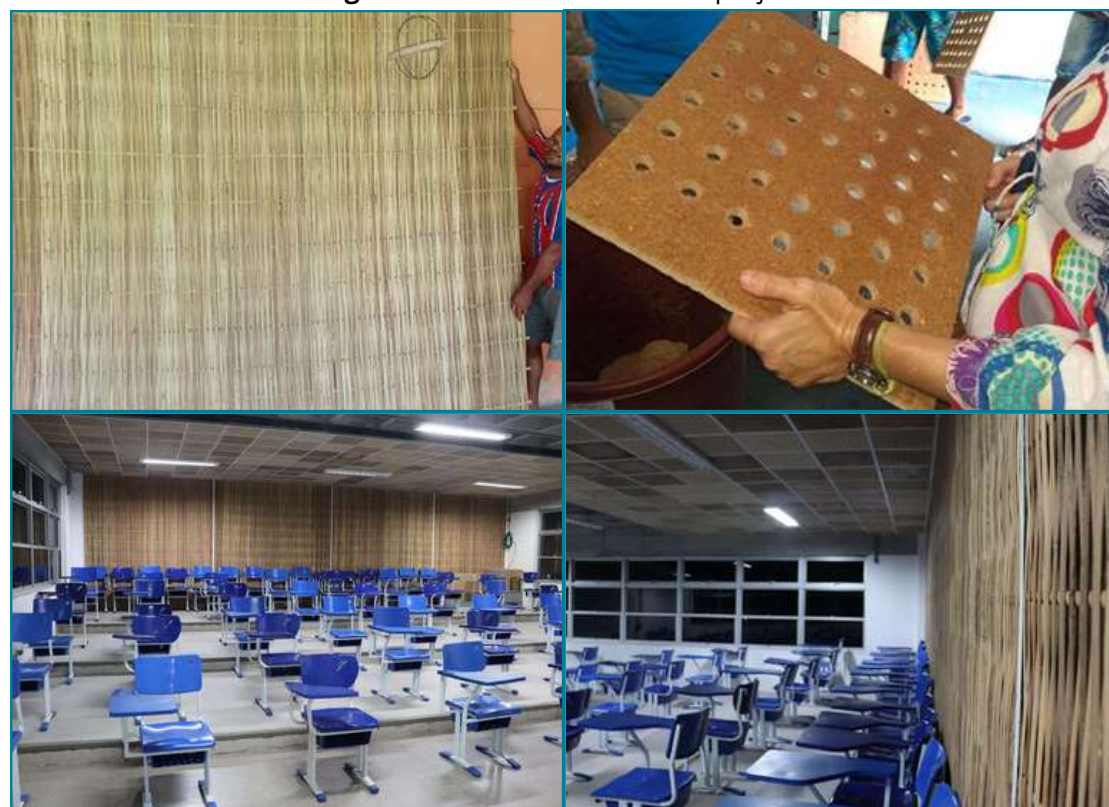
Ano: 2022

Responsáveis: PROEXT da UFBA

A Universidade Federal de Brasília (UFBA), foi palco de uma intervenção acústica na sala 209 do Pavilhão de Aulas do Canela (o bairro), tendo por objetivo a avaliação e melhoria do desempenho acústico através de intervenção arquitetônica, sustentável e de baixo custo.

Trata-se de uma pesquisa integrada ao ensino de extensão aplicada à acústica arquitetônica. Nessa pesquisa, analisou-se uma sala de aula padrão universitário brasileira, ou seja, retangular, com superfícies rígidas, em sua maioria; materiais comuns como: o piso cerâmico, paredes de reboco liso ou alvenaria convencional e forro nada absorvente e, com capacidade para atender de 30 a 50 estudantes.

Figura 14: Materiais usados no projeto



Fonte: Repositório Institucional UFBA.

O revestimento alternativo utilizado no projeto foi produzido por comunidades quilombolas de Moreré (Boipeba) e Praia Grande (Ilha de Maré), no estado da Bahia. As comunidades usaram sobras de artesanatos da canabra e do dendê - o que definiu seu caráter sustentável, ecológico e de impacto social positivo - visto que favoreceu a economia solidária de populações vulneráveis no período do Covid-19.

O material, as placas de canabrava, foi instalado por empresa especializada que fez uso de perfis e tirantes metálicos, revestido por uma esteira de dendê natural trançada. Além disso, instalou-se uma câmara de ar atrás da esteira em que se inseriu a lã de pet como material absorvente.

O objetivo da intervenção foi difundir um modelo de conforto acústico sustentável como estratégia para a saúde vocal dos docentes. Para isso, adotou-se como solução de intervenção arquitetônica: a instalação de painéis acústicos sustentáveis - formulado a partir da canabrava e dendê, uma fibra vegetal, material nativo da região e muito usado pelos artesãos locais - aplicados em paredes e superfícies estrategicamente.

O uso desse material demonstra que ele compatibiliza a estética ao custo-benefício - evidenciando que o desempenho acústico pode ser corrigido em ambientes já existentes.

A intervenção realizada Universidade Federal da Bahia, também mostrou que a aplicação de materiais absorventes sustentáveis influenciou na redução do Tempo de Reverberação (TR), melhorando a inteligibilidade da fala. Evidencia-se, portanto, que as intervenções arquitetônicas de baixo custo podem promover o conforto acústico e melhorar a qualidade do ambiente de ensino- aprendizagem.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.5 Análise Quantitativa – As Salas de Aula

Para a realização dos cálculos de análise acústica, inicialmente fez-se o levantamento de todos os materiais, mobiliários e planta baixa de cada sala de aula. Posteriormente, quantificou-se as áreas das superfícies e extraíu-se da literatura seus respectivos coeficientes de absorção. Foi identificado, segundo a ABNT NBR 12.179/92, o Tempo Ótimo de Reverberação - Tot das salas de aula para o Tempo de Reverberação -Trev, considerando o volume de cada ambiente. Para as salas de aula 02 e 05 o volume foi de 155,40 m³ e para as salas de aula 07 e 12 o volume foi de 138,72 m³ obtendo-se o valor de 0,5 segundos, equivalente ao recomendado para as salas de conferências, ambientes destinados a palavra falada. (Tabelas 2, 3, 4 e 5). As planilhas com os dados completos estão no (Anexo 2).

Tabela 1 – Comparativo do Trev calculado e do Tot para as salas 02 e 05 com ocupação máxima de 35 pessoas.

FREQUÊNCIA			125 Hz	250 Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz							
VOLUME	155,4	A	16,48	18,68	20,46	22,85	26,12	31,46							
T _{trev} = 0,161 x Volume/A			1,52	1,34	1,22	1,10	0,96	0,80							
Temp. Ótim. de Ver. - T _{ot}			0,5	0,55	0,9	0,5	0,65	0,5	0,6	0,5	0,55	0,45	0,6	0,45	0,6

Fonte: Adaptado de (Professora Louise Maria Martins Cerqueira, 2025).

Tabela 2 - Comparativo do Trev calculado e do Tot para as salas 07 e 12 com ocupação máxima de 35 pessoas.

FREQUÊNCIA			125 Hz		250 Hz		500Hz		1000Hz		2000Hz		4000Hz		
VOLUME		138,72	A	16,21		18,33		20,03		22,37		25,57		30,85	
T _{rev} = 0,161 x Volume/A			1,38		1,22		1,12		1,00		0,87		0,72		
Temp. Ótim. de Ver. - T _{ot}			0,5	0,55	0,9	0,5	0,65	0,5	0,6	0,5	0,55	0,45	0,6	0,45	0,6

Fonte: Adaptado de (Professora Louise Maria Martins Cerqueira, 2025).

Analisando as tabelas acima, nota-se que os valores calculados de Trev. obtidos para as frequências de 250 Hz a 4000 Hz se mostram abaixo do Tot, havendo, portanto, a necessidade de substituição de materiais e móveis com características mais absortivas (Tabelas 2 e 3).

Ao considerarmos os mesmos dados excetuando os usuários, percebe-se uma diferença nas baixas frequências de 125 Hz e 250 Hz (Tabela 4) e de 125 Hz, 500 Hz e 1000 Hz (Tabela 5). Tais valores foram esperados uma vez que os materiais do piso, janelas, paredes, cadeiras e quadros precisam ter maior coeficiente absoritivo para ajudar a reduzir o ruído e controlar a reverberação do ambiente. As recomendações nas normas e manuais aqui apresentados corroboram este diagnóstico, visto que citam os elementos absortivos para que se evitem superfícies altamente reflexivas dissipando “em maior ou menor grau o som que incide sobre eles” (PROACÚSTICA, 2017, p.17). As planilhas com os dados completos estão no (Anexo 2).

Tabela 3 - Comparativo do Trev calculado e do Tot para as salas 07 e 12 desocupadas.

FREQUÊNCIA			125 Hz		250 Hz		500Hz		1000Hz		2000Hz		4000Hz	
VOLUME	155,4	A	10,50		10,16		10,83		11,90		14,13		18,91	
T _{rev} = 0,161 x Volume/A			2,38		2,46		2,31		2,10		1,77		1,32	
Temp. Ótim. de Ver. - T _{ot}		0,5	0,55	0,9	0,5	0,65	0,5	0,6	0,5	0,55	0,45	0,6	0,45	0,6

Fonte: Adaptado de (Professora Louise Maria Martins Cerqueira, 2025).

Tabela 4 - Comparativo do Trev calculado e do Tot para as salas 07 e 12 desocupadas

FREQUÊNCIA			125 Hz	250 Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz		
VOLUME	138,72	A	10,23	9,82	10,40	11,41	13,58	18,31		
T _{trev} = 0,161 x Volume/A			2,18	2,28	2,15	1,96	1,64	1,22		
Temp. Ótim. de Ver. - T _{ot}		0,5	0,55	0,9	0,5	0,65	0,5	0,6	0,5	0,6

Fonte: Adaptado de (Professora Louise Maria Martins Cerqueira, 2025).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.6 Análise Quantitativa – Ruído de Fundo (RF)

O ruído de fundo “pode ser procedente do ambiente externo, de outros locais dentro do próprio edifício ou de equipamentos e instalações que, às vezes, estão localizados no próprio ambiente” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA, 2019, p.11). Partindo desse conceito e em posse do decibelímetro DEC 500, devidamente calibrado, registrou-se os níveis mínimos e máximos dos decibéis de cada sala de aula. Foram considerados os ambientes ocupados e desocupados (Tabela 5), para fins de comparação com os níveis estabelecidos pelas normas.

Tabela 5 – Levantamentos Acústicos das Salas de Aula

SALAS	TEMPO	AMBIENTE OCUPADO						AMBIENTE DESOCUPADO	
		MATUTINO		VESPERTINO		NOTURNO		Min.	Máx.
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.		
02/ bloco 01	15min	62,9dB	78dB	73dB	74,7dB			55dB	57dB
	15min	62dB	81dB	64dB	74dB			55dB	60dB
05/ bloco 02	15min	50,1dB	58,4dB	61dB	81dB	63dB	82dB	40dB	57,4dB
	15min	50,3dB	72,9dB	62,8dB	89dB	69dB	86dB	40dB	64dB
07/ bloco 03	15min	62dB	81dB	62,8dB	90dB			53,3dB	63,4dB
	15min	64dB	83,6dB	62dB	80,9dB			53,2dB	61,7dB
12/ bloco 04	15min	76,5dB	88dB	64,2dB	80,4dB			44,4dB	46dB
	15min	69dB	82dB	62dB	75,9dB			47dB	75dB

Fonte: Autora, 2025.

Ao analisar a Tabela 5, constata-se que nenhum dos valores encontrados nos ambientes ocupados, estão dentro dos parâmetros acústicos estabelecidos pelas NBR 10.151/19 e NBR 10.152/17, que consideram os valores ideais para níveis menores ou iguais a 35 dB ou entre 35 dB e 45 dB, respectivamente. Tais valores foram identificados quando o ambiente estava desocupado, porém apenas nos valores mínimos das salas 05 e 12. Mostrando que os decibéis estão acima do permitido pelas normas e evidenciando necessidade de tratar o isolamento acústico nas vedações e evitar a transmissão do som entre o ambiente externo e o interno.

3.7 Análise Quantitativa – Análise dos Ruídos dos Equipamentos Internos

Para a análise dos ruídos dos equipamentos internos, utilizou-se um método que consiste em quatro fases: a primeira em que se realiza a medição em Nível de Pressão Sonora (NPS) com todos os equipamentos ligados - tendo duração de 15 minutos - cujo dado extraído foi o NPS médio num primeiro cenário; a segunda em que se realiza a medição em NPS com todos os equipamentos desligados - de mesmo tempo de duração, sendo 15 minutos, que também se extrai o NPS médio, referente ao segundo cenário; a terceira fase em que foi realizada a subtração dos valores extraídos. E, por fim, a quarta etapa, que com a resultante da subtração se pode usar uma tabela simplificada (Figura 16), que indica o quanto deve ser subtraído do NPS do primeiro cenário - com todos os equipamentos ligados - para finalmente obter o NPS emitido somente pelos equipamentos desligados, isto é, sem a interferência do ruído de fundo. Essa tabela simplificada é compartilhada em manuais de acústica e normas é obtido pela equação (Figura 15), que define matematicamente a diferença numérica entre os níveis (dB).

Figura 15: Equação aplicada na avaliação de um som específico

$$L_{esp} = 10 \times \log_{10} \left(10^{\frac{L_{tot}}{10}} - 10^{\frac{L_{res}}{10}} \right)$$

Fonte: ABNT/NBR 12.152 (2017)

Descrição dos conceito das siglas apresentadas na equação - segundo a ABNT/NBR 10.152 (2017):

- **L_{esp}**: Nível de pressão sonora de um som específico
- **L_{tot}**: Nível de pressão sonora total
- **L_{res}**: Nível de pressão sonora residual ou ruído de fundo

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 16: Ruído de Fundo Correções
Especificado pelas Normas

ISO 3741		ASHRAE 36-72	
Diff. (dB)	K (dB)	Diff. (dB)	K (dB)
6	1.3		
7	1.0	4 – 4.5	2
8	0.8	5 – 5.5	1.5
9	0.6	6 – 7.5	0.5
10	0.4	8 – 12	0.5
Minimum Difference: 6 dB		Minimum Difference: 4 dB	

Fonte: Brüel e Kjael (2000).

O Guia de Fundamentos e Medição do Ruído Ambiental, também define uma equação para avaliação de um som específico (Brüel e Kjael, 2000). Nele os autores afirmam que, em alguns casos se faz necessário realizar a subtração do ruído de fundo do **NPS total** (Nível de Pressão Sonora Total). Para tal utiliza-se a fórmula a seguir, em que **Lptot** é o nível de pressão sonora total medido; **Lpfondo** ou **Lpbackground** é o nível de ruído de fundo; **Lpresult** é o nível de pressão sonora final e **ΔL** é a diferença de níveis (Figura 17).

Figura 17: Curva de avaliação de um som específico

$$L_{presult} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{ptot}}{10}} - 10^{\frac{L_{pbackground}}{10}} \right)$$

Fonte: Brüel e Kjael (2000).

Aplicando os dados coletados da sala de aula 2, por exemplo, tem-se:

Lptot= 66,63 dB

Lpfondo= 50,31 dB

ΔL = Lptot - Lpfondo

ΔL =66,63 - 50,31

ΔL = 16,3 dB

L₋ = 0

Lpresult = 66,63 - 0 = 66,63dB

ou

Lpresult = 10.log (10^{6,663} - 10^{5,03})

Lpresult = 10. log (4.602.565,84 - 107.151,93

Lpresult = 10. log (4. 495,91)

Lpresult = 10. 6,6527

Lpresult ≈ 66,63dB

De acordo com os autores, se a diferença entre os dois ruídos for superior a 10 dB, o ruído de fundo pode ser ignorado. E, como 16,3 dB > 10 dB, a influência do ruído de fundo é considerada insignificante, permanecendo o total medido de ≈ 66,63dB. A mesma análise foi realizada nas quatro salas de aula estudadas e deu origem à Tabela 6 - cujos dados sintetizam as informações obtidas.

Para melhor compreensão dos dados dispostos na Tabela 6, compreende-se como:

- **NPS 1** - Ruído de fundo com equipamentos ligados: o nível de pressão sonora medido considerando as fontes sonoras externas e os equipamentos ligados, medido dentro das salas de aula. Essa medição equivale, portanto, à soma de todas as fontes de ruído, externas e internas.
- **NPS 2** - Ruído de fundo com equipamentos desligados: o nível de pressão sonora medido considerando apenas as fontes sonoras externas, com aparelhos desligados, medido dentro das salas de aulas. Essa medição equivale, portanto, ao NPS das fontes de ruído externas.
- **NPS 3** - Ruído emitido apenas pelos equipamentos: o nível de pressão sonora calculado a partir da subtração "NPS 1 - NPS 2". A diferença é aplicada à fórmula (Figura 14) para obter a resultante. A resultante equivale ao nível de ruído emitido isoladamente pelos equipamentos ligados, ou seja, excluindo o ruído de fundo de fontes externas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

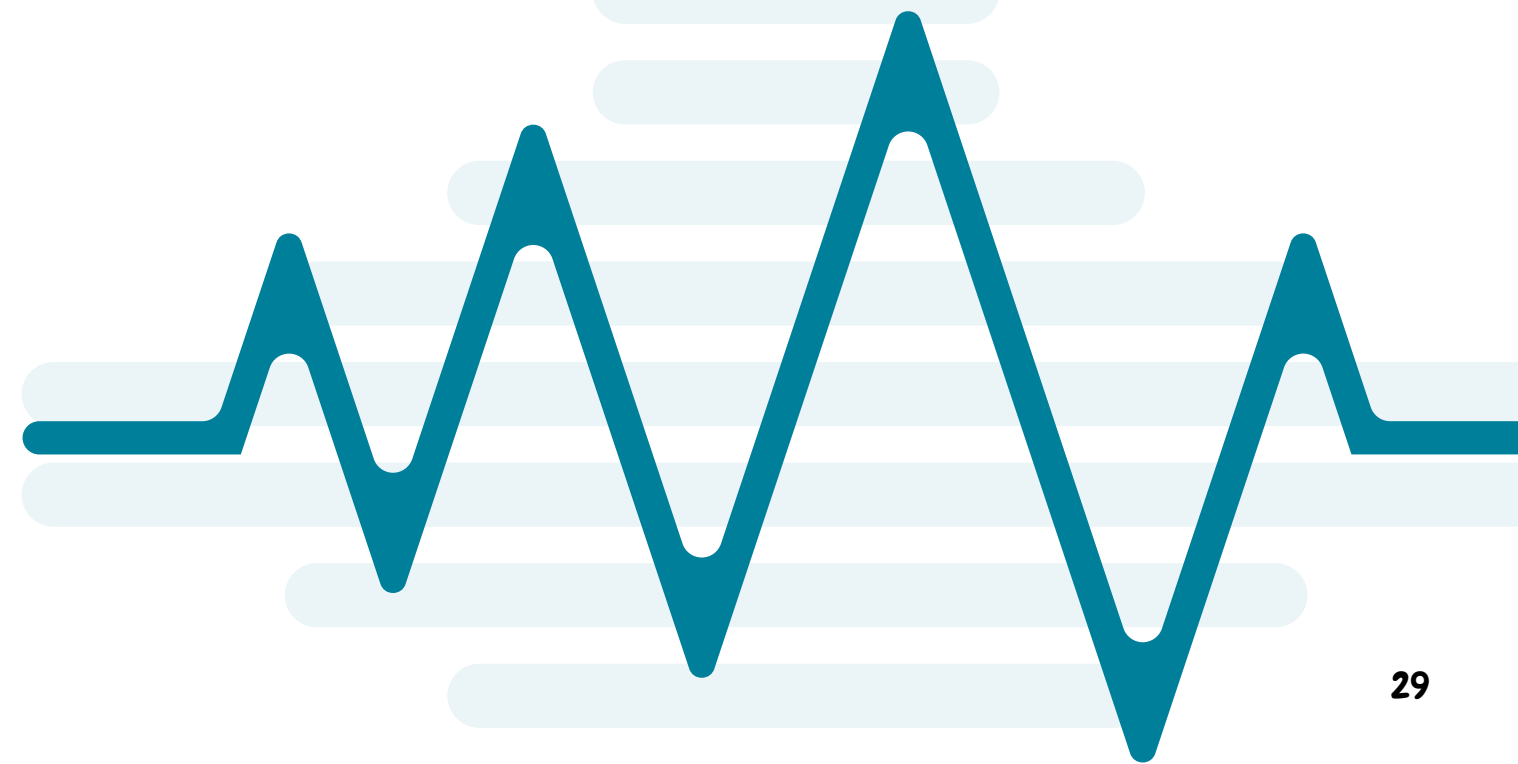
Tabela 6 – Levantamentos dos Ruídos dos Equipamentos

LOCAL	NPS 1			NPS 2			Fontes de Ruído		NPS 3	
	Ruído de fundo com equipamentos ligados em dB			Ruído de fundo com equipamentos desligados em dB					Ruído emitido apenas pelos equipamentos em dB	
Sala 2	Médio	Menor	Maior	Médio	Menor	Maior	Externas	Internas	Diferença	Resultante
	66,63	64	69	50,31	44	55	Movimentação de transportes escolares e alunos	1 ar-condicionado 3 ventiladores	16,32 dB	66,63 dB
	Análise: Como a diferença da subtração NPS1 - NPS2 deu maior que 10 dB, então conclui-se que a emissão de ruído exclusiva dos equipamentos é tão mais alta que se sobrepõe aos ruídos emitidos por fontes externas. O ruído de fundo, quando os aparelhos estão ligados, independe dos ruídos externos, de modo que isolamento acústico só trará real benefício em cenários com menor ruído interno ou em situações muito específicas de ruído externo que não foram captadas nas medições. Em outras palavras, as fontes de ruído externas apenas contribuem para o ruído de fundo quando os aparelhos estão desligados, e a aplicação de isolamento acústico só será efetiva se for acompanhada da substituição dos aparelhos por versões mais silenciosas.									
Sala 5	Médio	Menor	Maior	Médio	Menor	Maior	Externas	Internas	Diferença	Resultante
	68,81	67,5	70	45,8	39,8	53	Momento mais calmo e de transição entre os períodos vespertino para o noturno	2 ares-condicionados 2 ventiladores	23,01 dB	68,81 dB
	Análise: A subtração NPS1 - NPS2 resultou em maior que 10 dB, isto é 23,01 dB e permite concluir que o ruído dos aparelhos internos são maiores que os ruídos produzidos pelas fontes externas. Torna-se, portanto, o resultado desprezível, pois os ruídos externos contribuem somente quando os equipamentos internos estão desligados. Assim, o isolamento acústico adequado deverá vir acompanhado da substituição dos equipamentos por versões mais silenciosas.									
Sala 7	Médio	Menor	Maior	Médio	Menor	Maior	Externas	Internas	Diferença	Resultante
	63,81	62,7	64,5	46,6	43,9	51,9	Conversas, movimentação de mobiliário para limpeza	2 ares-condicionados 2 ventiladores	17,21 dB	63,81 dB
	Análise: A subtração NPS1 - NPS2 resultou em maior que 10 dB, isto é 17,21 dB e permite concluir que o ruído dos aparelhos internos são consideravelmente maiores que os ruídos produzidos pelas fontes externas. Torna-se, portanto, o resultado desprezível, pois os ruídos externos contribuem somente quando os equipamentos internos estão desligados. Assim, o isolamento acústico adequado deverá vir acompanhado da substituição dos equipamentos por versões mais silenciosas, bem como também, sugere-se o isolamento de aberturas (portas e janelas) com a vedação de frestas - pois se trata de uma solução rápida e de baixo custo.									
Sala 12	Médio	Menor	Maior	Médio	Menor	Maior	Externas	Internas	Diferença	Resultante
	54,68	52,2	57	51,61	46,8	66	Chegada dos alunos do noturno, movimentação de transporte no entorno	1 ar-condicionado	3,09 dB	51,68 dB
	Análise: No caso da sala 12, a subtração NPS1 - NPS2 resultou em uma diferença numérica de 3,09 dB - ou seja - está no limite, mas é ligeiramente superior a 3dB mostrando a necessidade de uma correção do nível total. Nesse contexto, o ruído da fonte isolada (51,68 dB) é quase idêntico ao ruído de fundo (51,61 dB) e revela que a soma de duas fontes sonoras iguais aumenta o ruído total em 3dB. Conclui-se, portanto, que tanto o ruído de fundo quanto o ruído dos equipamentos são relevantes para o NPS total quando tudo está ligado mostrando que esta sala precisa de isolamento acústico. Isso ocorre possivelmente pela ausência de ventiladores.									

Fonte: Professora Louise Maria Martins Cerqueira, 2026.

4.

Proposta de Intervenção



PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

4.1 PRINCÍPIOS QUE NORTEARAM O PROJETO

Tanto os princípios quanto as diretrizes que nortearam este projeto fundamenta-se na compreensão de que a sala de aula é o principal espaço de construção do conhecimento e, por isso exige condições ambientais adequadas para não prejudicar a saúde dos usuários, bem como o processo de ensino aprendizagem. Nesta pesquisa, destacou-se o conforto acústico sobre demais confortos ambientais. Contudo, é preciso considerar uma abordagem ampla e completa que integre os demais confortos, quais sejam: conforto luminoso e conforto térmico para que a edificação alcance sua máxima eficiência.

Para tal, estruturou-se, a pesquisa a partir dos seguintes princípios fundamentais:

- **Arquitetura como agente facilitador:** a qualidade do espaço escolar vai além da estética ou da estrutura física, pois deve integrar os princípios do conforto acústico com as diretrizes pedagógicas a fim de que se estimule o desenvolvimento integral do estudante.
- **Acústica como questão de saúde pública:** o conforto acústico não se trata apenas de uma exigência técnica, mas de uma necessidade de saúde e justiça social. O ruído prolongado prejudica o desenvolvimento cognitivo dos discentes e causa sérios problemas vocais e de estresse nos docentes.
- **Planejamento acústico preventivo:** é preciso considerar o desempenho acústico desde as fases iniciais do projeto arquitetônico integrando-o à ventilação e à iluminação.
- **Garantia da inteligibilidade da fala:** trata-se da condição fundamental para a concentração, compreensão e retenção do conteúdo pelos estudantes. Portanto, a escola deve favorecer a clareza da comunicação oral.

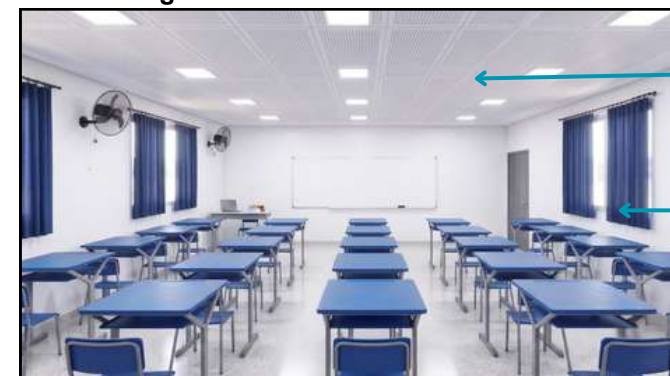
4.2 DIRETRIZES PROJETUAIS

Para a avaliação dos espaços e propostas de intervenção, a pesquisa baseou-se em diretrizes e princípios normativos estabelecidos pela ABNT, manuais de acústica e pela Organização Mundial da Saúde (OMS): controle do Tempo de Reverberação entre 0,5 segundos; limites do ruído de fundo entre 35 a 45 dB; o Índice de Inteligibilidade da fala (STI) superior a 75% e o isolamento acústico eficiente (NBR 15.515 e NBR 12.179).

A partir desses parâmetros, foram definidas as diretrizes projetuais e arquitetônicas para a intervenção nas salas de aula analisadas:

- **Aplicação de materiais fonoabsorventes:** a seleção dos materiais construtivos e dos mobiliários devem priorizar a capacidade absorviva evitando o excesso de reverberação. Para a intervenção, recomenda-se de forros e painéis acústicos para redução da reverberação sonora.
- **Adoção de soluções de baixo custo e/ou sustentáveis:** as soluções acústicas, também, devem considerar estratégias sustentáveis e economicamente viável para a aplicação em escolas públicas. Para isso, propõe-se que, as adaptações em edifícios públicos já existentes valham-se de inovações como o uso de lã de vidro, do feltro betumado, de painéis acústicos em tecido e gesso acartonado. Ambos são economicamente vantajosos por terem alta durabilidade, potentes no isolamento acústico e baixa manutenção. Além disso, outro material que também pode ser utilizado são as fibras vegetais (como a canabrava, de caráter sustentável, por exemplo), pois equilibra bem acústica, estética e economia.
- **Mitigação de ruídos de equipamento:** os projetos precisam considerar todas as fontes possíveis geradoras de ruídos sejam internos ou externos, para que se identifique previamente os impactos acústicos. Sugere-se, portanto, o isolamento estrutural atrelado à vedação das esquadrias, a substituição dos equipamentos mecânicos, visto que as fontes de ruídos internas, em alguns casos, emitem sons que se sobrepõem aos ruídos externos.

Figura 18: Vista Frontal - Salas 2 e 5



Fonte: Autora, 2026.

Forro acústico com lã de vidro e betume prensado com acabamento em gesso acartonado.

Vedação de portas e janelas

Figura 19: Vista Posterior - Salas 2 e 5



Fonte: Autora, 2026.

Forro acústico com lã de vidro e betume prensado com acabamento em gesso acartonado.

Vedação das janelas

Figura 20: Vista Frontal - Salas 7 e 12



Fonte: Autora, 2026.

Forro acústico com lã de vidro e betume prensado com acabamento em gesso acartonado.

Vedação de portas

Vedação das janelas

Figura 21: Vista Posterior - Salas 7 e 12



Fonte: Autora, 2026.

Obs.: Para melhor resultado das intervenções sugeridas, indica-se a troca dos equipamentos mecânicos (ar-condicionado) para outros modelos menos ruidosos.

Painel acústico com acabamento em tecido.

4.3 Tratamento Acústico

Tabela 7: Inserção de Materiais para Tratamento Acústico - Salas de Aula 2 e 5

Para que propusesse uma solução de intervenção que atendesse as demandas das salas de aula analisadas, utilizou-se a Tabela de Equalização do Ambiente em que foram inseridos materiais acústicos até que se chegasse a um Tempo de Reverberação ideal para o ambiente. As tabelas (Tabela 7 e Tabela 8) apresentadas demonstram a aplicação estratégica de tratamento acústico nas salas de aula 2, 5, 7 e 12 com foco na adequação do tempo de reverberação sonora para ambientes de ensino. O estudo considera a inserção de materiais mais absorventes e capazes de melhorar a inteligibilidade da fala, reduzir as reflexões excessivas do som proporcionando maior conforto acústico para os usuários.

A análise foi desenvolvida a partir do cálculo das absorções acústicas dos diferentes componentes das salas, como piso, forro, paredes, esquadrias, mobiliário e ocupação humana. Para isso foram utilizados coeficientes de absorção sonora em diferentes faixas de frequência - o que permite avaliar o comportamento acústico dos ambientes de forma mais precisa. Dentre os materiais inseridos no tratamento destacam-se o forro acústico de lã de vidro e feltro de betume, painéis revestidos com tecido com acabamento em gesso cartonado - todos com eficiência no controle da reverberação.

Os resultados evidenciam uma redução significativa do tempo de reverberação - o que aproxima os valores obtidos dos parâmetros considerados adequados para o ambiente educacional. Assim, as tabelas sintetizam a quantificação técnica das absorções sonoras bem como o planejamento acústico na arquitetura escolar, demonstrando como a escolha adequada de materiais podem influenciar positivamente na qualidade ambiental e no desempenho pedagógico dos espaços educacionais.

EQUALIZAÇÃO DO AMBIENTE (TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM)																
AMBIENTE: SALA DE AULA - BLOCOS 01 e 02																
NOME: SALA DE AULA 2 e 5																
MATERIAIS - PESSOAS - OBJETOS					ABSORÇÕES											
REFERÊNCIA	LEG	DESCRIÇÃO	QUANT.	ÁREA (m²)	α	A125	α	A250	α	A500	α	A1000	α	A2000	α	A4000
RIBA	1	Piso de granilite	1	47,57	0,01	0,48	0,015	0,71	0,02	0,95	0,02	0,95	0,02	0,95	0,02	0,95
ALMEIDA, Manuela; SILVA, Sandra; FERREIRA, Tiago. Física das Construções	2	Forro branco PVC	1	0	0,02	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00	0,06	0,00
Parkin, P.H.: Acoustic Noise and Building	3	Forro - Painel rígido de 3,1 mm com um feltro de betume prensado atrás	1	21,57	0,9	19,41	0,45	9,71	0,25	5,39	0,15	3,24	0,1	2,16	0,1	2,16
logacustica.com	4	Forro - Gesso cartonado (13 mm), 10 cm	1	21,57	0,08	1,73	0,11	2,37	0,05	1,08	0,03	0,65	0,02	0,43	0,03	0,65
Saint-Gobain - Isover Brasil	5	Forro suspenso com de lã vidro	1	26	0,35	9,10	0,8	20,80	0,95	24,70	0,8	20,80	0,95	24,70	1	26,00
I Simpósio Brasileiro de Acústica	6	Parede frontal - alvenaria reboco liso	1	20,1	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,03	0,60	0,03	0,60
I Simpósio Brasileiro de Acústica	7	Parede fundos - alvenaria reboco liso	1	20,1	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,03	0,60	0,03	0,60
I Simpósio Brasileiro de Acústica	8	Parede lateral direita - alvenaria reboco liso	1	19,7	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,03	0,59	0,03	0,59
I Simpósio Brasileiro de Acústica	9	Parede lateral esquerda - alvenaria reboco liso	1	17,81	0,02	0,36	0,02	0,36	0,02	0,36	0,02	0,36	0,03	0,53	0,03	0,53
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	10	Porta de madeira	1	1,89	0,14	0,26	0,1	0,19	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	11	Janelas de vidro - lateral direita	2	1,6	0,04	0,13	0,04	0,13	0,03	0,10	0,03	0,10	0,02	0,06	0,02	0,06
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	12	Janelas de vidro - lateral esquerda	2	1,6	0,04	0,13	0,04	0,13	0,03	0,10	0,03	0,10	0,02	0,06	0,02	0,06
I Simpósio Brasileiro de Acústica	13	Mesa do aluno	35	0,54	0,24	4,54	0,2	3,78	0,19	3,59	0,2	3,78	0,26	4,91	0,45	8,51
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	14	Quadro/lousa	1	3,0	0,3	0,90	0,11	0,33	0,06	0,18	0,05	0,15	0,02	0,06	0,02	0,06
I Simpósio Brasileiro de Acústica	15	Mesa do professor	1	1,56	0,24	0,37	0,2	0,31	0,19	0,30	0,2	0,31	0,26	0,41	0,45	0,70
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	16	Cadeira do professor	1	0,58	0,06	0,03	0,08	0,05	0,1	0,06	0,12	0,07	0,14	0,08	0,16	0,09
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	17	Pessoa em pé	1	1	0,19	0,19	0,33	0,33	0,44	0,44	0,42	0,42	0,46	0,46	0,37	0,37
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	18	Adolescente incluindo cadeira	35	1	0,2	7,00	0,28	9,80	0,32	11,20	0,37	12,95	0,41	14,35	0,44	15,40
VOLUME 155,4					A =	45,82	50,19	49,78	45,21	51,12	57,50					
Trev = 0,161 x Volume/A					Trev =	0,55	0,50	0,50	0,55	0,49	0,44					
					Tolerâncias Tot	1,1	1,8	1	1,2	1	1,2	1	1,1	0,9	1,2	0,9
Tempo Ótimo de Reverberação (palavra falada)					Tot =	0,55	0,9	0,5	0,6	0,5	0,55	0,45	0,6	0,45	0,6	0,6

Fonte: Adaptado de (Professora Louise Maria Martins Cerqueira, 2026).

Tabela 8: Inserção de Materiais para Tratamento Acústico - Salas de Aula 7 e 12

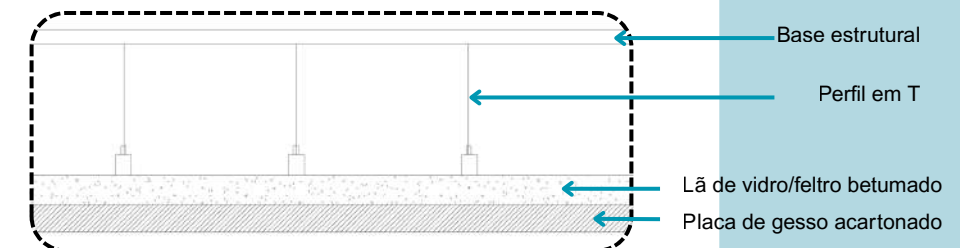
EQUALIZAÇÃO DO AMBIENTE (TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM)																
AMBIENTE: SALA DE AULA - BLOCOS 03 e 04																
NOME: SALA DE AULA 7 e 12																
MATERIAIS - PESSOAS - OBJETOS					ABSORÇÕES											
REFERÊNCIA	LEG	DESCRIÇÃO	QUANT.	ÁREA (m²)	α	A125	α	A250	α	A500	α	A1000	α	A2000	α	A4000
RIBA		Piso de granilite	1	42,3	0,01	0,42	0,015	0,63	0,02	0,85	0,02	0,85	0,02	0,85	0,02	0,85
ALMEIDA, Manuela; SILVA, Sandra; FERREIRA, Tiago. Física das Construções		Forro branco PVC	1	42,3	0,02	0,85	0,03	1,27	0,04	1,69	0,05	2,11	0,05	2,11	0,06	2,54
logacustica.com		Forro - Gesso cartonado (13 mm), 10 cm caixa ar	1	22,3	0,08	1,78	0,11	2,45	0,05	1,11	0,03	0,67	0,02	0,45	0,03	0,67
Saint-Gobain - Isover Brasil		Forro suspenso com de lã vidro	1	10,0	0,35	3,50	0,8	8,00	0,95	9,50	0,8	8,00	0,95	9,50	1	10,00
Parkin, P.H.: Acoustic Noise and Building		Forro - Painel rígido de 3,1 mm sobre câmara de ar com um feltro de betume prensado atrás	1	10,0	0,9	9,00	0,45	4,50	0,25	2,50	0,15	1,50	0,1	1,00	0,1	1,00
I Simpósio Brasileiro de Acústica		Parede frontal - alvenaria reboco liso	1	16,5	0,02	0,33	0,02	0,33	0,02	0,33	0,02	0,33	0,03	0,50	0,03	0,50
I Simpósio Brasileiro de Acústica		Parede fundos - alvenaria reboco liso	1	13,5	0,02	0,27	0,02	0,27	0,02	0,27	0,02	0,27	0,03	0,41	0,03	0,41
www.vibrashop.com.br		Parede fundos - Painel Acustico com Tecido - 60x60x2,5cm Decor Ecoline	1	8,0	0,08	0,64	0,39	3,12	0,78	6,24	0,98	7,84	0,96	7,68	0,97	7,76
I Simpósio Brasileiro de Acústica		Parede lateral direita - alvenaria reboco liso	1	17,3	0,02	0,35	0,02	0,35	0,02	0,35	0,02	0,35	0,03	0,52	0,03	0,52
I Simpósio Brasileiro de Acústica		Parede lateral esquerda - alvenaria reboco liso	1	15,2	0,02	0,30	0,02	0,30	0,02	0,30	0,02	0,30	0,03	0,46	0,03	0,46
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios		Porta de madeira	1	1,9	0,14	0,26	0,1	0,19	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic		Janelas de vidro - lateral esquerda	1	2,4	0,04	0,10	0,04	0,10	0,03	0,07	0,03	0,07	0,02	0,05	0,02	0,05
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic		Janelas de vidro - lateral direita	2	2,2	0,04	0,18	0,04	0,18	0,03	0,13	0,03	0,13	0,02	0,09	0,02	0,09
I Simpósio Brasileiro de Acústica		Mesa do aluno	35	0,5	0,24	4,54	0,2	3,78	0,19	3,59	0,2	3,78	0,26	4,91	0,45	8,51
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica		Quadro/lousa	1	3,0	0,3	0,90	0,11	0,33	0,06	0,18	0,05	0,15	0,02	0,06	0,02	0,06
I Simpósio Brasileiro de Acústica		Mesa do professor	1	1,6	0,24	0,37	0,2	0,31	0,19	0,30	0,2	0,31	0,26	0,41	0,45	0,70
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios		Cadeira do professor	1	0,6	0,06	0,03	0,08	0,05	0,1	0,06	0,12	0,07	0,14	0,08	0,16	0,09
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica		Pessoa em pé	1	1,0	0,19	0,19	0,33	0,33	0,44	0,44	0,42	0,42	0,46	0,46	0,37	0,37
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica		Adolescente incluindo cadeira	35	1,0	0,2	7,00	0,28	9,80	0,32	11,20	0,37	12,95	0,41	14,35	0,44	15,40
VOLUME 138,72					A =	31,01	36,28	39,26	40,25	44,02	50,10					
Trev = 0,161 x Volume/A					Trev =	0,72	0,62	0,57	0,55	0,51	0,45					
					Tolerâncias Tot	1,1	1,8	1	1,2	1	1,2	1	1,1	0,9	1,2	0,9
Tempo Ótimo de Reverberação (palavra falada)					Tot =	0,55	0,9	0,5	0,6	0,5	0,55	0,45	0,6	0,45	0,6	0,6

Fonte: Adaptado de (Professora Louise Maria Martins Cerqueira, 2026).

Perspectivas

SALAS DE AULA 2 E 5

Figura 22: Esquema de Representação 2D do Forro Acústico



Fonte: Autora, 2026.

Figura 23: Representação Esquemática de trecho do forro com isenção de lã de vidro.



Fonte: Representação feita por IA, 2026.

Figura 24: Representação Esquemática de trecho do forro com isenção do feltro de betume prensado.



Fonte: Representação feita por IA, 2026.

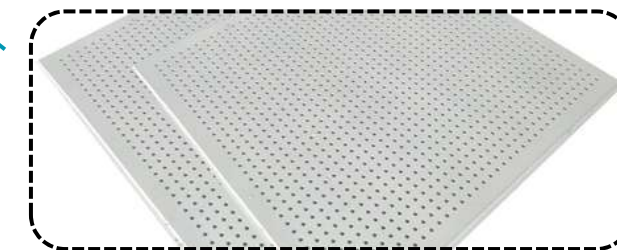
Utilizou-se a mesma estratégia acústica para as salas de aula 2 e 5 devido a suas dimensões, isto é, 51,8m² e, cuja intervenção foi realizada apenas no forro com a inserção de materiais mais absortivos.

Perspectivas

SALAS DE AULA
7 E 12



Figura 25: Forro de Gesso Acartonado de 13mm



Fonte: portuguese.alibaba.com, 2026.



Figura 26: Painel Acústico com Tecido



Fonte: vibrasom.ind.br, 2026.

Para as salas de aula 7 e 12 também devido a suas dimensões, isto é, 46,24m², usou-se da mesma estratégia de solução acústica para as salas 2 e 5, além de inserir um painel acústico com acabamento em tecido na parede dos fundos da sala de aula. Tal estratégia foi necessária para que se conseguisse equalizar o tempo de reverberação desses ambientes.



5. *Considerações*

CONSIDERAÇÕES

A presente pesquisa teve por finalidade investigar a sala de aula como ambiente acusticamente negligenciado e seu impacto na saúde do professor e no processo cognitivo do aluno. No decorrer da pesquisa, analisou-se os aspectos legais e bibliográficos que a fundamentou, com foco no conforto acústico escolar e o impacto dele quando não projetado.

Foi possível observar o quanto a acústica escolar pode impactar no desempenho de seus usuários seja positiva ou negativamente. Durante a pesquisa, a fragilidade da estrutura escolar pública ficou evidente, especificamente a da sala de aula, visto que nos projetos educacionais não se tem a acústica como processo relevante atrelado às demais etapas. Considerando o município de Vilhena/RO, este estudo confirma a necessidade de qualificar os espaços educacionais visando o conforto acústico ligado às práticas pedagógicas, à promoção do aprendizado e à saúde do docente, bem como também, a um ambiente educacional mais seguro, produtivo e inclusivo.

No decorrer da pesquisa houve aprendizados e desafios a serem superados, principalmente no que se refere ao andamento ou rotina escolar para o levantamento das medições. Um dos desafios foi conseguir realizar as medições nos dias agendados, uma vez que a escola estava em semana de jogos escolares interno – o interclasse - e foi necessário o reagendamento para esse fim, o que demandou mais tempo de atividade *in loco*. Contudo, a receptividade do grupo docente contribuiu para que fosse possível realizar esta etapa da pesquisa com êxito. Outro desafio enfrentado, foi encontrar informações específicas dos materiais fonoabsorventes com as especificações dos coeficientes absorptivos para realizar o cálculo do TR-Tempo de Reverberação. Durante as buscas, encontrou-se dados genéricos como o RNC - Coeficiente de Redução de Ruído, em vez dos coeficientes de absorção específicos para cada banda de frequência, isto é, entre 125 Hz a 4000Hz. Esta fragilidade encontrada, evidencia a carência de pesquisas sobre o nível absorptivo dos materiais, principalmente os relacionados aos materiais sustentáveis. Uma vez em posse dos coeficientes específicos de cada material sustentável seria possível sugerir uma intervenção inovadora e de melhor custo-benefício para as edificações escolares públicas.

Para estudos futuros, a respeito dessa temática, sugere-se a aplicação prática da intervenção proposta a fim de verificar como cada material inserido no tratamento acústico, após adequações, inserções e substituições, se comportará bem como se cada equalização do ambiente sugerida se confirmará. A partir da etapa de execução prática, novas medições poderão ser feitas e se necessário poderá haver a alteração de materiais para outros mais abortivos e inovadores, sempre com o objetivo de garantir o conforto acústico ambiental para os usuários da sala de aula.

Por fim, conclui-se que, a presente pesquisa reforça a premissa de que a qualidade acústica vai além da dimensão estético-funcional da arquitetura e se configura como uma necessidade urgente. A adoção de normativas de desempenho acústico no planejamento, na concepção e na reforma dos espaços escolares deve ser condição imprescindível para assegurar o bem-estar ocupacional dos educadores e favorecer o aprendizado.

ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís; SOUZA, Léa Cristina Lucas de. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica**. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA A QUALIDADE ACÚSTICA – **Pro Acústica. Manual ProAcústica para Qualidade Acústica em Escolas**. 1ª Edição disponível – São Paulo, 2019. Disponível em: www.proacustica.org.br/manuais-proacustica/manual-proacustica-qualidade-acustica-em-escolas/. Acesso em 29 de outubro de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 10151: Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas** – Aplicação de uso geral. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: www.abntcolecao.com.br/pdfview/viewer.aspx?locale=pt-BR&Q=eWZQRHM0ck84aUhnNHNvVIBKV2NyUDIGKzdLNmNXOXk0Z3gxSIJEeXILUT0=&Req=. Acesso em 19 de nov. de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 10152: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificação**. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: www.abntcolecao.com.br/pdfview/viewer.aspx?locale=pt-BR&Q=eWZQRHM0ck84aUZybXBNTTNwOFNEV2pFVHZ3NnZtWGlSaUV1ZS83YU9EOD0=&Req=. Acesso em 19 de nov. de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: www.abntcolecao.com.br/pdfview/viewer.aspx?locale=pt-BR&Q=dURSdmxhcDk0d1MzM0NOaytYOTV6RDI4eU1aQ055ektGa29HdUpJMINmdz0=&Req=. Acesso em 19 de nov. de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 12179: Acústica – Tratamento Acústico em Recintos Fechados**. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: www.abntcolecao.com.br/pdfview/viewer.aspx?locale=pt-BR&Q=NnppNS9XTVpFSXI3MIRQRmJpTGtMMWIZQkpWWTVMdXI=&Req=. Acesso em 19 de nov. de 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR ISO 16.283-1: Acústica – Medição de Campo de Isolamento Acústico nas Edificações e nos Elementos de Edificações**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: pt.scribd.com/document/615559948/PROJETO-ABNT-NBR-ISO-16283-1-Acustica-Medicao-de-campo-do-isolamento-acustico-nas-edificacoes-e-nos-elementos-de-edificacoes-Parte-1-Isolamento. Acesso em 30 de nov. de 2025.

BRÜEL & KJAER SOUND & VIBRATION MEASUREMENTS. **Guia de Fundamentos e Medição de Ruído Ambiental**. Dinamarca: Brüel & Kjaer, 2000.

IEC - International Electrotechnical Commission. **IEC 60268-16** Ed. 4.0 b. Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index. Genebra, 2011. Disponível em: www.abntcolecao.com.br/pdfview/viewer.aspx?Q=Q2dNNmFhMTVMZVJLN0tvSDN1MTIRRU1RnpaZmxmUGo=. Acesso em 8 dez. 2025.

6. Referências

6. Referências

- BRANDÃO, Eric. **Acústica de salas: projeto e modelagem**. – São Paulo: Blucher, 2016.
- FARIA, A. G.P. ZAHAILO, E. PARRA, E.O.G. MARCONDES, T.C. ZARATINI, P. Acústica e controle de ruído em salas de aula: impactos no desempenho dos alunos e na saúde vocal dos professores. Anais da Jornada Científica dos Campos Gerais, [S. l.], v. 22, 2024. Disponível em: <https://iessa.edu.br/revista/index.php/jornada/article/view/2638>. Acesso em 5 de nov. de 2025.
- GIL, Antonio Carlos, 1946- **Como elaborar projetos de pesquisa** / Antonio Carlos Gil. 7. ed. [3ª Reimp.]. - Barueri [SP]: Atlas, 2025. Disponível em: [integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/epubcfi/6/10\[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml5\]/4/42/1:103\[202%2C5\].](integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/epubcfi/6/10[%3Bvnd.vst.idref%3Dhtml5]/4/42/1:103[202%2C5].) Acesso em 18 de nov. de 2025.
- KOWALTOWSKI, Doris C.C.K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. –São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- NEUFERT, Ernst. **Arte de projetar em arquitetura**. 18. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2010.
- ONO, R.; ORNSTEIN, S. W.; VILLA, S. B.; FRANÇA, A. J. G. L. **Avaliação pós-ocupação: na arquitetura, no urbanismo e no design: da teoria à prática**. Oficina de Textos: São Paulo, 2018.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. **Ruído ambiental e saúde na Europa: uma avaliação conjunta**. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2010. Disponível em: <https://www.who.int/home/search-results?indexCatalogue=genericsearchindex1&searchQuery=poluicao%20sonora>. Acesso em: 28 maio 2025.
- QEdU. Busca de escolas, municípios e estados [2020?]. Disponível em: <qedu.org.br/municipio/1100304-vilhena/busca>. Acesso em 29 nov. 2025.
- RONDÔNIA. **Decreto n. 4483, de 05 de janeiro de 1990**. Dispõe sobre a mudança de denominação das escolas de 1º grau dos municípios de Vilhena e Cacoal. Disponível em: <http://ditel.casacivil.ro.gov.br/>. Acesso em: 21 de setembro de 2025.
- SANTOS, Edson Manoel dos; ADINOLFI, Valéria Trigueiro Santos. **A saúde escolar do final do século XVIII ao programa saúde na escola, do paradigma do higienismo à saúde colectiva**. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 20, Nº 3, p. 381-395, 2021. Disponível em: reec.educacioneditora.net/volumenes/volumen20/REEC_20_3_3_ex1857_615.pdf. Acesso em 3 de novembro de 2025.
- VILHENA/RO. **LEI Nº 4.287, DE 29 DE MARÇO DE 2016**. Institui o Plano Diretor de transporte e mobilidade urbana do município de Vilhena/RO e dá outras providências. Disponível em: <leismunicipais.com.br/a1/ro/v/vilhena/lei-ordinaria/2016/428/4287/lei-ordinaria-n-4287-2016-institui-o-plano-diretor-de-transporte-e-mobilidade-urbana-do-municipio-de-vilhena-ro-e-da-outras-providencias>. Acesso em 29 de nov. de 2025.

DADO INICIAL

Qual(is) disciplina(s) você leciona? Selecione a(s) disciplina(s).

1. Disciplina que ministra/leciona:

- Língua Portuguesa
- Língua Inglesa
- Língua Espanhola
- Arte
- Geografia
- Sociologia
- Filosofia
- História
- Educação Física
- Matemática
- Física
- Química
- Biologia
- Trilha
- Eletiva
- Estudo Orientado
- Pós-Médio
- História de Rondônia
- Geografia de Rondônia

2. Em qual(is) série(s) você leciona?

- 1º ano do Ensino Médio
- 2º ano do Ensino Médio
- 3º ano do Ensino Médio

CONFORTO ACÚSTICO: A SALA DE AULA

3. O ruído externo (trânsito, pátio, corredores) interfere na sua aula?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

4. Você sente que há muito barulho (conversas, rangidos de porta/teto/piso/janela/ lousa...) dentro da sala de aula durante as aulas?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

5. O barulho interno (conversas, ventiladores, ar-condicionado, movimentação) atrapalha a transmissão do conteúdo?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

6. Considera que seu aluno ouve claramente o que você fala quando leciona?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

7. Quando há muito ruído (som desagradável), você percebe se os alunos perdem a concentração com facilidade?

- sim
- não
- não sei opinar

8. O ambiente sonoro da sala influencia no rendimento escolar do aluno (notas, atenção, participação)?

- sim
- não
- não sei opinar

9. Em uma aula em que o ambiente esteja silencioso, você percebe se o aluno aprende melhor?

- sim
- não
- não sei opinar

10. Você sente que a sala possui muito eco (repetição de um som) ou reverberação (persistência de um som após o desaparecimento da fonte sonora)?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

11. Já teve que repetir informações porque os alunos não entenderam devido ao barulho?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

12. Em ambientes mais silenciosos, percebe maior participação ou compreensão da turma?

- sim
- não
- não sei opinar

13. Você costuma elevar a voz para ser ouvido durante as aulas?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

14. Já sentiu fadiga vocal (rouquidão, dor ou esforço ao falar) após as aulas?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

15. Percebe sintomas como dor de cabeça, estresse ou irritação relacionados ao ambiente sonoro da sala de aula?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

16. Já precisou se afastar do trabalho ou buscar atendimento médico por problemas na voz?

- nunca
- às vezes
- frequentemente
- sempre
- não sei opinar

ANEXO 2 – PLANILHAS DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM

7. Anexa 2

Obs.: Planilhas do tempo de reverberação do som sem intervenção acústica.

Salas 2 e 5 – Ambiente Ocupado

EQUALIZAÇÃO DO AMBIENTE (TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM)																	
AMBIENTE: SALA DE AULA - BLOCOS 01 e 02																	
NOME: SALA DE AULA 2 e 5																	
MATERIAIS - PESSOAS - OBJETOS					ABSORÇÕES												
REFERÊNCIA	LEG	DESCRIÇÃO	QUANT	ÁREA (m²)	αα	A125	αα	A250	αα	A500	αα	A1000	αα	A2000	αα	A4000	
RIBA	1	Piso de granilite	1	47,57	0,01	0,48	0,015	0,71	0,02	0,95	0,02	0,95	0,02	0,95	0,02	0,95	
ALMEIDA, Manuela; SILVA, Sandra; FERREIRA, Tiago. Física das Construções	2	Forro branco PVC	1	47,57	0,02	0,95	0,03	1,43	0,04	1,90	0,05	2,38	0,05	2,38	0,06	2,85	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	3	Parede frontal - alvenaria reboco liso	1	17,1	0,02	0,34	0,02	0,34	0,02	0,34	0,02	0,34	0,03	0,51	0,03	0,51	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	4	Parede fundos - alvenaria reboco liso	1	20,1	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,03	0,60	0,03	0,60	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	5	Parede lateral direita - alvenaria reboco liso	1	19,7	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,03	0,59	0,03	0,59	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	6	Parede lateral esquerda - alvenaria reboco liso	1	17,81	0,02	0,36	0,02	0,36	0,02	0,36	0,02	0,36	0,03	0,53	0,03	0,53	
PATRÍCIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	7	Porta de madeira	1	1,89	0,14	0,26	0,1	0,19	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	8	Janelas de vidro - lateral direita	2	1,6	0,04	0,13	0,04	0,13	0,03	0,10	0,03	0,10	0,02	0,06	0,02	0,06	
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	9	Janelas de vidro - lateral esquerda	2	1,6	0,04	0,13	0,04	0,13	0,03	0,10	0,03	0,10	0,02	0,06	0,02	0,06	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	10	Mesa do aluno	35	0,54	0,24	4,54	0,2	3,78	0,19	3,59	0,2	3,78	0,26	4,91	0,45	8,51	
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	11	Quadro/lousa	1	3	0,3	0,90	0,11	0,33	0,06	0,18	0,05	0,15	0,02	0,06	0,02	0,06	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	12	Mesa do professor	1	1,56	0,24	0,37	0,2	0,31	0,19	0,30	0,2	0,31	0,26	0,41	0,45	0,70	
PATRÍCIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	13	Cadeira do professor	1	0,58	0,06	0,03	0,08	0,05	0,1	0,06	0,12	0,07	0,14	0,08	0,16	0,09	
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	14	Pessoa em pé	1	1	0,19	0,19	0,33	0,33	0,44	0,44	0,42	0,42	0,46	0,46	0,37	0,37	
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	15	Adolescente incluindo cadeira	35	1	0,2	7,00	0,28	9,80	0,32	11,20	0,37	12,95	0,41	14,35	0,44	15,40	
VOLUME			155,4	A =	16,48		18,68		20,46		22,85		26,12		31,46		
Trev = 0,161 x Volume/A			Trev =	1,52		1,34		1,22		1,10		0,96		0,80			
			Tolerâncias Tot	1,1		1,8		1		1,3		1		1,1		1,2	
Tempo Ótimo de Reverberação (palavra falada)			Tot =	0,5		0,55		0,9		0,5		0,65		0,5		0,6	

Salas 7 e 12 – Ambiente Ocupado

EQUALIZAÇÃO DO AMBIENTE (TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM)																	
AMBIENTE: SALA DE AULA - BLOCOS 03 e 04																	
NOME: SALA DE AULA 7 e 12																	
MATERIAIS - PESSOAS - OBJETOS					ABSORÇÕES												
REFERÊNCIA	LEG	DESCRIÇÃO	QUANT.	ÁREA (m²)	αα	A125	αα	A250	αα	A500	αα	A1000	αα	A2000	αα	A4000	
RIBA	1	Piso de granilite	1	42,25	0,01	0,42	0,015	0,63	0,02	0,85	0,02	0,85	0,02	0,85	0,02	0,85	
ALMEIDA, Manuela; SILVA, Sandra; FERREIRA, Tiago. Física das Construções	2	Forro branco PVC	1	42,25	0,02	0,85	0,03	1,27	0,04	1,69	0,05	2,11	0,05	2,11	0,06	2,54	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	3	Parede frontal - alvenaria reboco liso	1	16,5	0,02	0,33	0,02	0,33	0,02	0,33	0,02	0,33	0,03	0,50	0,03	0,50	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	4	Parede fundos - alvenaria reboco liso	1	19,5	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,03	0,59	0,03	0,59	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	5	Parede lateral direita - alvenaria reboco liso	1	17,26	0,02	0,35	0,02	0,35	0,02	0,35	0,02	0,35	0,03	0,52	0,03	0,52	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	6	Parede lateral esquerda - alvenaria reboco liso	1	15,21	0,02	0,30	0,02	0,30	0,02	0,30	0,02	0,30	0,03	0,46	0,03	0,46	
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	7	Porta de madeira	1	1,89	0,14	0,26	0,1	0,19	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	8	Janelas de vidro - lateral esquerda	1	2,4	0,04	0,10	0,04	0,10	0,03	0,07	0,03	0,07	0,02	0,05	0,02	0,05	
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	9	Janelas de vidro - lateral direita	2	2,24	0,04	0,18	0,04	0,18	0,03	0,13	0,03	0,13	0,02	0,09	0,02	0,09	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	10	Mesa do aluno	35	0,54	0,24	4,54	0,2	3,78	0,19	3,59	0,2	3,78	0,26	4,91	0,45	8,51	
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	11	Quadro/lousa	1	3	0,3	0,90	0,11	0,33	0,06	0,18	0,05	0,15	0,02	0,06	0,02	0,06	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	12	Mesa do professor	1	1,56	0,24	0,37	0,2	0,31	0,19	0,30	0,2	0,31	0,26	0,41	0,45	0,70	
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	13	Cadeira do professor	1	0,58	0,06	0,03	0,08	0,05	0,1	0,06	0,12	0,07	0,14	0,08	0,16	0,09	
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	14	Pessoa em pé	1	1	0,19	0,19	0,33	0,33	0,44	0,44	0,42	0,42	0,46	0,46	0,37	0,37	
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	15	Adolescente incluindo cadeira	35	1	0,2	7,00	0,28	9,80	0,32	11,20	0,37	12,95	0,41	14,35	0,44	15,40	
VOLUME			138,72	A =	16,21		18,33		20,03		22,37		25,57		30,85		
Trev = 0,161 x Volume/A			Trev =	1,38		1,22		1,12		1,00		0,87		0,72			
			Tolerâncias Tot	1,1		1,8		1		1,3		1		1,1		0,9	
Tempo Ótimo de Reverberação (palavra falada)			Tot =	0,5		0,55		0,9		0,5		0,65		0,5		0,6	

ANEXO 2 – PLANILHAS DO TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM

7. Anexa 2

Obs.: Planilhas do tempo de reverberação do som sem intervenção acústica.

Salas 2 e 5 – Ambiente Desocupado

EQUALIZAÇÃO DO AMBIENTE (TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM)																
AMBIENTE: SALA DE AULA - BLOCOS 01 e 02																
NOME: SALA DE AULA 2 e 5																
MATERIAIS - PESSOAS - OBJETOS				ABSORÇÕES												
REFERÊNCIA	LEG	DESCRIÇÃO	QUANT.	ÁREA (m²)	αα	A125	αα	A250	αα	A500	αα	A1000	αα	A2000	αα	A4000
RIBA	1	Piso de granilite	1	47,57	0,01	0,48	0,015	0,71	0,02	0,95	0,02	0,95	0,02	0,95	0,02	0,95
ALMEIDA, Manuela; SILVA, Sandra; FERREIRA, Tiago. Física das Construções	2	Forro branco PVC	1	47,57	0,02	0,9514	0,03	1,4271	0,04	1,9028	0,05	2,3785	0,05	2,3785	0,06	2,8542
I Simpósio Brasileiro de Acústica	3	Parede frontal - alvenaria reboco liso	1	17,1	0,02	0,34	0,02	0,34	0,02	0,34	0,02	0,34	0,03	0,51	0,03	0,51
I Simpósio Brasileiro de Acústica	4	Parede fundos - alvenaria reboco liso	1	20,1	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,02	0,40	0,03	0,60	0,03	0,60
I Simpósio Brasileiro de Acústica	5	Parede lateral direita - alvenaria reboco liso	1	19,7	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,03	0,59	0,03	0,59
I Simpósio Brasileiro de Acústica	6	Parede lateral esquerda - alvenaria reboco liso	1	17,81	0,02	0,36	0,02	0,36	0,02	0,36	0,02	0,36	0,03	0,53	0,03	0,53
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	7	Porta de madeira	1	1,89	0,14	0,2646	0,1	0,189	0,08	0,1512	0,08	0,1512	0,08	0,1512	0,08	0,1512
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	8	Janelas de vidro - lateral direita	2	1,6	0,04	0,128	0,04	0,128	0,03	0,096	0,03	0,096	0,02	0,064	0,02	0,064
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	9	Janelas de vidro - lateral esquerda	2	1,6	0,04	0,128	0,04	0,128	0,03	0,096	0,03	0,096	0,02	0,064	0,02	0,064
I Simpósio Brasileiro de Acústica	10	Mesa do aluno	35	0,54	0,24	4,536	0,2	3,78	0,19	3,591	0,2	3,78	0,26	4,914	0,45	8,505
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	11	Cadeira do aluno	35	0,58	0,06	1,21	0,08	1,61	0,1	2,02	0,12	2,42	0,14	2,82	0,16	3,23
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	12	Quadro/lousa	1	3,0	0,3	0,90	0,11	0,33	0,06	0,18	0,05	0,15	0,02	0,06	0,02	0,06
I Simpósio Brasileiro de Acústica	13	Mesa do professor	1	1,56	0,24	0,37	0,2	0,31	0,19	0,30	0,2	0,31	0,26	0,41	0,45	0,70
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	14	Cadeira do professor	1	0,58	0,06	0,03	0,08	0,05	0,1	0,06	0,12	0,07	0,14	0,08	0,16	0,09
VOLUME			155,4	A =	10,50		10,16		10,83		11,90		14,13		18,91	
Trev = 0,161 x Volume/A			Trev =	2,38		2,46		2,31		2,10		1,77		1,32		
			Tolerâncias Tot	1,1	1,8	1	1,3	1	1,2	1	1,1	0,9	1,2	0,9	1,2	
Tempo Ótimo de Reverberação (palavra falada)			Tot =	0,5	0,55	0,9	0,5	0,65	0,5	0,6	0,5	0,55	0,45	0,6	0,45	0,6

Salas 7 e 12 – Ambiente Desocupado

EQUALIZAÇÃO DO AMBIENTE (TEMPO DE REVERBERAÇÃO DO SOM)																	
AMBIENTE: SALA DE AULA BLOCOS 03 e 04																	
NOME: SALA DE AULA 7 e 12																	
MATERIAIS - PESSOAS - OBJETOS					ABSORÇÕES												
REFERÊNCIA	LEG	DESCRIÇÃO	QUANT.	ÁREA (m²)	αα	A125	αα	A250	αα	A500	αα	A1000	αα	A2000	αα	A4000	
RIBA	1	Piso de granilite	1	42,25	0,01	0,42	0,015	0,63	0,02	0,85	0,02	0,85	0,02	0,85	0,02	0,85	
ALMEIDA, Manuela; SILVA, Sandra; FERREIRA, Tiago. Física das Construções	2	Forro branco PVC	1	42,25	0,02	0,85	0,03	1,27	0,04	1,69	0,05	2,11	0,05	2,11	0,06	2,54	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	3	Parede frontal - alvenaria reboco liso	1	16,5	0,02	0,33	0,02	0,33	0,02	0,33	0,02	0,33	0,03	0,50	0,03	0,50	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	4	Parede fundos - alvenaria reboco liso	1	19,5	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,02	0,39	0,03	0,59	0,03	0,59	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	5	Parede lateral direita - alvenaria reboco liso	1	17,26	0,02	0,35	0,02	0,35	0,02	0,35	0,02	0,35	0,03	0,52	0,03	0,52	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	6	Parede lateral esquerda - alvenaria reboco liso	1	15,21	0,02	0,30	0,02	0,30	0,02	0,30	0,02	0,30	0,03	0,46	0,03	0,46	
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	7	Porta de madeira	1	1,89	0,14	0,26	0,1	0,19	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	0,08	0,15	
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	8	Janelas de vidro - lateral esquerda	1	2,4	0,04	0,10	0,04	0,10	0,03	0,07	0,03	0,07	0,02	0,05	0,02	0,05	
MINHANA, Jose P.Compêndio Prático AC Aplic	9	Janelas de vidro - lateral direita	2	2,24	0,04	0,18	0,04	0,18	0,03	0,13	0,03	0,13	0,02	0,09	0,02	0,09	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	10	Mesa do aluno	35	0,54	0,24	4,54	0,2	3,78	0,19	3,59	0,2	3,78	0,26	4,91	0,45	8,51	
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	11	Cadeira do aluno	35	0,58	0,06	1,21	0,08	1,61	0,1	2,02	0,12	2,42	0,14	2,82	0,16	3,23	
SILVA, Conrado: Elementos de Ac.Arquitetônica	12	Quadro/lousa	1	3	0,3	0,90	0,11	0,33	0,06	0,18	0,05	0,15	0,02	0,06	0,02	0,06	
I Simpósio Brasileiro de Acústica	13	Mesa do professor	1	1,56	0,24	0,37	0,2	0,31	0,19	0,30	0,2	0,31	0,26	0,41	0,45	0,70	
PATRICIO, Jorge; Acústica nos Edifícios	14	Cadeira do professor	1	0,58	0,06	0,03	0,08	0,05	0,1	0,06	0,12	0,07	0,14	0,08	0,16	0,09	
VOLUME			138,72	A =	10,23		9,82		10,40		11,41		13,58		18,31		
Trev = 0,161 x Volume/A			Trev =		2,18		2,28		2,15		1,96		1,64		1,22		
			Tolerâncias Tot		1,1	1,8	1	1,3	1	1,2	1	1,1	0,9	1,2	0,9	1,2	
Tempo Ótimo de Reverberação (palavra falada)			Tot =		0,5	0,55	0,9	0,5	0,65	0,5	0,6	0,5	0,55	0,45	0,6	0,45	0,6