

Avaliação do Desempenho Acústico de Salas de Aula das Faculdades Integradas Einstein de Limeira com Propostas de Aplicação de Materiais Alternativos e de Mercado

DANIELLE SKUBS

FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira

GUSTAVO HOTT LOPES NUNES

FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira

JULIA OUTEIRO BORTOLOTTI

FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira

JULIANA SONEGO

FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira

VICTOR JOSE DOS SANTOS BALDAN

FIEL - Faculdades Integradas Einstein de Limeira

Resumo:

Este estudo apresenta avaliações do desempenho acústico de salas de aula das Faculdades Integradas Einstein Limeira – FIEL, através de análises em campo, por meio da medição e verificação dos ruídos e níveis de intensidade sonora externos e internos, análise da forma e materiais das salas, cálculo de tempo de reverberação para as salas cheias e vazias. Foram selecionadas duas diferentes salas de aula em dimensão, quantidade de alunos e proximidade com fontes de ruído, sendo uma próxima da rua e a outra próxima da quadra poliesportiva da instituição. Em ambos os casos, as salas de aula foram analisadas em três diferentes situações: sem material algum aplicado (em condições originais de uso), com aplicação de painéis de material acústico absorvedor e com aplicação de painéis de caixas de ovos. Os dados obtidos foram comparados com as indicações das normas vigentes e entre situações e salas. As medições demonstraram altos índices de tempo de reverberação e de nível médio de intensidade sonora equivalente nas salas, influenciando na inteligibilidade da fala

e conseqüentemente, no processo de ensino aprendido dos alunos. A pesquisa indica problemas de desempenho acústico para as salas de aulas faladas em sua condição original, mas sugere formas de se obter uma melhora significativa na qualidade do som recebido pelos discentes, através da diminuição dos índices de tempo de reverberação e níveis de intensidade sonoros, com a aplicação de materiais acústicos de alta performance e design arrojado.

Palavras-chave: Tempo de reverberação; Inteligibilidade; Acústica de salas de aula; Materiais acústicos; Design acústico.

1. INTRODUÇÃO

A acústica é uma preocupação que se vê presente desde a antiguidade, e ao se projetar teatros, cinemas e auditórios. Apesar dos avanços tecnológicos, o homem continua como principal agente na geração da contaminação ruidosa, seja pela necessidade de máquinas e equipamentos, ou simplesmente por aspectos culturais e desinformação. As conseqüências negativas do ruído para o ser humano, sob o ponto de vista patológico ou psicoemocional estão comprovadas cientificamente.

Estudos relacionados aos problemas decorrentes de ruídos, inteligibilidade da fala e tempo de reverberação em salas de aula têm aumentado consideravelmente e são temas atual-mente muito discutidos devido aos danos à saúde e ao processo de aprendizagem, causados pelas más condições acústicas como: perda de concentração, perda do conteúdo lecionado e irritabilidade por parte de alunos, enquanto por parte dos professores, observa-se prejuízos físicos, emocionais, cansaço e esforço vocal além do natural, assim, além da saúde, são muitas as interferências negativas nas atividades de ensino-aprendizagem.

A comunicação oral é um instrumento primordial para se transmitir mensagens faladas de conhecimento aos alunos e, para que ela seja compreendida, é necessário que o aprendizado aconteça em ambientes acusticamente favoráveis, mas infelizmente, essa não é uma realidade na maioria das instituições brasileiras. Interferências

negativas como os ruídos externos e internos, acabam competindo com a voz do professor, resultando em esforço excessivo para aumento do volume da voz. Tempos de reverberação altos nos espaços de salas de aula comprometem a inteligibilidade da fala e, conseqüentemente, as atividades escolares.

2. METODOLOGIA

2.1. Pesquisa bibliográfica

Será desenvolvido uma pesquisa aplicada e quantitativa, de cunho bibliográfico, com o objetivo de trazer conhecimentos para a análise e aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos com o uso de recursos e técnicas de pesquisa, a partir de estudos e pesquisas anteriores.

Os mecanismos que serão utilizados para a coleta de dados referentes à revisão bibliográfica consistem em pesquisas em fontes secundárias consultadas em: livros, dissertações, teses, artigos e bibliotecas universitárias.

2.2. Escolha das salas de interesse a serem avaliadas

Será avaliado o desempenho acústico de duas diferentes salas de aula em dimensão, quantidade de alunos e proximidade com fontes de ruído, como a sala próxima a quadra poliesportiva. Serão selecionadas salas do curso de Arquitetura e Urbanismo para viabilizar as medições durante as aulas dos pesquisadores.

2.3. Análise dos sistemas construtivos empregados

Os sistemas construtivos serão analisados como forma de determinar o desempenho acústico das salas. Será realizada a elaboração de tabelas como o exemplo abaixo, com a indicação dos materiais e sua quantificação em cada superfície da sala estudada, além de materiais de mobiliários que sejam importantes para os cálculos acústicos.

Quadro 01: Modelo de quadro para levantamento de materiais construtivos das salas de aula.

SALA X - BLOCO Y	Material 01	Qt	Material 02	Qt
Superfície A	Descrição dos materiais empregados	x,xx m ²		
Superfície B				

Fonte: Produzido pelos autores.

2.4. Análise da inteligibilidade da fala

Através de análises dos dados obtidos em medições com o cruzamento dos tempos de reverberação obtidos e dos ruídos perceptíveis, serão feitas análises subjetivas da inteligibilidade das salas de aula analisadas.

2.5. Análise do desempenho acústico das salas

As salas selecionadas serão submetidas aos ensaios de desempenho acústico conforme prescreve e determina a NBR 15.575 (ABNT, 2013), a partir da utilização de equipamentos adequados para as medições de tempo de reverberação, ruído de fundo, coeficiente de absorção sonora das superfícies, distâncias entre orador e ouvinte, volume do espaço das salas de aula para análise de tempo de reverberação x inteligibilidade da fala e seus efeitos no stress acústico dos usuários.

2.6. Aplicação de materiais alternativos ou de mercado para novas medições

Serão aplicados materiais alternativos e de mercado em algumas faces das salas para avaliação e então serão feitas novas medições para comparação da melhora no desempenho acústico das salas com material em relação às salas em sua condição original.

2.7. Análise dos resultados obtidos

Os resultados encontrados serão analisados por meio de tratamento comparativo dos dados obtidos.

3. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Com base nos estudos realizados para avaliar o nível do desempenho acústico das salas de aula das Faculdades Integradas Einstein Limeira – FIEL, foi comprovado através de levantamentos e análises, que as salas estudadas em questão estão em desconformidade segundo a norma NBR 10.152 (ABNT, 1987), que regulamenta níveis de ruído para conforto acústico, onde estabelece os níveis máximos de ruído para os diversos ambientes de uma escola. Os índices aceitáveis variam de 35 a 55 dB, de acordo com o ambiente que for analisado, sendo que, especificamente para salas de aula, esses índices devem estar entre 40 a 50 dB.

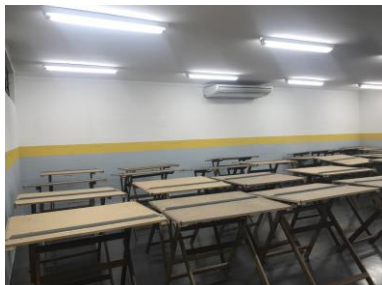
São diversos os fatores que interferem diretamente na acústica das salas de aula, dentre eles, podemos considerar ruídos de fundo, formato, dimensão e os métodos físico-construtivos. Foram selecionadas para análise duas diferentes salas de aula (07 do bloco F e 11 do bloco E) em dimensão, quantidade de alunos e proximidade com fontes de ruído, sendo uma mais próxima da quadra poliesportiva e a outra mais próxima de uma rua movimentada.

Em ambos os casos, as salas de aula foram analisadas em três situações: primeiro em sua condição original - sem material aplicado, segundo com aplicação de painéis de material acústico cedidos por uma empresa especializada e terceiro com aplicação de painéis de caixas de ovos confeccionados pelos autores. Os painéis foram colocados em cada uma das salas nos mesmos lugares e com as dimensões quase idênticas, para efeitos de comparação. Em cada situação e para cada sala, as medições aconteceram em dois dias e em cinco horários diferentes de cada dia: 18:00h, 19:00h, 20:00h, 21:00h e 22:00h, sendo que as aulas se iniciam às 19:00h e finalizam às 22:30h, e foram realizadas conforme condição habitual, com as janelas abertas e portas fechadas. Sendo que no horário das 18:00h, as salas estavam vazias, sofrendo apenas a interferência dos ruídos externos.

3.1. Imagens da sala 07 bloco F nas três situações pesquisadas

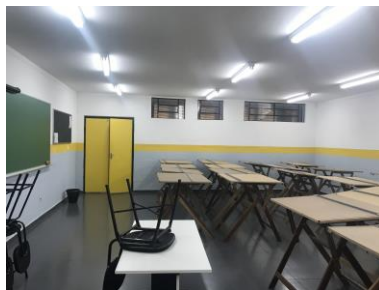
As imagens abaixo foram tiradas em todas as etapas de análise da sala 07 F:

Foto 01: Sala em sua condição original - sem material aplicado



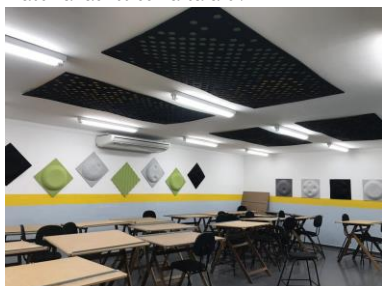
Fonte: os autores

Foto 02: Sala em sua condição original - sem material aplicado



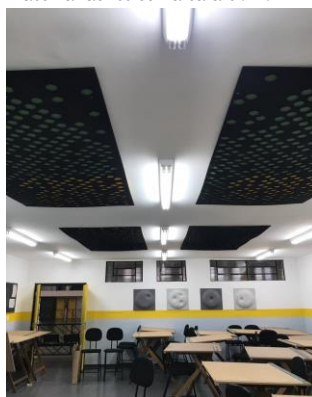
Fonte: os autores

Foto 03: Sala com aplicação de painéis de material acústico na sala 07/F



Fonte: os autores

Foto 04: Sala com aplicação de painéis de material acústico na sala 07/F.



Fonte: os autores.

Foto 05: Sala com aplicação de painéis de caixas de ovos na sala 07/F.



Fonte: os autores

Foto 21: Sala durante a aplicação de painéis de caixas de ovos na sala 07/F.

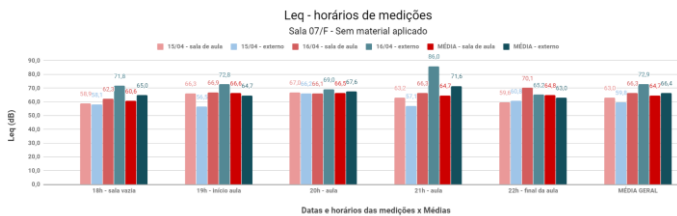


Fonte: os autores.

3.2. Análise do nível de pressão sonora equivalente nas três situações - Sala 07 F

Os gráficos abaixo demonstram comparativos dos índices de nível de pressão sonora equivalente em decibéis medidos na sala 07/F, a qual recebe os ruídos provenientes da quadra poliesportiva.

Gráfico 01 - Níveis de pressão sonora equivalente (Leq) obtidos sobre datas e horários de medições, com a sala 07 F em sua condição original - sem material aplicado.



Fonte: os autores.

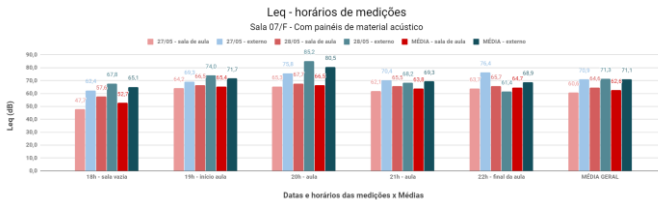
O gráfico 01 aponta os resultados obtidos através das medições dos níveis de pressão sonora equivalente realizadas no dia 15/04/2019 e 16/04/2019 com a sala em sua condição original – sem material aplicado.

Em um comparativo com a média da sala e a média dos ruídos de fundo, é possível observar que as 18:00 horas, quando a sala está vazia, o índice Leq médio interno da sala é de 60,6 dB(A), enquanto o índice médio externo chega a 65,0 dB(A). As 19:00 horas, no início da aula, quando os alunos estão chegando na sala de aula e se acomodando, esses números atingem 66,6 dB(A), crescendo 6,0 dB(A) em função dos alunos presentes, enquanto os ruídos externos sofrem uma pequena redução, se mantendo próximo ao anterior, ficando a 64,7 dB(A). As 20:00 horas, quando está a aula em andamento, os índices são de 66,5 dB(A) e para os ruídos externos 67,6 dB(A), que mostra um aumento do nível externo em relação ao horário anterior à aula. As 21:00 horas, quando ainda há atividades na sala, esses números variam de 64,7 dB(A) média do ambiente interno e 71,6 dB(A) média do ambiente externo, respectivamente, mostrando um aumento expressivo do ruído na área externa, mas que não interfere necessariamente no interno que se mantém. E ao final da aula, às 22:00, quando os alunos começam a ir embora, os níveis de pressão sonora atingem 64,8 dB(A) interno e 63,0 dB(A) externo, mostrando uma redução nos índices, uma vez que as aulas estão terminando e muitos alunos acabam saindo mais cedo, principalmente das atividades da quadra.

Conforme o gráfico 01, os ruídos de fundo, resultantes da quadra de esportes, interferem de alguma forma na acústica da sala, de acordo com os elevados níveis de pressão sonora equivalente (Leq) externo, como foi possível observar no dia 16/04, às 21:00 horas, em que atingiu 86 dB(A), quando estavam acontecendo atividades de educação física. Nos outros dias e horários, esses números variaram de 56,5 dB(A) a 72,8 dB(A). Assim, os níveis da sala de aula também demonstraram estar bastante elevados, variando de 58,9 dB(A) a 70,1 dB(A), números muito próximos aos do ruído de fundo. Isso indica que o isolamento acústico da sala não é satisfatório, ainda com as janelas e portas fechadas, e que o professor e os alunos tiveram que falar mais alto para compensar os barulhos oriundos da quadra, ajudando a elevar os níveis sonoros. Em um comparativo geral da média dos níveis de Leq, os ruídos externos são mais elevados que das salas de aula, porém, os valores se aproximaram, com média de 66,4 dB para os ruídos externos e 64,7 dB para as salas de aula. A comparação do

gráfico entre os dias 15/04 e 16/04 mostram que os ruídos do dia 16/04 são muito maiores, por conta das atividades na quadra, e que isto influencia em um aumento das médias dos níveis da sala no mesmo dia. Porém, a média geral mostrada no gráfico mostra que os índices da área externa no dia 15/04 estavam mais baixos que da sala de aula, mostrando que o principal ruído ainda é proveniente dos alunos em sala, mais do que da quadra. A quadra, porém, ajuda a aumentar os índices sonoros da sala, uma vez que há baixo isolamento e que os alunos e professores acabam falando mais alto para compensar o ruído de fundo proveniente da mesma.

Gráfico 02 - Níveis de pressão sonora equivalente (Leq) obtidos sobre datas e horários de medições, com painéis de material acústico aplicados na sala 07 F.



Fonte: os autores.

O gráfico 02 aponta os resultados obtidos através das medições dos níveis de pressão sonora equivalente realizadas no dia 27/05/2019 e 28/05/2019 com painéis de material acústico aplicados na sala.

Em um comparativo com a média da sala e a média dos ruídos de fundo, é possível observar que as 18:00 horas, quando a sala está vazia, o índice é de 52,4 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 65,1 dB(A). As 19:00 horas, no início da aula, quando os alunos estão chegando na sala de aula e se acomodando, esses números atingem 65,4 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 71,7 dB(A). As 20:00 horas, quando está acontecendo a aula, os índices são de 66,5 dB(A) e para os ruídos externos 80,5 dB(A). As 21:00 horas, quando ainda há atividades na sala, esses números variam de 63,8 dB(A) e 69,3 dB(A), respectivamente. E ao final da aula, quando os alunos estão indo embora, os níveis de pressão sonora são de 64,7 dB(A) e 68,9 dB(A), respectivamente.

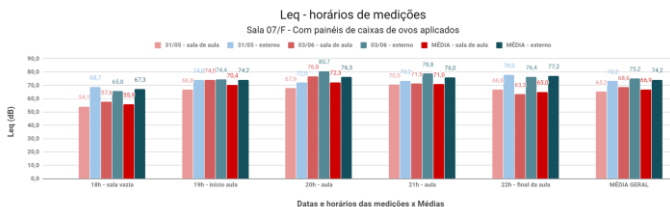
O gráfico 02 também mostra que a sala sofre grandes interferências dos ruídos de fundo, através dos elevados níveis de

pressão sonora equivalente (Leq) externos, que atinge no dia 28/05 às 20:00 horas o nível máximo de 85,2 dB(A). E variando nos outros dias e horários entre 62,4 dB(A) a 75,8 dB(A), ou seja, os ruídos da área externa estavam ainda mais elevados do que na situação anterior analisada, na sala em situação original, sem material aplicado.

Porém, conforme é possível observar no gráfico, houve uma melhora significativa nos índices das salas de aula, que variaram de 47,7 dB(A) a 67,7 dB(A). Isso indica que a aplicação dos painéis de material acústico interferiu na acústica da sala, promovendo absorção dos ruídos internos e minimizando os efeitos das reflexões internas, proporcionando qualidade acústica aos alunos e professores. O que mostra mais uma vez, que os ruídos dos alunos internos à sala de aula ainda são mais expressivos e prejudiciais do que os externos. Em um comparativo geral da média dos níveis de Leq, os ruídos externos continuam sendo mais elevados que das salas de aula, porém, houve uma notável diferença entre esses os valores, com média de 71,1 dB(A) para os ruídos de fundo e 62,6 dB(A) para as salas de aula.

Nesta situação de análise, não houve grande diferença entre os dias de medição, ambos apresentaram altos índices na área externa, que acabam por influenciar a área interna.

Gráfico 03 - Níveis de pressão sonora equivalente (Leq) obtidos sobre datas e horários de medições, com caixas de ovos aplicados na sala 07 F.



Fonte: os autores.

O gráfico 03 aponta os resultados obtidos através das medições dos níveis de pressão sonora equivalente realizadas no dia 31/05/2019 e 03/06/2019 com painéis de caixas de ovos aplicados na sala.

Em um comparativo com a média da sala e a média dos ruídos de fundo, é possível observar que as 18:00 horas, quando a sala está vazia, o índice é de 55,9 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 67,3 dB(A). As 19:00 horas, no início da aula, quando os

alunos estão chegando na sala de aula e se acomodando, esses números atingem 70,4 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 74,2 dB(A). As 20:00 horas, quando está acontecendo a aula, os índices da sala são de 72,3 dB(A) e para os ruídos externos 76,3 dB(A). As 21:00 horas, quando ainda há atividades na sala, esses números variam de 71,0 dB(A) e 76,0 dB(A), respectivamente. E ao final da aula, quando os alunos estão indo embora, os níveis de pressão sonora são de 65,0 dB(A) e 77,2 dB(A), respectivamente.

O gráfico 03 reitera que os ruídos de fundo provenientes da quadra poliesportiva interferem diretamente na acústica da sala de aula, através dos elevados níveis de pressão sonora equivalente (Leq) externo, atingindo no dia 03/06 às 20:00 horas o nível máximo de 80,7 decibéis. E variando nos outros dias e horários entre 65,8 dB a 78,0 dB, ou seja, os ruídos de fundo estavam elevados.

No entanto, os níveis da sala de aula também demonstraram estar elevados, semelhante ao gráfico 01, variando de 54,1 dB a 76,8 dB, números que se aproximam com os do ruído de fundo, confirmando que o isolamento acústico da sala não é satisfatório e que o professor e os alunos tiveram que falar mais alto para compensar os barulhos oriundos da quadra e ainda que, os painéis de caixa de ovo não funcionam como absorvedores de som suficientes para a melhora dos índices de pressão sonora equivalente. Em um comparativo geral da média dos níveis de Leq, os ruídos externos continuam sendo mais elevados que das salas de aula, porém, os valores se aproximaram, com média de 74,2 dB para os ruídos de fundo e 66,9 dB para as salas de aula, mostrando como a sala de aula é ruidosa e acusticamente inadequada para aulas.

3.3. Comparação da análise do nível de pressão sonora equivalente nas três situações com a Norma - Sala 07 F

Os dados dos três gráficos analisados comprovam que os índices de ruídos externos, decorrente das atividades de educação física, são bastante elevados, inclusive antes do início da aula, conforme as medições feitas as 18:00 horas com a sala vazia em comparação com os índices do Leq na área externa. Isso explica o aumento dos altos níveis de pressão sonora equivalente (Leq) durante a aula falada, em que os usuários precisam elevar a voz para compensar os barulhos externos.

As janelas voltadas para a quadra são um fator também contribuinte no aumento do ruído de fundo e justificam o isolamento da sala não ser satisfatório, assim, o isolamento sonoro é primordial para limitar a transmissão de ruídos entre espaços destinados a aprendizagem e espaços destinados a atividades ruidosas.

A diferença entre o nível de intensidade sonora da fala e o ruído da sala é responsável pela inteligibilidade das palavras em sala de aula. Quanto maior esta diferença, melhor a compreensão do aluno e menor a necessidade de elevar o tom de voz ao falar. Ao comparar as três situações, levando em consideração o nível de pressão sonora equivalente (Leq) geral médio: a sala em sua condição original atinge 64,7 dB(A) e 66,4 dB(A) externo, com aplicação de material acústico: 62,6 dB(A) interno e 71,1 dB(A) externo, com aplicação de caixas de ovos: 66,9 dB(A) interno e 74,2 dB(A) externo, portanto, o gráfico que representa uma melhora significativa no conforto acústico da sala e menor nível de intensidade sonora médio equivalente é o dos painéis acústicos, com 62,6 dB(A). Considerando que a média da intensidade da voz humana é 65 dB(A), já existente uma diferença negativa entre o ruído de fundo e a voz do(a) professor(a). Nesta situação há grande diferença entre o índice encontrado para a sala de aula e os ruídos externos de 71,1 dB(A), melhorando, ainda que pouco, a situação acústica.

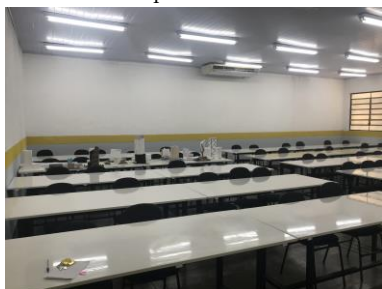
A NBR 10.152/1987 estabelece no máximo 50 dB para ruído de fundo das salas de aulas, os índices encontrados com aulas faladas nas três situações, estavam acima do recomendado. No entanto, o valor que mais se aproximou com a sala em sua condição original – sem material aplicado, foi no dia 15/04/2019, as 18:00 horas com a sala vazia, atingindo 58,9 dB(A). Com os painéis de material acústico, o valor mais próximo do recomendado também foi com a sala vazia, no dia 27/05/2019, as 18:00 horas, atingindo 47,7 dB(A). E com os painéis de caixas de ovos, o menor índice encontrado foi no dia 31/05/2019 as 18:00 horas, novamente com a sala vazia, atingindo 54,1 dB(A). Portanto, o nível de pressão sonora equivalente da sala analisada em questão só chega próximo do recomendado quando a sala está vazia e sem atividades, além de não haver atividades na quadra, fundamental para a melhora acústica. No entanto, o gráfico 02, com aplicação de material acústico, apresenta melhor desempenho acústico nos

horários de aula, atingindo o menor nível de pressão sonora equivalente de 62,1 dB(A), ainda longe do indicado pela norma, o que indica que a melhor situação acústica para esta sala seria com material acústico absorvedor aplicado, sem alunos na quadra externa e com os alunos dentro da sala de aula em silêncio.

3.4. Imagens da sala 11 bloco E nas três situações pesquisadas

As imagens abaixo foram tiradas em todas as etapas de análise da sala 11 E

Foto 07: Sala em sua condição original - sem material aplicado na sala 11/E.



Fonte: os autores

Foto 08: Sala em sua condição original - sem material aplicado na sala 11/E.



Fonte: os autores.

Foto 09: Sala com aplicação de painéis de material acústico na sala 11/E.



Fonte: os autores

Foto 10: Sala com aplicação de painéis de material acústico na sala 11/E.



Fonte: os autores.

Foto 11: Sala com aplicação de caixas de ovos na sala 11/E.



Fonte: os autores

Foto 12: Sala com aplicação de caixas de ovos aplicado na sala 11/E..

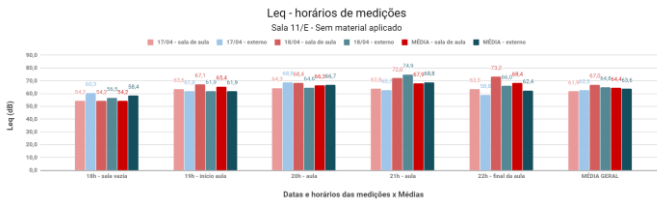


Fonte: os autores.

3.5. Análise do nível de pressão sonora equivalente nas três situações - Sala 11 E.

Os gráficos abaixo mostram os índices em decibéis medidos na sala 11 E, a qual recebe os ruídos de fundo provenientes da quadra poliesportiva.

Gráfico 04 - Níveis de pressão sonora equivalente (Leq) obtidos sobre datas e horários de medições, com a sala 11 E em sua condição original - sem material aplicado.



Fonte: os autores

O gráfico 04 aponta os resultados obtidos através das medições dos níveis de pressão sonora equivalente realizadas no dia 17/04/2019 e 18/04/2019 com a sala em sua condição original – sem material aplicado.

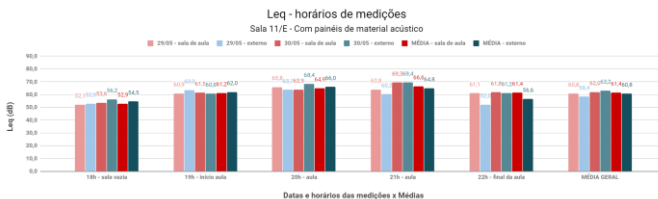
Em um comparativo com a média da sala e a média dos ruídos de fundo, é possível observar que as 18:00 horas, quando a sala está vazia, o índice é de 54,2 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 58,4 dB(A). As 19:00 horas, no início da aula, quando os alunos estão chegando na sala de aula e se acomodando, esses

números atingem 65,4 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 61,9 dB(A). As 20:00 horas, quando está acontecendo a aula, os índices são de 66,3 dB(A) e para os ruídos externos 66,7 dB(A). As 21:00 horas, quando ainda há atividades na sala, esses números variam de 67,9 dB(A) e 68,8 dB(A), respectivamente. E ao final da aula, quando os alunos estão indo embora, os níveis de pressão sonora são de 68,4 dB(A) e 62,4 dB(A), respectivamente.

Traçando um paralelo entre a média do ruído interno das salas, com o ruído externo, nota-se que o ruído interno apresenta uma progressão contínua, sendo as 18:00 horas, a sala vazia, menos ruidosa com 54,2 dB(A) e as 22:00 horas, horário de saída dos alunos, mais ruidosa com 68,4 dB. Já os ruídos externos obtiveram aumento contínuo até as 21:00 horas, com o ápice de 68,8 dB(A), entretanto apresentando um decréscimo as 22:00 horas, para 62,4 dB(A). Nesta medição a sala vazia, com 54,2 dB(A), foi a que mais se aproximou do nível de pressão sonora equivalente recomendável, que segundo a ABNT 10151 (NBR, 2000), é de 50dB(A).

Conforme os gráficos, o ruído de fundo, oriundo das salas vizinhas, corredores e do tráfego de veículos externos, está tão alto quanto o ruído interno, e eles oscilam de forma muito parecida, e o nível de intensidade sonora interna se manteve como o de uma sala de aula com conversas paralelas. É provável que a medição do ambiente externo seja uma consequência do ruído das 3 salas que estão juntas e se voltam para este corredor, uma vez que há poucos alunos neste ambiente durante a aula. Porém, foi observado que é possível ouvir os professores das outras salas quando há silêncio dos alunos, o que mostra que as salas têm baixo índice de isolamento e que os ruídos das salas interferem no ruído de fundo umas das outras.

Gráfico 05 - Níveis de pressão sonora equivalente (Leq) obtidos sobre datas e horários de medições, com painéis de material acústico aplicados na sala 11 E.



Fonte: os autores

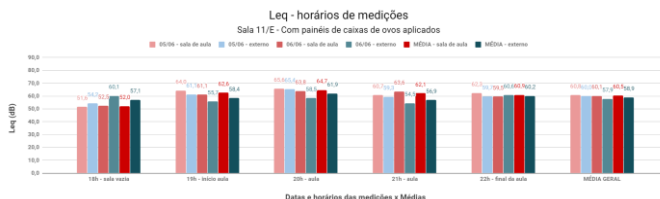
O gráfico 05 aponta os resultados obtidos através das medições dos níveis de pressão sonora equivalente realizadas no dia 29/05/2019 e 30/05/2019 com painéis de material acústico aplicados na sala.

Em um comparativo com a média da sala e a média dos ruídos de fundo, é possível observar que as 18:00 horas, quando a sala está vazia, o índice é de 52,9 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 54,5 dB(A). As 19:00 horas, no início da aula, quando os alunos estão chegando na sala de aula e se acomodando, esses números atingem 61,2 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 62,0 dB(A). As 20:00 horas, quando está acontecendo a aula, os índices são de 64,9 dB(A) e para os ruídos externos 66,0 dB(A). As 21:00 horas, quando ainda há atividades na sala, esses números variam de 66,6 dB(A) e 64,8 dB(A), respectivamente. E ao final da aula, quando os alunos estão indo embora, os níveis de pressão sonora são de 61,4 dB(A) e 56,6 dB(A), respectivamente.

Em um comparativo com a média da sala e a média dos ruídos de fundo, é possível observar que ambos os índices obtiveram crescimento até as 21:00 horas e conseqüentemente houve um decréscimo às 22:00 horas, possivelmente devido a saída dos alunos, que geralmente ocorre neste horário. Então o menor ruído apresentado que mais se aproxima da norma ABNT 10151 (ABNT,2000) que estipula 50 dB, é com a sala vazia de 52,9 dB.

De acordo com o gráfico, o ruído externo está com medidas proporcionais aos ruídos internos, ainda assim são valores altos para salas de aulas, entretanto foi visto uma melhora nos índices em comparação com a sala sem material aplicado. Haja visto, para uma absorção sonora ainda mais eficiente o recomendável seria aplicação de mais painéis acústicos de forma a promover uma maior absorção dos ruídos das vozes dos alunos que são a causa maior do ruído de fundo da aula.

Gráfico 06 - Níveis de pressão sonora equivalente (Leq) obtidos sobre datas e horários de medições, com caixas de ovos aplicadas na sala 11 E.



Fonte: os autores

O gráfico 06 aponta os resultados obtidos através das medições dos níveis de pressão sonora equivalente realizadas no dia 05/06/2019 e 06/06/2019 com painéis de caixas de ovos aplicados na sala.

Em um comparativo com a média da sala e a média dos ruídos externos, é possível observar que as 18:00 horas, quando a sala está vazia, o índice é de 52,0 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 57,1 dB(A). As 19:00 horas, no início da aula, quando os alunos estão chegando na sala de aula e se acomodando, esses números atingem 62,6 dB(A), enquanto que os ruídos externos chegam a 58,4 dB(A). As 20:00 horas, quando está acontecendo a aula, os índices são de 64,7 dB(A) e para os ruídos externos 61,9 dB(A). As 21:00 horas, quando ainda há atividades na sala, esses números variam de 62,1 dB(A) e 56,9 dB(A), respectivamente. E ao final da aula, quando os alunos estão indo embora, os níveis de pressão sonora são de 60,9 dB(A) e 60,2 dB(A), respectivamente.

Em um comparativo com a média da sala e a média dos ruídos externos, é possível observar que até as 20:00 horas há um crescimento contínuo dos ruídos, chegando aos valores de 64,7 dB(A) e 61,9 dB(A), respectivamente ruídos internos e externos, às 21:00 horas houve um decréscimo, interno atingiu nível sonoro de 62,1 dB(A) e externo de 56,9 dB(A) e por fim, às 22:00 horas enquanto o ruído interno seguiu o decréscimo, até 60,9 dB, o ruído externo obteve um novo acréscimo para 60,2 dB. Portanto assim como nas outras medições a sala vazia, com 52 dB(A), obteve o valor de nível de pressão sonora equivalente mais próximo ao recomendável pela norma ABNT 10151/2000 de 50 dB.

Conforme este gráfico, percebe-se que os ruídos internos são superiores os externos, provavelmente porque uma parte do som é

refletido em várias direções pela forma das caixas de ovos, apesar de ser apenas para altas frequências e ondas com comprimento muito pequeno. O baixo ruído externo é explicado pelo fato de ser um corredor entre salas e que não é frequentado pelos alunos, diferente da situação da quadra na outra sala.

3.6. Comparação da análise do nível de pressão sonora equivalente nas três situações com a Norma - Sala 11 E

As medições acústicas seguiram um padrão, ocorrendo em dois dias distintos por sala e em três contextos diferentes, sendo eles: Sem aplicação de nenhum material, ou seja, a sala em sua condicionante natural; com a utilização de um material acústico, que possui dentre suas características a absorção sonora; e por fim, com aplicação de painéis compostos de caixas de ovos.

Partindo da premissa, que as aulas na instituição se iniciam às 18:00 horas, o nível de intensidade sonora dentro das salas nas três situações é menor, pois as medições neste horário foram feitas com as salas vazias e em um bloco isolado, onde ficam poucos alunos antes da aula. Além disso, através das medições constatamos que o ruído externo não é constante e inclusive em muitos horários foi menor que o ruído interno das salas, tendo valores significativos apenas quando há um trânsito maior de alunos no corredor analisado.

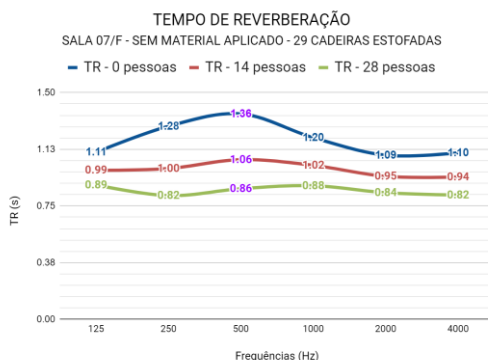
A partir dessas medições, constatamos que na sala de aula 11 E, os melhores índices acústicos foram com as caixas de ovos, contrariando a expectativa, entretanto, acreditamos que essa resposta se deve a frequência de alunos presentes nas aulas que era bem menor que nas medições anteriores com materiais acústicos, por conta de ser o período de entregas finais do semestre. Portanto, conclui-se que de fato as salas de aulas em suas condições normais é mais ruidosa e se os materiais fossem empregados e analisado com os mesmos números de alunos, o material acústico iria fornecer resultados ainda mais satisfatórios, visto que, foi notável a melhora das aulas, possibilitadas pelo conforto que o mesmo forneceu e a redução da necessidade de aumentar o tom de voz durante as conversas paralelas, recorrentes no âmbito escolar.

3.7 Análise do tempo de reverberação e comparação com a norma

Foram calculados o tempo de reverberação das salas analisadas, 07/F e 11/E, para as três situações: Em sua condição original – sem material aplicado, com aplicação de painéis de material acústico e painéis de caixas de ovos, através da fórmula de Sabine, levando em consideração, os coeficientes de absorção acústico dos materiais físico-construtivos das paredes, piso e teto, e também dos mobiliários instalados no interior da sala, para as frequências sonoras de 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1.000 Hz, 2.000 Hz e 4.000 Hz.

Os gráficos abaixo mostram o tempo de reverberação resultante da análise da sala 07/F com 0 pessoas, 14 pessoas e 28 pessoas, nas três situações.

Gráfico 07 - Resultados obtidos através do cálculo do tempo de reverberação pelas frequências, com a sala 07 F em sua condição original - sem material aplicado, para 0 pessoas, 14, pessoas e 28 pessoas.



Fonte: os autores

O gráfico 07 apresenta o tempo de reverberação calculado através da fórmula de Sabine em seis frequências com a sala em sua condição original.

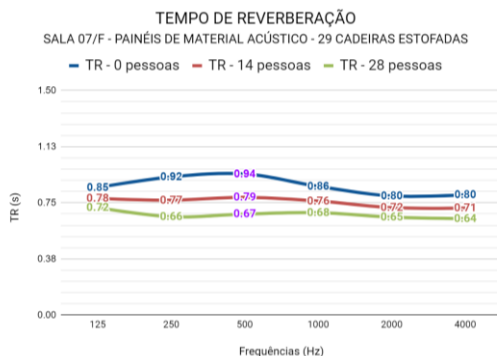
O TR calculado com a sala vazia, portanto, com as 29 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 1.11 s; 250 Hz, o número aumenta até 1.28 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.6 s; 1.000 Hz o tempo começa a decair para 1.20 s; 2.000 Hz, passa para 1.09 s e em 4.000 Hz, o valor é de 1.10 s.

Enquanto que o TR calculado com a sala para 14 pessoas, portanto, com 15 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 0.99 s; 250 Hz, o número aumenta até 1.00 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.06 s; 1.000 Hz o tempo começa a decair para 1.02 s; 2.000 Hz, passa para 0.95 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.94 s.

Já para 28 pessoas, com 1 cadeira estofada vazia, o TR calculado na frequência de 125 Hz foi de de 0.89 s; 250 Hz, o número decaí para 0.82 s; 500 Hz, atinge o valor de 0.86 s; 1.000 Hz apresenta um valor de 0.88 s; 2.000 Hz, passa para 0.84 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.82 s.

Segundo a Norma ANSI S12.60/2002, o tempo ideal para as salas de aula é de até 0,6 segundos na frequência de 500 Hz. Comparando a sala em sua condição original nas três situações, o valor que mais se aproxima dentro destas condições é 0.86 segundos com a sala cheia, devido ao fato dos alunos serem grandes absorvedores de som.

Gráfico 08 - Resultados obtidos através do cálculo do tempo de reverberação pelas frequências, com painéis acústicos aplicados na sala 07 F, para 0 pessoas, 14, pessoas e 28 pessoas.



Fonte: os autores

O gráfico 08 apresenta o tempo de reverberação calculado através da fórmula de Sabine em determinadas frequências com aplicação de painéis de material acústico.

O TR calculado com a sala vazia, portanto, com as 29 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 0.85 s; 250 Hz, o número aumenta até 0.92 s; 500 Hz, atinge o valor de 0.94

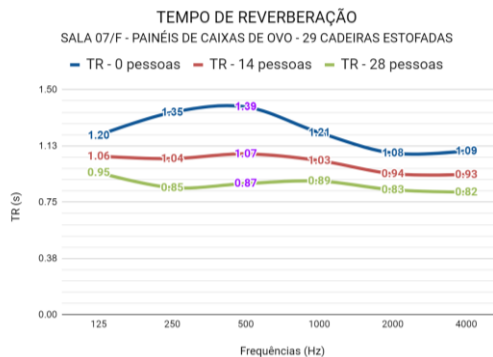
s; 1.000 Hz o tempo começa a decair para 0.86 s; 2.000 Hz, passa para 0.80 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.80 s.

Enquanto que o TR calculado com a sala para 14 pessoas, portanto, com 15 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 0.78 s; 250 Hz, o número decai para 0.77 s; 500 Hz, atinge o valor de 0.79 s; 1.000 Hz o tempo começa a decair para 0.76 s; 2.000 Hz, passa para 0.72 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.71 s.

Já para 28 pessoas, com 1 cadeira estofada vazia, o TR calculado na frequência de 125 Hz foi de de 0.72 s; 250 Hz, o número decai para 0.66 s; 500 Hz, atinge o valor de 0.67 s; 1.000 Hz apresenta um valor de 0.68 s; 2.000 Hz, passa para 0.65 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.64 s.

Segundo a Norma ANSI S12.60/2002, o tempo ideal para as salas de aula é de até 0,6 segundos na frequência de 500 Hz. Comparando a sala em sua condição original nas três situações, o valor que mais se aproxima dentro destas condições é 0.67 segundos com a sala cheia, devido ao fato dos alunos serem grandes absorvedores sonoros.

Gráfico 09 - Resultados obtidos através do cálculo do tempo de reverberação pelas frequências, com caixas de ovos aplicados na sala 07 F, para 0 pessoas, 14, pessoas e 28 pessoas.



Fonte: os autores

O gráfico 09 apresenta o tempo de reverberação calculado através da fórmula de Sabine em determinadas frequências com aplicação de painéis de caixas de ovos.

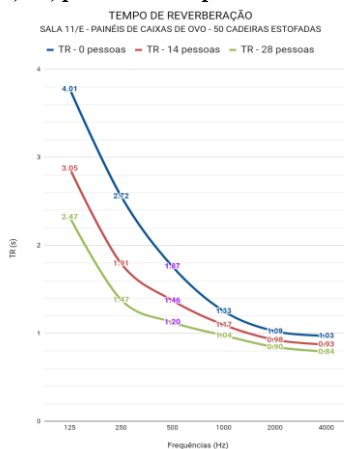
O TR calculado com a sala vazia, portanto, com as 29 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 1.20 s; 250 Hz, o número aumenta até 1.35 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.39 s; 1.000 Hz o tempo começa a decair para 1.21 s; 2.000 Hz, passa para 1.08 s e em 4.000 Hz, o valor é de 1.09 s.

Enquanto que o TR calculado com a sala para 14 pessoas, portanto, com 15 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 1.06 s; 250 Hz, o número decai para 1.04 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.07 s; 1.000 Hz o tempo começa a decair para 1.03 s; 2.000 Hz, passa para 0.94 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.93 s.

Já para 28 pessoas, com 1 cadeira estofada vazia, o TR calculado na frequência de 125 Hz foi de 0.95 s; 250 Hz, o número decai para 0.85 s; 500 Hz, atinge o valor de 0.87 s; 1.000 Hz apresenta um valor de 0.89 s; 2.000 Hz, passa para 0.83 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.82 s.

Segundo a Norma ANSI S12.60/2002, o tempo ideal para as salas de aula é de até 0,6 segundos na frequência de 500 Hz. Comparando a sala em sua condição original nas três situações, o valor que mais se aproxima dentro destas condições é 0.87 segundos com a sala cheia, devido ao fato dos alunos serem grandes absorvedores sonoros.

Gráfico 10 - Resultados obtidos através do cálculo do tempo de reverberação pelas frequências, com a sala 11 E em sua condição original - sem material aplicado, para 0 pessoas, 14, pessoas e 28 pessoas.



Fonte: os autores

O gráfico 10 apresenta o tempo de reverberação calculado através da fórmula de Sabine em seis frequências com a sala em sua condição original.

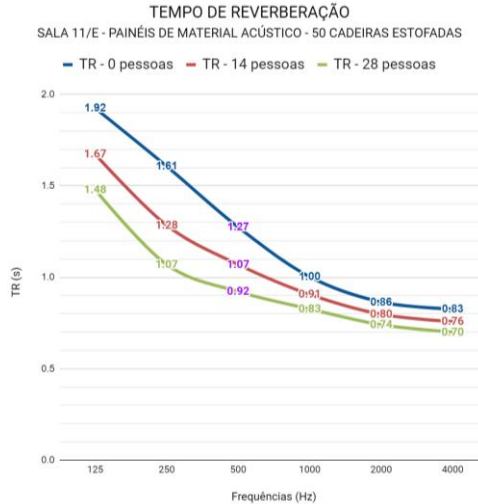
O TR calculado com a sala vazia, portanto, com as 29 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 4.01 s; 250 Hz, o número diminui até 2.72 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.87 s; 1.000 Hz o tempo continua decaindo para 1.33 s; 2.000 Hz, passa para 1.09 s e em 4.000 Hz, o valor é de 1.03s.

Enquanto que o TR calculado com a sala para 14 pessoas, portanto, com 15 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 3.05 s; 250 Hz, o número aumenta até 1.91 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.46 s; 1.000 Hz o tempo continua a decaindo para 1.76 s; 2.000 Hz, passa para 0.98 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.93 s.

Já para 28 pessoas, com 1 cadeira estofada vazia, o TR calculado na frequência de 125 Hz foi de 2.47 s; 250 Hz, o número decai para 1.47 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.20 s; 1.000 Hz apresenta um valor de 1.04 s; 2.000 Hz, passa para 0.90 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.84 s.

Segundo a Norma ANSI S12.60/2002, o tempo ideal para as salas de aula é de até 0,6 segundos na frequência de 500 Hz. Comparando a sala em sua condição original nas três situações, o valor que mais se aproxima dentro destas condições é 1.20 segundos com a sala cheia, mas bem mais alto do que o ideal, o que mostra que a sala tem materiais muito refletivos e ainda tem uma grande área de forro bastante refletente, o que prejudica a acústica da sala.

Gráfico 11 - Resultados obtidos através do cálculo do tempo de reverberação pelas frequências, com painéis acústicos aplicados na sala 07 F, para 0 pessoas, 14, pessoas e 28 pessoas.



Fonte: os autores

O gráfico 11 apresenta o tempo de reverberação calculado através da fórmula de Sabine em seis frequências com aplicação do material acústico na sala.

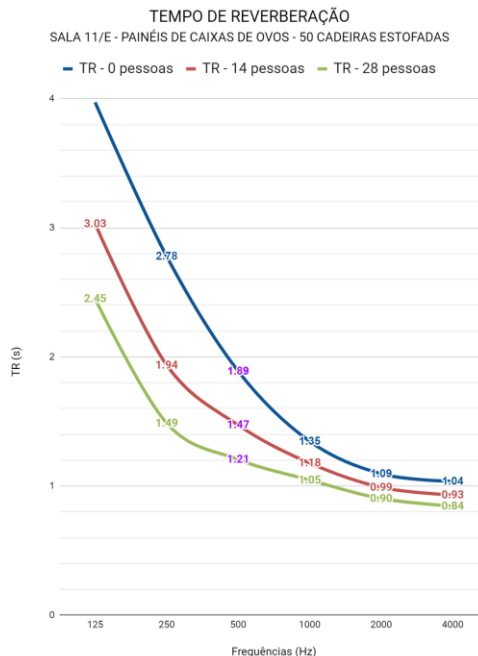
O TR calculado com a sala vazia, portanto, com as 29 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 1.92 s; 250 Hz, o número diminui até 1.61 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.27 s; 1.000 Hz o tempo continua decaindo para 1.00 s; 2.000 Hz, passa para 0.86 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.83s.

Enquanto que o TR calculado com a sala para 14 pessoas, portanto, com 15 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 1.67 s; 250 Hz, o número aumenta até 1.28 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.07 s; 1.000 Hz o tempo continua a decaindo para 0.91 s; 2.000 Hz, passa para 0.80 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.76 s.

Já para 28 pessoas, com 1 cadeira estofada vazia, o TR calculado na frequência de 125 Hz foi de 1.48 s; 250 Hz, o número decai para 1.07 s; 500 Hz, atinge o valor de 0.92 s; 1.000 Hz apresenta um valor de 0.83 s; 2.000 Hz, passa para 0.74 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.70 s.

Segundo a Norma ANSI S12.60/2002, o tempo ideal para as salas de aula é de até 0,6 segundos na frequência de 500 Hz. Comparando a sala em sua condição original nas três situações, o valor que mais se aproxima dentro destas condições é 0.92 segundos com a sala cheia, devido ao fato do material acústico aplicado ajudar a absorver grande parte do som e reduzir as reflexões indesejadas.

Gráfico 12 - Resultados obtidos através do cálculo do tempo de reverberação pelas frequências, com caixas de ovos aplicados na sala 07 F, para 0 pessoas, 14, pessoas e 28 pessoas.



Fonte: os autores

O gráfico 12 apresenta o tempo de reverberação calculado através da fórmula de Sabine em seis frequências com aplicação dos painéis compostos de caixas de ovos na sala.

O TR calculado com a sala vazia, portanto, com as 29 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 3.97 s; 250 Hz, o número diminui até 2.78 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.89

s; 1.000 Hz o tempo continua decaindo para 1.35 s; 2.000 Hz, passa para 1.09 s e em 4.000 Hz, o valor é de 1.04s.

Enquanto o TR calculado com a sala para 14 pessoas, portanto, com 15 cadeiras estofadas vazias, na frequência de 125 Hz apresenta um valor de 3.03 s; 250 Hz, o número aumenta até 1.94 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.47 s; 1.000 Hz o tempo continua a decaindo para 1.18 s; 2.000 Hz, passa para 0.99 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.93 s.

Já para 28 pessoas, com 1 cadeira estofada vazia, o TR calculado na frequência de 125 Hz foi de 2.45 s; 250 Hz, o número decai para 1.49 s; 500 Hz, atinge o valor de 1.21 s; 1.000 Hz apresenta um valor de 1.05 s; 2.000 Hz, passa para 0.90 s e em 4.000 Hz, o valor é de 0.84 s.

Segundo a Norma ANSI S12.60/2002, o tempo ideal para as salas de aula é de até 0,6 segundos na frequência de 500 Hz. Comparando a sala em sua condição original nas três situações, o valor que mais se aproxima dentro destas condições é 1.21 segundos com a sala cheia, devido ao fato dos alunos serem grandes absorvedores de som, mas ainda muito longe do esperado e muito acima da sala com material acústico aplicado, mostrando que os painéis de caixa de ovo absorvem muito pouco som. O valor ficou ainda acima da sala original, mostrando que a absorção do papelão utilizado para caixas de ovos é tão baixa quando do forro de PVC.

A partir das análises dos gráficos anteriores, percebe-se que em todas as situações o tempo de reverberação diminuiu conforme a frequência aumentou, seguindo um traçado retilíneo. Além disso, é notório que com a aplicação dos painéis acústicos o tempo de reverberação de 0.92 s foi o mais similar ao recomendável pela Norma ANSI S12.60/2002 que é de 0,60s na frequência indicada (500 Hz). A melhora do tempo de reverberação contribui de forma significativa para uma boa inteligibilidade da fala e para redução dos índices sonoros. Também se nota que os painéis compostos de caixas de ovos não afetaram o tempo de reverberação em comparativo a sala em condições normais, o que prova que o uso destes painéis como absorvedores, difusores ou isoladores de qualidade acústica é de fato um mito.

3.8. Análise do formato das salas segundo a revisão bibliográfica

O presente trabalho que buscou analisar as características acústicas de duas salas aulas de tamanhos distintos e localizadas em contextos espaciais não similares. Tendo isso em vista, esperava-se que a sala de dimensões maiores, 11/E, teria um desempenho acústico que dificultasse mais o aprendizado em relação à sala de dimensões menores, 07/F. Vale ressaltar que ambas as salas são retangulares.

Contudo a partir dos dados analisados concluiu-se que as salas obtiveram rendimento acústico similares, tanto sem a presença do material acústico quanto com a aplicação do material acústico, tendo diferença significativa apenas na aplicação das caixas de ovos, o qual a diferença de Leq - Nível de ruído contínuo equivalente médio geral, foi de 6,45 dB(A), sendo maior na sala 11 E.

Sobre o formato das salas não apresentarem diferenças no nível acústico, pode ser comprovada pelo ruído de fundo das salas, pois enquanto a sala de dimensões maiores, 11/E, possui como ruído externo predominante a rua com ruídos sonoros de carros e motos, a sala 7/F, fica localizada ao lado da quadra poliesportiva e abaixo da sala de aula de tatame da faculdade, com ruído de materiais esportivos e aulas barulhentas de educação física como ruídos sonoros predominantes.

A partir dos dados debatidos foi comprovado que apenas o formato das salas não interfere na acústica das mesmas, mas sim que deve-se analisar o contexto na qual estão inseridas.

É notório que as salas da Instituição não estimulam o aprendizado, entretanto com a instalação dos materiais a percepção estética sofreu alterações devido aos alunos e professores não estarem habituados com a implantação dos mesmos, ocasionando impressões divergentes de acordo com os materiais.

Os painéis acústicos geraram um impacto positivo, logo que foram implantados, pois contém na sua composição cores análogas como o amarelo e o verde, devido á isso o conforto visual propiciou uma sensação de acolhimento, pois além do material ser acústico ele possui um senso estético notável. A inteligibilidade da fala teve melhora significativa, sendo notada inclusive por professores que obtiveram aulas mais compreensíveis e motivadoras.

Não obstante, as caixas de ovos geraram uma percepção subjetiva antagônica, visto que além delas não possuem estrutura suficiente para ficarem posicionadas e instaladas de forma adequada, não possuíam uma padronização de cores, gerando uma sensação de estranhamento por parte tanto de alunos quanto de professores.

As salas têm volumes diferentes, e este sim é um indicativo de que há alteração na análise do tempo de reverberação das salas, sendo que a sala 07/F com volume menor e a mesma quantidade de material acústico aplicada do que na sala 11/E, apresentou índices de TR bem mais baixos que a outra sala que é maior. O fato se deve pela área de superfícies da sala 07/F serem menores e estarem cobertas com a mesma quantidade de material acústico, mas que acabam proporcionalmente cobrindo mais material refletivo na sala pequena do que na sala maior. Ou, seja, é indicado que a sala maior receba mais material acústico para que apresente melhores índices acústicos e, de preferência no teto, como na sala 07/F, superfície de maior área e com grande reflexão da voz dos alunos e professor.

4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir da presente pesquisa, que tanto os alunos, quanto os professores e até mesmo em algumas situações, a própria instituição, saem prejudicados de alguma forma, seja no processo ensino x aprendizado, ou na saúde tanto física quanto emocional dos ocupantes. Por muitas vezes, as condições em uma sala de aula pode parecer inofensiva, e não ser de muita relevância, mas muito pelo contrário, é nesse quesito que se encontram desreguladas as normas e índices dos quais necessitam as edificações para se construir salas acusticamente harmoniosas, em que os alunos consigam ter foco no professor e não prejudicar os colegas de sala com ruídos que às vezes podem acabar produzindo por elevar a voz para vencer os ruídos de fundo, e que dê condições para que o professor não acabe saindo prejudicado físico e emocionalmente, uma vez que muitas vezes lida com o barulho da sala de aula e precisa elevar a voz, ou passa por situações de stress em que precisa retomar o controle dos alunos que estão e comunicando em intensidade sonora muito elevada. Todo esse panorama é bastante prejudicial ao processo ensino x aprendizado.

Diversos estudos e pesquisas já foram realizadas ao longo do tempo para provar que existem interferências reais que prejudicam a forma em que o som é distribuído, e nossa pesquisa corrobora a ideia de que uma sala com materiais acústicos e com índices reduzidos de ruído de fundo seriam ideias para o processo de ensino.

São simples as formas com que podemos regular os tempos de reverberação necessários, e os índices de intensidade sonora, dependendo apenas de fatores como pensar melhor o projeto, as dimensões das salas, o material acústico aplicado, o isolamento entre exterior e interior. Materiais acústicos adequados para recuperar salas de aula podem ser encontrado no mercado e atualmente de diversas formas criativas e com design avançado e apelo estético, como apontado nesta pesquisa.

Várias empresas trabalham com o conforto tanto visual quanto acústico, sem precisar escolher entre um ou outro, agregando ao material acústico a beleza que ajuda a criar ambientes mais agradáveis, harmoniosos e que ainda trazem territorialidade para o espaço. Há também materiais que são utilizados atualmente no mercado com a função de isolar o ambiente acusticamente com sistemas de vedação em portas e janelas. O custo muitas vezes atrapalha e desincentiva a melhora dos ambientes, pois a falta de demanda destes materiais acabam fazendo com que as empresas tenham um custo maior. Isso poderia melhorar se as placas acústicas fossem mais facilmente encontradas no mercado e seu uso fosse incentivado de forma correta para cada função específica, principalmente nas áreas de ensino, como em escolas, creches e universidades.

O presente trabalho sugere melhorias e ajustes acústicos através de posicionamento das salas distantes das fontes de maior ruído e uso de materiais acústicos absorvedores nas salas para redução do tempo de reverberação e do nível de intensidade sonora nos ambientes de finalidade tão específica como aulas.

Contudo, de forma geral, as mudanças poderiam começar para que futuros alunos e professores tenham um ganho com as possibilidades de realocação e disposição das salas em relação à ambientes de maiores fontes de ruídos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. American National Standard. *ANSI S12.60: Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools*. Melville, 2002.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento*. Rio de Janeiro, 1999.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico*. Rio de Janeiro, 1987.
4. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 12179: Tratamento Acústico em recintos fechados*. Rio de Janeiro, 1992.
5. AMORIM, A. *Formas Geométricas e qualidade acústica de salas de aula: estudo de caso em Campinas*. São Paulo, 2007.
6. ANDRADE, J. M. F. M. *Caracterização do conforto acústico em escolas*. (Dissertação de mestrado). Porto, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
7. ANDRADE, M. M. *Como Preparar Trabalhos para Cursos de Pós-Graduação*. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.
8. ARAU, H. *ABC de la acústica arquitectonica*. Barcelona: CEAC, 1999.
9. ARAÚJO, F. C. R. S. *Inteligibilidade de fala em sala de aula e o ruído de tráfego urbano: Modelagem e inter-relações*. (Dissertação de mestrado). Belém, Universidade da Amazônia, 2009.
10. BISTAFA, S. R.; BRADLEY, J. S. *Reverberation time and maximum background-noise level for classroom from a comparative study of speech intelligibility metrics*. Journal of the Acoustical Society of America, 2000.
11. CARRION, Antoni. *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Edicions UPC, 1998.
12. CAVALCANTE, A., RODRIGUES M., RODRIGUES, E. M., PONTES, C., PONTES A. P. L.. *Novas tecnologias no estudo de ondas sonoras*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 2013.

13. DANOSO, J. P. *Som e Acústica. Segunda parte: natureza ondulatória do som*. São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.
14. FAURO, D.; ROCHA, B. da, PEREIRA, C. de O. Trabalho de Pesquisa UNIFRA. *A influência da forma no desempenho acústico dos ambientes*, Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), Santa Maria, RS, 2011.
15. FERNANDES, J. C. *Padronização das condições acústicas para salas de aula*. Bauru, Universidade Estadual Paulista, 2006.
16. FLOODY, S. *Optimización de forma em acústica arquitectónica*. Santiago de Chile, Chile, 2006.
17. LAZZARINI, Victor. *Elementos de Acústica. Music Department National University of Ireland, Maynooth*. Londrina, Universidade Estadual de Londrina, 1998.
18. LOSSO, M. A. F. *Qualidade acústica de edificações escolares em Santa Catarina: avaliação e elaboração de diretrizes para projeto e implantação*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
19. RABELO, A. T. V., SANTOS, J. N., OLIVEIRA, R. C., MAGALHÃES, M. C. *Efeito das características acústicas de salas de aula na inteligibilidade de fala dos estudantes*. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
20. RODRIGUES, C. M., *Avaliação Acústica de um Estúdio de Gravação Implantado numa edificação comercial*. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ, 2010.
21. SERVILHA, E. A. M., DELATTI, M. A. *Percepção de ruído em sala de aula por estudantes universitários e suas consequências sobre a qualidade do aprendizado*. Campinas, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, 2013.
22. SEEP, B.; HULCE, E., LINN, M.; WHO, P.A. *Classroom Acoustics I: a resource for creating learning environment with desired listening conditions*. Melville, NY, USA, 2000.
23. SIMÕES, F. M. *Acústica Arquitetônica*. Rio de Janeiro: Procel Edifica, 2011.

24. SOUZA, L. C. L., ALMEIDA, M. G., BRAGANÇA, L. *Bê- α -Bá da Acústica*
25. *Arquitetônica. Ouvindo a Arquitetura*. São Carlos: EDUFSCAR, 2012.
26. ZWIRTES, D. P. Z. *Avaliação do desempenho acústico de salas de aula: Estudo de caso nas escolas estaduais do Paraná*. (Dissertação de pós-graduação). Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 2006.