

Avaliação pós-ocupação para acústica de salas de aula - estudo de caso em escolas técnicas do Estado de São Paulo

Post occupancy evaluation for classroom acoustics - case study in technical schools of São Paulo State

Lúcio Paulo de Paula^{cd}, Maria Akutsu^{ab}, Henrique Lima Pires^{ad}

a Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo-SP, Brasil.

b Docente do Mestrado Profissional em Habitação: Planejamento e Tecnologia.

c Mestre pelo Mestrado Profissional em Habitação: Planejamento e Tecnologia.

d Engenheiro Civil.

*E-mail: luciopp@gmail.com

Palavras-chave:

sala de aula; acústica; medição de nível de ruído; avaliação pós-ocupação.

Keywords:

classroom; acoustic; noise level measurement; post occupancy evaluation; PS.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo a "Avaliação Pós-Ocupação" (APO) de escolas técnicas da rede pública na cidade de São Paulo, quanto à satisfação dos ocupantes com as condições de conforto acústico. Foram analisadas três escolas técnicas com projetos arquitetônicos distintos. A pesquisa foi desenvolvida por meio de quatro métodos que se complementam: análise de projetos; vistorias in loco das edificações escolares; questionários APO aplicados aos alunos, professores e gestores das unidades escolares; e medições de parâmetros acústicos, destacando-se o nível de pressão sonora nos ambientes internos, o ruído de fundo e o tempo de reverberação em salas de aula. Os resultados obtidos indicam que as escolas técnicas não atendem aos padrões de conforto acústico previsto nas normas e recomendações de especialistas. De forma geral, os usuários (diretores, professores e alunos) não estão satisfeitos com o conforto acústico das escolas.

Abstract

This work aimed at the Post-Occupancy Evaluation (POE) of public technical schools in the city of São Paulo, related to the acoustical comfort of the occupants. Three technical schools with different architectural projects were analyzed. The research was developed using four complementary methods: project analysis; inspections in loco of school buildings; POE questionnaires applied to students, teachers and school unit managers; and measurements of acoustic parameters, with emphasis on the sound pressure level in indoor environments, background noise and reverberation time in classrooms. The results obtained indicate that technical schools do not meet the standards of acoustic comfort provided in the standards and recommendations of specialists. In general, users (principals, teachers and students) are not satisfied with the acoustic comfort of schools.

1 Introdução

A grande demanda de profissionais das diversas áreas como indústria, agropecuária, serviços e saúde, impulsionaram a criação de inúmeras escolas técnicas e faculdades de tecnologia nos grandes centros urbanos. A criação de cursos técnicos é importante para atender a demanda das empresas em busca de profissionais e apoiar o crescimento e desenvolvimento da sociedade.

Em se tratando de construção de escolas técnicas, a localização é um fator importante. Geralmente as construções são próximas aos grandes centros onde há empregos, estações de metrô e terminais de ônibus.

Dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2018) relatam que 57 % da população brasileira vivem nos grandes centros urbanos. Há no Brasil, 317 municípios com mais de 100 mil habitantes, ou seja, 5,7 % do total de municípios do país. A cidade de São Paulo é o maior município do país com população de 12,25 milhões de habitantes. Devido à alta densidade demográfica nas grandes cidades, os terrenos vazios são cada vez mais escassos. Na cidade de São Paulo não é diferente, há cada vez menos quantidade de terrenos disponíveis, principalmente próximos às localidades de grande circulação de pessoas e postos de trabalho disponíveis.

As escolas do Centro Paula Souza também utilizam terrenos e prédios públicos em localidades como se descreveu acima. Quanto aos prédios utilizados pelas escolas, pouco se faz para readaptá-los, geralmente não seguindo o padrão recomendado pela Fundação para o Desenvolvimento da Educação (FDE). Portanto as novas escolas do Centro Paula Souza, ora têm novos edifícios, ora adaptações em prédios públicos que eram utilizados para outros fins.

De acordo com dados do Centro Paula Souza (2019), há hoje em funcionamento 223 escolas técnicas no estado de São Paulo, divididas em 165 municípios. Somente na região metropolitana de São Paulo estão em funcionamento 44 escolas técnicas profissionalizantes mantidas pelo governo do Estado de São Paulo. As faculdades de tecnologia compõem 71 unidades no estado. Atualmente essas instituições de ensino juntas possuem 300 mil alunos matriculados.

Nos projetos dessas novas escolas técnicas, é avaliada a demanda local de alunos e tipos de cursos técnicos que serão oferecidos nessas escolas, desta forma há uma preocupação maior com a quantidade de salas, ficando a qualidade das aulas em segundo plano. No caso do desempenho acústico de escolas, os sons não inerentes ao processo didático são considerados ruídos residuais que podem gerar dificuldades na comunicação e aprendizagem de alunos, que visam a se capacitar, e dos professores que auxiliam no processo ensino-aprendizagem. Neste sentido, Zwirtes (2006) coloca que, dentro da sala de aula, ocorre a diminuição da atenção e fadiga mental dos alunos exposto aos ruídos.

Dentro desse contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de fazer a Avaliação Pós-Ocupação de escolas técnicas estaduais do estado de São Paulo, para a proposição de recomendações de projeto visando a melhoria das condições acústicas dos ambientes, proporcionando aos usuários, desde os alunos e professores dentro das salas de aula, até os gestores e funcionários nas suas diversas atividades em diferentes ambientes, condições satisfatórias de conforto acústico.

2 Método de pesquisa

Foram escolhidas três escolas com características distintas de localização e projeto arquitetônico para a realização dos estudos de caso. Os estudos contemplaram as seguintes atividades:

- levantamento dos projetos arquitetônicos das escolas;
- visita técnica para levantamento de dados de construção, instalações e acabamentos;
- visita para aplicação dos questionários para professores e alunos das três escolas, nos três períodos de funcionamento, com o objetivo de qualificar a percepção acústica no processo de ensino-aprendizagem;
- visita técnica para medições "in loco" de parâmetros acústicos que caracterizam o desempenho acústico de salas de aula – foi escolhida uma sala de aula típica para cada escola.

3 Análise e discussão dos resultados

Foram feitos levantamentos das condições dos edifícios, considerando as questões acústicas, levando em conta o uso e a manutenção dos edifícios e também as condições de seu entorno, além de medições de ruído residual e determinações de parâmetros para avaliação da adequação das salas de aula no processo de ensino e aprendizagem. Os resultados das análises realizadas são discutidos a seguir.

3.1 Análise dos projetos arquitetônicos

Foram analisadas as medidas dos perímetros das salas de aula e suas volumetrias, determinadas em projeto, e comparadas com as executadas nas obras. Também foram inseridas informações das disposições das salas de aula no plano de massa das escolas.

De acordo com o FDE, por meio dos catálogos e manuais que propiciam soluções para a Administração Pública, as salas de aula para ensino médio devem ter, comprimento e largura de 7,20 m e pé direito de 3,00 m, totalizando área mínima de 51,84 m² e volume mínimo de 155,52 m³. Também deve existir área para uma cadeira de rodas demarcada em piso. Estas dimensões foram usadas como referência nas análises realizadas.

Utilizou-se também, como referência, o gráfico de Bolt (1946 apud ALTON; POHLMANN, 2009) para salas de aula com formatos retangulares, com valores de comprimento, largura e altura e suas respectivas proporções, que permite uma avaliação rápida da adequação geométrica das salas de aula quanto aos modos de ressonância acústica.

Em todos os projetos analisados não foi encontrado projeto acústico ou detalhamento específico. Também na escolha dos materiais, utilizados nas salas, não são feitas referências às características de desempenho acústico dos mesmos.

3.1.1 ETEC Carlos de Campos

Na ETEC Carlos de Campos verificou-se que as medidas de projeto em relação às executadas estão próximas, apresentando variação média de apenas 1 %.

As salas de aulas estão localizadas ao redor das áreas comuns, aumentando a proximidade do ruído residual proveniente dessas áreas.

Comparando com os padrões da FDE, nenhuma sala atende plenamente essa padronização: 25 % das salas apresentam áreas e volumes inferiores aos especificados pela FDE.

As salas de aula da ETEC Carlos de Campos não se enquadram na área do gráfico de Bolt, ou seja, as salas de aula não estão qualificadas acusticamente, portanto, estão fora da tolerância geométrica das salas retangulares que garantam um padrão mínimo de modos de ressonância acústica.

3.1.2 ETEC Santa Ifigênia

Na ETEC Santa Ifigênia, verificou-se que as medidas de projeto em relação às executadas estão próximas, apresentando variação média no intervalo de 1 % a 7 %.

As salas de aulas estão localizadas ao lado de ruas de grande tráfego e imóvel vizinho, aumentando a proximidade do ruído residual proveniente dessas áreas. O pátio da escola fica localizado no andar térreo e está coberto por laje alveolar. Como as salas de aula ficam no segundo e terceiro andar, existe o isolamento entre os andares, desta forma, melhorando o isolamento dos ruídos provenientes do pátio. Por outro lado, como 50 % das salas ficam perpendiculares aos alinhamentos prediais das ruas de grande tráfego de veículos, as salas ficam mais expostas aos ruídos externos de carros, transeuntes, etc.

Nenhuma sala atende a padronização de medidas individuais do FDE.

3.1.3 ETEC Dra. Maria Augusta Saraiva

Na ETEC Maria Augusta Saraiva, verificou-se que as medidas de projeto em relação às executadas estão próximas, apresentando variação média de apenas 1 %.

As salas de aulas estão de frente para a Rua Guaianases que tem baixo fluxo de veículos. As salas de aulas estão rodeadas de corredores de circulação e outras salas de aulas, aumentando a proximidade do ruído proveniente dessas áreas.

Nessa escola, não existe em projeto a quadra poliesportiva, apenas uma área improvisada no subsolo do estacionamento. O pátio fica localizado no andar térreo e aos fundos da edificação, desta forma, não contribuindo, em grande escala, para o ruído dentro das salas de aula.

3.2 Ambiente Construído, uso e manutenção

Foram constatados no ambiente construído, diversos problemas na etapa de gestão da construção ou gestão de projetos. As principais causas são referentes à compatibilização de projetos, falta de manutenção e falta de tratamento acústico que contribuem para um desempenho insatisfatório.

3.2.1 ETEC Carlos de Campos

Nas ruas que circundam o prédio da escola, foi notado trânsito intenso de veículos, ônibus e uma linha férrea de trem de passageiros e cargas situada a 500 metros de distância, aproximadamente.

Os principais ruídos residuais detectados dentro das salas de aula durante a visita técnica foram os provenientes do pátio externo. Com a escola vazia, percebe-se como ruído principal os veículos e vozes de pessoas nas ruas.

Como as salas não tem sistema de condicionamento de ar, as janelas ficam abertas na maioria do tempo, as portas de madeira possuem frestas de mais de 5 mm, além de estarem fora de prumo. Esses fatores facilitam a entrada de ruídos residuais vindos da quadra poliesportiva, do pátio de recreação e também dos corredores de acessos às salas de aula. Há também vários aparelhos de ventilação mecânica na sala de aula que aumentam ruído residual interno durante as aulas.

3.2.2 ETEC Santa Ifigênia

Nas ruas que circundam o prédio da escola foi notado trânsito intenso de veículos.

Os principais ruídos residuais detectados dentro das salas de aula durante a visita técnica foram os provenientes dos corredores. Durante o período de aulas escuta-se a voz de professores e alunos de uma sala para outra, devido a falhas na isolamento sonora entre salas.

Os caixilhos, com vidro simples de 4 mm de espessura, são paralelos ao alinhamento predial da rua, além da falta de manutenção nos caixilhos serem visíveis em várias salas, como as gaxetas de fixação dos vidros soltas, que podem causar falhas na vedação. Como as salas não tem sistema de condicionamento de ar, as janelas e portas ficam abertas, na maioria do tempo, facilitando a entrada do ruído vindo da rua e também do corredor de acesso às salas de aula. Há também vários aparelhos de ventilação mecânica na sala de aula que aumentam os ruídos residuais internos durante as aulas.

Quanto à compatibilização de projeto observam-se problemas como: as paredes divisórias entre salas de aula possuem frestas de mais de 50 mm, contribuindo para a passagem de ruído entre as salas; a falta de elementos de isolamento sonora das tubulações de águas pluviais que ficam aparentes. Em dias de chuvas a fonte do ruído proveniente do fluxo de água, fica diretamente inserida dentro das salas de aulas, por onde passam essas tubulações.

3.2.3 ETEC Dra. Maria Augusta Saraiva

Nas ruas que circundam o prédio da escola foi observado trânsito médio de veículos comparado com as ETECs Carlos de Campos e Santa Ifigênia, porém notou-se ruído de aeronaves que sobrevoam o local da escola.

Com a escola vazia, notou-se predominância de ruído proveniente dos veículos e vozes de pessoas nas ruas. Em período de aulas, as vozes dos alunos são a maior fonte dos ruídos residuais. Há

também vários aparelhos de ventilação mecânica na sala de aula que aumentam ruídos residuais interno durante as aulas.

Os elementos construtivos da fachada são vedação em concreto armado com 20 cm de espessura e caixilho em alumínio com fechamento em vidro de 4 mm de espessura, tipo basculante, com borracha de vedação que ajuda no isolamento dos ruídos residuais proveniente das áreas externas.

A vedação interna das salas de aulas é composta por paredes em drywall, com espessura de 8 cm sem elementos especiais de isolamento sonora, o que pode contribuir para o aumento de ruídos residuais vindo de outras salas.

As portas de madeira, que possuem frestas com mais de 5 mm, estão fora de prumo, além de possuírem visores de vidro com 3 mm de espessura facilitando a passagem de ruído residual vindo do corredor. Como as salas não têm sistemas de condicionamento de ar, as janelas ficam abertas na maioria do tempo, facilitando a entrada de ruído residual vindo da parte externa.

O piso cerâmico, caixilhos com vidros e paredes com massa corrida podem aumentar a reverberação dentro da sala de aula. Nestas salas, também foi possível observar pilares internos que prejudicam a visão dos alunos dificultando o entendimento dos assuntos abordados pelo professor. A causa é a falha de projeto arquitetônico.

3.3 Análise dos questionários

No total foram entrevistados de forma presencial 748 alunos, 47 professores e 271 gestores nas três escolas. Nos próximos itens, são apresentados os resultados dos questionários, destacando-se algumas informações relevantes obtidas do questionário feito com os alunos, professores e gestores respectivamente.

3.3.1 Aplicação dos questionários para alunos

A Tabela 01 apresenta os resultados das respostas dos alunos ao questionário, destacando-se a seguir algumas observações relevantes:

- na ETEC Santa Ifigênia, os alunos do período matutino e noturno têm maiores problemas com os ruídos vindos das salas vizinhas como as vozes dos professores e alunos. Para os alunos do período vespertino os ambientes mais ruidosos são os externos devido ao trânsito. Na média geral de todos os períodos, 25 % dos alunos têm dificuldades para ouvir com clareza o professor e apenas 38 % não se sentem afetados pelo ruído no entendimento dos assuntos das aulas;

- na ETEC Dra. Maria Augusta, novamente percebe-se que a maior fonte de ruído está fora dos limites da escola para os alunos do período da tarde, porém os ruídos que mais incomodam são as vozes dos alunos. Para os alunos do período matutino e noturno, as fontes de ruído se distribuem entre o lado externo (sendo este o mais ruidoso) e as áreas comuns da escola. Para mais da metade dos alunos do período matutino e noturno, o ruído que mais atrapalha é das vozes dos alunos, estando na sequência os ruídos do trânsito. Para os alunos do período vespertino os ruídos que mais atrapalham estão distribuídos entre vozes dos alunos, trânsito e trens/aeronaves. Isto pode ser devido à linha 7 da CPTM nas proximidades da escola e também de aeronaves que sobrevoam o local da escola. Dos alunos do período matutino, 27 % têm dificuldades ou não conseguem ouvir com clareza a voz do professor e 37 % não se sentem afetados pelo ruído no entendimento das aulas. Para os períodos vespertino e noturno, em média 58 % não se sentem afetados pelo ruído no entendimento das aulas;
- na ETEC Carlos de Campos, as respostas dos alunos dos três períodos são semelhantes. Mais da metade acham que os ruídos nas áreas comuns da escola são normais e em média 36 % acham barulhentos. Para 54 %, em média, dos alunos a maior fonte de ruído vem do lado externo à escola e 25 % acham que vem do pátio. Porém para 59 % dos alunos o ruído que mais atrapalha são as vozes dos demais alunos e 23 % acham que é o ruído de trânsito. Em média 42 % dos alunos não escutam, ou escutam com dificuldade a voz do professor e apenas 37 % dos alunos não se sentem afetados pelo ruído no entendimento das aulas.

Tabela 01 – Resultados das avaliações com os alunos

	ETEC Santa Ifigênia				ETEC Maria Augusta				ETEC Carlos de Campos - Brás			
	Manhã	Tarde	Noite	Média	Manhã	Tarde	Noite	Média	Manhã	Tarde	Noite	Média
Q1. Como você avalia o ruído nas áreas comuns da escola (pátio, corredores etc)?												
Muito silencioso	1 %	2 %	1 %	2 %	1 %	4 %	3 %	3 %	1 %	1 %	1 %	1 %
Silencioso	4 %	7 %	8 %	6 %	2 %	4 %	4 %	3 %	5 %	3 %	5 %	5 %
Normal	64 %	55 %	51 %	57 %	56 %	72 %	58 %	62 %	55 %	61 %	55 %	57 %
Barulhento	25 %	31 %	31 %	29 %	35 %	14 %	30 %	26 %	38 %	33 %	38 %	36 %
Muito barulhento	5 %	5 %	9 %	6 %	6 %	6 %	5 %	6 %	0 %	2 %	0 %	1 %
Q2. De onde vem o ruído que você escuta?												
Lado externo/rua	29 %	48 %	29 %	35 %	33 %	60 %	29 %	41 %	57 %	48 %	57 %	54 %
Sala ao lado	64 %	43 %	65 %	57 %	20 %	10 %	32 %	20 %	3 %	5 %	3 %	4 %
Corredor	3 %	0 %	1 %	1 %	24 %	11 %	24 %	19 %	13 %	15 %	13 %	14 %
Pátio	0 %	2 %	0 %	1 %	21 %	7 %	5 %	11 %	25 %	26 %	25 %	25 %
Não ouço nenhum ruído	4 %	7 %	5 %	5 %	3 %	13 %	11 %	9 %	3 %	5 %	3 %	3 %
Q3. Caso você escute algum ruído que incomode, qual deles que mais te atrapalha?												
Vozes dos alunos	35 %	14 %	29 %	26 %	59 %	34 %	68 %	54 %	59 %	58 %	59 %	59 %
Vozes dos professores	17 %	17 %	34 %	23 %	3 %	2 %	4 %	3 %	0 %	2 %	0 %	1 %
Trânsito/rua	28 %	59 %	23 %	37 %	23 %	25 %	16 %	21 %	22 %	23 %	22 %	23 %
Ar condicionado - ventilador	0 %	0 %	3 %	1 %	8 %	7 %	4 %	6 %	0 %	3 %	0 %	1 %
Trem/aeronaves	1 %	2 %	1 %	1 %	2 %	21 %	3 %	9 %	3 %	2 %	3 %	3 %
Construções vizinhas	11 %	5 %	6 %	7 %	5 %	8 %	5 %	6 %	3 %	3 %	3 %	3 %
Quadra poliesportiva/outros	7 %	3 %	5 %	5 %	0 %	3 %	5 %	3 %	13 %	8 %	13 %	12 %
Q4. Em horário regular de aula, você consegue ouvir com clareza a voz do professor?												
Sim	80 %	67 %	70 %	72 %	74 %	90 %	89 %	84 %	55 %	65 %	55 %	59 %
Não	0 %	7 %	3 %	3 %	4 %	0 %	4 %	3 %	8 %	7 %	8 %	8 %
Escuto com dificuldade	20 %	26 %	28 %	25 %	23 %	10 %	7 %	13 %	37 %	28 %	37 %	34 %
Q5. O ruído atrapalha no entendimento dos assuntos abordados em sala de aula pelo professor?												
Sim	44 %	48 %	40 %	44 %	46 %	35 %	39 %	40 %	47 %	36 %	47 %	44 %
Não	36 %	40 %	38 %	38 %	37 %	57 %	58 %	51 %	33 %	45 %	33 %	37 %
Escuto com dificuldade	20 %	12 %	23 %	18 %	17 %	8 %	3 %	9 %	20 %	18 %	20 %	19 %

Fonte: elaborada pelos autores (2020)

3.3.2 Aplicação dos questionários para professores

A Tabela 02 apresenta os resultados das respostas dos professores ao questionário, destacando-se abaixo algumas observações relevantes:

- quanto às áreas comuns das escolas, a ETEC Carlos de Campos é a mais barulhenta segundo os professores, estando as ETECs Maria Augusta e Santa Ifigênia na sequência. Quanto ao ruído dentro das salas de aula, as ETECs Santa Ifigênia e Carlos de Campos são igualmente críticas, avaliadas como 60 % e 53 % (barulhenta/muito barulhenta), respectivamente. Apesar de apenas 20 % dos professores da ETEC Maria Augusta avaliarem o ruído nas salas de aula como barulhento, 82 % deles precisam aumentar a voz na maioria das vezes durante as aulas, estando as ETECs Carlos de Campos com 71 % e Santa Ifigênia com 53 %;
- quanto às origens dos ruídos, na ETEC Santa Ifigênia as opiniões se dividem quase igualmente entre o lado externo à escola e as salas vizinhas, porém os ruídos que mais incomodam são os ruídos de trânsito. Na ETEC Maria Augusta, 93 % dos professores acham que os ruídos vêm dos corredores e os ruídos que mais incomodam são das vozes dos alunos; o ruído do ar-condicionado também é um problema para 29 % dos professores. Na ETEC Carlos de Campos, 82 % acham que os ruídos vêm do lado externo e apenas 18 % acham que vêm das salas vizinhas, porém 29 % acham que o ruído que mais incomoda é das vozes dos alunos, 38 % do trânsito e 14 % dos camelôs;
- os professores da ETEC Carlos de Campos são os que mais têm problemas para ouvir os alunos quanto a algum assunto da aula com 59 %, estando as ETECs Maria Augusta e Santa Ifigênia na sequência com 24 % e 18 %, respectivamente;
- cerca de metade dos professores da ETEC Maria Augusta, 41 % dos professores da ETEC Santa Ifigênia e todos os professores da ETEC Carlos de Campos consideram que os alunos têm seu rendimento escolar prejudicado devido ao ruído;
- quanto às doenças ocupacionais relativas à audição e fala, a ETEC Carlos de Campos apresenta a menor quantidade de casos com 7 %, estando as ETECs Santa Ifigênia com 18 % de casos e a ETEC Maria Augusta com 27 %. Todos os professores que tiveram tais doenças ficaram afastados apenas por alguns dias.

Tabela 02 – Resultados das avaliações com os professores

	Santa Ifigênia	Maria Augusta	Carlos de Campos	Média
Q1. Como você avalia o ruído nas áreas comuns da escola (pátio, corredores etc)?				
Muito silencioso	0 %	0 %	0 %	0 %
Silencioso	0 %	0 %	0 %	0 %
Normal	73 %	40 %	29 %	48 %
Barulhento	20 %	47 %	53 %	40 %
Muito barulhento	7 %	13 %	18 %	13 %
Q2. Como você avalia o ruído nas salas de aula?				
Muito silencioso	0 %	0 %	0 %	0 %
Silencioso	0 %	0 %	6 %	2 %
Normal	40 %	80 %	41 %	54 %
Barulhento	53 %	20 %	53 %	42 %
Muito barulhento	7 %	0 %	0 %	2 %
Q3. É possível falar normalmente com os alunos?				
Sempre	47 %	6 %	29 %	27 %
Nunca	0 %	0 %	0 %	0 %
É preciso aumentar a voz	53 %	82 %	71 %	69 %
Q4. De onde vem o ruído que você escuta?				
Lado externo/rua	47 %	7 %	82 %	45 %
Sala ao lado	53 %	0 %	18 %	24 %
Corredor	0 %	93 %	0 %	31 %
Não ouço nenhum ruído	0 %	0 %	0 %	0 %
Q5. Caso você escute algum ruído que incomode, qual deles que mais te atrapalha?				
Vozes dos alunos	15 %	67 %	29 %	37 %
Vozes dos professores	18 %	5 %	10 %	11 %
Trânsito/rua	42 %	0 %	38 %	27 %
Ar condicionado - ventilador	9 %	29 %	10 %	16 %
Trem/aeronaves	0 %	0 %	0 %	0 %
Construções vizinhas	6 %	0 %	0 %	2 %
Camelôs no lado externo/outros	9 %	0 %	14 %	8 %

	Santa Ifigênia	Maria Augusta	Carlos de Campos	Média
Q6. Quando o aluno está respondendo ou questionando algum assunto, você consegue ouvi-lo com clareza?				
Sim	71 %	65 %	41 %	59 %
Não	18 %	24 %	59 %	33 %
Q7. Nas salas onde há ruído excessivo, você considera que o rendimento escolar dos alunos foi prejudicado?				
Sim	41 %	53 %	100 %	65 %
Não	59 %	47 %	0 %	35 %
Q8. Você já teve alguma doença ocupacional (relacionado à audição/fala)?				
Sim	18 %	27 %	7 %	17 %
Não	82 %	73 %	93 %	83 %
Q9. Caso tenha tido alguma dessas doenças, quanto tempo ficou afastado por tal motivo?				
Alguns Dias	100 %	100 %	100 %	100 %
Meses	0 %	0 %	0 %	0 %
Meses	0 %	0 %	0 %	0 %

Fonte: elaborada pelos autores (2020)

3.3.3 Aplicação dos questionários para os gestores

Quase 40 % dos gestores trabalham acima de 16 anos nas escolas e 63 % trabalham nos três períodos de aulas. Essas informações do questionário são importantes, pois a experiência nas escolas ao longo dos anos e o trabalho nos três períodos permitem ao gestor ter uma visão geral da escola durante cada período.

A Tabela 03 apresenta os resultados das respostas dos gestores ao questionário.

Tabela 03 – Resultados das avaliações com os gestores

	Q1. Tempo em anos que trabalha no Centro Paula Souza
1 até 5	11 %
6 até 10	28 %
11 até 15	21 %
16 até 20	19 %
Acima de 21	21 %
	Q1. Tempo em anos que trabalha no Centro Paula Souza
Manhã e tarde	20 %
Manhã e noite	7 %
Tarde e noite	7 %
Geralmente os 3 períodos	63 %
Noite	3 %
	Q3. Como você avalia o ruído nas áreas comuns?
Silencioso	9 %
Satisfatório	59 %
Barulhento	27 %
Muito barulhento	5 %
	Q4. Como você avalia o ruído nas salas de aula?
Silencioso	11 %
Satisfatório	61 %
Barulhento	4 %
Muito barulhento	24 %
	Q5. É possível falar normalmente com os alunos?
Sempre	55 %
Nunca	1 %
É preciso aumentar a voz	44 %

Q6. Caso você escute algum ruído que incomode, qual deles que mais te atrapalha?	
Vozes dos alunos	51 %
Vozes dos professores	3 %
Trânsito/rua	11 %
Ar condicionado - ventilador	25 %
Trem/aeronaves	2 %
Construções vizinhas	2 %
Outros	8 %
Q7. Quando o aluno está respondendo ou questionando algum assunto, você consegue ouvi-lo com clareza?	
Sim	79 %
Não	21 %
Q8. Em relação a salas de aula de outras escolas que você já trabalhou ou trabalha, como você avalia o nível de ruído da outra escola?	
Silencioso	8 %
Satisfatório	62 %
Barulhento	24 %
Muito barulhento	4 %
Q9. Nas salas onde há ruído excessivo, você considera que o rendimento escolar dos alunos foi prejudicado?	
Sim	83 %
Não	17 %
Q10. Você já teve alguma doença ocupacional (relacionado à audição/fala)?	
Sim	7 %
Não	93 %
Q11. Caso tenha tido alguma dessas doenças, quanto tempo ficou afastado por tal motivo?	
Nenhum dia	82 %
01 até 15 dias	16 %
16 até 30 dias	0 %
Acima de 30 dias	2 %

Fonte: elaborada pelos autores (2020)

De acordo com a Tabela 3, destacam-se abaixo algumas observações relevantes como referência para outros futuros projetos das escolas na escolha da localização da unidade escolar e dos ambientes de uso comum:

- a avaliação geral dos gestores é que 32 % das escolas do Centro Paula Souza foram classificadas como muito barulhenta ou barulhenta, devido aos ruídos das áreas comuns das escolas;
- em se tratando de ruído interno dentro das salas de aula, 28 % dos gestores classificam como muito barulhenta ou barulhenta;
- para 45 % dos gestores, na maioria das vezes, para a comunicação ser realizada com os alunos, eles têm que aumentar o tom da voz. Essa informação é importante para a saúde ocupacional dos professores, entendimento e comunicação entre alunos e gestores;
- para 51 % dos gestores, o principal ruído que mais incomoda vem de vozes dos alunos de diversos ambientes, atrapalhando na comunicação interna. O segundo ruído que mais incomoda 25 % vem do ar condicionado e 11 % de trânsito na rua;
- no caso de inteligibilidade da fala do aluno, a sensação dos gestores é que em 21 % dos casos não é possível ouvir o aluno com clareza;
- foi observado que 28 % dos gestores avaliam as outras escolas como muito barulhenta ou barulhenta;
- 83 % acreditam que o rendimento escolar dos alunos é prejudicado pelo motivo do ruído;
- 7 % já tiveram doenças ocupacionais relacionadas à audição ou fala devido à exposição ao ruído no ambiente de trabalho;
- na questão de absenteísmo por afastamento médico, motivos a priori de doenças relacionados ao ruído no ambiente de trabalho, 18 % dos gestores tiveram faltas no ambiente de trabalho por doenças auditivas ou na fala. Isso pode causar prejuízo na gestão escolar e perda de qualidade na gestão e acompanhamento de alunos e funcionários.

3.4 Medições de parâmetros acústicos in loco

Foram feitas medições do nível de pressão sonora nos ambientes internos e externos das escolas e a determinação do tempo de reverberação dos ambientes, em estudo. Na Tabela 4, são apresentados os resultados das medições do nível de pressão sonora no interior das salas, no corredor ao lado das salas e o ruído externo à escola e o tempo de reverberação das salas. Também são apresentados os níveis estatísticos L10 e L90.

O nível estatístico L90 é o nível de ruído que foi excedido em 90 % do tempo de medição. Esse parâmetro indica a condição mais característica do ruído durante o período de medição, sendo muito próximo do ruído residual, porém não necessariamente igual.

O nível estatístico L10, é o nível de ruído que foi excedido em 10 % do tempo de medição. Este parâmetro indica o nível de ruído a partir do qual estão os níveis de ruído mais significativos da medição, dessa forma podendo ser associado aos ruídos intrusivos.

Conforme colocado por Bistafa (2018), quanto maior a diferença entre o L10 e L90, maior será o incômodo do ruído. Também a FHWA (2020), estabelece que para áreas onde são instaladas escolas, o L10 deve ser no máximo 70 dB(A).

Para as determinações de nível de pressão sonora a incerteza de medição é de ± 1 dB e para a determinação do tempo de reverberação a incerteza de medição é de $\pm 0,02$ s.

Tabela 04 – Parâmetros acústicos medidos nas escolas

ETEC	Ambiente e unidade de medição	Condição	L_{Ae} g-	L_1 o	L_9 o	L10- L90
Santa Ifigênia	Sala (dB)	Sala ocupada	72	76	61	15
	Corredor (dB)	Com sala ocupada	66	68	61	7
	Lado externo da escola (dB)	Com sala ocupada	61	61	59	2
	Sala (dB)	Desocupada	$L_{Aeq} = 63$			
	Tempo de Reverberação (s)	Desocupada	$TR_{500\text{ Hz}} = 0,78$			
Dra. Maria Augusta Saraiva	Sala (dB)	Sala ocupada	78	83	71	12
	Corredor (dB)	Com sala ocupada	69	78	67	11
	Lado externo da escola (dB)	Com sala ocupada	63	67	54	13
	Sala (dB)	Desocupada	$L_{Aeq} = 65$			
	Tempo de Reverberação (s)	Desocupada	$TR_{500\text{ Hz}} = 1,70$			
Carlos de Campos	Sala (dB)	Sala ocupada	77	81	70	11
	Corredor (dB)	Com sala ocupada	78	83	71	12
	Lado externo da escola (dB)	Com sala ocupada	72	76	71	5
	Sala (dB)	Desocupada	$L_{Aeq} = 62$			
	Tempo de Reverberação (s)	Desocupada	$TR_{500\text{ Hz}} = 1,62$			

Fonte: elaborado pelos autores (2020)

A Tabela 5 apresenta uma comparação entre os dados dos TR medidos nas escolas e TR recomendados por normas e autores nacionais e internacionais. Quanto ao trabalho de Ikeda (2019), a autora propõe recomendações de TR para as frequências a partir de 63 Hz a 8000 Hz em bandas de terço-de-oitava, porém ateve-se neste trabalho a analisar somente as bandas de terço-de-oitava 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz.

Tabela 05 – Comparação entre os dados de TR medidos nas escolas e os recomendados.

TR (s) recomendados			TR (s) medidos nas escolas						
Fonte	Condição	Faixa de aceitação	Carlos de Campos		Santa Ifigênia		Maria Augusta		
			Sala com volume 240 m ³	Sala com volume 243 m ³	Sala com volume 135 m ³	Sala com volume 137 m ³	Sala com volume 135 m ³	Sala com volume 137 m ³	
Norma ABNT NBR 12179:1992	Em 500 Hz, recinto ocupado	$0,4 < TR \leq 0,6$; $120 < V \leq 300 \text{ m}^3$	1,62	1,43	0,79	0,77	1,70	1,92	
França apud Zannin et al., 2013	Média aritmética dos TR em 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz, recinto mobiliado e desocupado	$0,4 < TR \leq 0,8$; $V \leq 250 \text{ m}^3$	1,56	1,37	0,71	0,70	1,71	1,89	
Norma ANSI S 12.60 (2010)		$TR = 0,6$; $V \sim 283$							
DFES (2003)		TR (escola secundária) $< 0,8$							
DIN E 18041	Média aritmética dos TR em 500 Hz e 1000 Hz, recinto ocupado vc	$0,8 \leq TR \leq 1,0$; $V \leq 250 \text{ m}^3$	1,59	1,37	0,71	0,70	1,75	1,95	
Fukuchi e Ueno (2003)	Média aritmética dos TR em 500 Hz e 1000 Hz, recinto mobiliado e desocupado	$TR = 0,6$; $V \sim 200$							
Ikeda (2019)	Diversas frequências, recinto mobiliado e desocupado	500 Hz	$0,8 \leq TR \leq 2,1$	1,67	1,43	0,79	0,76	1,70	1,92
		1000 Hz	$0,6 \leq TR \leq 2,0$	1,64	1,32	0,64	0,64	1,79	1,98
		2000 Hz	$0,6 \leq TR \leq 2,0$	1,60	1,36	0,70	0,70	1,63	1,78

Fonte: ABNT NBR 12179(1992); França apud Zannin et al (2013); ANSI S 12.60(2010); DFES Great Britain Department for Education and Skills (2015); DIN E 18041; Fukuchi e Ueno (2003); Ikeda (2019).

3.4.1 Análise dos resultados

Considerando-se os dados da Tabela 5, observa-se que os TR recomendados pelas fontes citadas, exceto Ikeda (2019), variam entre 0,4 s e 1,0 s dependendo do método de análise, se em 500 Hz, média de 500 Hz e 1000 Hz ou média de 500 Hz, 1000 Hz e 2000 Hz. Comparando os dados medidos nas escolas com estas fontes, nota-se que nas ETECs Carlos de Campos e Maria Augusta os TR mínimos medidos foram maiores do que os recomendados, portanto, estas duas escolas não atendem os critérios destas recomendações.

A ETEC Santa Ifigênia apresentou TR significativamente menor, sendo a que atendeu a maior parte dos critérios, reprovando apenas nos critérios das fontes: norma NBR 12179, norma DIN E 18041 e Fukuchi e Ueno (2003).

A autora Ikeda (2019) propõe em seu trabalho uma faixa relativamente ampla de TR para salas de aula. Com base nos critérios propostos pela autora, todas as salas analisadas estão dentro de sua faixa de aceitação.

Quanto ao nível de pressão sonora, no interior das salas ocupadas, observa-se uma variação de 72 dB(A) a 78 dB(A), níveis elevados para um ambiente escolar.

Considerando os valores do LA_{eq} nas áreas externas à escola percebe-se uma variação entre 61 dB e 63 dB nas ETECs Santa Ifigênia e Maria Augusta, respectivamente e 72 dB para a ETEC Carlos de Campos, que são valores mais baixos comparados aos LA_{eq} nas áreas internas das escolas, como nos corredores ou salas de aula, demonstrando que a geração de ruído interno das escolas é importante para o nível de incomodidade.

Comparando os níveis estatísticos L_{90} e L_{10} , e a diferença $L_{10}-L_{90}$, que indica o nível de incomodidade, pode-se observar que para as salas ocupadas, essa diferença varia de 11 dB(A) a 15 dB(A), indicando que durante o período de aula, ocorre uma variação de ruído alta o que é um indicador sensível do nível de incomodidade no interior das salas de aula. No lado externo das escolas, nota-se uma variação relativamente pequena das ETECs Carlos de Campos e Santa Ifigênia, o que indica um ruído constante, porém ao considerar esses mesmos parâmetros para os ambientes internos da escola como salas de aula e corredores, percebe-se uma variação maior, o que indica maior frequência de ruídos intrusivos (picos) gerados no interior das escolas o que corrobora com as respostas ao questionário dos alunos destas escolas e gestores que consideram que os ruídos que mais atrapalham são das vozes dos alunos e, no caso da ETEC Santa Ifigênia, soma-se as vozes dos professores, apesar de os professores dessas duas escolas em sua maioria considerarem o ruído de trânsito o mais incomodativo. Na ETEC Maria Augusta esses parâmetros indicam ruídos de pico no lado externo às escolas, equivalentes aos internos, porém estes se tornam irrelevantes em comparação com o nível de ruído dentro das salas de aula, além de que a diferença entre tais parâmetros indica ruídos de pico ainda maiores nos corredores da escola que também corrobora com os questionários dos alunos, professores e gestores que indicam que os ruídos que mais atrapalham são as vozes dos alunos.

Em relação ao ruído residual no interior das salas desocupadas, observa-se uma variação de 62 dB(A) a 65 dB(A). Isto mostra que os ambientes não atendem as especificações da Norma NBR 10152:2017, sendo que o nível de pressão sonora adequado para o interior das salas de aula é no máximo 35 dB(A). Em relação ao ruído residual, isto é, o ruído de fundo no interior das salas desocupadas, observa-se uma variação de 62 a 65 dB(A). Isto mostra que os ambientes não atendem as especificações da Norma NBR 10152:2017, sendo que o nível de pressão sonora adequado para o interior das salas de aula é no máximo 35 dB(A).

4 Considerações finais

Este trabalho alertou a necessidade de intervenção sobre a qualidade acústica das salas de aula das escolas estudadas e recomendações para projetos futuros. É possível ainda que existam várias escolas do ensino público ou privado que enfrentam os mesmos problemas. Pensando nisto, para evitar que tais problemas se perpetuem em novos projetos, destaca-se a seguir, uma abordagem rápida de recomendações para novos projetos de escolas a serem estudados com mais profundidade em pesquisas futuras.

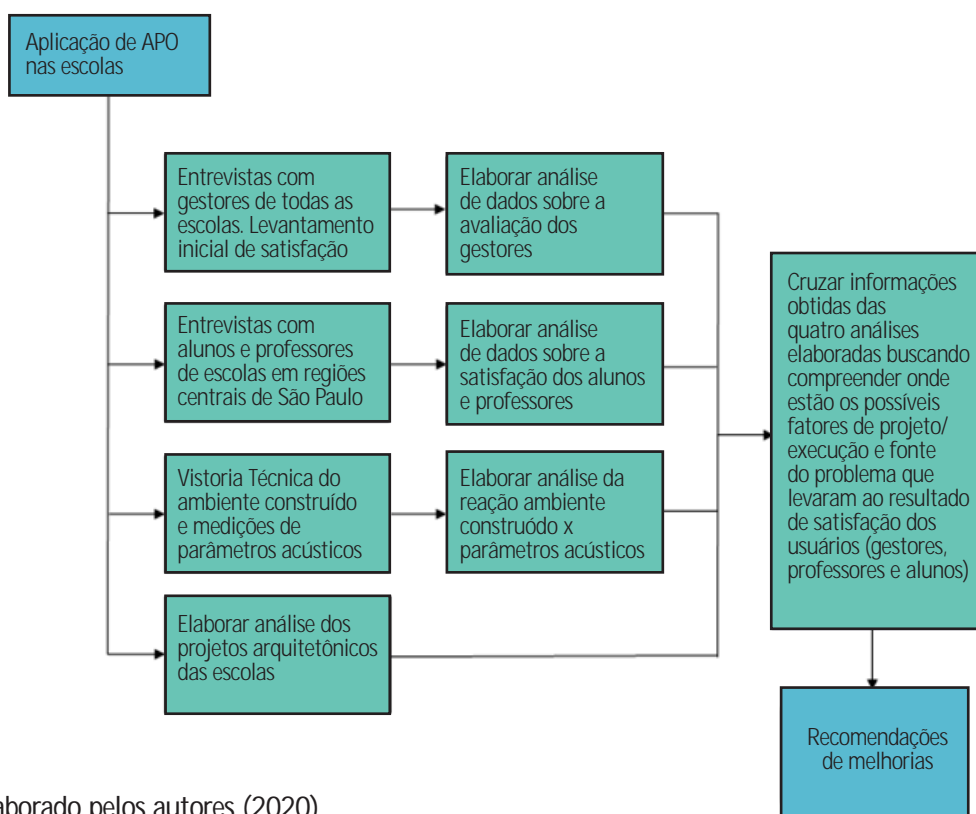
5.1 Recomendações para novos projetos de escolas

Para melhoria do desempenho acústico nas salas de aulas de escolas técnicas, fazem-se necessárias algumas observações de projeto visando a inteligibilidade da fala, a redução de ruídos de fundo, externos ou internos ao ambiente, e tempo de reverberação adequado ao tipo de atividade exercida no ambiente:

- escolha do local do terreno em uma área com tráfego e nível de ruído ambiental reduzidos;
- atentar para as medidas dos padrões da FDE para melhor distribuição interna dos alunos, incluindo alunos cadeirantes;
- estudo de parâmetros acústicos durante a fase inicial do projeto para verificar a melhor disposição da edificação no terreno, principalmente na avaliação da localização das salas de aulas e corredores, pátios, quadras, e em relação às ruas;
- escolha de materiais de vedação interna e externa com aplicações que otimizem não somente a isolamento sonora, como também a qualidade acústica de cada ambiente, conforme a sua ocupação; por exemplo, uso de revestimentos absorvedores sonoros dentro das salas de aula que ajudem a controlar a reverberação;
- utilizar portas especiais para isolamento sonora, como portas com folhas maciças ou sólidas com sistema de vedação inferior com acionamento automático (guilhotina).

- avaliar a proporção entre as medidas horizontais das salas e o pé-direito, como sugere a escala de Bolt;
- a compatibilização entre os projetos é importante para a adequação/solução de obra, minimizando as falhas de construção;
- na fase de obras faz-se necessária a correta execução do projeto de conforto ambiental e aplicação adequada dos materiais e revestimentos indicados no referido projeto;
- na fase de manutenção, faz-se necessário um plano de manutenção de portas, caixilhos e equipamentos de climatização;
- na necessidade de aplicação dos questionários, recomenda-se o fluxograma apresentado na **Figura 06**.

Figura 06 –Fluxograma de proposta para melhoria das informações dos questionários em escolas técnicas



Fonte: elaborado pelos autores (2020)

5 Conclusão

Analisando as respostas dos usuários aos questionários sobre as condições de conforto acústico nos ambientes e os parâmetros acústicos medidos, conclui-se que as três escolas avaliadas necessitam de melhorias neste aspecto, pois é alta a probabilidade do rendimento dos alunos de fato estar sendo prejudicado de acordo com as opiniões dos próprios alunos, professores e gestores. É necessário também, propor recomendações de projetos para novas escolas no sentido de proporcionar uma melhor inteligibilidade da fala, bem como a redução adequada dos ruídos de fundo e a atenuação dos ruídos intrusivos.

6 Referências

ACOUSTIC SOCIETY OF AMERICA – ASA. ANSI S12.60. Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools. Melville, 2010.

ALTON, Everest; POHLMANN, Ken C. *Master Handbook of Acoustics*. 5 ed. New York: McGraw-Hill, 2009. 510 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10152: Níveis de Conforto – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 4 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12179: Tratamento acústico em recintos fechados – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BISTAFA, Sylvio R. *Acústica aplicada ao controle de ruído*. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2018. 436p.

CENTRO PAULA SOUZA. *Sobre o Centro Paula Souza*. Disponível em: <https://www.cps.sp.gov.br/sobre-o-centro-paula-souza>. Acesso em: 23 jul. 2019.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG – DIN. DIN E 18041. Acoustic quality in rooms - specifications and instructions for the room acoustic design. Berlim, 2003.

GREAT BRITAIN DEPARTMENT FOR EDUCATION AND SKILLS- DFES. *Acoustic design of acoustic schools: a design guide*. Stationery Office, 2003. (Building bulletin 93).

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION- FHWA . *Highway traffic noise analysis and abatement policy and guidance*. Disponível em: https://www.fhwa.dot.gov/Environment/noise/regulations_and_guidance/polguide/polguide03.cfm. Acesso em: 15 jun 2020.

FUKUCHI T.; UENO, K. *Guidelines on acoustic treatments for schools buildings proposed by the Architectural Institute of Japan*. In: THE INTERNATIONAL CONGRESS OF ACOUSTICS, Kyoto, 2004. *Proceedings ...* Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268345588_Guidelines_on_acoustic_treatments_for_school_buildings_proposed_by_the_Architectural_Institute_of_Japan>. Acesso em: 18 abr 2020.

GANTOIS, Carlos. *Tecnologia, inovação e competitividade da indústria brasileira*. Salvador: Federação das Indústrias do estado da Bahia, 2014. Disponível em: http://www.fieb.org.br/apoio_a_industria/Noticia/2079/artigo--tecnologia-inovacao-e-competitividade-da-industria-brasileira-.aspx. Acesso em: 22 set. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA- IBGE. Divulga as estimativas de população dos municípios para 2018. Brasil. *Estatísticas Sociais*, 29 ago. 2018. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22374-ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>. Acesso em: 12 jun. 2019.

IKEDA, C.Y.K. *Determinação de faixas de operação de parâmetros acústicos para avaliação da qualidade sonora de salas de aula*. 2019.313f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-15012019-162548/pt-br.php>. Acesso em: 16 abr 2020.

REICHHELD, Fred. *The Ultimate Question 2.0: How Net Promoter Companies Thrive in a Customer-Driven World*. [S.l.: s.n.], 2003. 290 p.

ZANNIN, P.H.T.; FIEDLER, P.E.K.; BUNN, F. Reverberation time in classrooms – Case study: When an administrative decision changes acoustic quality. *Journal of Scientific and Industrial Research*. v.72-8, p. 506 – 510, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288249614_Reverberation_time_in_classrooms_-_Case_Study_When_an_administrative_decision_changes_acoustic_quality. Acesso em 18 abr 2020.

ZWIRTES, D. P. Z. *Avaliação do desempenho acústico de salas de aula: estudo de caso nas escolas estaduais do Paraná*. 2006.161f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Construção Civil, Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.c

DOI 10.34033/2526-5830-v4n15-5

