



Armstrong World Industries, Inc., está registrado con el Sistema de Educación Continua AIA [AIA/CES] y está comprometido a desarrollar actividades de aprendizaje de calidad de acuerdo con el indicador AIA/CES.

Este curso consiste de una hora de trabajo de clase y es equivalente a una unidad de aprendizaje. También contiene una unidad para la salud, la seguridad y el bienestar [HSW, por sus siglas en inglés].

Si usted es un miembro AIA, el crédito por este curso será reportado directamente al AIA, sólo si proporciona su número de membresía en la forma de registro.

Si usted no es un miembro AIA, envíe un certificado de terminación a las organizaciones profesionales de su elección al terminar el curso. Armstrong le enviará por correo electrónico este certificado dentro de los cinco días hábiles.

Éste es uno de una serie de cuatro seminarios de educación continua de Armstrong acerca de la acústica. Este seminario específico le dará una comprensión más clara de cómo el sonido impacta en los ambientes de

aprendizaje y sobre cómo escoger los acabados interiores adecuados puede reducir la reverberación del sonido y el ruido de fondo en el aula.

Seminário Sobre a Acústica em Salas de Aula



- ⇒ Revisar como o design acústico e a qualidade do som afetam o ambiente de aprendizagem.
- ⇒ Explicar o padrão do ANSI S12.60-2002 para a acústica em salas de aula.
- ⇒ Identificar a reverberação do som e técnicas de redução de ruído de fundo para salas de aula.
- ⇒ Discutir como criar um ambiente de aprendizagem melhor através de um design de sala de aula mais adequado..

Nossos objetivos específicos para este seminário são:

- Revisar como o design acústico e a qualidade do som afetam o ambiente de aprendizagem, mais especificamente a compreensão da fala
- .Explicar a norma do Instituto americano de padronização (ANSI) S12.60-2002 para a acústica da sala de aula.
- Identificar técnicas para melhorar a qualidade do som nas salas de aula.
- Discutir como criar um ambiente de aprendizagem melhor através de exemplos reais.

O Ruído é Um Problema?



- ⇒ 28% das escolas dos EUA listam o ruído como o principal problema.
- ⇒ O ruído leva os alunos a perderem um terço da comunicação verbal em sala.
- ⇒ O ruído interfere na compreensão do discurso.
- ⇒ O esforço para conter o ruído leva os professores à fadiga vocal.

Fonte: Coalizão para acústica em sala de aula



3

O ruído é um problema nas instalações educacionais de hoje. A coalizão para acústica em sala de aula concluiu que:

- 28% das escolas dos EUA listam o ruído como o principal problema do ambiente.
- O ruído leva os alunos a perderem um terço da comunicação verbal em sala. Imagina se você não compreendesse a terceira palavra das frases nessa apresentação.
- O ruído interfere na compreensão do discurso, que tem consequências na concentração.
- O ruído leva os professores à fadiga vocal. Do ponto de vista do professor, será um dia cansativo se ele estiver se esforçando muito para ser ouvido entre diversas fontes de ruído. Esse problema afeta diretamente a satisfação do professor, a ausência do professor, e a necessidade de serviços de saúde suplementares.

O Ruído é Um Problema?

O Ruído Afeta as Crianças:

- ⇒ Deficiências visuais ou auditivas.
- ⇒ Distúrbio de déficit de atenção (DDA).
- ⇒ Inglês como segunda língua.
- ⇒ Distúrbios de aprendizagem.
- ⇒ Infecções no ouvido médio.
- ⇒ Crianças mais novas aprendendo o idioma.



4

Algumas crianças são mais afetadas pelo ruído. Para manter isso em perspectiva, quanta concentração você acha que um estudante precisará dedicar se ele possuir deficiência visual ou auditiva? Frank Musiek, Diretor de Audiologia do Centro Médico Dartmouth-Hitchcock, afirma que 2% a 3% dos estudantes pode ter uma deficiência auditiva.

Em casos de distúrbio de déficit de atenção, há um consenso crescente de que centenas de milhares de casos de DDA estão sendo diagnosticadas de forma errada, e são, na realidade, o resultado de deficiências auditivas. Talvez algumas crianças que não conseguem parar quietas na cadeira estejam ouvindo uma mensagem embaralhada, o que as faz perder o interesse.

Se o Inglês for a segunda língua, ou se os alunos estiverem apenas aprendendo o idioma, é necessária concentração intensa para acompanhar a aula. Vocabulário e memória auditiva estão apenas se desenvolvendo nas crianças pequenas. Ao contrário dos adultos, eles não têm a capacidade de preencher as palavras que eles perderam.

Cerca de um terço de todos os alunos em sala de aula típica se enquadram nessas categorias de sensibilidade extra à acústica ruim.

O Efeito de Uma Perda Auditiva



Devido a infecções no ouvido médio, as crianças em idade escolar costumam experimentar uma perda de 25 decibéis. Coloque a mão sobre a orelha para experimentar este nível de perda auditiva.



Se você colocou a mão sobre a orelha, você experimentou uma perda auditiva equivalente a 25 decibéis, que é muito comum em crianças em idade escolar. Isso cria um ambiente de aprendizagem difícil.

Benefício: Menor Ausência dos Professores



Tensão Vocal: Uma Preocupação Cara

- ⇒ Havia 2,9 milhões de professores de escolas públicas nos EUA em 2000.
- ⇒ Os professores perdem uma média de dois dias por ano devido à fadiga vocal.
- ⇒ O custo dos professores substitutos foi de cerca de US\$220,00 por dia.
- ⇒ O custo nacional devido à fadiga vocal dos professores é estimado em US\$638 milhões. Uma grande fração desse custo poderia ser economizada a cada ano se as escolas fossem mais silenciosas.

Fonte: Sociedade acústica da América

6

De acordo com um documento apresentado pela Sociedade acústica da América (volume [106, N ° 4, Pt. 2, Outubro de 1999 1), havia 2,9 milhões de professores de escolas públicas nos EUA em 2000 (Centro nacional de estatísticas da educação). Os professores perdem uma média de dois dias por ano devido à fadiga vocal provocada pelo aumento do tom de voz para conseguirem cobrir o ruído. Recentemente, o custo dos professores substitutos foi de cerca de US\$220,00 por dia. O custo nacional devido à fadiga vocal dos professores é estimado em US\$638 milhões. Uma grande fração desse custo poderia ser economizada se as escolas fossem mais silenciosas. A satisfação dos professores e a quantidade de interação verbal entre professores e alunos também poderão melhorar (observe os comentários dos professores no estudo de caso anterior). Dividir 638 milhões de dólares entre as escolas públicas dos EUA daria um orçamento anual de US\$7500 por escola para propósitos educacionais.

Como as Normas Acústicas Podem Ajudar?



As Normas Tornam Possível:

- ⇒ Um ambiente de aprendizagem mais adequado para todos os alunos.
- ⇒ Compreensão melhorada da fala para todos os alunos e professores.
- ⇒ Um ambiente de ensino melhor para os professores.
- ⇒ Uniformidade no design da sala de aula para arquitetos e designers.



7

Ao criar a norma, que enfoca o design acústico da sala de aula, estamos mais bem munidos para criar:

- Ambientes de aprendizagem melhorados para todos os alunos
- Compreensão melhorada da fala para todos os alunos e professores.
- Ambientes de ensino melhores para os professores.
- Uniformidade no design da sala de aula para arquitetos e designers.

Este último ponto é especialmente importante. A norma autoriza arquitetos a criar os melhores ambientes de aprendizagem ao seguir a orientação de especialistas acústicos.

Envolvimento da Lei dos Americanos



- ⇒ A ADA, juntamente com o Conselho de Acesso, está fazendo esforços para aplicar requisitos específicos sobre a acústica em salas de aula.
- ⇒ A ADA exige que "... a comunicação com pessoas com deficiência seja tão eficaz como a comunicação com os outros."

(Lei dos Americanos Portadores de Deficiência,
Lei Pública 101-336, Título III, Seção 36,303.
Serviços auxiliares)



A ADA, juntamente com o Conselho de Acesso, está fazendo esforços para aplicar requisitos específicos sobre a acústica da sala de aula. A ADA exige que "... a comunicação com pessoas com deficiência seja tão eficaz como a comunicação com os outros."

Apesar de vermos que a ADA e o Conselho de Acesso foram os carros-chefe da melhoria do design da sala de aula para pessoas com deficiência, a melhora da acústica ajudará todos os alunos e professores.

Cronologia de Desenvolvimento da Norma



- 1997 Os pais pediram ao Conselho de Acesso para desenvolver a norma em salas de aula.
- 1998 O projeto da norma foi submetido ao Conselho de Acesso para revisão.
- 1998 O Conselho de Acesso emitiu o pedido de informações (RFI) sobre o assunto.
- 2000 Vários grupos desenvolveram a norma (março-junho).
- 2001 O Conselho recebeu o padrão proposto (janeiro).
- 2002 A norma foi concluída e aprovada como ANSI/ASA S12.60-2002, abrangendo critérios de desempenho acústico, requisitos e diretrizes de design para as escolas.
- 2003 A norma do ANSI para acústica em sala de aula foi adotada em vários distritos nos Estados Unidos.

O desenvolvimento desta norma não foi uma realização pequena. Vários anos se passaram desde a sua criação. Você pode ver que a norma não está em vigor há tanto tempo. Você pode descobrir que você, seus associados, e seus clientes ainda estão aprendendo sobre essa norma e os benefícios que ela pode trazer às instituições de ensino no futuro.

Adoção da Norma do ANSI: Uma Atualização



Adotam atualmente a Norma:

- ⇒ Departamento de construção de escolas de Nova York.
- ⇒ Autoridade de construção de escolas de Nova Jersey.
- ⇒ Escolas públicas de Minneapolis.
- ⇒ Departamento de educação de New Hampshire.
- ⇒ Comissão de instalações escolares de Ohio.

Estados com requisitos pré-existentis comparáveis:

- ⇒ Departamento de educação do estado de Washington.
- ⇒ Departamento de educação do estado de Nova York.

Outros estados:

- ⇒ Departamento de educação de Minnesota - proposta própria.
- ⇒ Connecticut considera a adoção da norma.
- ⇒ Minnesota considera a adoção da norma.
- ⇒ Califórnia – recomendação para escolas de alto desempenho (CHPS).

As escolas identificadas adotaram a norma do ANSI ou estão utilizando as diretrizes no design das escolas.

Quem Ajudou a Desenvolver as Normas?



- | | |
|--|------------------------------------|
| ⇒ Profissionais de Acústica | ⇒ Agências governamentais |
| ⇒ Advogados de pessoas com deficiência | ⇒ Fabricantes |
| ⇒ Arquitetos | ⇒ Engenheiros de ruído |
| ⇒ Grupo de normas do ASTM | ⇒ Patologistas da fala e linguagem |
| ⇒ Fonoaudiólogos | ⇒ Especificadores |
| ⇒ Empreiteiros | ⇒ Professores |

Muitos recursos e pontos de vista foram combinados para criar esta norma, de acústicos a arquitetos, de agências governamentais a professores.

Organizações Que Ajudaram a Desenvolver as Normas



⇒ AAA	⇒ ASTM	⇒ EAA
⇒ AFT	⇒ ATBCB	⇒ GA
⇒ AG BELL	⇒ CEFPI	⇒ INCE
⇒ AIA	⇒ Cisca	⇒ Fabricantes de materiais de construção
⇒ ANSI	⇒ CRI	
⇒ ASA	⇒ CSI	⇒ NAIMA
⇒ ASHA	⇒ Departamen to de educação	⇒ SHHH
⇒ ASHRAE		

Muitas organizações foram representadas no desenvolvimento das normas também. Havia uma abundância de profissionais dedicados e organizações envolvidas na criação bem sucedida da norma.

Requisitos do Novo Padrão



1. Para o tempo de reverberação:

- ⇒ Salas com menos de 10.000 pés cúbicos (283m^3):
0,6 segundos
- ⇒ Salas de 10.000 a 20.000 pés cúbicos (283m^3 a 566m^3):
0,7 segundos

Os estudos mostram:

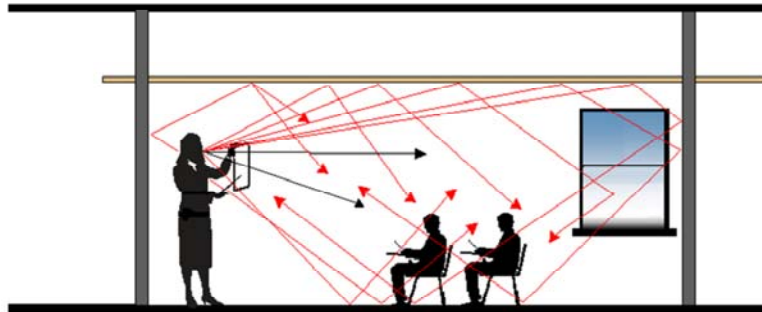
algumas salas de aula de hoje chegam a ter tempos de reverberação de até 2,8 segundos.



13

O tempo de reverberação é a medida do tempo necessário para as reflexões de um som normal, como um "grito", tornarem-se inaudíveis. Vejamos um exemplo. Uma sala de menos de 10.000 metros cúbicos (283m^3) tem basicamente 30'x30' com um forro de 10'. O tempo de reverberação desse espaço é de, no máximo, 0,6 segundos. O requisito é ligeiramente mais longo, com um máximo de 0,7 segundos, para uma sala com o dobro desse tamanho. Estes requisitos são muito mais curtos do que em muitas salas de aula que existem hoje. Algumas escolas foram medidas com tempos de reverberação tão elevados como 2,8 segundos. Não é um número surpreendente se você considerar que as paredes e os forros costumam ser superfícies duras, como de alvenaria, vidro e gesso.

O Som nas Salas



As setas pretas representam o som direto.
[O som direto é bom para a compreensão.]

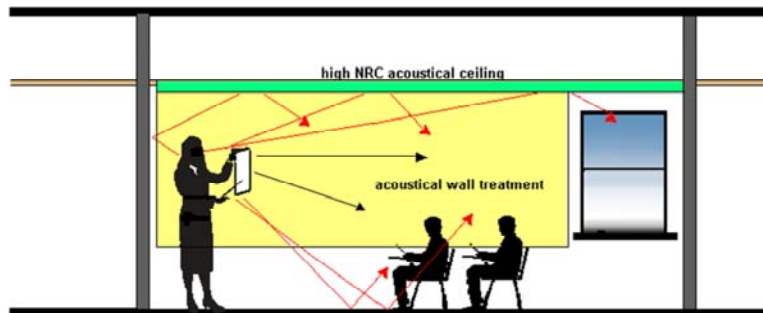
As setas vermelhas representam o som refletido.
[O som refletido pode comprometer a compreensão.]

14

Esta imagem representa o campo de som em uma sala de aula típica. As setas pretas mostram o caminho do som direto, isto é, o som vindo do professor diretamente para os ouvidos dos alunos. Como o som direto não é afetado pela arquitetura, ele é o som mais nítido e, portanto, o mais importante para compreender o professor. As setas vermelhas mostram o caminho do som refletido, também chamado de campo de som reverberante.

O tempo de reverberação é o tempo necessário para que as reflexões do "som" se tornem audíveis. Quando muitas superfícies na sala são sólidas e reflexivas, o tempo de reverberação torna-se longo e palavras faladas se sobrepõem. Os tempos de reverberação longos diminuem nossa habilidade de compreender o que está sendo dito.

Reduzindo o Som Refletido



Quando você reduz o som refletido, você diminui o tempo de reverberação. Trate a sala com paredes acústicas e forros com NRC alto.

15

Como os requisitos do padrão do ANSI podem ser cumpridos? Esta é a situação onde os materiais que você escolhe fazem a diferença. Para reduzir o tempo de reverberação, reduza a quantidade de superfícies sólidas. Isto pode ser feito através da aplicação de tratamentos de absorção. A absorção sonora total geral alcançada por um material acústico é relatado como um valor do NRC. NRC denota o coeficiente de redução de ruído, que indica a porcentagem de som que é absorvida ao atingir uma superfície. Quanto maior for o NRC, maior será a quantidade de absorção. Um projeto utilizando um forro de absorção com NRC 0,70 cumpriria o padrão do ANSI para uma sala de 10.000 pés cúbicos (283m³). Salas maiores, em geral, requerem absorção adicional nas paredes.

Além de reduzir o tempo de reverberação, a absorção na sala de aula também deixará o espaço mais silencioso, tornando os ruídos indesejados menos intrusivos ou perceptíveis.



Guia do custo de instalação:
Sala de aula de 1.000 pés quadrados 93m²) {20' x 50'}

Descrição do forro	Custo de instalação	Diferença/ Sala de aula	Custo anual*
NRC 0,55 <input type="checkbox"/> 24" x 48" x 5/8" <input type="checkbox"/> sem resistência ao escorrimento	\$1250 – \$1500		
NRC 0,55 <input type="checkbox"/> 24" x 48" x 5/8" <input type="checkbox"/> visual mais limpo <input type="checkbox"/> resistência ao escorrimento	\$1300 – \$1550	\$50	\$5
NRC 0,55 <input type="checkbox"/> 24" x 48" x 5/8" <input type="checkbox"/> resistência ao escorrimento <input type="checkbox"/> alta durabilidade	\$1600 – \$1800	\$300	\$30
NRC 0,70 <input type="checkbox"/> 24" x 48" x 3/4" <input type="checkbox"/> resistência ao escorrimento <input type="checkbox"/> acústica superior	\$1750 – \$2000	\$500	\$50

* *Garantia de 10 anos para as placas do forro.

De acordo com o mesmo documento apresentado anteriormente pela Sociedade acústica da América (volume [106, N ° 4, Pt. 2, Outubro de 1999 1), o custo da educação de uma criança em uma sala de aula comum é de 7.000 dólares por ano. Com o teto melhor, cerca de 3% a mais de "frases pouco familiares" são entendidas corretamente pelos alunos normais. Uma medida do valor econômico dessa melhoria é $(0,03) \times US\$7.000$, ou US\$210. O adicional de US\$50, conforme observado na tabela acima sobre o forro acústico de acústica superior, é relativamente insignificante na avaliação de 30 alunos por sala de aula vezes US\$210 por figura de valor econômico do estudante. Unless value engineering reviewers are told the economic benefits, most are likely to reject the better ceiling options on first cost alone.

Requisitos do Novo Padrão



2. Para o nível de ruído de fundo:

- ⇒ Os principais espaços de aprendizagem com 20.000 pés cúbicos (566m³) ou menos, reduzem o nível de ruído de fundo a um máximo de 35 dBA.

Estudos mostram:

- ⇒ Algumas salas de aula de hoje têm níveis de ruído de fundo muito elevados como **66 dBA** nos dias de hoje



17

O outro componente que S12.60 do ANSI salienta é o nível de ruído de fundo. O padrão exige que o nível de ruído tenha um máximo de 35 dBA. Este valor insere o ruído de fundo em uma posição suficientemente mais baixa que a do nível de voz típico, de modo que a relação sinal-ruído é maior e, o professor é compreendido. Como você pode ver, nem todas as salas de aula cumprem, ou mesmo chegar perto de cumprir tal exigência, já que os níveis normais de voz do professor seriam de cerca de 60 decibéis ao falar com um estudante em uma distância de um braço.

Ruído de Fundo

- ⇒ Ruído de fundo é o efeito de todas as fontes sonoras, de dentro e fora da sala de aula, excluindo os estudantes e professores.
- ⇒ Altos níveis de ruído de fundo podem mascarar os sons da fala, reduzindo assim sua compreensão.
- ⇒ O ruído de fundo é medido em dBA.

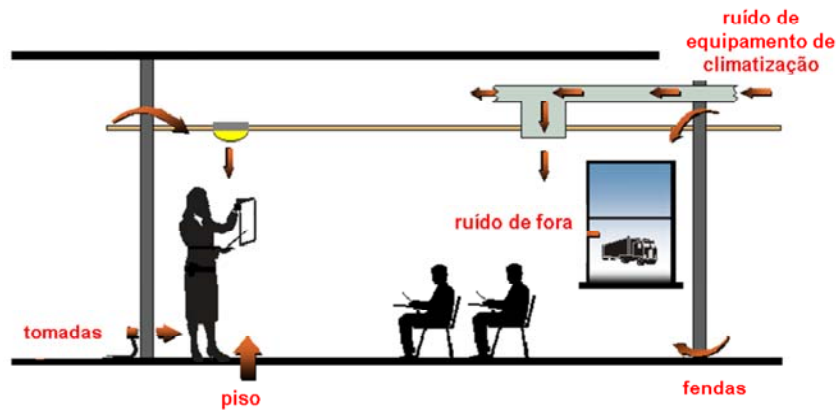


18

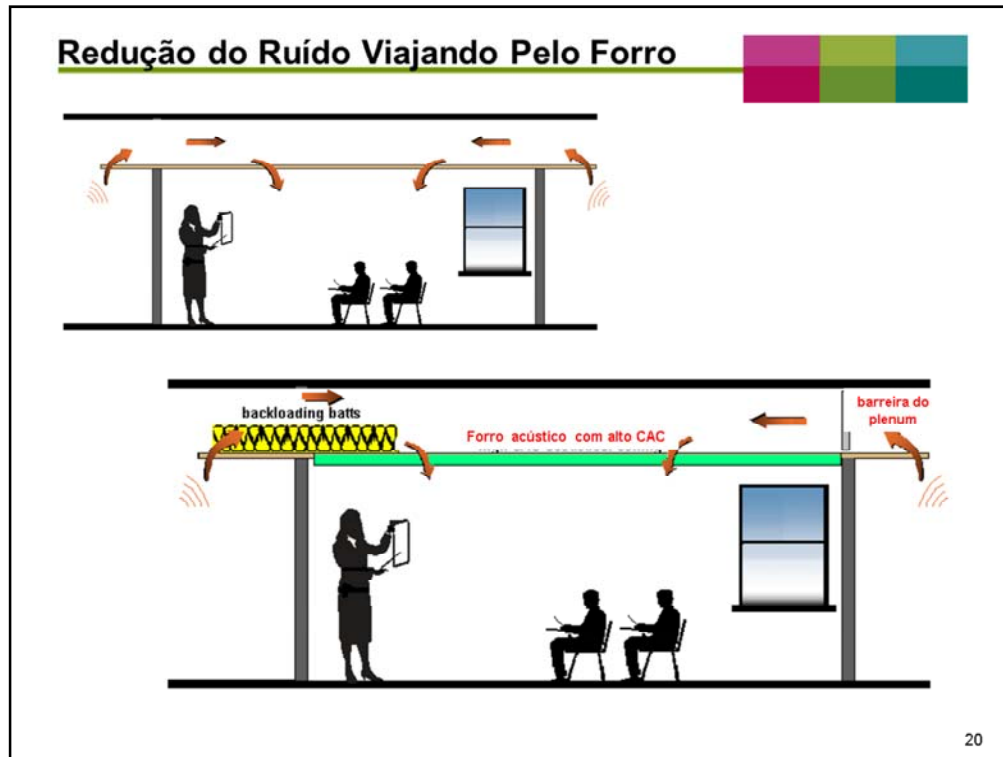
O ruído de fundo é o outro componente de som que afeta o quão bem um aluno pode compreender o professor. Ruído de fundo inclui qualquer barulho que encontre um caminho até sala de aula "desocupada". Estes sons podem vir de dentro da sala de aula, e também de fora dela. Quando os níveis de ruído de fundo tornam-se próximos ou superiores ao nível de voz do professor, começa a ficar difícil de compreendê-lo. Um exemplo extremo de onde você pode ter passado por uma experiência de interferência de ruído de fundo é em uma festa. O nível de fundo composto por muitas conversas torna-se tão alto que você tem que gritar para ser compreendido.

Como nossos ouvidos são menos sensíveis a sons baixos, os níveis de ruído fundo medidos são ajustados com uma ponderação A, que corresponde a quão alto nós percebemos um som em qualquer altura. As unidades dos níveis de ruído de fundo são relatadas em dBA.

Fontes de Ruído de Fundo

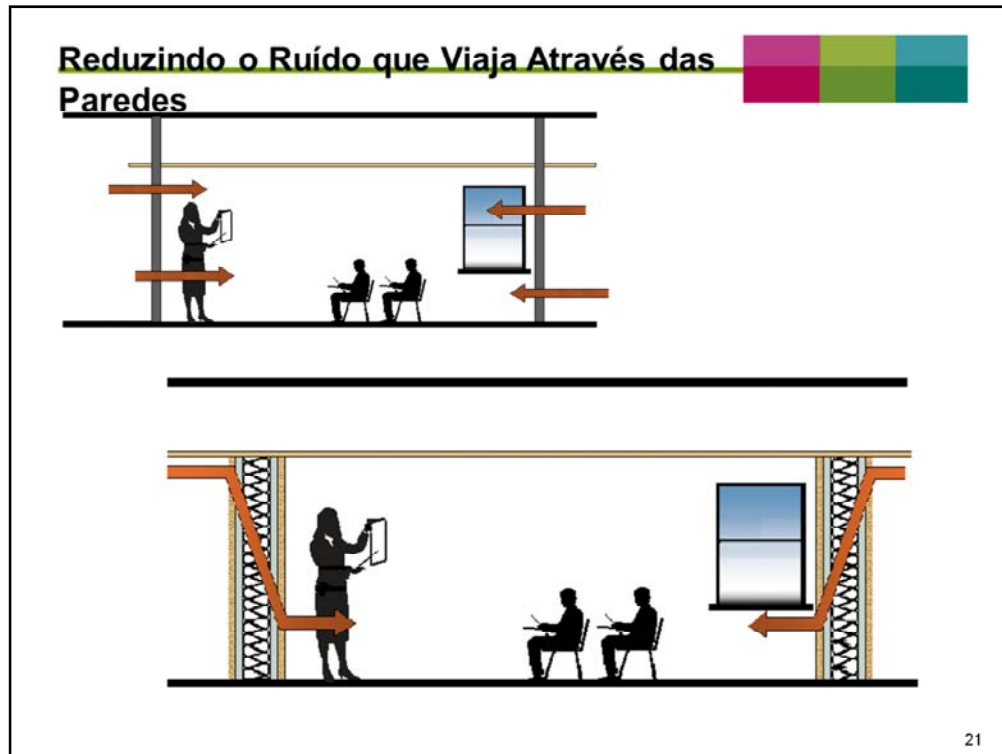


Aqui estão vários exemplos de fontes de ruído de fundo em uma sala de aula desocupada. Quando a sala de aula está ocupada, mesmo em momentos de silêncio, as crianças criam algum ruído indesejado ao se movimentarem constantemente ou se deslocarem nas cadeiras. Os ventiladores do sistema de manipulação de ar do AVAC criam ruído. Ruídos externos, como o ruído do tráfego e do parquinho infantil, podem ser ouvidos. O ruído de espaços adjacentes também pode ser um problema. Se a parede comum não for construída até a laje, o som pode viajar por cima da parede e pelo teto, por difusores de ar, e luminárias. O ruído do corredor passará por debaixo das portas.



Ao considerar o ruído que entra em uma sala de aula a partir de espaços adjacentes, as soluções são tão vastas como os problemas. Este slide mostra o ruído conforme ele passa através do forro quando as paredes não são erguidas até a laje.

Uma solução simples para o problema do ruído que atravessa o forro comum é a utilização de forro com CAC alta. CAC significa classe de atenuação do forro, e é uma medida da capacidade do forro para bloquear o som. Quanto maior for o número, mais som o material do forro poderá bloquear. Se a CAC do forro não for alta o suficientemente para satisfazer os requisitos de fundo, todo o forro poderá ser sobrecarregado com o isolamento instalado (como representado no slide), ou pelo menos 4' além de cada lado da parede, contanto que a profundidade do forro não seja muito grande. O isolamento R-11 instalado desta maneira pode aumentar efetivamente a CAC do forro em 6 a 10 pontos. Outra forma de impedir que o som viaje através do forro é construir barreiras de forro feitas de placas de gesso, e dando espaço da parte superior da parede até a laje, assegurando-se de selar todas as penetrações.



Uma fonte adicional de intrusão de som é o ruído que passa através das paredes. Para evitar isso, opte por paredes que ofereçam um valor da STC alto [> 45]. STC significa classe de transmissão do som, e é uma medida da capacidade da parede para bloquear o som. A STC de uma parede pode ser melhorada pela adição de isolamento entre os alicerces, e por camadas adicionais de gesso em um ou ambos os lados. É importante certificar-se de todas as fissuras e juntas sejam vedadas, e que as tomadas elétricas não sejam colocadas frente a frente.

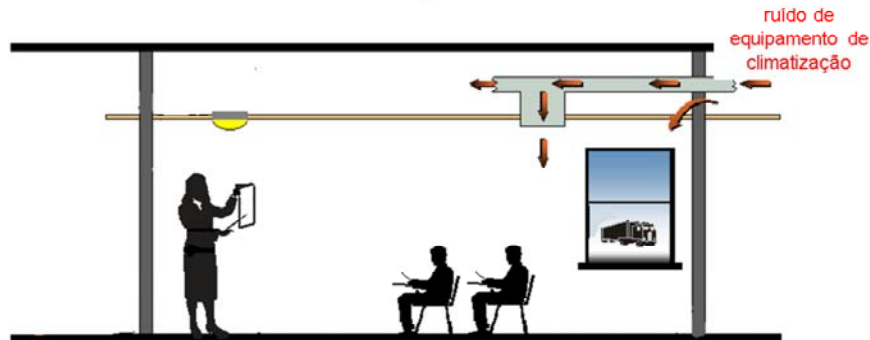
Uma alternativa para a adição de camadas de gesso é adicionar tratamentos de parede acústica. Os materiais costumam ser feitos de fibra de vidro ou de substratos de fibra mineral, com alturas de painéis disponíveis em 6', 8', 9', ou 10'. Muitas opções estão disponíveis, incluindo acabamentos de superfície que são práticos para ambientes escolares. Em termos de renovação, alguns estão disponíveis até mesmo em menos de duas semanas para atender a cronogramas de construção apertados.

Painéis de parede acústica fabricados também ajudam a controlar a reverberação e o ruído de fundo quando combinados com opções de tetos acústicos de alto desempenho.

Minimização do Ruído do AVAC Através do Design



- ⇒ Não coloque equipamentos mecânicos na sala de aula.
- ⇒ Caixas de volume variável de ar devem ser posicionadas longe da sala de aula.
- ⇒ Unidades de climatização devem ser completamente isoladas da sala de aula.
- ⇒ Atenuadores de duto devem ser posicionados acima da canalização.



Grande parte do ruído de fundo em uma sala de aula vem do sistema de AVAC. Sistemas de AVAC são mencionados no ANSI S12.60. A ideia é tirar da sala de aula o equipamento que produz ruído. Unidades de volume de ar variável devem ser colocadas em corredores, refeitórios ou outros espaços barulhentos. Atenuadores de duto devem ser colocados na canalização, de modo que o ruído remoto não possa viajar através do duto até a sala de aula.



Sala de Aula da Segunda Série

- ⇒ Todas as superfícies sólidas.
- ⇒ Forro alto de gesso [4.42m"].
- ⇒ Localizada do lado de fora do refeitório.
- ⇒ Janelas amplas de frente para o parquinho infantil



As crianças tinham dificuldades para compreender o professor e os colegas.

Os próximos slides discutem um estudo de caso real na Costa Leste. Vamos detalhar como um tratamento acústico fez uma diferença significativa em sala de aula.

A sala de aula testada era uma sala típica nesta área metropolitana em particular. O espaço tinha muitas superfícies sólidas e um forro alto. O ruído de fundo era pior na hora do almoço, pois o ruído advinha do refeitório e do parquinho infantil. O professor tinha dificuldades para falar sobre o nível de ruído. O tempo de reverberação era tão longo que era difícil compreender os alunos do outro lado da sala. Isso representava um ambiente de aprendizagem muito difícil, especialmente para as crianças de sete anos de idade.



Método de Avaliação

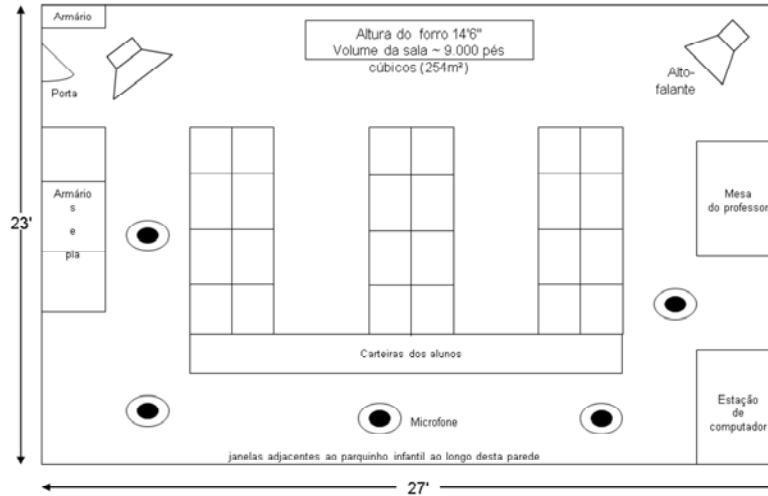
- ⇒ Medir o volume da sala de aula enquanto ocupado [classe de leitura].
- ⇒ Medir o tempo de reverberação na sala de aula vazia depois das aulas.
- ⇒ Instalar uma placa do forro de colagem de NRC 0,65 durante as férias.
- ⇒ Repetir as medições acima após a instalação.



O tempo de reverberação e os níveis de volume de som foram medidos antes de qualquer tratamento ter sido realizado. Instalar um painel de colagem de NRC 0,65 durante as férias. O painel de colagem foi utilizado devido a restrições arquitetônicas [janelas para o forro]. Os estudantes não sabiam que sua sala de aula estava passando por essa mudança. Medições acústicas foram repetidas após a instalação do forro.



Layout da Sala de Aula



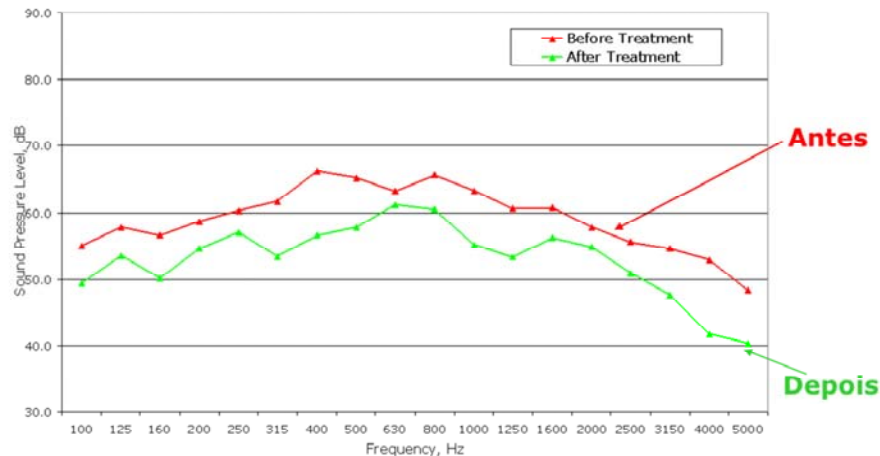
Cerca de 35 estudantes ocupavam a sala de aula. Este diagrama mostra o layout da sala– com 27' x 23', ela não é muito ampla. Os pontos circulares representam microfones para gravar os níveis de som. Alto-falantes foram utilizados para gravar o tempo de reverberação.

1º Estudo de Caso Real



Resultados dos níveis de som máximos

Classroom SPL Before and After Treatment
Levels Exceeded Only 5% of Time During Reading Class



26

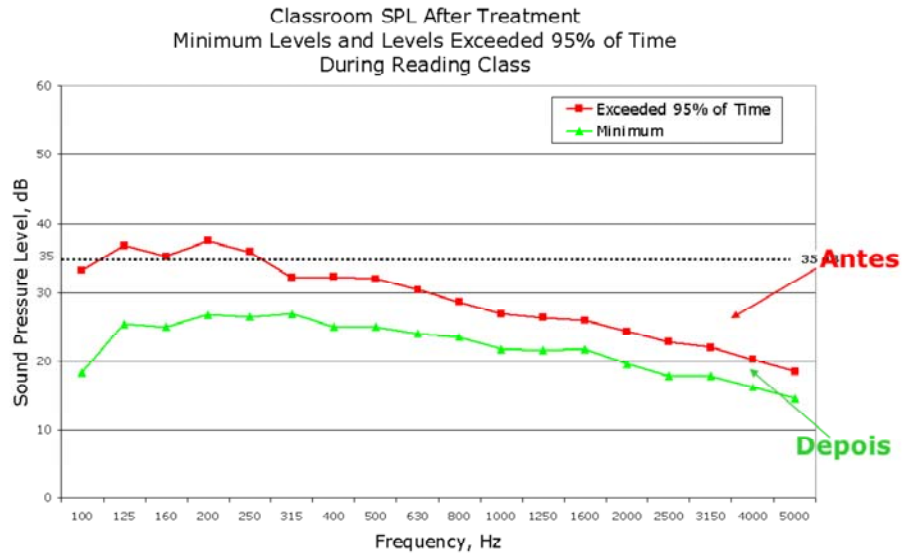
Este primeiro gráfico mostra níveis de som gravados antes e depois da instalação do teto. O eixo X mostra frequências, ou alturas que compõem o som. O eixo Y representa o nível do som. Este gráfico compara os níveis sonoros máximos, representando o professor falando. Uma média de 6 decibéis de redução foi realizada. Esta seria a diferença no nível de som entre uma voz elevada e uma voz normal.

Imagine o quão melhor um professor se sente ao final do dia por ter sido capaz de usar um nível normal de voz. Imagine o impacto na satisfação do empregado e do absentismo. Alguns professores chegam a faltar até uma semana a cada ano por problemas de voz.

1º Estudo de Caso Real



Resultados dos Níveis de Ruído de Fundo



27

Aqui está um gráfico semelhante, porém, este representa o nível de som ambiente criado por fontes como o AVAC, cadeiras em movimento, e ruído em geral vindo de fora da sala de aula. Mais uma vez, uma redução média de ruído de 6 decibéis foi realizada. Isto é significativo, e perceptível, como se dobrasse a distância até a fonte de ruído.

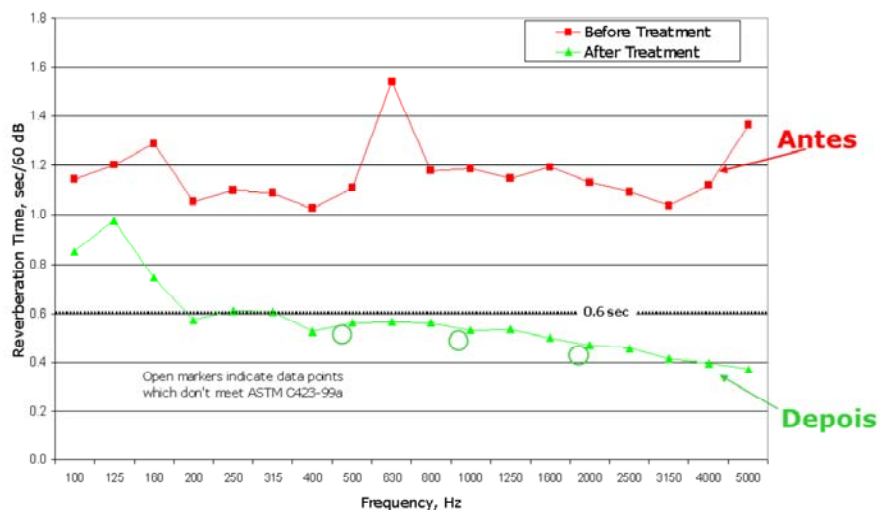
Você pode notar que o cenário de antes está dentro dos 36 dBA recomendados. Estas medições foram colhidas no final do dia, durante uma classe de leitura. Os níveis de ruído de fundo teriam sido maiores se as medidas pudessem ter sido tiradas na hora do almoço.

1º Estudo de Caso Real



Tempos de Reverberação

Reverberation Times Before and After Treatment



28

Por fim, este último gráfico mostra uma diferença significativa nos tempos de reverberação. Antes do tratamento, o tempo de reverberação em todas as frequências era maior do que 1 segundo. Este tempo de reverberação longo dificultou muito para os estudantes e professores entenderem uns aos outros devido ao tempo de sobreposição das palavras faladas. Nós literalmente não conseguíamos entender o que as crianças estavam dizendo do outro lado da sala de aula.

Após o tratamento, o tempo de reverberação passou a cumprir com o padrão ANSI S12.60, que exige um máximo de 0,6 segundos de tempo de reverberação nas bandas de oitavas de 500, 1.000 e 2.000 Hz. O foco está nessas frequências, pois elas são fundamentais para a compreensão da fala. Após o tratamento, os alunos puderam compreender o professor, e uns aos outros.

O que esses gráficos mostram são os números. O verdadeiro testemunho foi a reação dos alunos a essa mudança. Novamente, os alunos não sabiam que um novo teto havia sido instalado na sala de aula. Quando eles voltaram das férias, eles notaram a diferença. Na verdade, o professor nos disse que eles começaram a questioná-lo sobre o que estava diferente, e até descreveram a sala de aula como estando mais calmo.

2º Estudo de Caso Real



Demonstração da Acústica da Sala de aula Escola Lambertton, Philadelphia PA



Avaliações acústicas e instalação do forro realizados entre 15 e 24 de janeiro de 2004.

A arquitetura:

- ⇒ Construída em 1949
- ⇒ Do pré-escolar ao ensino médio.
- ⇒ Área residencial tranquila.
- ⇒ Construção em alvenaria.
- ⇒ Os tetos são de isolamento de fibra de vidro aplicada por spray sobre o gesso.
- ⇒ Os pisos são vinílicos.

Este estudo de caso a seguir é outro exemplo de uma sala de aula em uma grande área metropolitana. Esta escola foi construída há mais de 55 anos. A sala de aula foi testada antes e depois de da instalação dos tetos acústicos. Antes da mudança, os tetos tinham fibra de vidro aplicada por spray sobre o gesso. Mais uma vez, havia muitas superfícies sólidas nesta sala de aula da sexta série da classe de matemática, incluindo pisos vinílicos e paredes de blocos de concreto.

Sala de Aula Antes da Mudança



Arquitetura: antes da mudança

Teto: Isolamento de fibra de vidro aplicado por spray aproximadamente $\frac{1}{2}$ " de espessura no gesso.

Paredes: CMU [bloco de concreto] e vidro DS [força dupla].

Piso: Piso vinílico sólido.

Dimensões da sala: 24' x 44' x 11'.

Critérios de design acústico para salas de aula

Tempo de reverberação ANSI S12.60, máximo aceitável

0,6 segundos [em 500, 1.000, 2.000 Hz]

Tempo de reverberação da sala de aula da Escola Lamberton

Desempenho medido antes da mudança

1,1 segundos [em média 500 a 2.000 Hz]



30

O objetivo dessa mudança foi melhorar a compreensão da fala em sala de aula. O tempo de reverberação medido foi de 1,1 segundos, bem acima dos recomendados 0,6 segundos definidos pelos critérios de design de salas de aula do 12,60 ANSI.

Antes da instalação de um teto suspenso no espaço, a sala ressoava. O professor muitas vezes foi forçado a repetir o que dizia, pois as crianças no fundo da sala tinham problemas para escutá-la. Como o professor precisava repetir o mesmo material frequentemente, ele não era capaz de cobrir todo o plano de aula em cada período de aula. Além disso, a fadiga vocal é um efeito colateral comum da utilização de uma voz elevada durante o dia todo.

Reverberação Antes da Mudança

Arquitetura: antes da mudança

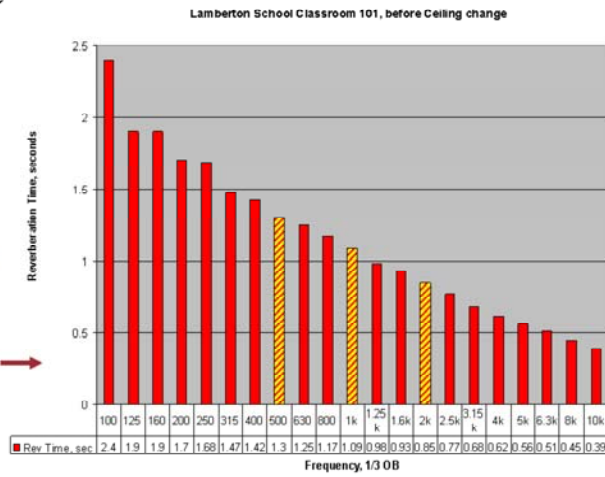
Teto: Isolamento de fibra de vidro aplicado por spray aproximadamente ½" de espessura no gesso.

Paredes: CMU e vidro DS.

Piso: Piso vinílico sólido.

As frequências destacadas representam o ANSI S12.60 [em 500, 1.000 e 2.000 Hz].

Máximo de 0,6 segundos →



A sala de aula não cumpria o tempo de reverberação de acordo com o padrão do ANSI em nenhuma das três frequências [destaque]. A reverberação não é uniforme, e a fala parece ressoar.

Este slide mostra que a sala de aula, antes da mudança, não conseguia cumprir o tempo de reverberação de acordo com o padrão do ANSI em nenhuma das três frequências críticas da fala.

Sala de Aula Com Forro Novo



Arquitetura: **após a mudança**

Teto: Teto suspenso, alto NRC/ CAC de 3/4", painéis de fibra de mineral

Paredes: CMU e vidro DS.

Piso: Piso vinílico sólido.

Dimensões da sala:
7,32x13,41x3,05m

CrITÉRIOS de design acústico para salas de aula

**Tempo de reverberação ANSI S12.60,
máximo aceitável**

0,6 segundos [em 500, 1.000, 2.000 Hz]

Tempo de reverberação da sala de aula da Escola
Lamberton

Desempenho medido depois da mudança

0,56 segundos [em média 500 a 2.000 Hz]



A instalação do teto resultou em uma melhoria dramática na absorção acústica. O tempo de reverberação na sala de aula foi reduzido, e passou a cumprir o nível do ANSI 12.60 máximo aceitável nas três principais frequências da fala. O teto instalado tinha um NRC (coeficiente de redução de ruído) elevado de 3/4" e um teto de fibras minerais com CAC (classe de atenuação de teto) elevado de 2' x 4'.

Reverberação Depois do Novo Forro



Arquitetura: **após a mudança**

Forro: suspenso, alto NRC / CAC de ¾", painéis de fibra mineral.

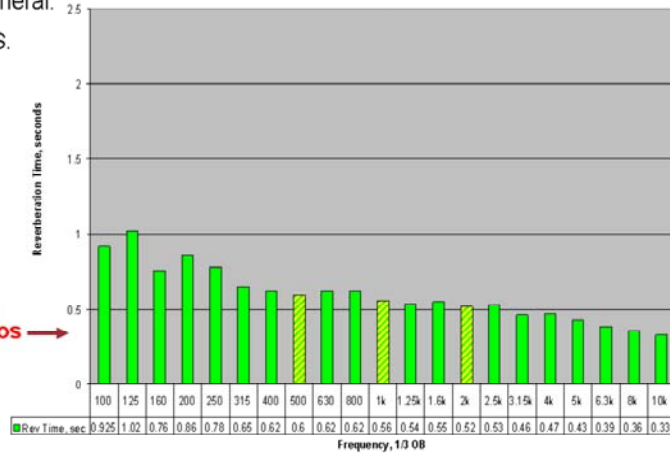
Paredes: CMU e vidro DS.

Piso: Piso vinílico sólido.

Lamberton School Classroom 101, after Ceiling change

As frequências destacadas representam o ANSI S12.60 [em 500, 1.000 e 2.000 Hz].

Máximo de 0,6 segundos →



A sala de aula agora cumpre o tempo de reverberação de acordo com o padrão do ANSI nas três frequências em [destaque]. A reverberação é uniforme, e a fala parece natural.

Isso ilustra que, como o tempo de reverberação agora cumpre a norma do ANSI, a reverberação é uniforme, e a fala parece natural. Na verdade, os níveis totais de ruído no espaço foram reduzidos ao ponto em que as actividades das crianças (agitação, cadeiras em movimento, papéis a farfalhar) passaram a ser menos perceptíveis. Além disso, o ruído exterior passou a ser uma perturbação menor.

Comparação do Tempo de Reverberação



Antes



Forro

- ⇒ Isolamento de fibra de vidro aplicado por spray.
- ⇒ aproximadamente ½" de espessura.
- ⇒ NRC de 0,25 aproximadamente.

Ref. ANSI S12.60. 0,6 segundos no máximo.

- ⇒ 500 Hz, **1,3 segundos**
- ⇒ 1.000 Hz, **1,09 segundos**
- ⇒ 2.000 Hz, **0,85 segundos**

Depois



Forro

- ⇒ Forro suspenso:
- ⇒ NRC alto de 0,70/ CAC alta de 40.
- ⇒ ¾ painéis de fibra mineral "

Ref. ANSI S12.60. 0,6 segundos no máximo.

- ⇒ 500 Hz, **0,60 segundos**
- ⇒ 1.000 Hz, **0,56 segundos**
- ⇒ 2.000 Hz, **0,52 segundos**

A sala de aula de antes da mudança não cumpria o padrão do ANSI de tempo de reverberação em nenhuma das três frequências. Após a instalação do forro, sala passou a cumprir a norma em todas as três frequências.

Negócios sonoros. O professor, neste exemplo, comentou que "ruídos estranhos" não era mais um empecilho. As crianças pareciam estar falando mais suavemente. Ele se sentia mais próximo das crianças, e as crianças pareciam mais interessadas e envolvidas, pois eles não precisavam mais repetir o que pensavam ter ouvido. Por fim, ele sentiu que havia ensinado mais no mesmo período de tempo, como resultado desta mudança.

Assista aos vídeos do antes e depois [clique nos botões de ação roxos] para que os participantes possam ouvir a diferença.

Resumo

Nós Revisamos:

- ⇒ Como o som afeta o ambiente de aprendizagem.
- ⇒ Como a escolha do forro acústico adequado pode reduzir a reverberação de som e o ruído de fundo na sala de aula.
- ⇒ Como o padrão do ANSI S12.60 afeta o design da sala de aula.
- ⇒ Como criar um ambiente de aprendizagem melhor através de um design de sala de aula mais adequado



A Armstrong oferece cursos adicionais de aprendizagem sobre acústica, bem como cursos abordando temas como design sustentável, desempenho do forro e da iluminação, e requisitos de instalação do forro sísmico IBC. Obrigado por completar este curso. Visite www.armstrong.com/schools-School Zone Program para obter informações adicionais.