Faculdade Presidente Antônio Carlos de Teófilo Otoni - Junho de 2017

TRATAMENTO ACÚSTICO DE CASA DE SHOWS COM ELEVADO NÍVEL DE RUÍDO INTERNO

[1]Adolfo Scherre Tomazinho Bonisson, [2]Rafael Bassan Gava, [3]Marlon Fernandes Ramos

Resumo

Um dos maiores anseios da engenharia é tornar as construções cada vez mais sustentáveis. A busca por soluções mais leves, econômicas e de rápida execução é a cada dia que passa mais intensa, mas trás consigo a necessidade de adaptações. Quanto menos robustas as estruturas, piores suas condições de conforto e maior a atenção a ser dada a projetos complementares que visem suprir tal perda. A proposta do projeto acústico de uma edificação é fornecer as condições necessárias para que se tenha pleno desempenho da edificação do ponto de vista acústico, e se evite quaisquer transtornos gerados em sua vizinhança. Para isso, são desenvolvidas soluções de portas, janelas, teto, paredes e piso, entre outras, de forma a se tratar a estrutura já pré-definida atenuando o nível de ruído, seja ele interno ou externo, conforme as exigências de projeto. Determina-se inicialmente que se espera internamente um ambiente cujo nível máximo de ruído de 85 dB, ocorrendo concomitantemente e sem interferir no de outro ambiente mais tênue, de 60 dB, e delimita-se para o ambiente externo um nível de ruído de 45 dB. Com paredes de tijolo revestidas de argamassa nas espessuras de 125mm e 225mm, janelas em esquadria robusta de 16mm e 25mm de espessura, portas acústicas, forros minerais acústicos e lajes em concreto armado de 100mm de espessura, fazem-se atendidas as condições de projeto, condições tomadas com base em valores indicados nas normas vigentes, que ainda que recém formuladas e cujo desenvolvimento se faz de forma lenta em relação às normas americanas e europeias, estão presentes para instruir os projetistas ao desenvolverem projetos acústicos, delimitando limites de segurança e conforto para diversos ambientes. Juntamente a isso, municipalidades tem adotado leis de forma a se determinar punições a possíveis negligências às normas em questão. Atendidos os requisitos, garante-se que a edificação em questão está apta a desempenhar seu objetivo, mas não é possível garantir que a mesma estará em conformidade com as normas caso se extrapole as determinações de projeto. Cabe então aos proprietários controlarem seus recintos e à fiscalização regular os mesmos.

ABSTRACT

One of the engineering biggest desires is making constructions even more slender. The search for lighter, more economic and with fast execution is growing each day, but adaptations come along. The less robust structures are, worse their comfort conditions and more attention needed to complementary projects to support that loss. The purpose of acoustic projects is to provide necessary conditions for a full performance by the acoustic way, and to avoid any troubles on its neighborhood. To assure that, doors, windows, hoof, walls, floor and others solutions are developed to treat the present structure, in order to attenuate noise levels, extern or intern, following project demands. Determines the expectations on an ambient wich

maximum noise level is 85 dB, occurring concomitantly and without interfering on other ambient less noisy, with 60 dB, and a 45 dB of noise level for the extern ambient. With brick walls coated with mortars of 125mm and 225mm, windows angled robust of 16mm and 25mm, acoustic doors, acoustic mineral liners and reinforced concrete slabs, the project conditions are satisficed, wich were made based on normalized values, wich even tough those are recent made and whose development makes itself slow compared to American and European standards, help designers developing acoustic projects, delimiting security and comfort limits for many ambients. Along with that, municipalities have adopted laws in order to define punitions to possible negligences to the standards in question. Attended the requirements, is guaranteed that the construction is apt to work properly, but it isn't possible to guarantee its conformity with the standards if its project determinations are overreached. Owners must control its enclousures and operative oversight regulate them.

1 Introdução

Sabe-se que é preciso atenuar ruídos provenientes de diversas fontes, como ambientes que promovem eventos, encontros religiosos ou políticos, tráfego intenso de veículos, indústrias e obras civis. No entanto, grande parte das edificações não possui projeto isolamento e tratamento acústico adequado, sendo causa de atrito entre estes recintos e suas vizinhanças, gerando desconforto e em algumas situações problemas à saúde humana.

É necessário projetar edificações de forma a preservar o conforto e integridade física e psicológica humana, além de evitar transtornos à sociedade que se fazem cada vez mais correntes, seja por negligência às leis ou por falta de conhecimento das mesmas, ou ainda a ausência de bom senso, que envolve questões culturais e fiscalização ineficiente ou inexistente.

O objetivo deste trabalho é apresentar a metodologia de isolamento e tratamento acústico de uma casa de shows. Esse trabalho contempla informações e exigências normativas referentes ao tratamento acústico de edificações, podendo ser útil para projetos ou consultas futuras. Consiste em uma, revisão bibliográfica e desenvolvimento de um projeto de tratamento acústico, acompanhado de memorial de cálculo e resultados, além do orçamento da solução construtiva adotada.

2 Revisão bibliográfica

2.1 O som

Todo ruído é um som, porém, nem todo som é um ruído. De acordo com GEREGS (2000), som é a variação de pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e banda de frequência aos quais o ouvido humano responde (20HZ a 20000 Hz). O ruído, por sua vez, é conceituado como som sem harmonia, geralmente utilizado com conotação negativa, pois se acredita que o emitido deve ter serventia para todas as pessoas que estiverem ao seu alcance, em todas e quaisquer situação.

Os aspectos fisiológicos do som são as três qualidades diversas as quais o ouvido humano é capaz de distinguir, a altura ou tom, a intensidade ou sonoridade e o timbre. A altura está relacionada à frequência com que o som chega ao sistema auditivo, e distingue o som baixo, ou grave do som alto, ou agudo. Sons graves possuem baixa frequência, ao passo que sons agudos possuem elevada frequência.

A intensidade permite distinguir sons fortes e mais intensos de sons fracos, de baixa sonoridade. Quanto maior a intensidade do som, mais sensível o aparelho auditivo será ao mesmo, sendo esta o principal fator determinante do conforto acústico. Até certa intensidade o som gera apenas influências psicológicas sobre o organismo, causando nervosismo, excitação ou calma. Porém, em níveis elevados, o som pode causar transtornos fisiológicos, de forma passageira ou definitiva, impedindo, em alguns casos, o ser humano de executar suas atividades no dia-a-dia.

2.2 Ruído

Os ruídos gerados nas edificações de múltiplos pavimentos podem ser originados de distintas fontes, classificados como ruído aéreo ou ruído estrutural.

Os sons gerados pela conversa humana ou por instrumentos musicais são exemplos de ruído aéreo produzidos nas edificações.

Ventiladores, motores, maquinários, aviões e automóveis são outras fontes que também produzem o ruído aéreo.

O ruído estrutural é, em geral, produzido por vibrações (impacto em pisos, motores, elevadores, ruído hidráulico, etc.) nos elementos da edificação – paredes,

pisos, coberturas, entre outros. Assim, quando um prego está sendo afixado na parede, ou uma pessoa caminha sobre o piso, o ruído estrutural é produzido.

A maioria das fontes produz tanto o ruído aéreo quanto o ruído estrutural. Ventiladores e motores, por exemplo, geram ruído aéreo, enquanto que suas vibrações geram o ruído estrutural.

Segundo Lei Municipal de Belo Horizonte, nº 9.505 de 23 de janeiro de 2008, os diferentes tipos de ruído são classificados como:

- Ruído contínuo: aquele com flutuações de nível de pressão sonora tão pequenas que podem ser desprezadas dentro do período de observação;
- Ruído intermitente: aquele cujo nível de pressão sonora oscila bruscamente várias vezes, durante o intervalo de tempo de medição, sendo o período em que o nível sonoro se mantém constante igual ou superior a 01 (um) segundo;
- Ruído impulsivo: aquele que consiste de uma ou mais explosões de energia sonora, tendo, cada uma, duração inferior a 01 (um) segundo;
- Ruído de fundo: nível de som equivalente, expresso na curva de ponderação "A" de todo e qualquer ruído que esteja sendo captado e que não seja objeto das medições sonoras, no local e horário considerados;

Entende-se por Ruído Contínuo ou Intermitente, para os fins de aplicação de Limites de Tolerância, o ruído que não seja ruído de impacto.

2.3 Nível de ruído

Geralmente, o nível de ruído aceitável no interior de um recinto é baseado no grau de interferência produzido pelo ruído no desenvolvimento de tarefas realizadas neste recinto. Por outro lado, o nível de ruído aceitável em áreas externas, em geral, está relacionado com o grau de incômodo gerado ao ser humano. Em uma fábrica ruidosa, por exemplo, o nível de ruído tolerável deve estar relacionado ao risco de danos à saúde do trabalhador, como perda auditiva, dentre outros.

2.4 Pressão sonora

Segundo SILVA (2005), a pressão sonora ou potência sonora é a pressão resultante da emissão de energia acústica na maioria das fontes sonoras.

2.5 O Nível de Pressão Sonora e o Decibel

MÉNDEZ (1994) afirma que a intensidade de um som depende do valor da sua pressão sonora. Um som muito fraco, audível pelo homem, tem uma pressão sonora da ordem de 20 µPa em 1KHz. A essa mínima pressão sonora se denomina "limiar da dor" é uma pressão sonora muito alta, da ordem de 20 Pa. Essa relação então, entre a máxima e a mínima pressão sonora que o ouvido pode perceber, é de 1.000.000 de vezes. Todos os sons que ouvimos têm pressões sonoras compreendidas entre estes limites.

Segundo GERGES (2000), um valor de divisão adequado a esta escala é log10, também chamado de Bel. No entanto, o Bel é um valor de divisão de escala muito grande e usa-se então o decibel (dB) que é um décimo do Bel.

1 Bel = 10 decibéis

Por exemplo:

$10\log10^{14}$ = 140 decibéis

Logo, uma mudança de 3dB corresponde a $10^{0,3} = 2$, ou seja, dobrando-se a intensidade sonora resulta em um acréscimo de 3 dB.

2.6 Transmissão som

Segundo SILVA (2005) a transmissão de energia sonora de um ambiente para outro, sejam os dois fechados ou mesmo um fechado e outro aberto, se dá por meio de três caminhos diferentes, mostrados na figura 05.

São eles:

- Por meio do ar, como por exemplo, pelas aberturas situadas nas portas, nas janelas e nas grades de ventilação;
- Por meio da própria estrutura ou canalizações da construção, onde vibrações se transmitem e podem assumir valores que inviabilizam a utilização do ambiente para certos tipos de uso;
- Através das superfícies limítrofes do meio fechado, com tetos, forros, pisos, paredes, portas e janelas fechadas.

2.7 Absorção acústica

Absorção acústica é o fato de se absorver o som para ele não ser refletido. Em muitos ambientes fechados esta reflexão deve ser anulada, ou no mínimo controlada, para se obter um bom conforto acústico.

As frequências audíveis definem os limites práticos da faixa acústica de interesse. Embora não tão ampla como a faixa de intensidade, ainda é um problema dividir essa faixa de frequências em componentes controláveis. O que se faz, então, é dividir a faixa em “bandas de oitavas”. Assim, a energia acústica é juntada para dentro da banda de oitava apropriada.

2.8 Perda de transmissão sonora

A perda de transmissão sonora (PT) é a quantidade de som perdida quando o mesmo se transmite através de um material.

2.9 Isolamento acústico

O isolamento acústico pode ser definido como sendo as medidas arquitetônicas que facultam a redução do nível de ruído gerado em um ambiente para o ambiente vizinho, separados por um painel, barreira ou parede divisória.

Segundo SILVA (2005) o isolamento acústico é um dos parâmetros importantes do controle de ruídos nos edifícios, quando se minimiza a passagem do som de um compartimento para outro compartimento vizinho ou vice-versa.

O isolamento acústico ocorre quando se minimiza a transmissão de som de um ambiente para o outro ou do exterior para dentro do ambiente e vice-versa. A característica de isolamento sonoro de uma parede é normalmente expressa pela Perda por Transmissão (PT). Quanto maior a perda por transmissão, maior o isolamento acústico da parede e menor potência sonora será transmitida (FERRAZ, 2008).

Nos casos normais, a lei que rege o isolamento dos sons aéreos é chamada lei da massa ou da densidade. Quanto mais pesada for a parede, mais ela isolará. Cada vez que dobrarmos o seu peso, aumentaremos de 4 a 5 dB a sua capacidade atenuadora sonora (SILVA, 2005).

Na maioria dos casos, as paredes e lajes são suficientes pra o isolamento dos sons aéreos. No entanto, em locais especiais onde haja sons emergentes, de

impacto é imprescindível a adoção de piso flutuante adequado, bem como até de paredes e/ou lajes duplas.

COSTA (2003) enfatiza que o isolamento propiciado pela estrutura separadora de dois ambientes pode ser caracterizado pela chamada Atenuação de Ruído R, ou índice de redução sonora, dado em dB, que é a redução da sensação auditiva de um lado para outro do obstáculo, identificado pela Equação 01:

$$R = 10log\frac{1}{\alpha t}$$ Equação 01

Onde:

R = Índice de Redução Sonora

αt = coeficiente de transmissão

O isolamento acústico não será, muitas vezes, bastante para o condicionamento sonoro do edifício, é necessário sempre levar em conta, paralelamente, o tratamento acústico do local com materiais absorventes adequados.

2.11 Tratamento acústico

SILVA (2005) define o tratamento acústico é o conjunto de operações destinadas a atenuar o nível de energia sonora entre a fonte geradora e o ouvinte.

Isso pode ser alcançado através de três procedimentos:

- Isolamento atenuador;
- Tratamento absorvente;
- Os dois combinados.

Se o ouvinte estiver em outro local ou compartimento que não seja o da fonte sonora, o processo mais simples será o barramento da energia proveniente da fonte sonora por uma barreira ou material isolante.

Se, no entanto, ele estiver no mesmo ambiente da fonte sonora, o processo minimizador indicado é o rebaixamento do nível de ruído através de superfícies internas revestidas de materiais acústicos absorventes.

2.12 Estrutura isolantes

2.12.1 Paredes

2.12.1.1 Atenuação acústica de uma parede simples

Segundo COSTA (2003) o fenômeno da transmissão do som pelas superfícies divisórias, tanto no sentido vertical e horizontal, é complexo, pois é devido a três causas diversas:

- Refração da onda sonora, fenômeno que segue as leis análogas à refração da luz;
- Absorção de parte da energia sonora através dos poros do material que constitui a parede;
- Irradiação por vibração da parede.

2.12.1.2. Atenuação acústica de uma parede dupla

O uso de paredes duplas ou até triplas separadas por uma camada de ar constitui-se uma solução econômica para a obtenção de grandes atenuações.

As duas paredes sujeitas as múltiplas reflexões de suas superfícies internas entrarão em ressonância com o ar entre elas enclausurado, e a atenuação global do sistema passa a funcionar como se o conjunto fosse uma só massa (COSTA, 2003).

Para evitar o aparecimento desse problema, podemos adotar várias soluções, tais como:

- Evitar que as frequências naturais de vibração das paredes sejam idênticas. Para isso, pode-se adotar paredes com espessuras diferentes ou materiais diferentes. Essa solução é utilizada em janelas e visores com dois ou mais vidros para aumentar o isolamento acústico;
- Restringir as múltiplas reflexões entre as duas paredes, capeando-as internamente com material absorvente ou mesmo preenchendo o espaço entre as paredes de baixa rigidez para evitar o contato entre elas.

2.12.1.3. Atenuação de parede complexas ou com aberturas

As superfícies externas dos ambientes, na maior parte das vezes, não são homogêneas, mas sim constituídas de diversos materiais que compõe a sua superfície total como tipos de alvenarias, madeiras, portas e janelas.

Nestes casos o coeficiente de transmissão que vai definir a atenuação da superfície em consideração será igual a media ponderada dos coeficientes de transmissão das suas respectivas áreas.

2.12.2. Portas acústicas

O propósito de uma porta acústica é fornecer uma barreira à passagem do som de um recinto para outro, evitando a entrada de nível sonoro que possa interferir na atividade exercida no local ou evitando a saída de som em nível que possa ser prejudicial às atividades humanas exercidas nas proximidades.

A porta acústica é elemento essencial em projetos de controle de ruído. Seja para separação de área ruidosa / área silenciosa, seja para fechamentos de cabines de máquinas ou salas com alto nível de ruído, é preciso que a porta acústica forneça isolamento compatível com o restante da construção.

2.12.3. Pisos

Nos prédios residenciais e industriais de vários andares, a transmissão do som através de pisos, em virtude dos níveis sonoros envolvidos, é de grande importância técnica. Nestas edificações, os ruídos normais ficam acrescidos pelos inevitáveis ruídos de impacto, devido ao movimento de pessoas e transporte de materiais.

Assim, a fim de atenuar os ruídos de impacto, os pisos devem ser flutuantes, o que consiste basicamente na introdução de um material resiliente e/ou absorvedor de vibração entre a estrutura resistente da madeira, de aço ou concreto armado e o contra piso.

2.12.4. Janelas e visores

A janela acústica é geralmente o ponto mais vulnerável à passagem do som nas fachadas, sendo, portanto, o elemento responsável por definir o coeficiente de isolamento ao ruído externo das edificações.

Estudos realizados por vários pesquisadores mostram que a principal responsável pelos baixos índices de isolamento é a janela acústica e não somente o vidro. Tais pesquisas demonstram que o modelo de janela acústica apresenta

desempenho satisfatório quanto à finalidade de proporcionar conforto acústico às pessoas.

2.12.5. Forros acústicos

Segundo ROSSO (2009), os forros acústicos são aqueles forros com alto desempenho de absorção sonora. Podem ser feitos de materiais porosos ou fibrosos, perfurados ou ranhurados, rígidos ou semirrígidos, ou de estrutura microcelular.

Os forros acústicos devem atuar em conjunto com outros elementos, como pisos e paredes. O desempenho deles varia de acordo com sua espessura, montagem e acabamento.

Ao escolher o forro acústico, considere os fatores:

- Tipo de ocupação;
- Ambiente a construir ou construído;
- Propriedades termoacústicas do forro;

2.13 Materiais isolantes

A absorção de som é o principal critério de um produto acústico e a ferramenta para se obter um espaço confortável acusticamente. Os materiais absorventes convertem em calor parte do som que incide sobre eles. A outra parte é refletida de volta ao ambiente. Quanto mais som for absorvido, maior o coeficiente de absorção sonora. A absorção dos materiais é representada em índices por faixa de frequência, dentro da faixa audível para o ouvido humano.

2.13.1. Lã de rocha

A lã de rocha é uma lã mineral, procedente de depósitos vulcânicos. Ela era empregada pelos nativos das ilhas havaianas na cobertura de suas moradias para protegê-los do frio e do calor.

Ela possui incombustibilidade, resistência ao fogo, segurança e proteção pessoal (não é cancerígena), favorável custo-benefício, absorção acústica, facilidade de manuseio, boa resiliência, resistentes a vibrações, não higroscópicos, imputrescíveis e quimicamente neutros.

2.13.1.1. Produtos de lã de rocha

2.13.1.1.1. Mantas Flexíveis

Indicadas para isolamento térmico e acústico de superfícies cilíndricas, planas ou irregulares, caixas removíveis de flanges e válvulas. A maleabilidade, flexibilidade e conformabilidade das mantas, permitem a sua utilização em equipamentos e tubulações de formas e diâmetros variados. Além disso, a tela metálica de suporte serve como elemento de fixação.

2.13.1.1.2. Feltros Leves e Flexíveis

Aglomerados com resinas especiais, os feltros leves e flexíveis em lã de rocha são fornecidos em rolos, na densidade de 32 kg/m³. Elas proporcionam facilidade no manuseio, minimizando as perdas durante a aplicação em superfícies irregulares, planas ou cilíndricas.

2.13.1.1.3. Painel Rígido

Revestido em sua face visível com um filme de PVC texturizado nas cores branca ou preta. O forro acústico em painel rígido em lã de rocha é indicado para ambientes que requerem estética, conforto termo-acústico e praticidade. Sendo removível, permite fácil acesso à manutenção das instalações elétricas, hidráulicas e ar condicionado.

2.13.1.1.4. Tubos

Alta densidade, aglomeradas com resinas especiais, os tubos em lã de rocha Nivel-som são recomendados para altas, médias e baixas temperaturas, em isolamentos térmicos de tubulações, flanges, válvulas e conexões, com aplicações nas áreas: industrial, construção civil, naval, usinas termoelétricas, destilarias de álcool e usinas de açúcar.

2.13.1.1.5. Flocos

Os flocos de lã de rocha estão disponíveis em embalagens plásticas e são preparados para uso criogênicos, sem aditivos. Os flocos em lã de rocha também estão disponíveis com aditivos e moídos para uso de materiais com ligas leves.

2.13.1.1.6. Pré-moldados

As peças pré-moldadas de lã de rocha, são peças com fibras longas aglutinadas com resina. Fabricada especialmente para suportar grandes vibrações, pressões e temperaturas elevadas.

2.13.2. Fibra de coco

A Fibra de coco misturada ao aglomerado de cortiça expandido apresenta excelentes resultados na absorção de ondas de baixa frequência, dificilmente alcançados por outros materiais. A fibra de coco apresenta resistência e durabilidade cumprindo com as necessidades técnicas exigidas pelo mercado. Além de ser um material versátil e indicado para isolamento térmico e acústico, utiliza uma matéria prima natural e renovável.

2.13.3. Vermiculita

As principais características deste tipo de material são: baixa densidade que varia de 80 até 120kg/m³, baixa condutibilidade, incomburente, insolúvel em água, não é tóxico, não abrasivo, inodoro, não se decompõe, deteriora ou apodrece, etc. A vermiculita dentro da construção civil pode ser aplicada para: enchimento de pisos, isolamento termo-acústico em divisórias, forros, lajes e paredes, corta fogo, câmaras a prova de som, câmaras a prova de fogo, rebocos isolantes, etc.

2.13.4. Lã de vidro

A lã de vidro é mundialmente reconhecida como um dos melhores isolantes térmicos e acústico. É um componente formado a partir de sílica e sódio aglomerados por resinas sintéticas em alto forno. Devido ao ótimo coeficiente de absorção sonora em função à porosidade da lã, a onda entra em contato com a lã e é rapidamente absorvida.

Suas principais vantagens:

- É leve e de fácil manipulação;
- É incombustível, ou seja, não propaga chamas;
- Não deterioram;

2.13.5. Espuma absorvedora

A espuma absorvedora acústica é um revestimento acústico indicado para quem necessita de conforto acústico em ambientes fechados como por exemplo, estúdio de locução, gravação musical e TV, igrejas, call-center, telemarketing, restaurantes. Este conforto acústico se dá pela absorção sonora da espuma evitando a reverberação do som, este revestimento acústico é composto de espuma de poliuretano poliéster perfilada.

2.13.6. Pintura acústica

Deve ser aplicado em camadas de um milímetro, caso não se obtenha em uma camada utilizar camadas sobrepostas, é utilizado como reforço de tratamento acústico, podendo ser aplicado sobre:

- Paredes em DryWall;
- Forro de Gesso;
- Forro de Isopor (Poliestireno Expandido).

A pintura acústica apresenta as seguintes vantagens:

- Pode ser utilizado como acabamento final;
- Inodoro após secagem;
- Presença de água e umidade não afeta seu desempenho;

3 Materiais e métodos

3.1 Características do projeto

O objeto deste estudo é uma casa de eventos composta por dois ambientes, sendo um deles com elevada intensidade sonora e o outro um ambiente com música acústica. No térreo situa-se uma pista de dança, onde se espera sons de variados níveis de ruído, possivelmente um DJ ou banda de rock. Ainda existem uma cozinha, banheiros, recepção e vestiário. A pista de dança possui 189.3 m², e foi admitida uma densidade de pessoas de 5 pessoas por metro quadrado, que gera uma lotação máxima de 900 pessoas.

No ambiente superior, há um bar e banheiros. O acesso ao segundo pavimento se dá por duas escadas, uma no interior e outra no exterior, observada também como saída de emergência. Os lotes são hipotéticos, adjacentes e de dimensões 12x30m cada. O bar acústico possui 188.85 m², e foi admitida uma densidade de pessoas de 2 pessoas por metro quadrado, que gera uma lotação máxima de 350 pessoas.

A edificação está situada em um ambiente estritamente residencial, de forma que deseja-se que o ruído interno não interfira no ambiente na sua vizinhança. Além disso, é necessário que o ruído da pista de dança não interfira no outro ambiente.

Espera-se que não se tenha no interior da casa de shows, um nível de ruído que seja prejudicial à saúde, e ainda que o ruído proveniente da pista de dança não interfira no conforto sonoro do ambiente acústico.

No ambiente externo, exige-se que o nível de ruído não supere os 45 dB limitados por norma. Algumas municipalidades admitem que o nível de ruído em ambientes abertos alcance o máximo de 85 dB no período das 07:00 hrs às 22:00 hrs, tendo em vista que valores superiores ao mesmo se fazem prejudiciais à saúde para condições de exposição contínuas. Porém, quaisquer formas de desconforto sonoro geradas por algum recinto, estão sujeitas à solicitação de vistoria da polícia militar, acompanhada do cidadão que se julga lesado, de forma que comprovado o exagero na emissão de ruídos, o ambiente esteja sujeito ao impedimento parcial ou total de funcionamento.

É previsto que o ambiente quando fechado, o que inclui suas portas, janelas e câmaras de ar devidamente lacradas, esteja apto a desempenhar sua função sem que incomode os entornos da edificação, garantindo seu funcionamento pleno e o bem estar da vizinhança.

3.2 Roteiro do dimensionamento

A NBR 10152/1987 “Níveis de ruído para conforto acústico” prescreve que para pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas, um nível de ruído de 45-60 dB. Para restaurantes, 40-50 dB. O primeiro valor é indicado para conforto acústico, ao passo que o segundo limite aceitável.

A NR-15 “Atividades e operações insalubres“ determina que para uma exposição contínua ou intermitente de 8 horas, um nível de ruído de 85 dB como limite de tolerância.

A NBR 10151 “Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento” determina que para áreas estritamente residenciais urbanas ou de hospitais e escolas, um nível de critério de avaliação de 45 dB, na pior situação.

BISTAFA (2006) sugere uma sequência de cálculo para determinação da perda de transmissão necessária entre dois recintos, como se segue:

Inicia-se o dimensionamento pela determinação da absorção acústica no recinto considerado como receptor, dada por:

$$A_{sup.recinto} = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i . S_i$$

Equação 02

Onde:

α_i = Absorção sonora de cada componente do recinto (TABELA 3), seja ela janela, laje, porta, piso, parede ou forro;

S_i = Respectiva área.

Prossegue-se com o dimensionamento determinando o nível de ruído dos ambientes:

$$NR = L_{p_1} - L_{P_2}$$

Equação 03

Onde:

L_{p_1}= Nível de ruído emitido no ambiente mais ruidoso;

L_{P_2} = Nível de ruído desejado no ambiente receptor.

Pode-se então calcular a perda de transmissão desejada entre os dois ambientes, dada por:

$$PT = NR + 10\log\left(\frac{S}{A_{s.recepção}}\right) dB$$

Equação 04

Onde:

S = Área da superfície que separa os ambientes;

$A_{s.recepção}$ = Absorção sonora do ambiente receptor.

3.3 Memorial de cálculo

Pretende-se que estejam isoladas as paredes que separam os ambientes externo/interno, tal como janelas e portas, a laje do piso do ambiente acústico e a janela que divide os ambientes internos, além de forro acústico para o teto.

3.3.1 Verificação da interação do ambiente externo (1) com o ambiente acústico (2)

- Nível de ruído adotado para o ambiente externo (1): 45 dB;

A NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento sugere, para áreas estritamente residenciais urbanas ou de hospitais ou de escolas, um nível de critério de avaliação de 45 dB, na pior situação.

- Nível de ruído adotado para o ambiente acústico (2): 60 dB;

Considera-se para o ambiente acústico um nível de ruído de 60 dB, valor tomado com base no ruído gerado por conversação alta.

- Perda de transmissão necessária entre os dois ambientes: 60 – 45 = 15 dB;
- Solução adotada para paredes: Parede de 125 mm de tijolos revestida com argamassa;

Uma parede de 125 mm de tijolos revestida com argamassa, para a frequência de 125 Hz produz uma perda de transmissão de 36 dB, valor que se faz suficiente para a situação em análise.

- Solução adotada para janelas: Janelas de vidro simples em esquadria robusta de 16 mm de espessura;
- Perda de transmissão obtida: 25 dB;
- Solução adotada para portas: Porta acústica “típica”, faces em chapa de aço pesada, com material absorvente na cavidade, vedada em batente metálico, 100 mm de espessura;
- Perda de transmissão obtida: 36 dB;

- Solução adotada para teto: Forro mineral;
- Perda de transmissão obtida: 43 dB.

3.3.2 Verificação da interação do ambiente externo (1) com o ambiente ruidoso (3)

- Nível de ruído adotado para o ambiente externo (1): 45 dB;

A NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento sugere, para áreas estritamente residenciais urbanas ou de hospitais ou de escolas, um nível de critério de avaliação de 45 dB, na pior situação.

- Nível de ruído adotado para o ambiente ruidoso (3): 85 dB;

Considera-se para a pista um nível de ruído de 85 dB, valor tomado com base no ruído permitido para uma exposição de 8 horas, geralmente tempo de duração de um evento.

- Perda de transmissão necessária entre os dois ambientes: 85 – 45 = 40 dB;
- Solução adotada para paredes: Parede de 255 mm de tijolos revestida com argamassa;
- Perda de transmissão obtida: 41 dB;
- Solução adotada para portas: Porta acústica modelo 50 dB;
- Perda de transmissão obtida: 50 dB;
- Solução adotada para teto: Forro mineral;
- Perda de transmissão obtida: 43 dB.

3.3.3 Verificação da interação do ambiente ruidoso (3) com o ambiente acústico (2)

- Nível de ruído adotado para o ambiente ruidoso (3): 85 dB;
- Nível de ruído adotado para o ambiente acústico (2): 60 dB;
- Área da parede com janela (divisor): 78,4 m²;
- Cálculo da perda de transmissão necessária entre os dois ambientes:

Parte 1 - cálculo da absorção do ambiente 2:

- $A_{s,recepção} = \sum_{i=1}^{N} \alpha_i . S_i$

  $A_{s,recepção} = (\alpha_{parede} . S_{parede} + \alpha_{janela} . S_{janela} + \alpha_{teto} . S_{teto} + \alpha_{piso} . S_{piso} + \alpha_{porta} . S_{porta})$
-

  $A_{s,recepção} = (0{,}02 . S_{parede} + 0{,}35 . S_{janela} + 0{,}27 . S_{teto} + 0{,}01 . S_{piso} + 0{,}15 . S_{porta})$
-

- $A_{s.recepção} = (0{,}02.191{,}6 + 0{,}35.28{,}2 + 0{,}27.201{,}1 + 0{,}01.201{,}1 + 0{,}15.7{,}56)$
- $A_{s.recepção} = 71{,}144\ m^2\ (Sabine)$

Parte 2 – Cálculo do nível de ruído a se perder:

- $NR = L_{p_1} - L_{p_2}$
- $NR = 85 - 60 = 25\ dB$

Parte 3 - Cálculo da perda de transmissão desejada:

Perda necessária entre os ambientes = Ruído produzido no ambiente fonte + Absorção do ambiente receptor, como expressa a equação abaixo:

- $PT = NR + 10 \log\left(\frac{S}{A_{s.recepção}}\right) dB$
- $PT = 25 + 10 \log\left(\frac{78{,}4}{71{,}144}\right) dB$
- $PT = 25 + 10 \log(0{,}86886)\ dB$
- $PT = 25{,}421 \sim 26\ dB$

A absorção praticamente não interfere na perda de transmissão!

- Solução adotada para paredes: Parede de 125 mm de tijolos revestida com argamassa;
- Perda de transmissão obtida: 36 dB;
- Solução adotada para a janela: Janela de vidro simples em esquadria robusta de 25 mm de espessura.

- Perda de transmissão obtida: 27 dB.

4 RESULTADOS

Apresenta-se no quadro abaixo os valores obtidos e as soluções adotadas.

INTERAÇÃO AMBIENTE EXTERNO - AMBIENTE ACÚSTICO			
DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	SOLUÇÃO ADOTADA	PT NECESSÁRIA (dB)	PT OBTIDA (dB)
PAREDE	PAREDE DE 125 mm DE TIJOLOS REVESTIDA COM ARGAMASSA	15	36
JANELA	JANELA DE VIDRO SIMPLES EM ESQUADRIA ROBUSTA DE 16 mm DE ESPESSURA	15	25
PORTA MODELO 28 dB	FOLHA DE PORTA - PEM IA (CLASSE 2) C/ VEDA PORTA, 100x210 40 mm DE ESPESSURA - MULTIDOOR (1)	15	28
	FOLHA DE PORTA - PEM IA (CLASSE 2) C/ VEDA PORTA, 85x210 40 mm DE ESPESSURA - MULTIDOOR (1)	15	28
	FOLHA DE PORTA - PEM IA (CLASSE 2) C/ VEDA PORTA, 90x210 40 mm DE ESPESSURA - MULTIDOOR (1)	15	28
TETO	FORRO MINERAL THERMATEX ACOUSTIC PLANK, 24 mm DE ESPESSURA, PLACAS DE 300 x 1200 A 1800 mm - VIBRASOM (2)	15	43
INTERAÇÃO AMBIENTE EXTERNO - AMBIENTE RUIDOSO			
DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	SOLUÇÃO ADOTADA	PT NECESSÁRIA (dB)	PT OBTIDA (dB)
PAREDE	PAREDE DE 255 mm DE TIJOLOS REVESTIDA COM ARGAMASSA	40	41
PORTA MODELO 50 dB	FOLHA DE PORTA PROFISSIONAL 50/90 SEM VISOR 80 mm DE ESPESSURA - VIBRASHOP (3)	40	50
TETO	FORRO MINERAL THERMATEX ACOUSTIC PLANK, 24 mm DE ESPESSURA, PLACAS DE 300 x 1200 A 1800 mm (2)	40	43
INTERAÇÃO AMBIENTE ACÚSTICO - AMBIENTE RUIDOSO			
DESCRIÇÃO DO ELEMENTO	SOLUÇÃO ADOTADA	PT NECESSÁRIA (dB)	PT OBTIDA (dB)
PAREDE	PAREDE DE 125 mm DE TIJOLOS REVESTIDA COM ARGAMASSA	26	36
JANELA	JANELA DE VIDRO SIMPLES EM ESQUADRIA ROBUSTA DE 25 mm DE ESPESSURA	26	27

5 Conclusão

Fizeram-se atendidas todas as exigências necessárias para o pleno funcionamento acústico da edificação, resolvendo a análise externa, cujo limite de ruído é de 45 dB, e entre os ambientes internos, cuja perda necessária é de 26 dB. Todas as soluções adotadas estão disponíveis no mercado nacional, porém a mão de obra qualificada e orientação correta de execução se fazem imprevistos para um bom desempenho. Os dados fornecidos por alguns fabricantes não são completos, o que aumenta a necessidade de um profissional qualificado dando suporte aos construtores.

Os cálculos e a seleção das alternativas construtivas se fizeram com base na frequência de banda de oitava de 125 Hz. Para a grande maioria dos casos, os isolantes são mais robustos para a frequência em questão, de forma a garantir que o isolamento tenha um desempenho satisfatório, tendo em vista que não foi possível realizar medições para determinar as frequências críticas de dimensionamento. Algumas bibliografias propõem que seja feito o cálculo para a frequência da voz humana (500 Hz), mas entende-se que para a situação em questão, de uma casa de shows na qual se prevê shows de rock e Dj´s, há um leque maior de frequências, propondo-se então o caso mais crítico.

O projeto em estudo apresenta as limitações de ruído interno no ambiente ruidoso em 85 dB, no ambiente acústico 60 dB, e de ruído externo 45 dB. Entende-se que o 85 dB é um valor apropriado para dimensionamento de um ambiente

fechado, cuja expectativa de exposição é de 8 horas contínuas. O projeto permite variações, porém o dimensionamento exigiria soluções diferentes. O contratante pode alegar que teria um nível de ruído maior em seu recinto, o que poderia ser solucionado por simplesmente abaixar o som ou caso não haja escolha propor o uso de absorvedores, ou ainda soluções mais robustas, porém espera-se que caso seja solicitada fiscalização no local, exija-se que se abaixe o nível de ruído. Municipalidades delimitam, para ambientes externos, os quais se julga serem menos críticos que os fechados, o limite de 85 dB. Caso se notifique alguma infração, solicita-se que se abaixe o nível de ruído, sob pena de interrupção parcial e ou total em caso de negligência.

A solução de acústica adotada, ainda que para uma situação fictícia, representa a realidade das edificações que recebem públicos para eventos e festas, e o estudo serve de base para futuras consultas de forma a instruir e ajudar na elaboração de projetos e determinação de soluções para bares, igrejas e semelhantes.

Referências

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:** Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987. 4 p.

ASSOSSIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152:** Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987. 4 p.

BISTAFA, S.R. Acústica aplicada ao controle de ruído. São Paulo: Edgar Blücher, 2006. 368p.

BELO HORIZONTE (Município). **Lei n. 9505, de 23 de janeiro de 2008.** Dispõe sobre o controle de ruídos, sons e vibrações no Município de Belo Horizonte e dá outras providências. Belo horizonte, 2008, 5p.

CONSOLIDAÇÃO DAS LEIS DO TRABALHO (CLT), **NR-15:** Atividades e operações insalubres. Capitulo V, Título II.

COSTA, E. C. C. **Acústica técnica.** 1. ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2003. 127p.

FAHY, F. **Sound and Structural Vibration:** radiation, transmition and response. London, UK: Academic Press, 1987. 309p.

FERRAZ, R. **Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de pavimentos múltiplos.** 2008. 144f. Dissertação (Mestrado em engenharia das estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2008.

MEHTA, M.; JOHNSON, J. ROCAFORT, J. **Architectural Acoustics:** principles and design. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 445p.

ROSSO, S. Forro acústico. Rev. aU – **Arquitetura e Urbanismo.** Pini, Julho/2009. Disponível em:< http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/184/forro-acustico- 142812-1.asp >. Acesso em: 22 ago. 2013.

SILVA, P. **Acústica Arquitetônica e condicionamento de ar.** 5. ed. Belo Horizonte: EDTAL E. T. Ltda, 2005. 339p.