

CONSCIENTIZAÇÃO PARA O PROBLEMA DO RUIDO NAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS

Prof. Sylvio R. Bistafa, Ph.D.
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Depto de Engenharia Mecânica, Cx.P. 8174
Av. Prof. Mello Moraes, 2231 - Cidade Universitária - 05508 - SP
Fone:(011)815-9322 R.335/476 Fax: 211-4308

1 Introdução

A expansão vertical das cidades aliada à peculiaridade do sistema de abastecimento de água brasileiro, com caixa d' água elevada, tem originado problemas de ruído nas instalações hidráulicas prediais. Este inconveniente poderá ser sentido quando da operação de aparelhos hidráulicos sanitários instalados sob alta pressão de alimentação. O ruído gerado não somente restringe-se ao quarto de banho, como também poderá causar incômodo aos aposentos vizinhos. Já foram constatados casos de ruídos com níveis bastante elevados em ambientes adjacentes a banheiros onde estivesse sendo utilizada uma válvula de descarga. Apesar de inúmeras queixas, muito pouco se tem feito para minimizar este desagradável problema. O presente trabalho tem como objetivo a conscientização para o problema do ruído nas instalações hidráulicas prediais, bem como o de apresentar os métodos desenvolvidos em outros países para avaliação do problema; métodos estes que já contam com normalização específica.

2 A Origem do Ruído nas Instalações Hidráulicas Prediais

Diversas são as fontes causadoras de ruídos nas instalações hidráulicas prediais. Em edifícios, desde o recalque para a caixa d' água elevada, até o sistema de esgotamento de águas servidas, existem inúmeras condições geradoras de barulho. Vibrações do sistema de recalque d' água, que se propagam pela estrutura da edificação; passagem d' água através de curvas, cotovelos, registros; fechamento repentino das peças de utilização (principalmente válvulas

de descarga desreguladas); escoamento d' água pela bacia sanitária; choque d' água com superfícies tais como cubas, lavatórios, banheiras e pias; escoamento d' água através de ralos e sifões; escoamento de águas pela tubulação de esgoto; deslocamento de bolsões de ar pelas tubulações de ventilação , etc.

Grande parte destas situações geradoras de ruído poderão ser evitadas com um projeto abrangente, onde sejam levados em consideração critérios que propiciem conforto acústico, execução responsável das instalações ; assim como, empregando materiais e aparelhos com características acústicas controladas.

Nos aparelhos hidráulico-sanitários, quando instalados sob alta pressão de alimentação , a água, escoando velozmente pelas passagens internas, originam vibrações que se transmitem pela tubulação e conseqüentemente aos ambientes circunvizinhos ao seu trajeto. Dependendo da distribuição dos aposentos com relação à instalação hidráulica, a transmissão do ruído que se propaga pelas tubulações poderá ser mais ou menos intensa.

Uma instalação é denominada acusticamente desfavorável quando as tubulações e aparelhos hidráulico-sanitários situam-se na parede comum a um ambiente, no qual necessite-se um baixo nível sonoro: salas de estar, bibliotecas, quartos de dormir. Ela será acusticamente favorável, quando a parede da instalação hidráulica for oposta àquela dos ambientes citados, (ver fig. 1).

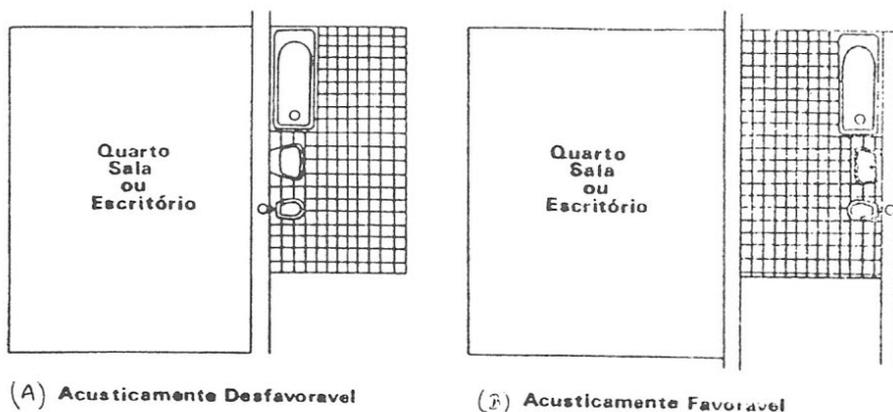


Figura 1: Disposição em planta de instalação hidráulica acusticamente (A) desfavorável e (B) favorável.

A situação atual das instalações hidráulicas prediais que operam sob altas pressões de alimentação dos aparelhos (acima de 30 m c a), pode chegar a ser constrangedora ao verificar-se os níveis de ruído produzidos. Este fato é principalmente detectado quando necessita-se compatibilizar a vazão através de um aparelho hidráulico com as necessidades da peça de utilização, estando o aparelho submetido a altas pressões. Ao considerar-se também, que dependendo das condições de projeto, execução, disposição em planta (acusticamente favorável e desfavorável), tipos de paredes divisórias utilizadas, não houver um enfoque acústico, poderão ser constatados em certos edifícios níveis de até 80 dB(A).

O mecanismo gerador de ruído nos aparelhos desenvolve-se quando estes são operados sob alta pressão de alimentação. Com o objetivo de reduzir-se a vazão de água que seria obtida, recorre-se ao fechamento do registro. Caso este estivesse totalmente aberto, iria conferir uma elevada vazão de água acima das necessidades; fecha-se pois o mecanismo obturador, fazendo com que uma certa quantidade de água tenha que passar por uma pequena área, fato este que conferirá uma velocidade elevada ao escoamento. Nesta situação, as flutuações da velocidade turbulenta são bastante intensas, com conseqüente geração de ruído e vibrações que excitarão a tubulação e superfícies com as quais esta estabelece contacto.

3 A Medida do Ruído

O som é definido como uma perturbação infinitesimal da pressão atmosférica local. A esta perturbação dá-se o nome de pressão acústica. A menor pressão acústica que o ouvido humano consegue captar é da ordem de 0,00002 Pa. Turbinas de avião a jato produzem uma pressão acústica da ordem de 60 Pa. Como podemos observar, a faixa de variação da pressão acústica encontrada nos fenômenos sonoros do cotidiano é bastante larga, o que torna desconcertante o fato de ter-se que construir e trabalhar com escalas numéricas com muitos algarismos e casas decimais. Em virtude deste fato é que foi introduzida a escala logarítmica, que exprime a relação numérica existente entre uma grandeza de referência e a grandeza medida. Vinte vezes o logaritmo na base desta relação recebe o nome de decibel (dB), que no caso da pressão sonora escreve-se :

$$NPS = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

onde :

NPS - é o nível de pressão sonora em dB.

p_0 - é a pressão sonora de referência = 2×10^{-5} Pa

p - é a pressão sonora medida

A vantagem desta nova escala reside no fato de que variações da pressão sonora de 2×10^{-5} Pa a 2×10 Pa, ficarem compreendidas na faixa de 0 dB a 120 dB de nível de pressão sonora.

Um instrumento para medir o nível de pressão sonora deve reagir ao som mais ou menos do mesmo modo que o ouvido humano, devendo ainda fornecer medidas objetivas e reprodutíveis. Existem pois, aparelhos especificamente desenvolvidos para medição dos decibéis em três escalas de ponderação : A, B e C. A escala de ponderação que mais se aproxima da reação do ouvido humano aos ruídos ambientais é a escala A. Sempre que medirmos um nível de pressão sonora nesta escala de ponderação , deveremos indicar o valor numérico obtido na forma dB(A).

4 Normas para Ruídos em Instalações Hidráulicas Prediais

Na Europa, o problema do ruído em instalações hidráulicas prediais tem sido bastante estudado, existindo inclusive normas e legislação atinentes à matéria em diversos países. O país precursor no desenvolvimento de pesquisas e estudos sobre o assunto foi a Alemanha, possuindo as seguintes normas que tratam do problema: DIN 4109 " Controle de Ruídos em Edificações " [1], DIN 52218 " Testes Acústicos de Laboratório para Aparelhos Hidráulico-Sanitários " [2] e DIN 52219 " Testes Hidráulico-Acústicos em Edificações " [3].

A norma DIN 4109 estabelece as exigências acústicas na construção das edificações , quanto aos níveis máximos de ruído permissíveis em instalações técnicas tais como bombas, elevadores, etc.; e em especial nas instalações hidráulicas. Segundo esta norma, o ruído das instalações técnicas domésticas (particularmente as instalações d' água) não deve exceder o valor de 30 dB(A). Este nível é válido para salas de estar, quartos e recintos de trabalho intelectual. Cozinhas, WCs, copas e outros recintos não fazem parte desta estipulação. Portanto, instalações d' água, particularmente aquelas que se localizam nas paredes divisórias destes recintos onde requer-se baixos níveis de ruído, deverão ser construídas com providências especiais.

Caso sejam medidos valores de nível de pressão sonora superiores àquele estabelecido na DIN 4109, apresentar-se-á a seguinte pergunta : onde encontram-se as causas que estão provocando os níveis excessivos ? Ao considerarmos a construção de uma edificação do ponto de vista da instalação hidráulica, podemos considerar que basicamente três grupos dela participam :

- 1 - O engenheiro que elabora o projeto e o entrega para execução .
- 2 - O instalador que executa a instalação hidráulica conforme critérios específicos.
- 3 - O fabricante dos aparelhos e acessórios hidráulicos que fornece os equipamentos necessários.

Assim, para que sejam obtidos os resultados desejados do ponto de vista acústico, deve-se motivar estes grupos de tal forma que:

- a - Sejam projetadas edificações e componentes desta (p.e. paredes divisórias) que atendam às exigências acústicas com relação as instalações hidráulicas prediais.
- b - Sejam concebidos sistemas hidráulicos que minimizem a geração do ruído ou pelo menos reduzam a propagação do ruído gerado pelos acessórios e aparelhos hidráulicos sanitários.
- c - Sejam fabricados acessórios e aparelhos com características acústicas controladas.

Para tanto é necessário que seja feita uma avaliação em separado dos itens a-c, do ponto de vista acústico, para que a ação preventiva possa ser viabilizada. A seguir informaremos as premissas para os testes e avaliações objetivas dos ruídos em instalações hidráulicas prediais.

5 Acessório de Geração do Ruído de Referência

Um método bastante conhecido para o ensaio acústico de estruturas tipo piso/teto, consiste na utilização de um martetele normalizado que excita a estrutura na sua parte superior, medindo-se o ruído gerado com um microfone posicionado no espaço existente debaixo da estrutura. Surgiu então a idéia de efetuar-se medições acústicas em instalações hidráulicas com o auxílio de uma fonte de ruído padrão, com a qual todos os outros ruídos gerados na instalação pudessem ser comparados [4]. Este assim chamado acessório de geração do ruído de referencia (IGN) permite transformar o nível de ruído gerado por um aparelho hidráulico em laboratório para uma determinada situação de instalação no campo, ver fig. 2. Para tanto será necessário que se determine a diferença de nível sonoro verificada quando utiliza-se o acessório de referência no laboratório e no campo.

Esta diferença fornece um valor que denominamos constante do grupo construtivo K. Deve-se também levar em consideração as diferentes disposições em planta; quais sejam, disposição acusticamente favorável e desfavorável. Devido a este fato, obtem-se dois grupos diferentes de constantes K.

Caso seja possível a determinação do nível de pressão sonora entre o acessório de referência e o aparelho hidráulico a ser utilizado, então será possível calcular o nível de pressão sonora do aparelho hidráulico no campo, através da seguinte expressão [4]:

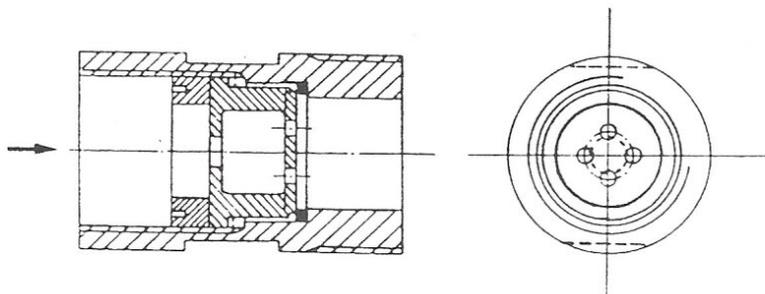


Figura 2: Acessório de geração do ruído de referência (IGN).

$$L_{A(\text{campo})} - 10 \log_{10} \frac{A_0}{A(\text{campo})} = L_{B(\text{lab})} + K_B - 10 \log_{10} \frac{A_0}{A(\text{lab})} - K - \Delta LA - D \quad (1)$$

onde:

$L_{A(\text{campo})}$ é o nível de pressão sonora do aparelho hidráulico no campo.

A_0 é a superfície fono-absorvedora de referência $= 10m^2$ (Sabine).

A é a superfície fono-absorvedora no recinto da medição acústica.

$L_{B(\text{lab})}$ é o nível de pressão sonora do acessório de ref. no laboratório.

K_B é o fator de correção da pressão de alimentação .

K é a constante de grupo construtivo.

D é a atenuação acústica do silenciador hidráulico.

$$\Delta LA = L_{B_n^0(\text{lab})} - L_{A_n(\text{lab})} \quad (2)$$

$$L_{A_n(\text{lab})} = L_{A(\text{lab})} - 10 \log_{10} \frac{A_0}{A(\text{lab})} \quad (3)$$

$$L_{B^0} = L_B + K_B \quad (4)$$

$$L_{B_n^0} = L_{B^0} - 10 \log_{10} \frac{A_0}{A} \quad (5)$$

Os níveis de ruído são referenciados a uma pressão dinâmica de 30 m c a. Para diferentes valores de pressão dinâmica, deve-se obter o valor de K_B utilizando-se o gráfico da fig.3.

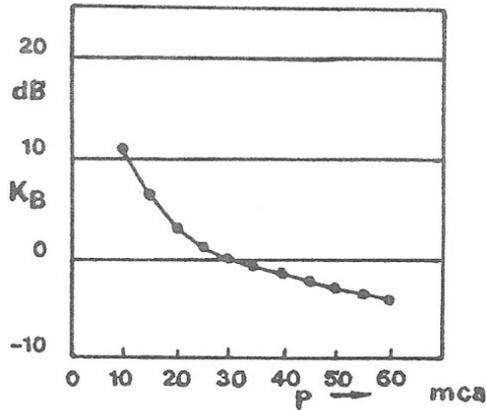


Figura 3: Valores de K_B em dB em função da pressão dinâmica.

O valor de K será dado por: $K = L_{B_n^0(lab)} - L_{B_n^0(campo)}$. Bancos de ensaio diferentes fornecerão valores diferentes para $L_{B_n^0(lab)}$ e para as mesmas condições no campo, valores diferentes para a constante K , porém sempre os mesmos valores para ΔLA . Logo, $(L_{B_n^0(lab)} - K)$ deve ser sempre igual para todos os bancos de prova.

Em inúmeras medições efetuadas no campo com o acessório de referência, em instalações hidráulicas acusticamente favoráveis, obteve-se um nível de ruído máximo de 45 dB(A) com área fono-absorvente e pressão dinâmica normalizadas. Portanto temos :

$$L_{B_n^0(lab)} - K = L_{B_n^0(campo)} = 45dB(A) \quad (6)$$

Finalmente, o nível de ruído do aparelho hidráulico no campo ($L_{A(campo)} - 10 \log_{10} \frac{A_0}{A(campo)}$), que passaremos a denominar de LA_G , assumindo-se $D = 0$, será dado por :

$$LA_G = 45 - (L_{B_n^0(lab)} - L_{A_n(lab)}) \text{ em } dB(A) \quad (7)$$

Logo, o nível de pressão sonora do aparelho hidráulico no campo LA_G , poderá ser obtido em um ensaio de laboratório, medindo-se o nível de pressão sonora do acessório de referência ($L_{B_n^0(lab)}$) e o nível de pressão sonora do aparelho hidráulico ($L_{A_n(lab)}$). Caso a instalação hidráulica seja acusticamente desfavorável, o nível de pressão sonora no campo poderá ser até 10 dB(A) mais elevado. Devido a este fato, classifica-se o desempenho acústico de um aparelho hidráulico, e especifica-se a sua instalação conforme dados da tabela 1.

Desta forma um aparelho hidráulico do grupo I deverá apresentar um nível de pressão sonora de no máximo 20 dB(A), podendo ser instalado em um local tanto acusticamente favorável como desfavorável. Já um aparelho hidráulico do

Grupo do Aparelho Hidráulico	Nível de Pressão Sonora do Aparelho Hidráulico LA_G	Utilizável em Instalações
I	≤ 20 dB(A)	Acusticamente favoráveis e desfavoráveis
II	≤ 30 dB(A)	Somente acusticamente favoráveis

Tabela 1: Classificação e utilização de aparelhos hidráulicos sanitários

grupo II pode apresentar um nível de pressão sonora de no máximo 30 dB(A), podendo ser instalado somente em situações acusticamente favoráveis.

6 Laboratório para Testes Acústicos em Aparelhos Hidráulico Sanitários

Os testes de laboratórios são normalizados pela DIN 52218 " Testes Acústicos de Laboratório para Aparelhos Hidráulico-Sanitários " [2]. Os testes de laboratório requerem uma instalação conforme mostrado esquematicamente na fig. 4. O aparelho hidráulico a ser testado é conectado na extremidade de uma canalização (a canalização de teste) que é fixada externamente na parede de um recinto. A parede é chamada de parede de teste e o recinto é chamado de recinto de teste.

O ruído produzido pelo acessório é transmitido pela canalização de teste para a parede de teste. Será medido o ruído irradiado pela parede de teste no recinto de teste.

Para que se obtenha os mesmos resultados em diferentes laboratórios, mede-se, além do ruído produzido pelo aparelho hidráulico, também o ruído produzido pelo acessório de referência (IGN). De posse dos valores de nível de pressão sonora obtidos nestes dois ensaios, com o auxílio da Eq.(7), determina-se o nível de pressão sonora (LA_G) produzido pelo aparelho hidráulico sanitário no campo. O nível de ruído do aparelho assim determinado, corresponde em média ao valor obtido quando mede-se o nível de pressão sonora em um aposento vizinho a um banheiro ou uma cozinha quando opera-se o aparelho em um desses ambientes, dentro das mesmas condições de pressão e vazão.

Aqui pressupõe-se que a instalação hidráulica seja acusticamente favorável. Caso contrário os valores poderão ser de 5 até 10 dB(A) maiores do que os previstos.

Maiores detalhes quanto as características construtivas do recinto de teste,

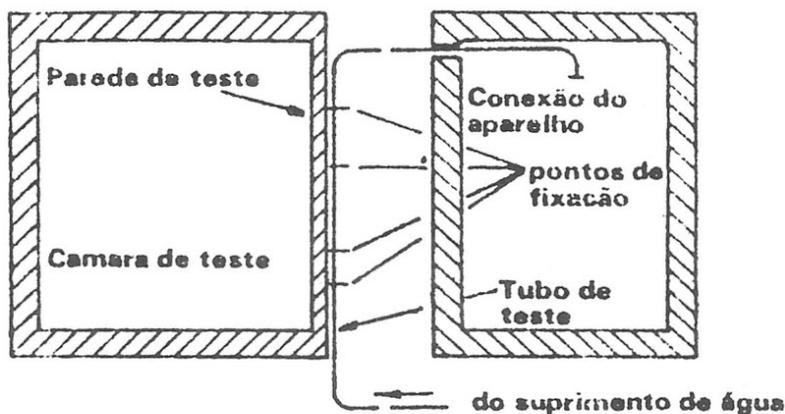


Figura 4: Disposição para os testes de laboratório.

parede de teste, canalização de teste e o método de ensaio específico poderão ser obtidos na norma DIN 52218 - Parte 1 e 2 [2].

7 Testes Acústicos de Instalações Hidráulicas no Campo

Caso não seja possível a especificação do grupo do aparelho hidráulico de acordo com um determinado tipo de projeto, procedemos a uma medição com o acessório de referência. Se for verificado, com o auxílio do acessório de referência, que o nível de pressão sonora corrigido, no recinto contíguo mais próximo, estiver entre $55dB(A) \geq LB_n^o \geq 45dB(A)$ então teremos uma instalação acusticamente desfavorável. Logo aqui deve ser empregado um aparelho hidráulico do grupo I ($LA_G \leq 20 dB(A)$). Caso seja encontrado um nível $LB_n^o \leq 45dB(A)$; trata-se de uma situação acusticamente favorável, podendo ser utilizado um aparelho hidráulico do grupo II ($LA_G \leq 30dB(A)$).

Este procedimento no entanto, traz o inconveniente de que se as exigências

não puderem ser cumpridas, tenha-se que realizar-se modificações fundamentais no projeto, na instalação ou no aparelho. A fim de verificar-se, por exemplo, o ruído auto-gerado pelo sistema de canalização, o acessório de referência pode também ser utilizado para este fim. Para tanto, calcula-se a diferença entre o ruído gerado pelo acessório de referência, instalado no lugar do aparelho hidráulico, e o ruído gerado pelo sistema de canalizações com a saída livre.

$$\Delta L_R = L_{B_n^o} - L_{R_n} \quad (8)$$

onde:

$L_{B_n^o}$ é o nível de pressão sonora do acessório de referência colocado no lugar do aparelho hidráulico.

L_{R_n} é o nível de pressão sonora gerado pelo sistema de canalização estando a saída livre.

Para uma disposição acusticamente desfavorável $\Delta L_R \geq 28dB(A)$, e para uma disposição acusticamente favorável $\Delta L_R \geq 18dB(A)$. Caso estas exigências não sejam atendidas, o sistema de canalização produz ruídos próprios. O aparelho hidráulico pode ser bastante silencioso, mas o seu nível de ruído pode ser ultrapassado pelo ruído gerado pela canalização. Logo, algo deve ser feito pelo instalador para que os níveis de ruído gerados na instalação sejam tão baixos quanto possível.

Os ensaios para medição dos ruídos emitidos por instalações hidráulicas na fase de construção são regulamentados pela DIN 52219 "Testes Hidráulico-Acústicos em Edificações" [3]. Com base no resultado destas medições, pode-se esclarecer se as exigências técnicas quanto ao ruído gerado pelas instalações hidráulicas prediais estão sendo atendidas. Em caso negativo, as causas poderão ser as seguintes:

- a - os aparelhos da instalação hidráulica,
- b - a pressão excessiva,
- c - a entrada d' água,
- d - a saída d' água,
- e - o projeto,
- f - a execução da obra,
- g - a execução da instalação.

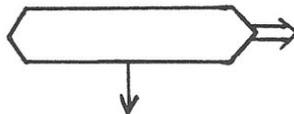
Caso a ultrapassagem dos valores básicos permitidos não for provocada por pressão excessiva, entrada ou saída d' água, pode-se pesquisar as causas com auxílio do IGN.

Como orientação para a execução das medições e testes conforme a DIN 52219, bem como para a avaliação dos resultados, utiliza-se o fluxograma apresentado abaixo. Nele,

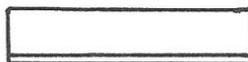
significa instrução ou afirmação ,



significa pergunta e resposta,
seta simples: sim
seta dupla : não



significa conclusão.



As conclusões têm os seguintes significados:

em ordem : valor permitido ou necessário não foi superado,
não participante : nenhuma influência no valor em questão,
participante : influi no valor em questão,
causa : leva por si só a uma ultrapassagem do valor permitido,
podendo entretanto não ser a única causa.

Caso um ruído parcial, por exemplo, o ruído gerado por um aparelho hidráulico sanitário L_{AG} , ultrapassar a totalidade dos ruídos parciais restantes em mais de 10 dB(A), então este ruído sozinho será determinante do nível de ruído da instalação L_{I_n} . Fica então a cargo da experiência e do tirocínio do técnico que estiver efetuando as medições sequenciar ou não as aferições .

Esclarecimentos sobre alguns dos itens do fluxograma:

- nº 1 Mede-se o nível de ruído da instalação , aqui denominado de L_{I_n} .
- nº 2 O nível de ruído permitido $L_{I_n,perm.}$, baseia-se na norma utilizada, por exemplo DIN 4109[1].
- nº 4 A pressão dinâmica permitida $pr_{perm.}$ obtém-se na norma específica adotada.
- nº 7 L'_{I_n} é o nível de ruído da instalação após a diminuição da pressão.
- nº 10 L''_{I_n} é o nível de ruído da instalação , eliminando-se o ruído de entrada e de saída d' água.
- nº 13 e 14 Para separação do ruído de entrada do ruído de saída, eliminar o ruído de saída através do fechamento da saída, e repetir a medição ; ou esvaziar o recipiente com entrada d' água fechada e medir o ruído de saída isoladamente.
- nº 17 L_{E_i} é o nível de ruído após a instalação do acessório de referência.

- nº 23 Para determinação do nível de ruído do aparelho L_{AG} na obra, deve-se subtrair o ruído próprio da instalação .
- nº 27 $K_B = L_{IGN} - 45$, fator de correção da obra.
- nº 28 $X = 10$ dB(A), para disposição acusticamente desfavoráveis.
 $X = 0$ dB(A), para disposições acusticamente favoráveis.

8 Resumo e Conclusões

A base para o ensaio e avaliação objetiva dos ruídos gerados em instalações hidráulicas prediais é um acessório de geração de ruído de referência. Em medições com o acessório de referência em obras acusticamente favoráveis, constatou-se um nível de ruído de 45 dB(A), que em testes de laboratório é tomado como base para determinação de uma correção entre obra e laboratório. Com isto, o nível de ruído medido no laboratório pode ser transportado para as condições de campo (obra). Em obras que não sejam acusticamente favoráveis, os níveis de ruído podem ser até 10 dB(A) mais elevados. Esta diferença foi levada em consideração, na classificação de aparelhos hidráulicos, por meio do estabelecimento de dois grupos de aparelhos.

Foi apresentado o laboratório para testes acústicos de aparelhos hidráulicos utilizados em instalações prediais, assim como um procedimento para teste e avaliação do ruído gerado por instalações hidráulicas no campo.

O presente trabalho é uma síntese dos estudos realizados nas normas DIN 4109[1], DIN 52218[2], DIN 52219[3] e pesquisas complementares [4,5]. Foi feito com o objetivo de conscientização para o problema do ruído nas instalações hidráulicas prediais; bem como, de apresentar o que existe de mais avançado em termos de normalização estrangeira sobre o assunto.

Acreditamos que deva haver em nosso País uma dinamização das atividades voltadas para o problema da poluição sonora, principalmente aquela que ocorre nas edificações. O presente trabalho focaliza somente o ruído gerado nas instalações hidráulicas, porém sabemos que esta não é a única fonte dos problemas. O conforto acústico nas habitações depende do esforço integrado de pesquisadores, engenheiros, arquitetos, fabricantes, executores de obras e do próprio usuário.

Uma das etapas a serem vencidas para a solução do problema seria o desenvolvimento de uma normalização acústica, que seja suficiente e abrangente, para integrar todos os profissionais que de uma forma ou de outra possam contribuir para a melhoria do conforto acústico nas habitações.

REFERÊNCIAS

- [1] DIN - 4109 Schallschutz im Hochbau, Sept. 1962 - Blatt 1 bis 5. Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin 15 und Köln.

- [2] DIN - 52218 **Prüfung des Geräuschverhaltens von Armaturen und Geräten der Wasserinstallation im Laboratorium, Dez. 1976.**
- [3] DIN - 52219 **Messung von Geräuschen der Wasserinstallation am Bau, März 1972.**
- [4] P. Schneider und W. Rückward, **Eine Bezugsarmatur und ihre Anwendung zur Messung und Bewertung von Installationsgeräuschen im Laboratorium und auf Baustellen, Sanitar- und Heizungstechnik, 1, 1967, Berlin.**
- [5] W. Rückward, **Untersuchung, Prüfung und Bewertung von Geräuschen der Wasserinstallation, Gesundheits-Ingenieur, Heft 5(9). (Jahrgang 1970), 141-148, Berlin.**

Homenagem Póstuma ao Arquiteto Léo Quanji Nishikawa

É com grande pesar que comunicamos o falecimento do nosso querido amigo e conselheiro da SOBRAC, o Arquiteto Léo Quanji Nishikawa, ocorrido no dia 06 de abril p.p.

Estamos prestando nossa homenagem a este grande especialista, de profícua atuação em nossa área, fazendo um resumo de suas qualificações técnicas, lembrando sua excepcional figura humana que sempre nos cativou.

O Léo tinha conhecimento de línguas tais como: francês, inglês, espanhol, italiano e japonês.

Títulos Universitários

- Arquitetura - FAU - 1954.
- Pós-Graduação : Metadesign - 1965.
- Pós-Graduação : Métodos Quantitativos em Planejamento Urbano-1965.
- Pós-Graduação : Evolução Urbana no Brasil - 1974.
- Pós-Graduação : Economia Espacial, Teorias e Aplicações - 1974.

Estágios

- Brüel & Kjaer : Medidas e Instrumentação em Acústica - 1966.
- Centre Scientifique et Technique du Batiment : Estudos sobre a Pré-Fabricação e Industrialização da Construção Acústica e Higrotérmica - Paris - 1957/1966/1967.

Professor

- Composição Arquitetônica e Urbanismo.
- Acústica Arquitetônica.
- Física das construções .
- Engenharia de Controle de Ruído.
- Exigências Humanas na Construção
- Ruídos e Planejamento Urbano.
- Estruturação do curso de Arquitetura.
- Conforto Ambiental.
- Física Geral e Aplicada - Iluminação Artificial e Natural, Meteorologia e Climatologia, Higrotérmica e Acústica.
- . . . e demais títulos, prêmios e honorárias.

FLUXOGRAMA PARA MEDIÇÃO DOS RUÍDOS EMITIDOS POR INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS NA FASE DE CONSTRUÇÃO.

