

CETESB

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

SUPERINTENDÊNCIA DE TREINAMENTO

O PROBLEMA DO BARULHO INDUSTRIAL E SUAS IMPLICAÇÕES

L. X. NEPOMUCENO

São Paulo, 1979

**CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA
AV. PROF. FREDERICO HERMANN JR., 345 - CEP. 05459 - PINHEIROS
SÃO PAULO – BRASIL**

O PROBLEMA DO BARULHO INDUSTRIAL E SUAS IMPLICAÇÕES

L.X. Nepomuceno

Palestra pronunciada na reunião da Divisão de Acústica
no dia 24 de abril de 1979 às 20:30 horas - Auditório

INSTITUTO DE ENGENHARIA
Viaduto Dna. Paulina
Palácio Mauã

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

O PROBLEMA DO BARULHO INDUSTRIAL E SUAS IMPLICAÇÕES

Existem regulamentações e recomendações relativas à exposição de operários e trabalhadores industriais ao barulho, durante as jornadas normais de trabalho. Essas normas procuram tornar o ambiente de trabalho tão salubre quanto possível. Nesse sentido, estabelecem limites permissíveis de barulho, bem como os períodos de tolerância aos diferentes níveis e compensações de ordem financeira, quando tais índices são ultrapassados. Além disso, a surdez também pode advir como acidente de trabalho, havendo até indenizações para os diversos graus de perda da acuidade auditiva, de acordo com legislações específicas.

Os problemas mencionados são conhecidos de todos. E todas essas leis e regulamentações são de uso cotidiano de engenheiros e inspetores de segurança do trabalho no nosso meio industrial. Assim, não pretendemos entrar em detalhes quanto aos documentos mencionados, mas verificar quais as origens e consequências do excesso de barulho na indústria. Procuraremos mostrar que o barulho - a tão repetida poluição sonora - é um problema político e social, com implicações econômicas bastante significativas. A solução, embora tecnicamente sempre possível, envolve considerações de ordem tão ampla que a torna inviável, quer por motivos econômicos quer por motivos sociais. Que o problema existe é ponto pacífico. Que o problema está localizado no âmbito da indústria, é amplamente sabido. Dadas as implicações que o barulho produz na sociedade como um todo, é indiscutível que deverá haver intervenção governamental para resolver o problema, de modo que não existam prejuízos de monta para nenhum dos grupos envolvidos.

Na sociedade moderna, sociedade de consumo como é classificada, há necessidade de produzir mercadorias em número cada vez maior e a custos tão reduzidos quanto possível. Isto para que o fator lucro seja otimizado e para que o produto esteja ao alcance do maior número de pessoas. E, ao mesmo tempo, deve haver uma remuneração do capital empregado. Para isso, procura-se sempre obter

o rendimento máximo a partir de investimento tão pequeno quanto possível, levando em consideração a relação investimento/vantagens. Por tais motivos, o maquinário foi tornado automático o quanto possível, para economia de mão de obra; tão rápido quanto as condições técnicas o permitam, para que a produção compense o investimento feito, visando um rápido retorno. Com isso, estão sendo acumuladas, em espaços reduzidos, por economia de terreno e de construções, máquinas automáticas e rápidas, aumentando o nível de barulho de maneira ameaçadora - sem falar no considerável acúmulo dos detritos industriais, sobras e lixo de modo geral. O resultado final é um meio ambiente totalmente poluído, - destruído seria o termo mais próprio - atingindo um ponto tal, que as reclamações das populações exigiram uma atitude das autoridades responsáveis. Foram então criados vários Órgãos tendo em vista a preservação do meio ambiente. Mas abordaremos tão somente o problema de barulho industrial e suas consequências. ✕

Em geral, a intervenção do governo em nosso país só é vista no campo puramente econômico, sendo mais conhecidas suas atuações no controle de preços, tabelamentos, racionalização do consumo de combustíveis e casos semelhantes. Bem pouco comentada é sua atuação na busca do bem estar social. Entretanto, embora menos conhecida e comentada que o INPS, INAMPS e organismos semelhantes, também existe uma atuação do Estado no campo social de forma mais ampla.

Sobre o problema da poluição sonora no nosso meio, por exemplo, praticamente não há estatísticas. Com referência aos problemas de perda da acuidade auditiva no meio industrial desconhecemos a existência de dados publicados. Os poucos que têm chegado a nosso conhecimento referem-se a levantamentos audiométricos esparsos, sendo bastante difícil uma codificação e classificação dos vários casos. Isto porque os dados audiométricos não são apresentados com dados clínicos claros, sendo difícil separar as perdas oriundas do barulho excessivo. Não existem dados quanto aos níveis de barulho no ambiente de trabalho nem o período e jornada de trabalho expos-

to a determinados níveis - e quando tais níveis são conhecidos não existem dados audiométricos. Nessas condições somos obrigados a nos ater a generalidades e basear nossas considerações em levantamentos e dados fornecidos por colegas trabalhando no exterior. Apresentamos os dados e conclusões extraídos dos trabalhos indicados na literatura descrita no final de nosso trabalho, na certeza de que os mesmos são análogos aos que serão obtidos em nosso meio, no momento que houver condições ou interesse em se executar um trabalho sério e em base a levantamentos realizados de maneira a satisfazer as especificações e recomendações válidas em âmbito internacional.

É importante observar que na sociedade atual, todos os componentes são beneficiados pelos produtos e serviços que são apresentados. Entretanto, bem poucos reconhecem que o barulho produzido pela fábrica vizinha e que os incomoda, é devido à produção de vários bens que são de utilidade para todos, inclusive pelos que reclamam. Para atenuar esse barulho da fábrica, há necessidade de alterações e investimento que representam um determinado custo, custo esse que deverá ser pago pelo consumidor, ou seja, pela própria Sociedade. Os que reclamam do barulho sempre alegarão " que o industrial, sendo rico como é, deveria mudar sua fábrica para outro lugar". Entretanto, as implicações que a mudança de uma instalação industrial envolve não são pequenas, embora as pessoas, no caso, limitem-se a afirmar " que isso é problema dele".

Considerando os benefícios que todos usufruem de uma atividade que sofre as consequências do barulho, cabe a pergunta " por que a sociedade vai pagar pelo bem estar de um grupo reduzido, constituído daqueles que trabalham em ambientes barulhentos?"

Existem provas e evidências que a exposição prolongada a níveis elevados de barulho produz perda da acuidade auditiva, além de outros problemas de ordem psíquica e mesmo fisiológica. Quando o nível de barulho é excessivo, principalmente quando se tra-

ta de sons impulsivos, há um aumento de casos de problemas cardiovasculares, sendo comum observar-se uma grande incidência de trombose, pressão elevada e outros males do gênero em pessoas que trabalham em ambientes com níveis elevados de barulho. Os interessados em se aprofundar na matéria poderão consultar entre outros os trabalhos de Selye, Jansen, Haft e Fani.

Quando o trabalho é executado em ambientes com níveis excessivos de barulho, o problema passa à esfera da própria saúde pública. Nessas condições, o problema deverá ser resolvido pela própria Sociedade. Mas, como é muito difícil medir o bem estar social - saúde e salubridade incluídos nele - conclui-se que bem estar social e segurança não são avaliados em termos de cruzeiros. Fica, portanto, a decisão final a ser tomada ligada a considerações sobre a relação custo/benefícios. Como deve haver uma justiça social, e admissível que a Sociedade como um todo arque com as despesas e consequências advindas do bem-estar à pequena parcela da população que sofre os efeitos do barulho excessivo.

LEGISLAÇÃO EM VIGOR

Atualmente, nos ambientes de trabalho, é válida a Portaria 3214 de 08/06/78, que regulamenta a insalubridade em relação aos níveis e tempo de exposição ao barulho durante a jornada de trabalho, no seu NR-15. Concomitantemente, o Decreto-Lei 79037 de 24/12/76 codifica a perda da acuidade auditiva em vários níveis, segundo frequências estabelecidas pela ISO, embora fixando um nível de 30 dB para perda mínima enquanto a ISO estabelece 25 dB. Esta Portaria, estabelece o nível de 85 dBA para exposição de 8 horas diárias, enquanto a Portaria anterior estabelecia 85 dBB, a regulamentação ISO R-1999 e a OSHA 90 dBA para o mesmo período de exposição.

No estabelecimento de uma regulamentação que fixa um nível de barulho para um determinado tempo de exposição, o fator social, ou seja, o bem estar social deve ser maximizado, sendo perfeitamente justificado que quanto mais conforto for fornecido, tanto melhor.

Hã, no entanto o problema custo. Quanto custará à Sociedade aumentar o bem-estar da população de trabalhadores, através da redução do nível de 90 dBA para 85 dBA? Estará a Sociedade em condições de pagar tal custo? e caso o esteja, ela quer pagar este custo? Como as decisões provêm de órgãos governamentais, haverá necessidade de ampla discussão no Legislativo e consultas aos diretamente envolvidos para que possa ser tomada uma decisão que atenda a todos os interessados no problema.

Voltando um pouco ao passado, o problema do barulho começou a se tornar um problema social após a Segunda Grande Guerra, quando o desenvolvimento tecnológico produzido pelo próprio esforço de guerra passou a ser oferecido a todos. O aumento desmedido da produção de bens e serviços deu origem a um aumento de 2 dB/ano nas grandes cidades do mundo, barulho esse provindo não somente da indústria (cujos efeitos são locais e na maior parte nos operários) como também dos transportes, escritórios, eletro-domésticos e mais uma parafernália de dispositivos, acessórios e necessidades criadas pela própria sociedade de consumo. Com isso, quando a própria Sociedade passou a exigir das autoridades governamentais providências que eliminassem o problema já era um pouco tarde.

É bastante difícil corrigir em curto tempo uma série de erros acumulados durante algumas décadas. Além do mais, existe um custo para a obtenção do sossego desejado, custo esse traduzido em preço do silêncio. Caso se pretenda diminuir o nível de barulho a valores digamos, ideais, o custo dos bens e serviços será tão elevado que praticamente ninguém terá acesso a eles. Hã, então, a necessidade de verificar o que se passa e como conciliar, de maneira satisfatória, a relação custo/benefícios. Para isso há necessidade de considerações gerais que são válidas em todas as situações. No caso da perda da acuidade auditiva em função do barulho, o problema é mais simples, embora presente mistura apreciável de fatores diversos.

Visando verificar o processo de perda da acuidade auditiva em função da exposição a níveis de barulho, vamos inicialmente verificar qual é o processo normal de perda da acuidade auditiva.

A acuidade auditiva, como todas as funções vitais, decresce com o correr dos anos, ficando-se com menor acuidade à medida que o organismo envelhece. Trata-se de um processo de envelhecimento, normal e esperado em todos os seres. A figura " 1 " ilustra a distribuição estatística da acuidade auditiva numa grande população sob diversas condições.

A curva " A " ilustra uma população que viveu até a idade de 65 anos em ambiente onde o nível de barulho é " natural ", ou seja, ficou exposta tão somente ao barulho encontrado normalmente na natureza. É importante observar que os estudos desenvolvidos em várias partes do mundo, completadas pelo levantamento de Baughn, mostram que envelhecimento considerado natural equivale àquele de um indivíduo vivendo num ambiente onde o nível normal de exposição durante 8 horas diárias se situa dentro do máximo de 78 dBA. Tal situação é confirmada pelos trabalhos de Glorig, que executou um estudo extensivo cobrindo uma população que não foi exposta ao barulho.

As linhas verticais indicadas por 25 dBA (1), 25 dBA (2), 50 dBA (1) indicam o número de indivíduos que perderam a acuidade auditiva a exposição a níveis excessivos de barulho. As curvas " B " mostram a distribuição para um limite superior de exposição de 85 dBA e a curva " C " a exposição a 90 dBA. O parêntesis (1) indica a perda da acuidade auditiva medida conforme a recomendação ISO, média das frequências 0,5 - 1 e 2 KHz; e o parêntesis (2) a perda da acuidade quando medida nas frequências de 0,25 - 0,5 - 1,0 - 2,0 e 4 KHz. Veremos a seguir o significado desses critérios.

Pelos gráficos esquemáticos observa-se que, na ausência de barulho (curva A), a perda da acuidade auditiva corresponde simplesmente ao envelhecimento natural, perda essa equivalente a uma ex-

posição a níveis até 78 dBA. Se imposta uma regulamentação, estabelecendo como limites permissíveis para 8 horas diárias de exposição a 90 dBA, obter-se-á a distribuição indicada na curva " C ". Se tal limite for estabelecido a 85 dBA obter-se-á a distribuição representada pela curva " B " .

A figura mostra o número de indivíduos que apresentarão perda auditiva de 25 dB, quando tal perda é calculada segundo a recomendação ISO, ou seja, a média da perda nas frequências audiométricas centradas em 0,5 KHz, 1,0 KHz e 2,0 KHz reta indicada por 25 (1).

Caso a perda seja medida como a média observada nas frequências 250 Hz, 500 Hz, 1,0 KHz, 2,0 KHz e 4,0 KHz, a distribuição será a indicada pela reta 25 (2). O mesmo raciocínio é válido quando a perda for considerada de 50 dB e não 25 dB.

O gráfico mostra a população que será prejudicada em função do limite máximo, assim como das frequências que devem ser consideradas como válidas. É importante observar que, num problema complexo como esse, a primeira pergunta é a seguinte:

"Admitindo que o sistema auditivo do operário deve ser conservado, deverá ser conservado para quê? Para ouvir alta-fidelidade, conversação telefônica, assistir óperas ou simplesmente para conversação verbal direta?"

A resposta indicará às autoridades responsáveis pelo problema: qual o limite a ser estabelecido e quais frequências - a serem consideradas válidas. Observe-se que pelo critério ISO, assim como pelo OSHA e pela regulamentação brasileira 3214, a conservação auditiva se prende exclusivamente à manutenção da audição para a conversação verbal direta. Como é amplamente sabido, a perda da acuidade auditiva se inicia nas altas frequências. É possível, porém medindo a perda nas altas frequências (retas verticais indicadas pelo parênteses " 2 ", no gráfico da figura " 1 ") obter-se um dado muito importante, para providências de salubridade, a fim de impedir ou evitar que o indivíduo venha a sofrer os danos

apontados pelas especificações e recomendações mencionadas. Em particular, os trabalhos de Baughn e NIOSH mostram as vantagens da audimetria se executada numa faixa de frequência mais ampla que aquela estabelecida pela ISO. Com isso, é possível estabelecer-se uma legislação para proteger a população dos operários que trabalham em condições adversas de barulho. Tal legislação está sendo discutida em vários países, havendo volume apreciável de pesquisas, análises do barulho em cada ponto e local do ambiente de trabalho, além de medidas para reduzir o nível de barulho na própria fonte, ou seja, pelo re-projeto e modificação das próprias máquinas. O marco inicial foi a reunião do ISO/TC-43 em Stockholm, em julho de 1958, da qual o Chairman foi o Dr. Stevens. E, na ocasião, essas perguntas também foram feitas pelo próprio Stevens a vários componentes do grupo, entre outros, Glorig, Rimsky Korsakowsky, van Oos, King, Luebcke, Cremer e eu mesmo. Apesar de todos estudos que vêm sendo realizados, ainda não houve uma resposta adequada. E, por uma simples questão: como maximizar a relação custo/benefícios?

EFEITOS COMPROVADOS DO BARULHO EXCESSIVO

O barulho dá origem a uma série de efeitos tanto psíquicos quanto fisiológicos, alterando o comportamento dos indivíduos. Os vários estudos executados por Kryter, Broadbent, Carpenter, EPA, NIOSH, Andreyeva-Galanina, Suvorov e outros mostram que há, realmente, um prejuízo econômico elevado devido ao barulho. Tal prejuízo é motivado por efeitos auditivos, efeitos não-auditivos e também uma boa parcela de efeitos puramente psíquicos ou simplesmente humanos.

Os principais efeitos são devidos ao desconforto que o barulho origina, a perda da capacidade de concentração intelectual e a interferência entre diversos sensores no sistema neurológico. Procuraremos resumir tais efeitos e mostrar o pesado ônus que representa para a Sociedade como um todo.

Há vários estudos que relacionam a queda de produtividade ao nível de barulho, outros a incidência de ausências ao trabalho e assim por diante.

Interessa-nos um outro aspecto. Akkerman focalizou o problema do barulho industrial como um custo traduzido na inversão de capital e prejuízo à indústria. Vamos focalizar o problema num outro aspecto, no da economia que se obtém com o tratamento acústico e com a atenuação dos atuais níveis de barulho, mostrando o que a Sociedade obtém com o gasto que tiver na melhoria do ambiente de trabalho, do bem estar social e do meio ambiente como um todo. Evidentemente serão observadas discrepâncias, mas que traduzem tão somente uma diferença de enfoque ou duas medidas de um mesmo fenômeno, utilizando escalas de valores diferentes.

Na realidade, é extremamente difícil a obtenção de dados que possam ser confiáveis, quando se está procurando relacionar a produtividade ou, eficiência, em função do nível de barulho ambiente.

X Um nível de barulho excessivo provoca uma queda de concentração, causando alimentação inadequada do equipamento ou perda de ciclos, por exemplo, não se colocando a peça no momento certo. A redução do nível de barulho, geralmente é uma consequência de uma mudança para um novo edifício, ou nova instalação, onde a produtividade aumenta. Entretanto, isto não significa que o aumento é devido à queda do barulho.

Como, uma variação no nível de barulho está, normalmente, ligada a outras alterações, torna-se extremamente difícil, se não impossível, fazer-se um relacionamento correto entre duas variáveis, na medida em que existem inúmeras outras variáveis envolvidas. Pela falta de dados objetivos, as conclusões são baseadas em estudos onde o barulho representa uma das variáveis e não a única. Vários estudos de Carpenter, Fornwalt, Boggs, Simon, Cohen, Miller e Broadbent, entre outros, realizados sob controle e por períodos relativamente longos, permitem concluir o seguinte:

a) O barulho contínuo que não contenha significado especial de espécie alguma, não apresenta interferência na produtividade até o nível de 90 dBA. Mesmo quando ultrapassa, as alterações não apresentam consistência que permita conclusões indiscutíveis.

b) O barulho excessivo acarreta uma redução na precisão do trabalho. Muitas vezes é mais perceptível que a redução na produtividade como um todo.

c) Quando o barulho contém componentes de alta frequência, 2 KHz ou mais, observa-se uma queda de produção de modo mais acentuado.

d) O barulho impulsivo, ou intermitente, apresenta interferência superior à do barulho contínuo. Mesmo quando os sons impulsivos apresentam níveis de pico inferiores a 90 dBA, os mesmos diminuem o desempenho do operário mais do que quando contínuos e de níveis superiores a 90 dBA.

d) Os níveis elevados, embora não influenciem a produção como um todo, dão origem a uma variação na produtividade. Observou-se que, após uma " pausa " à exposição ao barulho, há um aumento na produtividade.

f) Os trabalhos que exijam alguma concentração intelectual são influenciados de maneira adversa quando os níveis de barulho são superiores a 85 dBA, diminuindo a produtividade total com o aumento do nível de barulho.

Recentemente Hartley fez um estudo procurando medir a " performance " dos operários quando usam e quando não usam protetores auriculares. Verificou que o uso ou não de protetores auriculares pouca influência apresenta na produtividade. Entretanto, em ambiente silencioso, o protetor auricular dá origem a menor produtividade. A principal conclusão é que o barulho ou o protetor auricular, considerados isoladamente, não apresentam grandes efeitos. Entretanto, a presença combinada de ambos dá origem a um aumento dos erros e conseqüente queda da produtividade. O próprio autor reconhece que há necessidade de estudo mais profundo e mais extenso para que se possam extrair conclusões definitivas sobre o assunto.

Os estudos de Andreyeva-Galanina mostram que, quando o nível de barulho ultrapassa a 93 dBA, há uma interferência entre os sensores óptico e acústico, fazendo com que o operário não distinga as cores de maneira adequada. Ficou, inclusive, patente que em salas de contro

le onde os sinais são fornecidos através de luminosos de cores distintas, o nível de barulho deve ser inferior a 85 dBA para que os operadores possam executar seu trabalho de maneira amplamente confiável.

Embora exista, em todas as legislações, um capítulo específico visando a proteção das gerações futuras, através de medidas que procuram dar, à gestante, condições adequadas, não há referência quanto ao nível de barulho. Os trabalhos de Geber, em 1962, mostraram uma inibição na osteogenese do feto quando uma série de roedores permaneceu exposta a níveis elevados de barulho durante o início da gravidez. Tais trabalhos foram confirmados pelos estudos do casal Busnel, em 1977. O fato é que a ossificação é deficiente quando a fêmea é exposta a níveis excessivos de barulho durante os primeiros tempos de gravidez. No caso do elemento humano, não se têm dados quantitativos, mas os estudos já realizados mostram que o efeito só poderá ser o mesmo que nos animais. Nessas condições, é imperativo que a mulher permaneça em ambiente sem barulho excessivo, durante os primeiros três meses de gravidez. Com isso, estará se protegendo as gerações futuras de má formação física. Nas legislações que conhecemos, não encontramos sequer menção a providências dessa natureza.

CUSTO DO BARULHO

Um fator estudado em pormenores por Frye, por encomenda do U.S Department of Health, Education and Welfare, foi o absenteísmo. O estudo mostra que, do total das ausências de um operário num ano de trabalho, cerca de 15% são relativas a seu estado de espírito no início do dia, levando-o a faltar, "para não se amolar com o barulhão da fábrica". Seu estudo ainda mostrou que, quando no ambiente de trabalho o nível é de 80 dBA, o operário iria trabalhar num ambiente de 50 dBA mesmo ganhando US\$ 0,10 a menos por hora. Caso o nível seja de 110 dBA, o operário não discutirá em sacrificar seu salário em US\$ 0,50 por hora desde que o nível de barulho caia a 85 dBA. O cálculo feito mostra que, para os Estados Unidos,

o custo das faltas devido ao desconforto produzido pelo barulho é o seguinte:

<u>Custo atual</u>	<u>Mínimo</u> <u>US\$ bilhões/ano</u>	<u>Máximo</u> <u>US\$ bilhões/ano</u>
Nível entre 82 e 117 dBA	2,81	14,0
Máximo 90 dBA	2,19	11,0
Máximo 85 dBA	1,88	9,4

Por aí se pode observar que a redução do barulho representa uma economia considerável, bastando verificar o número de perdas de dias de trabalho. Esses dias, que não serão perdidos, significam uma determinada produção industrial. Tal produção, além de um aumento no produto nacional bruto, dá origem a impostos, salários, enfim, maior poder aquisitivo da própria população que forma a Sociedade. Então, há necessidade de verificar o como maximizar a relação entre os ganhos que se obtém com a diminuição dos níveis de barulho e o custo que tal redução implica.

Para se ter uma idéia da economia, há necessidade de subtrair do custo devido ao desconforto sob 90 dBA e sob 85 dBA daquele que é obtido caso a situação perdure como se encontra. A economia obtida será então, em bilhões de dolares:

<u>Máximo estabelecido</u> <u>legalmente</u>	<u>Economia</u> <u>anual</u>	<u>Economia</u> <u>total em</u> <u>10 anos</u>	<u>Economia</u> <u>total em</u> <u>40 anos</u>
90 dBA	0,61 a 3,1	3,1 a 31	25 a 123
85 dBA	0,93 a 4,6	9,3 a 46	37 a 185
Vantagem do Máximo 85 dBA sobre 90 dBA	0,31 a 1,6	3,1 a 16	13 a 63

*Os dados acima foram publicados por um estudo da EPA, relatório EPA 550/9-76-007.

Um outro fator que o empresário deverá levar em consideração é o refugo, traduzido como perda da produtividade. Quantas peças são perdidas devido à distração ou perda da capacidade de concentração durante o trabalho, tendo como origem o barulho excessivo? E o custo anual será superior, igual ou inferior ao custo da redução do barulho, através de um projeto e tratamento adequado? Quais os rendimentos que serão obtidos através de um projeto elaborado por grupo conhecedor do assunto e experimentado na solução dos problemas de barulho industrial?

É preciso observar ainda que, em nosso país, existem poucas opções para a execução do tratamento acústico. O especialista dispõe de pouca variedade de materiais, e, praticamente não há incentivos para a redução de barulho. Nossas escolas de engenharia preparam engenheiros para produzir máquinas que ofereçam o máximo de produção ao mínimo de custo. São levados em consideração fatores puramente econômicos e financeiros, inexistindo qualquer outra formação que não seja essa.

Nos últimos anos, dada a pressão da própria sociedade, foram tomadas algumas medidas de natureza administrativa que estão dando origem a resultados satisfatórios. Com as exigências de levar em consideração os níveis de barulho nas instalações industriais, como parte integrante do fornecimento da necessária licença de funcionamento, tem ocorrido grande procura de trabalhos ligados a estudos e projetos de atenuação do barulho industrial. Com isso, nosso desenvolvimento tecnológico na matéria está se ampliando não somente quanto ao desempenho de nossos especialistas como, também, devido ao aparecimento de novos materiais, inexistentes até recentemente.

Observa-se, então, que a obrigatoriedade de tratamento acústico visando a redução do barulho está dando origem não somente ao bem estar pretendido como, também, está introduzindo um desenvolvimento puramente tecnológico, forçando nossos especialistas a inovar métodos, sistemas e orientar quanto à produção e introdução de novos materiais inexistentes em nosso meio. Com isso, as vantagens são

múltiplas, pois tem em vista o bem estar público: nossas autoridades estão, indiretamente, promovendo nosso desenvolvimento num campo altamente especializado.

Caso tais exigências persistam, o que esperamos que realmente aconteça, dentro em breve nossos engenheiros passarão a considerar, em seus projetos de máquinas, equipamentos e instalações industriais, os problemas de excesso de barulho e vibrações. É importante observar que, devido à atuação de nossas autoridades no que diz respeito a problemas de níveis excessivos de barulho, várias indústrias têm solicitado ao inspetor de máquinas, equipamentos e instalações, verificação extra, ligada intimamente aos níveis de barulho que o equipamento produz.

Temos observado pedidos de equipamentos (ventiladores, exaustores e dispositivos semelhantes) onde consta como cláusula de aceite o nível máximo de barulho que o aparelho deve fazer. É, também, comum a solicitação de assessoria e assistência técnica de especialistas junto a engenheiros e arquitetos para que uma determinada instalação, ou mesmo edifício de apartamentos ou escritórios, apresentem níveis de barulho compatíveis com as atividades que serão desenvolvidas. Embora poucos tomem conhecimento do fato, a atuação de nossas autoridades já está apresentando resultados bastante promissores.

ATUAÇÃO DO ESPECIALISTA FACE A LEGISLAÇÃO VIGENTE

Atualmente, procura-se estabelecer em nosso país o limite de 85 dBA, para exposição diária de 8 horas ao barulho industrial. Esse limite se refere ao ambiente interno da instalação, sendo tal função ligada às atividades do Ministério do Trabalho, conforme a Portaria 3214. Ao mesmo tempo existe o problema da perda da acuidade auditiva, regulamentada pelo Decreto-Léi 79037.

O empresário está, portanto, obrigado a tomar as providências não só para que o limite não seja ultrapassado como, também a estabelecer um programa de conservação auditiva para que seus operários não

sofram perda da acuidade auditiva. Evidentemente há várias implicações que não são resolvidas pela publicação de Leis ou Decretos.

Hã, realmente, necessidade de gastos com o levantamento, classificação, codificação e análise do barulho, determinação dos equipamentos que apresentam níveis mais elevados de barulho, estudo procurando atenuar os níveis de barulho sem introduzir prejuízos à produção e sem onerar excessivamente a execução do projeto, além de vários outros fatores que poderão alterar as condições da fábrica.

É claro que há necessidade de atenuar o nível de barulho a um custo economicamente viável, a par de solução tecnicamente correta. As soluções até agora estão descritas nas várias publicações especializadas e, quando o especialista tem conhecimento profundo do assunto e experiência de vários anos, é possível uma alternativa tecnicamente satisfatória e economicamente viável. No entanto, os custos do barulho ainda são diluídos durante o ano, fazendo parte do chamado " lucros e perdas " do balanço - o tratamento/isolamento acústico, não. Há necessidade de investimentos e gastos aparentemente supérfluos, embora rendam dividendos compensadores a longo prazo.

De qualquer maneira, o especialista tem conhecimento dos princípios fundamentais, resumidos no apêndice, e a sua formação consiste em compatibilizar as variáveis seguintes: custo do estudo e elaboração do projeto; custo da execução; viabilidade de soluções administrativas, quando a solução técnica é economicamente inviável; recursos disponíveis, para a solução do problema; manutenção da produção durante o estudo; elaboração de projeto e execução, mais fatores humanos envolvidos. Deverã, ainda considerar a legislação, que deve ser cumprida, assim como estabelecer um programa de conservação auditiva através da implantação de um dispositivo de controle audiométrico que realmente proteja os operários.

Geralmente, quando se estuda um caso do barulho industrial aparecem problemas que normalmente são considerados desconhecidos dos

principais interessados. O maior deles é que a questão do barulho passa a representar uma mistura das atividades dos engenheiros, do especialista em acústica, do médico, do fonoaudiólogo, do gerente de produção, do diretor financeiro, dos fiscais dos diversos órgãos e do próprio operário.

Diante da legislação que penaliza o excesso de barulho, com o pagamento do famigerado "adicional insalubridade", que o operário passa a considerar como um "direito adquirido" e que não abre mão dele, o empresário se situa na condição de fazer o cálculo econômico: "o que dá mais lucro, gastar na atenuação do barulho ou pagar o adicional?". O que der mais lucro é a solução adotada, pois os diversos fatores envolvidos e descritos atrás não são do conhecimento do balanço - o custo do barulho é diluído no item "lucros e perdas".

Felizmente, a situação tende a se modificar, devido a atuação de outros órgãos que, visando o bem estar da população como um todo, recusa a licença de instalação e funcionamento, quando do exame do projeto verifica que haverá nível excessivo de barulho na vizinhança. Com isso, esta atuação está atenuando um problema interno das instalações industriais, que deveria ser resolvido por outro órgão.

Quando se estuda o problema do barulho industrial, é comum aparecer a situação seguinte: o especialista em acústica conhece Acústica e não aceita ficar subordinado a um médico, que não entende do assunto; o médico, por sua vez, não aceita ficar subordinado ao especialista em acústica nem ao engenheiro, por se tratar de problema de saúde do qual acha que só ele entende e ninguém mais; o engenheiro, de seu lado, também se recusa ou discute as soluções apresentadas pelos demais, afirmando que o problema é de engenharia e médico e especialista em acústica não entendem do assunto; vem o gerente de produção, não aceitando as soluções propostas, porque a produção não pode ser prejudicada com providências "idiotas" e quer que seu ponto de vista prevaleça; para terminar, aparece o gerente financeiro, alegando que tudo é uma loucura, uma vez que a empresa não dispõe de recursos para esbanjar em estudos e projetos

inúteis, que não rendem dinheiro.

Além disso, o operário, ao ver que pretendem atenuar o problema do barulho, alega que está sendo prejudicado, que perderá o adicional que já faz parte do seu orçamento.

O problema é tão grave que temos encontrado casos em que, durante o levantamento e codificação do barulho industrial, o líder dos operários chega a nos procurar e a nos propor um "acerto" lá da sua maneira: "Diga quanto lhe estão pagando para acabar com o barulho" - afirma-nos "Pagaremos o dobro" para você deixar como está". Ao dizermos que é preciso acabar com o barulho, pois é prejudicial a saúde, a argumentação é típica: "Você não entende disso. Nós estamos acostumados e barulho não faz mal a ninguém. O que não queremos é perder nossos direitos".

Embora situações como essa não sejam incomuns, a evolução do problema tende a fazer com que se estabeleçam grupos de trabalho que estudem e determinem uma solução que satisfaça a todos os envolvidos. Na verdade, quem obterá os benefícios é a própria sociedade como um todo. No momento já há alguns grupos, formados de vários especialistas, que executam trabalhos através de firmas coligadas tecnicamente, sem apresentar conexões comerciais de espécie alguma.

Dado o tempo de exposição ao barulho permitida em lei, conforme os vários níveis, até recentemente uma providência consistia em se estabelecer um rodízio do operariado. Com isso, o operário permanecia durante o tempo permitido ao nível indicado na tabela da legislação em vigor e era em seguida deslocado a outro local de nível de barulho inferior. Lá permanecia até o final do dia, enquanto aquele que o substituíra passava a trabalhar no ambiente com nível excessivo de barulho. Era assim mantida a exigência legal e, aparentemente, todos estavam protegidos.

Entretanto, vários estudos e estatísticas levantadas mostram que o resultado é inadequado, como um todo, evidenciando a incongruência

da legislação.

Um estudo detalhado de Johnson, por encomenda da Força Aérea Americana, mostra que o rodízio apresenta o mesmo efeito da mobilidade excessiva no local de trabalho. Em outras palavras, diminui-se o número de indivíduos com grandes perdas (reta 50 no gráfico da figura) de um lado e, de outro, aumenta-se enormemente o número de indivíduos que apresentam perda intermediária (reta 25 dB no gráfico). Analiticamente, a mobilidade ou o rodízio aumentam a abertura da curva de distribuição da surdez, socializando o prejuízo auditivo, sem aumentar os benefícios. Relacionando a perda da acuidade auditiva com o rodízio dos operários, ou a mobilidade, deve ser levado em consideração no estudo da estabilidade, pelas implicações que a mesma apresenta no bem estar social.

Em qualquer hipótese, é importante observar que o rodízio, embora dê menos desconforto a alguns, faz com que a grande maioria sofra o desconforto, embora em grau ligeiramente menor.

SOLUÇÕES DO PROBLEMA

O melhor método para atenuar o barulho consiste em adquirir equipamentos que não façam barulho, ou seja, a solução adequada consiste em reduzir o barulho na própria fonte. Entretanto, existem equipamentos que são barulhentos pela própria maneira de trabalhar.

Um exemplo típico, citado constantemente, é a prensa excêntrica. É uma máquina barata, apresenta grande produtividade, seu ferramental é relativamente pouco dispendioso, apresenta grande vida útil e manutenção barata, mas, provoca um nível de barulho elevado. Já a prensa hidráulica é bastante silenciosa, proporcionando um ambiente relativamente sossegado. Entretanto, o seu custo é muito superior ao da prensa excêntrica, não apresenta a mesma produtividade, seu ferramental é muito dispendioso, exige manutenção mais atenciosa e sua vida útil é muito inferior à da prensa excêntrica.

São, portanto, duas máquinas destinadas à mesma finalidade, com características diferentes. Para citar o produto mais comum, como tam

pinhas de cerveja, o produto feito pela prensa hidráulica apresenta um custo de cerca de 9 vezes a mais do que aquele apresentado pela prensa excêntrica. Essa diferença de preço é o custo do barulho, ou custo do silêncio, dependendo da escolha. A principal questão é saber se o custo do produto manufaturado em condições silenciosas pode ser pago ou absorvido pelos consumidores, já que há um aumento substancial no preço.

Quando uma indústria vai-se instalar, é comum que haja uma assessoria antes do desenvolvimento do projeto, para que seja verificado o nível, codificação e classificação do barulho existente no local, para que não se observem alterações após sua implantação. Estabelecido o barulho de fundo, o projeto e construção é acompanhado da assessoria, para que após o término das obras e da instalação funcionando, o nível de barulho permaneça igual ao existente anteriormente. Tais casos são resolvidos com maior facilidade, havendo um acréscimo dos custos equivalente a cerca de 4% do custo da obra, excluindo-se o maquinário.

Mas, na grande maioria dos casos, trata-se de instalações prontas e em funcionamento e o empresário pretende uma redução do barulho por motivos vários: desde a necessidade de uma ampliação ou alteração - quando é imprescindível uma licença de instalação e funcionamento - até as reclamações da vizinhança. A redução do barulho pode decorrer de uma imposição fiscal ou, mesmo, de um problema de insalubridade, quando há necessidade de reduzir o custo de mão de obra pela dispensa do pagamento do famoso adicional insalubridade.

Nesses casos, o especialista se defronta com uma instalação funcionando, que não pode parar e cujo nível de barulho precisa ser reduzido. O barulho nada mais é que a vibração produzida no maquinário que é radiada ao ar sob a forma de som. Então, a primeira providência consiste em atenuar as vibrações, para o que se usam e selecionam-se os suportes anti-vibratórios, após a medida e análise das vibrações. Com isso, obtem-se geralmente uma redução que oscila entre 1 e 3 dBA no nível de barulho, insuficiente na maioria dos casos.

Nem sempre a redução do barulho na fonte é viável, apelando-se en-

tão para o confinamento ou encapsulamento. Contudo, embora o encapsulamento seja execução relativamente simples, aparecem problemas complexos, como a ventilação e refrigeração da máquina; a possibilidade de alimentar o equipamento sem que haja "vasamento" de barulho; a facilidade de troca de ferramenta, quando se vai fazer outro produto; a facilidade para que seja observado o processo e se tomar providências quando aparecer algum problema com a máquina, seja material engripado, peça defeituosa que está dando origem a estragos e casos análogos.

Mas, sempre há uma solução técnica. O problema é achar uma solução que além de tecnicamente correta, seja economicamente viável. Aqui é que há necessidade de engenhosidade, experiência e conhecimentos do especialista, além da capacidade de introduzir inovações quanto a materiais e processos. É bastante comum o aparecimento de alterações no próprio processo de fabricação, após algumas discussões e troca de idéia entre o especialista e os encarregados dos departamentos de engenharia e de produção da fábrica.

Existe a crença geral, entre os não-especialistas, de que a aplicação de absorção resolve o problema. Temos encontrado casos onde o empresário simplesmente nos diz que o problema pode ser resolvido pela colocação, nas paredes e/ou teto de "material acústico". É preciso considerar que a absorção dá origem a uma diminuição do som reverberante ou som difuso mas que, o produzido pela máquina ou equipamento, segue uma lei física de propagação e que não há material apto a alterar tal lei. A aplicação de absorção nas paredes e/ou teto, dá origem a uma redução de 4 ou 5 dBA no barulho ambiente, atingindo até 8 dBA nos casos mais favoráveis e considerados de êxito. Inclusive, a adoção da solução de aplicar absorção tão grande quanto possível, nas proximidades do equipamento, dá origem a uma alteração substancial no barulho que se propaga mas, em qualquer hipótese, são soluções particulares e que solucionam problemas específicos de alguns tipos de equipamento, não sendo aplicável na grande maioria dos casos.

O uso de partições constituídas por cortinas carregadas resolve um grande número de problemas mas não apresenta condições de resolver

todos. O especialista procura, sempre, atenuar o barulho na própria fonte, seja através de confinamento, ressoadores de Helmholtz, tubos ressonantes, absorção adequada à faixa de frequência do barulho produzido, painéis sintonizados, etc., mas esbarra geralmente com problemas de prejuízo na produtividade, dificuldades de alimentação ou movimentação do pessoal e mais uma série de problemas mencionados anteriormente.

Na realidade, o problema de barulho é constituído por tantas facetas que cada caso é um caso e, como tal, deve ser estudado com detalhe e cuidado, para que seja obtida uma solução tecnicamente correta e economicamente viável. Antes de iniciar qualquer providência, o importante é executar um levantamento para determinar os níveis, as componentes espectrais e, com isso, classificar e codificar o barulho. A partir desses dados, é possível dar início a um estudo para se elaborar um projeto que apresente resultados satisfatórios, quer do ponto de vista técnico, quer do ponto de vista econômico. Dentro do estudo, há necessidade de se verificar, também os aspectos humanos do problema, para que se obtenha o desejado conforto e bem estar do operário. Com isso, observar-se-á uma sensível melhoria na produção e no resultado final, uma vez que os operadores vão se sentir elementos humanos e não simples parafusos de uma estrutura destinada a produzir bens e/ou serviços.

IMPLANTAÇÃO DE UMA REGULAMENTAÇÃO/LEGISLAÇÃO

Pelo exposto, caso nossas autoridades decidam implantar o nível de 90 dBA como limite de insalubridade, serão obtidos benefícios sociais apreciáveis, através de uma fiscalização constante e pela conscientização do empresariado - e do próprio operariado - da necessidade de tal providência. Entretanto, os benefícios serão muito maiores caso seja decidido estabelecer como limite o nível de 85 dBA como foi visto. As vantagens em termos econômicos serão muito maiores, além da obtenção de um bem estar social e melhoria da saúde da população operária, cujo valor não pode ser medido em cruzeiros. Caso, ao mesmo tempo, seja feita uma pressão quanto à concessão da licença de instalação e funcionamento com base na apresentação de estudos e projetos de isolamento e tratamento acústico das indús-

trias, a combinação de ambas as providências dará origem, em prazo relativamente curto, de vantagens que serão visíveis à toda população.

Temos de reconhecer que há grande dificuldade no que se refere à fiscalização e adoção de medidas legais e administrativas na situação atual.

No que se refere à concessão da licença de instalação e funcionamento, a atuação de nossas autoridades tem sido bastante satisfatória mas, no caso em pauta, tal atuação não penetra no interior do recinto das fabricas. Caso o nível externo satisfaça aos quesitos estabelecidos, a indústria pode funcionar. Entretanto, o nível de barulho no interior das instalações, medido de conformidade com as recomendações e especificações vigentes, é problema bem mais complexo e que exige pessoal com conhecimentos superiores aos exigidos para a simples medida de níveis globais em ambientes próximos ou influenciáveis pela instalação. Dada a falta de pessoal devidamente habilitado e experimentado, as variáveis que estão envolvidas no processo e o clássico sistema de parar o equipamento mais barulhento à simples suposição da chegada de um fiscal, torna bastante crítica a situação.

Outros grupos que poderiam executar tal medição e fiscalização seriam os escritórios de projetos, que têm pessoal experimentado e habilitado, além do equipamento em condições de executar o trabalho. Mas, o problema exige muito cuidado para ser resolvido desta maneira, porque os produtores de materiais classificarão o ambiente como insalubre e procurarão colocar seus produtos, alegando que os mesmos resolvem o problema, independente de outras providências; o escritório de consultoria e projetos em acústica tem a sua sobrevivência apoiada na elaboração de trabalhos de atenuação do barulho e vibrações na indústria e, assim sendo seu próprio trabalho está envolvido. Reconhecemos que vários casos de decisão judicial, peritagens e problemas semelhantes, têm sido decididos de maneira sadia e profissionalmente ética por vários dos especialistas que trabalham em nosso meio. Entretanto, delegar a tais escritórios a função de fiscalização e atuação exige cuidados, embora tais grupos possam,

perfeitamente, assessorar e fornecer " Know-how " às autoridades que estão voltadas para o problema. X

Hã, ainda a questão do operário, o grupo mais envolvido, Mas, devido à uma legislação esdrúxula associada à falta de conhecimento, se opõe à solução do problema, porque não quer perder o adicional insalubridade. Concientizar nossos operários das vantagens da conservação auditiva através da atenuação do barulho no ambiente de trabalho é praticamente inviável caso permaneça a legislação vigente.

Entretanto, algo que é apresentado como benefício ou vantagem para o operário, é difícil de retirar e mostrar que tal benefício não passa de uma alegação demagógica pura e simples, representa uma atitude que os responsáveis pelo problema dificilmente tomarão, pois implica em condenar o que foi feito pelos seus antecessores, em bora todos saibam que é um malefício e não benefício. O modo, a ma neira como esse problema deve ser resolvido escapa à nossa atuação. Mesmo porque sempre que o barulho for atenuado, mediante execução de projeto de tratamento e isolamento adequado, surgirá o problema do adicional, que o operário não concorda em deixar de receber. Uma solução que satisfaz a todos consiste em deixar os que estão recebendo o " adicional " como está, incorporando-o ao salário e, os que começarem a trabalhar agora não mais o percebam, acabando com o problema sem prejudicar ninguém. Mesmo assim, considerando a evolução das providências, tudo leva a crer que dentro de prazo re lativamente curto, nosso ambiente industrial estará funcionando em condições melhores quanto aos níveis de barulho. Inclusive, há necessidade de mostrar não somente ao empresariado como, principalmente ao operário, as vantagens e benefícios que são obtidos com um trabalho cuidadoso e executado em ambiente acusticamente adequado. Com isso, não somente os operários atuais como os futuros que estão se iniciando agora terão acuidade auditiva conservada e o pro blema da poluição sonora poderá ser sanado sem grandes sacrifícios para a sociedade como um todo.

CONSIDERAÇÕES TÉCNICAS COM REFERÊNCIA AO PROBLEMA DO BARULHO

PERDA DA ACUIDADE AUDITIVA

Se admitirmos que a população da Sociedade seja constituída por x_i indivíduos com perda de audibilidade P_i , teremos, para a população global o valor

$$x_1 + x_2 + x_3 \dots\dots\dots x_i = N$$

interessa saber qual a probabilidade da existência de x_j pessoas com perda P_j . A solução da equação acima, admitindo que

$$\varnothing (x) = a_0 + \Sigma a_i x_i$$

teremos a solução

$$\varnothing (x) = \frac{f' (x)}{f (x)} = a_1 x$$

e, integrando a relação a x ,

$$\log f (x) = \frac{a_1 x^2}{2} + \log c$$

a curva $y = f(x)$ deve ser assintótica em relação a x uma vez que o número de perda da acuidade auditiva cairá rapidamente a medida que o valor da perda cresce. Portanto, a_1 deverá ser negativo e, assumindo, por conveniência prática, que $a_1/2 = -h^2$ a equação da perda será

$$y = f(x) = c e^{-h^2 x^2}$$

Para determinar a área sob a curva da perda da acuidade, sabemos que a mesma deve ser igual ao total da população, ou seja,

$$\int_0^{\infty} c e^{-h^2 x^2} dx = 2c \int_0^{\infty} e^{-h^2 x^2} dx = 1$$

e a manipulação permite escrever

$$N = \int_0^{\infty} e^{-h^2 x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2h}$$

e então

$$y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2}$$

que é a curva de distribuição normal. A constante h é medida da queda da curva em direção ao eixo x , que indica o número de pessoas. Isto significa que, para um h grande, a curva cai mais rapidamente que para um h pequeno.

O gráfico indicado, em termos de probabilidade, indica que, para grandes perdas na acuidade auditiva o número de pessoas cai à medida que o nível de exposição também cai. Por tal motivo, a curva A significa que grande número de pessoas manterão sua acuidade auditiva se permanecerem sujeitas a níveis de barulho da ordem de 78 dBA (Glorig), aumentando se o nível de exposição for 85 dBA e aumentando ainda mais caso o nível seja de 90 dBA. Inclusive, observa-se que o número de indivíduos com perda a 50 dB aumenta proporcionalmente com a fixação do limite, em relação àqueles que apresentam perda da ordem de 25 dB.

A probabilidade de uma perda Z será então

$$P_Z = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^Z e^{-x^2} dx$$

O exposto acima, acreditamos, esclarece o porque o número de indivíduos com perda auditiva decresce à medida que o limite máximo permissível é diminuído. Em outras palavras, diminuindo-se o nível de exposição, de maneira compulsória, diminui o número de indivíduos com perda auditiva, com resultado final no aumento da saúde dos elementos constituintes da própria Sociedade, obtendo-se um aumento do bem estar social.

OS CRITÉRIOS EM VIGOR

Os critérios em uso, tanto em âmbito internacional quanto em âmbito regional, visam a conservação auditiva. Para tal, admite-se que a energia incidente no ouvido deve ser constante. Como o estribo gira no eixo de segurança somente quando os níveis são iguais a 90 dBA, inicialmente admitiu-se que, até tal limite, o eixo normal poderia ser usado, deixando a proteção auditiva somente para níveis onde o movimento se fizesse no eixo de grande amplitudes. Inclusive, baseados em tal conceito de manutenção da energia, em grande número de regulamentações o tempo de exposição deve ser reduzido pela metade para um aumento de 3 dB no nível de pressão.

Há no entanto, outros critérios. Após os estudos de Kryter que estabeleceu as curvas de iso-desconforto, a barulhosidade do som passou a ser classificada em "noys" e, após várias constatações com os diferentes critérios estudados, tais como PNdB, EPNdB, SIL, NC (Beranek), NCR (ISO), NPL, NNI, TNI, NPL, OSPL, curva A, curva D, etc., ficou assentado que a perda da acuidade auditiva está intimamente ligada ao nível dBA. Isto porque no momento que o desconforto é atingido, a perda da acuidade auditiva é o estágio seguinte. Em outras palavras, o desconforto se apresenta antes que apareça o problema de perda da acuidade auditiva devido a nível excessivo de barulho.

No estabelecimento de um critério, além de ser levado em consideração o princípio de equidade de energia, entram outros fatores que permitem uma alteração no tempo de exposição em função do aumento do nível de barulho. Embora o assunto ainda seja bastante polêmico e existam grandes divergências, as idéias gerais são as seguintes: Os efeitos, como interpretados por Kryter, obedecem aproximadamente às considerações seguintes:

a) Intensidade e conteúdo espectral - O desconforto cresce a razão de dobrar o incomodo para um aumento de 10 dB na intensidade, para valores moderados da mesma. Quando o conteúdo espectral se concentra na faixa 2 Kz e 8 KHz, os barulhos são considerados mais incômodos. O efeito equivale a um aumento entre 2 e 4 vezes.

b) Energia concentrada ou espectro complexo - No caso de ter o barulho somente poucas componentes próximas, o efeito é um aumento de 2 a 3 vezes maior no incomodo que seria observado para um aumento de 10 a 15 dB para um barulho de espectro amplo.

c) Duração - A sensação de desconforto cresce com a duração do barulho, sendo a relação logarítima até poucos segundos. Para duração entre poucos segundos e alguns minutos, um aumento na duração por um fator 10 dá como resultado um aumento da ordem de 2 no desconforto, o que é equivalente a um aumento de 10 dB na intensidade.

d) Tempo de elevação do barulho - Os barulhos cujos níveis crescem são considerados mais desconfortantes que aqueles que se apresentam na sua amplitude máxima. Por exemplo, um barulho que demora 10 segundos para atingir o valor máximo apresenta maior desconforto que o mesmo barulho atingindo seu máximo em 3 segundos. Esta diferença de desconforto equivale a um aumento de 3 dB ou aumento de 1,2 vezes no desconforto.

e) Barulho impulsivo - Contrastando com a verificação anterior, os barulhos impulsivos, ou seja, aqueles que atingem seu valor máximo de maneira abrupta, numa fração de segundo, são julgados como causadores de desconforto elevado. Inclusive tais barulhos são considerados altamente barulhentos mesmo quando são familiares e esperados.

Dos fatores mencionados, somente o primeiro é levado em consideração no estabelecimento de critérios para regulamentar o barulho industrial.

As regulamentações e recomendações em vigor estabelecem um período de exposição limite de 8 horas diárias, 40 horas por semana, para uma exposição durante 45 anos, normalmente entre 20 e 65 anos. Tal limite de exposição para 8 horas varia entre as legislações, atingindo os valores de 78 dBA (EPA) até 90 dBA (ISO). Caso o indivíduo seja exposto a vários níveis, o tempo de exposição é diminuído, de maneira a tornar o princípio de equidade de energia constante, pelo menos teoricamente. Com isso obtem-se o conceito de tempo de exposição equivalente, dado pela expressão

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{100} \sum_{i=1}^{i=n} t_i 10^{L_i/10} \right]$$

onde \bar{L}_{eq} o nível equivalente em dBA, L_i o nível em dBA correspondente ao ponto central da classe i t_i o intervalo de tempo, em porcentagem do período total, para o qual o nível do barulho está dentro dos limites da classe i . É importante observar que para as classes de intervalos não superiores a 5 dBA deve ser usada a média aritmética; para intervalos maiores, deverá ser usada a média logarítmica.

Então, o que realmente interessa é a exposição global, desde que se ja obedecido o princípio de constância da energia sonora recebida, motivo pelo qual vale a exposição equivalente. No caso comum a exposição equivalente deve satisfazer a expressão

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{t_i}{T_i} \ll 1$$

onde t_i o tempo de exposição ao barulho de nível i e T_i o tempo de exposição permitido pela tabela anexa à regulamentação em consideração. Verificaremos algumas das regulamentações e critérios em vigor ou em discussão na atualidade.

RECOMENDAÇÃO ISO R-1999 - ASSESSMENT OF OCCUPATIONAL NOISE EXPOSURE FOR HEARING CONSERVATION PURPOSE (1971)

Esta regulamentação estabelece uma relação entre o risco de uma determinada população apresentar perda da acuidade auditiva somente devido a exposição a níveis de barulho. São considerados os conceitos de perda da acuidade auditiva em função dos deslocamentos TTS e PTS para frequências centradas em 500, 1 KHz e 2 KHz. É considerada perda da acuidade auditiva quando a média aritmética das perdas nas

três frequências for igual ou superior a 25 dB. Na recomendação, o conceito de risco é dado pela probabilidade que um determinado indivíduo exposto a um certo nível de barulho apresenta de sofrer perda da acuidade auditiva. A recomendação estabelece o conceito exposição equivalente, definida anteriormente, assim como fornece tabelas para o seu cálculo. A recomendação apresenta, ainda, uma tabela descrevendo a relação entre o índice de exposição e o nível equivalente para barulho contínuo, tabela essa obtida pela expressão

$$L_{eq} = 70 + 10 \log_{10} \sum E_i$$

onde L_{eq} é fornecido em dBA e E_i a exposição parcial segundo a tabela da própria recomendação. A recomendação finaliza com uma tabela que relaciona o risco de perda da acuidade auditiva com a exposição a barulho contínuo entre 80 dBA e 115 dBA. O importante nesta recomendação é que a exposição durante 8 horas diárias é admitida como a 90 dBA, quando o risco de perda da acuidade é situado como de 15% enquanto que, a níveis de 80 dBA o risco é de 0% ou seja, a perda é devida ao envelhecimento, não havendo contribuição calculável do barulho.

REGULAMENTAÇÃO OSHA - OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION

Esta regulamentação foi iniciada através de discussões com o Bureau of Labor Standards, que não mais existe no momento. Historicamente, a regulamentação se iniciou com o Walsh-Healey Public Contracts Act, o McNamara-O'Hoare Service Contracts Act e o Construction Safety Act. Estas regulamentações estão em vigor e são plenamente efetivas mas o Occupational Safety and Health Act é administrado pela Occupational Safety and Health Administration, que substituiu o Bureau of Labor Standards. Esta Administration unificou as regulamentações existentes, de modo a obter uma regulamentação ampla e abrangente e que cobrisse toda a gama de assuntos pertinentes à saúde e segurança ocupacional. Normalmente a OSHA se baseia em dados coletados e codificados pelo NIOSH (National Institute of Safety and Health).

A regulamentação em tela estabelece como 90 dBA o limite para exposição diária de 8 horas, atingindo o mínimo de 15 minutos para níveis de 115 dBA. A OSHA apresenta uma tabela onde os níveis de exposição são especificados em função do nível de barulho e tempo de exposição. Tal regulamentação especifica ainda uma recomendação, bastante tímida, com relação aos barulhos de impacto, também conhecidos como impulsivos. A regulamentação estabelece que o limite máximo de exposição a barulhos impulsivos como de 140 dBA, com o máximo de 100 impulsos por dia. Algumas modificações no código permitem que o número de impulsos por dia seja multiplicado pelo fator 10 caso o barulho do impulso, escala rápida, seja reduzido de 10 dBA. Os interessados devem consultar a regulamentação para verificar os demais detalhes.

O importante a observar é que esta regulamentação OSHA tem servido de base à regulamentações estabelecidas em vários países, principalmente aqueles sob a influência da política estabelecida pelos Estados Unidos.

REGULAMENTAÇÃO IHAC - INDUSTRIAL HEALTH ADVISORY COMMITTEE: CODE OF PRACTICE FOR REDUCING THE EXPOSURE OF EMPLOYED PERSONS TO NOISE-HER MAJESTY OFFICE PUBLICATION - SECRETARY OF STATE FOR EMPLOYMENT, ENGLAND. CODE OF PRACTICE Dd 163272 D 80 7/72.

Das regulamentações e recomendações que conhecemos, esta é a mais detalhada. É fornecido um nomograma para cálculo do barulho equivalente contínuo, é fornecida uma tabela que informa qual o tempo de exposição a determinados níveis, são fornecidos os coeficientes de correção e compensação para níveis variáveis, assim como são definidos, com bastante precisão e clareza, todos os conceitos e termos utilizados na recomendação. Na realidade trata-se de um Código completo, onde os detalhes são considerados de maneira bastante minuciosa. Além disso, são feitas indicações quanto a avisos e cartazes que devem ser afixados em locais onde os níveis de barulho apresentam características especiais, seja pelo nível seja pelo conteúdo espectral.

O Code define a exposição equivalente pela expressão

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{8} \int_0^T \frac{P_A(t)^2 dt}{P_0^2}$$

once é L_{eq} a exposição equivalente a um nível de barulho contínuo durante 8 horas, T o tempo total de trabalho, P_A a pressão instantânea do barulho em dBA, P_0 a pressão de referência de $20\mu P_a$ e t o tempo. O Code estabelece uma exposição de 8 horas diárias para som contínuo com nível de 90 dBA ou exposição equivalente a essa no caso de variações no nível, além de fazer indicações e comentários em relação aos métodos e processos de proteção individual. Além de estabelecer como de 135 dBA o nível máximo para barulho impulsivo, o Code informa que, nenhuma parte do corpo humano pode ser exposta a nível de barulho igual ou superior a 150 dBL. Considerando o fato desta publicação, além de bastante minuciosa e conter vários detalhes de medição e processos, existirem indicações em como proceder nos casos não mencionados ou descritos na publicação, julgamos altamente conveniente que os interessados leiam inteiramente o Code of Practice. Tal contato apresentará inúmeras vantagens àqueles envolvidos em trabalhos desta natureza.

RECOMENDAÇÕES NIOSH- NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH

Uma série de levantamentos feitos pelo Institute, mostra as grandes vantagens que são observadas quando o nível é baixado para 85 dBA durante 8 horas diárias. Existem várias tabelas, levantamentos estatísticos precisos e dados que levam a crer que a atitude correta será estabelecer como este o limite para exposição diuturna. Entretanto, o NIOSH é órgão legislativo e consultivo, não estando em condições de promulgar leis que, nos Estados Unidos, devem ser apresentadas ao Congresso para discussão com todos os envolvidos a fim de que seja obtido um determinado acordo e, mediante o mesmo, ser promulgada uma regulamentação e conseqüente recomendação com força de Lei.

RECOMENDAÇÕES EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

Os vários estudos feitos pela EPA encontram sólido apóio nos dados obtidos pela AAOO, mostram que há possibilidade de aplicar as retas que delimitam a perda da acuidade em vários valores, dependendo do nível máximo de exposição que venha a ser estabelecido. Entretanto, dadas as atividades da EPA, " qualquer perda da acuidade auditiva, em qualquer freqüência e que seja mensurável é inadmissível, caso a finalidade seja a manutenção da saúde e bem estar social dentro de margem de segurança satisfatória ". Com isso, o nível de exposição ideal seria o de 78 dBA. Com tal nível, seria observada uma proteção global à população, com um NIPTS (noise induced permanente threshold shift) de 5 dB. Como há grande dificuldade em obter tal nível baixo de barulho, a EPA passou a defender, com razão, o limite de 85 dBA para exposição diária de 8 horas como aquele que deve ser estabelecido.

OUTRAS RECOMENDAÇÕES

Existem, como é obvio, regulamentações análogas nos demais países mas, para nosso estudo, as mencionadas são as mais importantes e mais interessam a nosso meio. Isto porque, as grandes indústrias estabelecidas no Brasil seguem, dentro de suas instalações, as recomendações de seus países de origem. As regulamentações francesas, alemãs, italianas, japonesas e outras, obedecem aproximadamente aos critérios mencionados. Cumpre notar que, na França, foi estabelecido recentemente o nível de 85 dBA para exposição de 8 horas, acompanhando as recomendações EPA e NIOSH. Inclusive, no Brasil, a partir de junho de 1978 passou a vigorar o limite de 85 dBA, pelo menos legalmente.

COMPARAÇÃO ENTRE AS VÁRIAS RECOMENDAÇÕES

O gráfico anexo ilustra a relação tempo de exposição versus nível de barulho, nas regulamentações OSHA, IHAC, NIOSH e Portaria 3214 válida no Brasil.

Os gráficos mostram que a regulamentação brasileira e a OSHA são praticamente paralelas, a menos de uma diferença de 5 dBA. Comparando-se com a regulamentação inglesa IHAC observa-se que a regulamentação brasileira é bastante rigorosa até o nível de 97 dBA, passando a ser relativamente frouxa para os níveis superiores. O por que de tal frouxidão nos níveis realmente mais prejudiciais não sabemos, mas é o que estabelece a Portaria. Observa-se, por outro lado que o critério IHAC é o mais rigoroso deles, inclusive sendo mais restrito à medida que o nível de barulho aumenta. Um estudo comparativo dos níveis de barulho de impacto ou sons impulsivos mostra que a legislação brasileira é bastante frouxa, uma vez que permite a exposição a impactos de 130 dBA e mesmo 140 dBA, situação totalmente inadmissível nas demais regulamentações. Estudos realizados com grande cuidado pelo Defence Research Establishments de Toronto, indicam claramente os perigos dos barulhos impulsivos, e quais as precauções que devem ser tomadas para evitar problemas de perda da acuidade auditiva.

Entretanto, o principal a se levar em consideração é a fiscalização, problema que impede o cumprimento correto das regulamentações vigentes. Tal problema é comum num grande número de países, sendo mais grave no Brasil pelo problema de considerar um ambiente insalubre e a título de compensação, pagar ao trabalhador um famigerado "adicional de insalubridade". Quando nossas autoridades compreenderão que a função do Governo é, exatamente, promover e manter o bem estar social, a par de uma justiça social mínima? Que pretendem nossas autoridades com uma regulamentação como a atual? Como poderão os operários, os mais interessados e envolvidos no caso, pressionar os empresários a atenuar os níveis de barulho, se tal atenuação significa menos dinheiro no final do mês? Afinal de contas, o tal adicional nada mais é que uma esmola, com todas as obrigações trabalhistas pagas, incluindo o FGTS, mas, em qualquer hipótese, uma pagamento que permite um prejuízo à saúde do operário, que poderia ser traduzido como assassinato a prestações, com tudo pago e legalizado pelas autoridades que deveriam evitar tal situação.

Enquanto perdurar tal legislação, pouco poderá ser feito para alterar a situação. A legislação deveria simplesmente estabelecer: ou obedece o limite ou cerra as portas.

Dessa maneira é que estão agindo alguns órgãos: ou cumpre a legislação vigente ou não pode se estabelecer nem funcionar. Acreditamos que com esta filosofia, a situação se transforme. Não a curto prazo, mas, sim a médio e a longo prazo.

BIBLIOGRAFIA

- Miller, J.D. - Effects of Noise on People - Journal of the Acoustical Society of America 56, 729 (1974)
- Broadbent, D.E - Effects of Noise on Behavior - Handbook of Noise Control - C.M. Harris, Editor - McGraw-Hill (1957)
- Cohen, A. - Effects of Noise on Psychological State - Noise as a Public Health Hazard - ASHA Report nº 4 (1969)
- Sanders, A.F. - The Influence of Noise on Two Discrimination Tasks- Ergonomics 4, 235 (1961)
- Fornwalt, N.E. - Investigation Into the Effect of Intermittent Noise of Constant Periodicity Versus Random Periodicity on the Performance of an Industrial Task- Master Thesis - Texas College of Engineering (1965)
- Hartley, L.R. - Performance During Continuous and Intermittent Noise and Wearing Ear Protection - Journ. Exper. Psychology 102, 512 (1974)
- Geber, W.F. - Inhibition of Fetal Osteogenesis by Maternal Noise Stress - Federation Proceeding 32, 2101 (1973)
- Jorgensen, L. et al - Resolution and Organization of Platelet-Rich Mural Thrombi in Carotid Arteries of Swine - Amer. Journ. Path. 53, 355 (1968)
- Baughn, W.L. - Relation Between Daily Noise Exposure and Hearing Loss Based on Evaluation of 6855 Industrial Noise Exposure Cases - Joint EPA/USAF Study AMRL-TR-73-53 (1973)
- NIOSH - Criteria for a Recommended Standard - Occupational Exposure to Noise - U.S. Department of Health, Education and Welfare, GPO (1972)

- EPA - An Assessment of the Federal Noise Research, Development, and Demonstration Activities - Report EPA-600/2-75-010 (1975)
- Martin, A. - The Equal Energy Concept Applied to Impulse Noise - in D. Henderson, Editor: Effects of Noise on Hearing - Raven Press, New York (1976)
- NBS - Standards on Noise Measurements, Rating Schemes, and Definition: A Compilation - NSB Special Publication 386 (1976)
- Kryter, K.D. - Possible Modification to the Calculation of Perceived Noisiness - NASA Report CR-1636 (1970)
- Baughn, W.L. - How Well do You Think you Hear? - Proc. 13th International Congress on Occupational Health - Book Craftsmen Association, New York (1960)
- EPA - Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with Adequate Margin of Safety U.S. Government Printing Office - Superintendent of Documents Washington (1974)
- Carpenter, A. - Effects of Noise on Performance and Productivity - Control of Noise Symposium n^o 12 - 297 - Her Majesty Stationary Office, London (1962)
- EPA - Criteria for a Recommended Standard-Occupational Exposure to Noise - U.S. Government Printing Office, Washington (1972)
- NIOSH - Criteria for Recommended Standard-Occupational Exposure to Noise - Dept. of Health, Education and Welfare, Cincinnati (1972)
- ISO - R-1999 - Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purposes - ISO/UNO (1971)
- IHAC - Code of Practice for Reducing the Exposure of Employed Persons to Noise - Her Majesty Stationary Office, London (1972)
- Kryter, K.D. - The Effects of Noise on Man - Jour. Speech and Hearing Disorders - Monograph n^o 1 (1950)
- Burns, W. and D.W. Robinson - Hearing and Noise in Industry - Her Majesty Stationary Office, London (1970)

Andreyeva-Galanina - Shum in Shumovaya Bolenz - Leningrad, Metsiina Press (1972) Translated by NASA as Noise and Noise Sickness, TT F-748 NASA (1973)

DRET 771 - Guide to Noise-Hazard Evaluation - Defence Research Establishments, Toronto - Report DRET 771 (1970)

CHABA: Working Group 46 - Committee on Hearing, Bioacoustics and Biomechanics - Hazardous Exposures to Intermittent and Steady State Noise - Monograph nº 26 - Washington (1965)

Glorig, A. - Noise Hazard and Noise Exposure - in D. Henderson: Effects of Noise on Hearing - Raven Press, New York (1976)

Portaria 3214 do Ministério do Trabalho de 06 de junho de 1978

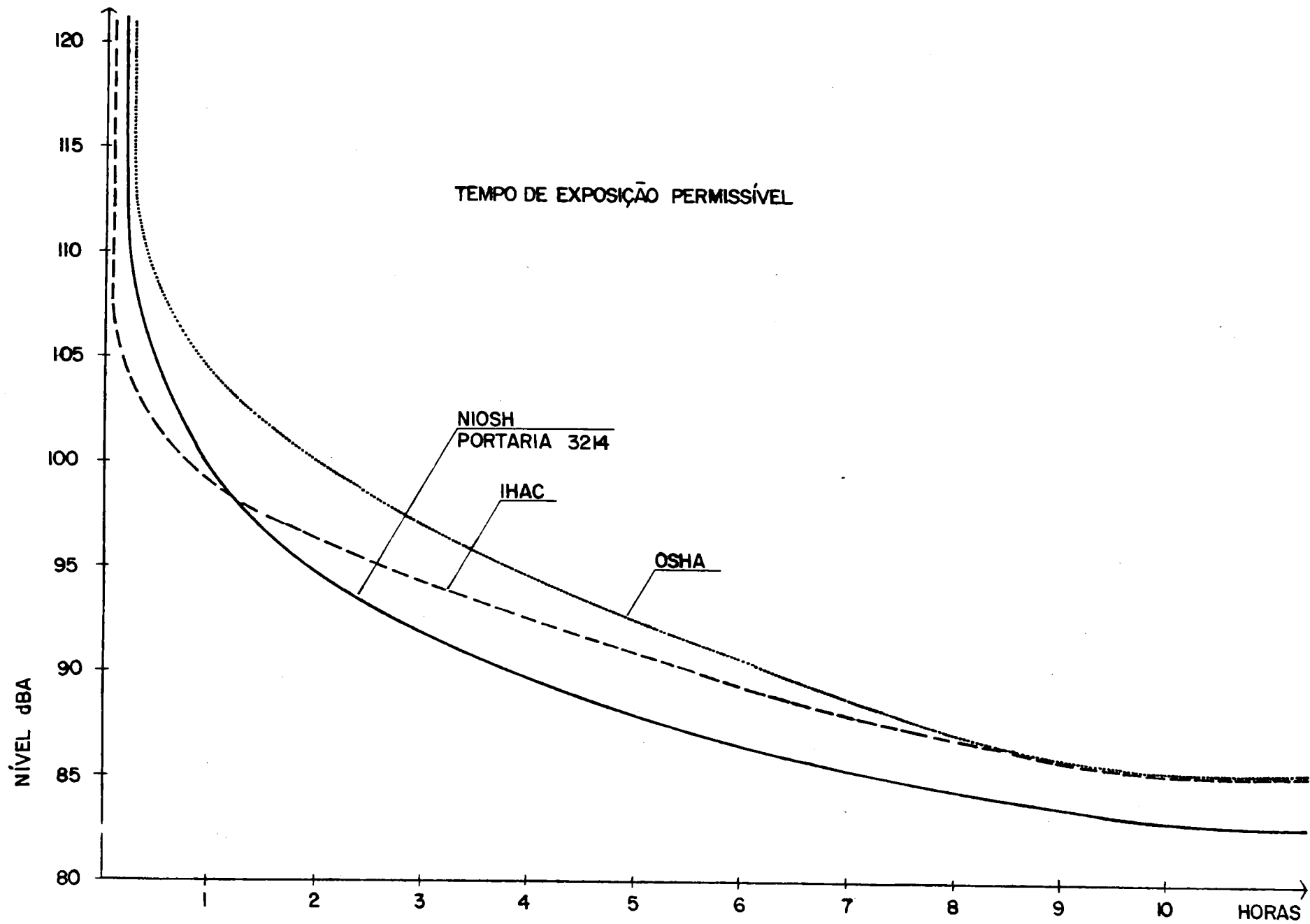
Decreto 79037 de 24 de dezembro de 1976.

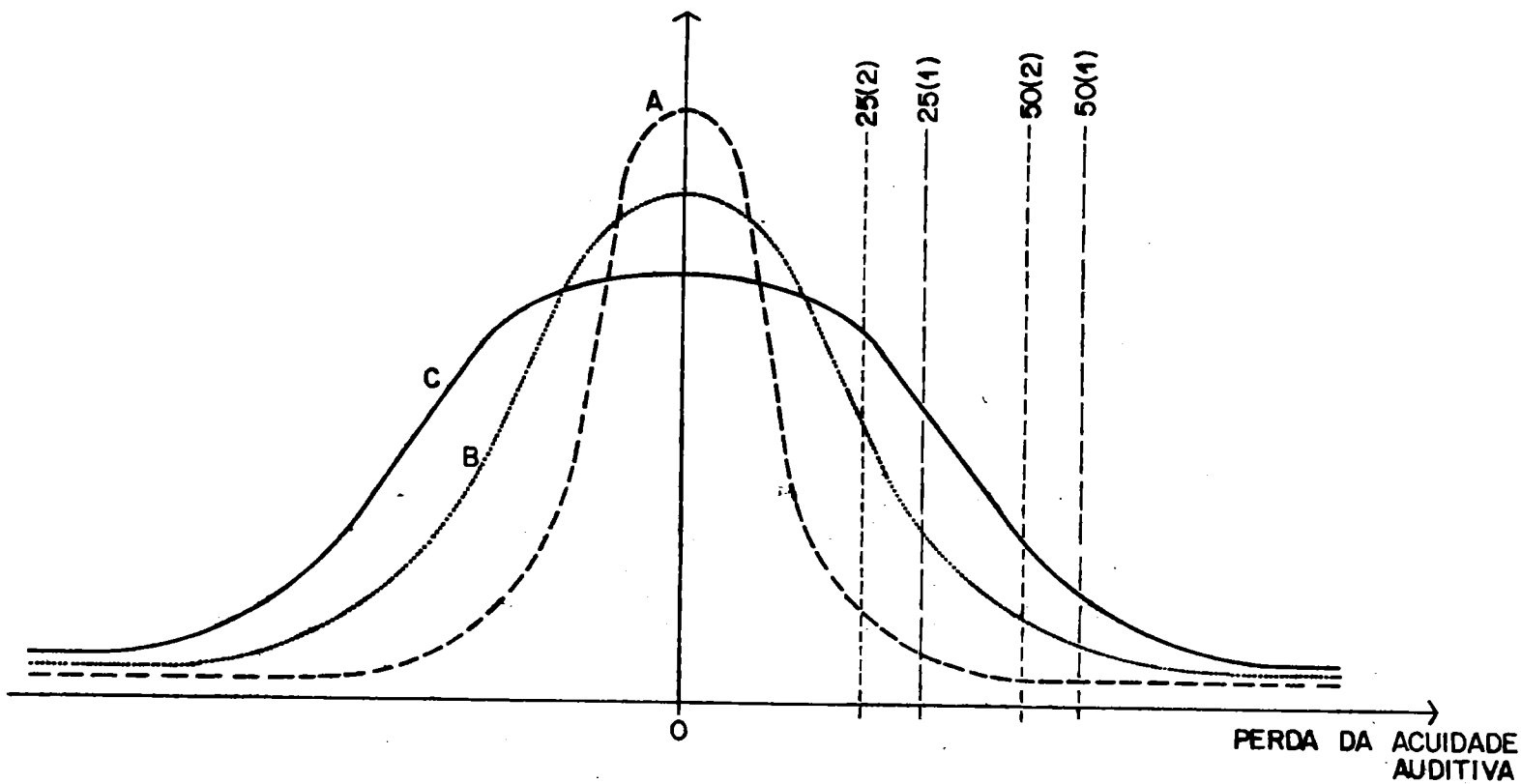
Akkerman, S. - Controle dos Ruídos e Vibrações. Normas Regulamentadoras no Brasil - NR Face a Critérios Internacionais - Trabalho apresentado nas 5as. Jornadas Latino-Americanas da Acústica - GALA - Curitiba - fevereiro (1979)

Johnson, D.C. - Prediction of NIPTS Due to Continuous Exposure - Joint EPA/USAF Study, AMRL-TR-73-91 and EPA-550/9-73-001-8 - July, 1973.

Haft, J.I. and K. Fani - Intravascular Platelet Aggregation in the Heart Induced by Stress - Circulation 47, 353 (1973)

Busnel, M.C. - Experimental Effects of Noise on Pregnant Mice and on their Offsprings - 9th International Congress on Acoustics Madrid 4/9 July, 1977.





$$Y = \frac{h}{\sqrt{\pi}} \cdot e^{-h^2 \cdot x^2}$$