



Ergonomia de Processo

Volume 1

5ª edição

Histórico
Ambiente
Segurança

*Lia Buarque de Macedo Guimarães
organizadora*

Série monográfica

Ergonomia

Série Monográfica Ergonomia

Ergonomia de Processo

volume 1

5ª edição

Histórico, Ambiente

Editado por

Lia Buarque de Macedo Guimarães, PhD, CPE

Publicado por

FEENG - Fundação Empresa Escola de Engenharia UFRGS
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção

Porto Alegre, RS



2004

E67 Ergonomia de Processo / editado por Lia Buarque de Macedo Guimarães,
- 5. ed. - Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2004.
(Série Monográfica Ergonomia)

Conteúdo: v.1. Histórico. Ambiente.

ISBN 85-88085-23-2

1.Ergonomia. I.Guimarães, Lia Buarque de Macedo, ed. II. Série

CDU-65.015.11

2004 by Lia Buarque de Macedo Guimarães
Direitos em língua portuguesa para o Brasil adquiridos por

FEENG - Fundação Empresa Escola de Engenharia da UFRGS
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção

Praça Argentina, 9 - 2º andar
90040-020 Porto Alegre - RS - Brasil
Tel.: (0xx51) 3316 3490/316 3948/3316 3491
fax: (0xx51) 3316 4007
e-mail: ppgep@vortex.ufrgs.br

Projeto Gráfico

Lia Buarque de Macedo Guimarães

Editoração Eletrônica

Denise Martins Chagas

Revisão

Simone Antunes da Silva

Ilustração da capa

Cândido Portinari, *Café*, 1935
óleo s/tela 131X 197 cm
IPHAN, Museu Nacional de Belas Artes



Ergonomia de Processo, volume 1

- 1 **Introdução à Ergonomia**
Lia Buarque de Macedo Guimarães
- 2 **História da Ergonomia**
Anamaria de Moraes & Lia Buarque de Macedo Guimarães
- 3 **Ambiente de Trabalho**
Lia Buarque de Macedo Guimarães, Miguel Aloysio Sattler & Fernando Gonçalves Amaral
- 3.1 **Fatores Humanos Relacionados ao Ambiente Físico**
Lia Buarque de Macedo Guimarães & Flávio A.Fialho Belmonte
- 3.2 **Ambiente: Música no Local de Trabalho**
Daniela Fischer & Lia Buarque de Macedo Guimarães
- 3.3 **Ambiente: Influência nos Postos de Trabalho**
Rudolf M. Nielsen
- 3.4 **Impressoras Matriciais: Controle do Ruído na Fonte**
Roney Arnaldo Bittencourt

1 Introdução à Ergonomia

Lia Buarque de Macedo Guimarães

Segundo a *International Ergonomics Association* (IEA, 2003), “a *Ergonomia* (ou fatores humanos) é a disciplina científica dedicada ao conhecimento das interações entre o ser humano e outros elementos de um sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos para o projeto, de modo a otimizar o bem-estar do ser humano e o desempenho do sistema como um todo. O ergonomista contribui para a projeção e a avaliação de tarefas, trabalhos, produtos, meio ambientes e sistemas para torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas”.

“Ergonomia é o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo conforto, segurança e eficácia” (Wisner, 1987, p. 12).

“A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina científica relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos a projetos a fim de otimizar o bem estar humano e o desempenho global do sistema” (ABERGO, 2004).

Existem várias definições de Ergonomia e muitas discussões se ela é uma ciência ou uma praxis. Pode-se considerar que a Ergonomia é uma ciência humana aplicada, que objetiva transformar a tecnologia para adaptá-la ao ser humano. Disciplinas como as ciências biológicas, a psicologia e as ciências da engenharia convergiram para que a Ergonomia pudesse conceber produtos e sistemas dentro da capacidade física e intelectual dos seres humanos, de forma que o sistema humano-máquina fosse mais seguro, mais confiável e mais eficaz.

**CONTEX-
TUA-
LIZAÇÃO
HISTÓRICA**

O termo **ergonomia** (do grego **ergon**, trabalho, e **nomos**, leis naturais) foi oficialmente adotado na Inglaterra, em 1949, quando da fundação da “*Ergonomic Research Society*”. Na América do Norte, muitas vezes utiliza-se o termo fatores humanos (“*human factors*”) ou engenharia humana (“*human engineering*”) ao invés de ergonomia.

A Ergonomia teve impulso em função dos desenvolvimentos tecnológicos do século XX, principalmente após a 2ª Guerra Mundial. Hendrick (1993) propõe que a prática da Ergonomia pode ser diferenciada em 4 fases, de acordo com a tecnologia enfocada.

**1ª fase da
Ergonomia
ou
Ergonomia
de hardware**

Desenvolvida durante a 2ª Guerra Mundial, representa o início da Ergonomia ou “*human factors*” como ciência prática formal. De início, concentrou o interesse no estudo das características (capacidades, limites) físicas e perceptuais do ser humano, e a aplicação dos dados no *design* de controles, *displays* e arranjos de interesse militar. No início de sua aplicação na área civil, a Ergonomia estava mais voltada para as questões físicas do ambiente de trabalho e a questões fisiológicas e biomecânicas implicadas na interação dos sistemas humano-máquina. Denominada de Ergonomia física, sua aplicação propicia bons resultados quanto à segurança, eficiência e conforto. Ainda é o maior campo de atuação de muitos ergonomistas.

**2ª fase da
Ergonomia
ou
Ergonomia
do meio
ambiente**

Vem se fortalecendo, nas últimas décadas, em função do interesse de se compreender melhor a relação do ser humano com seu meio ambiente, quer natural ou construído. As questões ecológicas, bastante em voga e tão importantes para a restauração do equilíbrio do planeta, deverão ampliar a atuação de ergonomistas nesta linha de abordagem.

**3ª fase da
Ergonomia
ou
Ergonomia
de software**

Também conhecida como Ergonomia cognitiva, lida principalmente com as questões de processamento de informação. Tem um campo de trabalho fortalecido em função da informatização de processos e produtos que exige, cada vez mais, uma Ergonomia da interface com o usuário. À parte a parcela física de trabalho, o componente cognitivo inserido no processo de transformação da matéria e da informação passou a ter maior enfoque a partir do desenvolvimento de novas tecnologias. O processo de captação, processamento da informação e tomada de decisão torna-se cada vez mais importante no projeto de adequação e concepção de sistemas tanto de trabalho quanto da vida diária.

**Ergonomia
de hardware
X
Ergonomia
de software**

Apesar de atualmente existir uma tendência a separar a Ergonomia tradicional ou de *hardware*, da Ergonomia cognitiva ou de *software*, deve ficar claro que a natureza da Ergonomia é a mesma, isto é, adaptar

a tecnologia ao homem, havendo diferença apenas no tipo de tecnologia tratada em cada uma das duas ênfases: a tecnologia das máquinas industriais, da Ergonomia clássica, e a tecnologia informatizada, da Ergonomia cognitiva. Historicamente, é o tipo de ferramental disponível para o trabalho e o lazer que definem as duas abordagens. Embora existissem trabalhos de carga cognitiva predominante (telefonista, contador, por exemplo), é com a informatização que se passa de um plano mais físico, como tratado pela Ergonomia "clássica", para um plano mais intelectual/simbólico, tratado pela Ergonomia "cognitiva" que incorpora os conhecimentos da psicologia cognitiva, da linguística computacional e da inteligência artificial.

De início, durante a era da automação, as questões com que a Ergonomia mais se deparava diziam respeito à relação mais física entre o homem e seu trabalho. As questões mais frequentes envolviam conhecimentos de antropometria, biomecânica e fisiologia. No entanto, o desenvolvimento da microinformática transformou radicalmente a relação humano-máquina: mudaram o trabalho e a máquina. Se na era industrial a produção se dava sobre objetos mecânicos, físicos (manipulação de controles de uma máquina, por exemplo), na era da informatização é a informação que é manipulada. Em outras palavras, o trabalhador não mais manuseia um determinado produto mas, sim, controla a máquina que está operando sobre este produto. A diferença entre as máquinas da era da automação e as máquinas da era da informatização é bastante importante: aquelas atuam como extensões para ampliação da ação física do ser humano ao passo que estas atuam como extensões do cérebro. Na interface das máquinas industriais, os elementos perceptual e psicomotor estão onipresentes e os controles são analógicos: a manipulação ou operação dos controles, pedais ou alavancas de uma máquina, percepção de sinais tais como ruído, aquecimento do motor. Enquanto as máquinas industriais, mecânicas, têm comandos basicamente unifuncionais, exigindo ação sobre uma única tarefa, as máquinas computadorizadas têm caráter multifuncional que podem teoricamente ter um número infinito de aplicações.

A computadorização impôs uma interação digitalizada onde a operação é simbólica com ênfase na entrada e resgate de dados. Por exemplo, um telefone da era industrial servia como telefone e só telefone. Hoje, devido o advento do microprocessador, um telefone pode ser ao mesmo tempo máquina de fax, secretária eletrônica, máquina copiadora etc. A Ergonomia atual deve tratar e analisar questões bem mais variadas e complexas que são parte de um único elemento ou ambiente.

Apesar da relação física que ainda existe entre o homem e o computador (acionando teclado, mouse, disquetes, botões) a relação é sobretudo cognitiva já que o que mais está em atuação são os fatores relacionados aos processos cognitivos tais como atenção, memória, processamento de informação e tomada de decisão. Para otimizar este novo sistema homem-máquina, desenvolve-se a ergonomia cognitiva.

4ª fase da Ergonomia ou macroergo- nomia

Diz respeito à ergonomia enfocada dentro de um contexto mais amplo, deixando de se restringir a questões do posto de trabalho mas atuando, também, em nível organizacional. O ponto de vista das primeiras três fases é o operador, ou grupos de operadores, dentro de subsistemas de um conjunto maior que é a organização em que se inserem. A visão macro da Ergonomia atual focaliza o homem, a organização, o ambiente e a máquina como um todo de um sistema mais amplo.

Parte das questões que envolve qualquer sistema contempla as perspectivas física e cognitiva. A análise e intervenção alcançada por estas duas perspectivas tem por abrangência a questão individual limitada por condições específicas, identificadas como problema. Neste processo de intervenção, denominado de microergonômico, as questões identificadas neste patamar de pesquisa vêm-se limitadas exclusivamente à realização de uma tarefa ou de um grupo de tarefas que se vêm relacionadas com questões físicas e/ou cognitivas, não contemplando o contexto organizacional e psicossocial do sistema. Em resposta a estas questões, a macroergonomia surge como um campo que enfatiza a interação entre os contextos organizacional e psicossocial de um sistema (Brown, 1995). Sua aplicação promove interações no contexto social e organizacional com vista à melhor adequação de processos e concepção de novos sistemas. Para o processo de transformação de materiais (setor industrial) ou processamento de informações (setor de serviços) sua aplicação é conduzida dos níveis mais abrangentes (macro), até níveis mais restritos e pontuais do problema (micro). O nível de intervenção será determinado pelas condições da empresa quanto a fatores como organização (relacionado à diferenciação ou integração organizacional), formalização dos níveis de padronização e grau de centralização das informações e tomadas de decisões (Hendrick, 1990). A especificação destas condições determinará qual o nível de intervenção e qual a possibilidade de reestruturação a ser alcançada para maior participação dos empregados no processo de trabalho.

De uma variedade de métodos desenvolvidos ou adaptados para implantação da macroergonomia, um dos mais importantes é o proces-

so participativo. A participação dos indivíduos envolvidos no processo de trabalho (tanto de concepção, quanto de operação) propicia que a intervenção ergonômica tenha melhor resultado, pois reduz a margem de erros de concepção e garante que o novo sistema implantado tenha melhor aceitação por parte dos trabalhadores. Quando os usuários fazem parte do processo de concepção e desenvolvimento de soluções, são mais receptivos a novas propostas e entusiastas dos resultados alcançados.

A abordagem macroergonômica tem sido adotada por poucos profissionais, com algumas experiências no Japão e EUA (Nagamashi e Imada, 1992). No Brasil, o Núcleo de Design e Ergonomia - NDE - do LOPP/PPGEP/UFRGS tem adotado o método nos estudos ergonômicos que desenvolve, tendo alcançado bons resultados.

Inserção da Ergonomia no sistema produtivo

Cabe discutir a inserção da Ergonomia no meio produtivo. A Ergonomia é oficialmente uma ciência moderna, que cresceu em virtude da necessidade de se aprimorar o equipamento militar durante a 2ª guerra mundial (veja histórico no *Capítulo 2* deste volume). Mas, o que propiciou melhorar a eficiência das máquinas de guerra é, hoje em dia, a melhor ferramenta para melhorar a qualidade do trabalho e da vida diária. Como ciência multidisciplinar, a Ergonomia toma como base várias outras ciências, tais como medicina, matemática, física, engenharia, fisiologia, biomecânica, psicologia.

Más, se é um fato que a Ergonomia pode atuar nos diversos setores da sociedade, transformando-a para melhor, então, por que a Ergonomia é tão pouco conhecida e aplicada? Por que o governo não estabelece um selo ergonomia, determinando que as questões ergonômicas sejam consideradas no *design* de produtos e sistemas de produção? Por que as empresas não mantêm um time de ergonomia em suas equipes? E por que consideram que isto é um custo a mais, sem retorno na produtividade e qualidade de seus produtos? Hendrick (1997) tem quatro explicações para tal:

Primeiro, algumas empresas podem ter sido expostas a uma ergonomia ruim, denominada "ergonomia vudu" por Chong (1996). Isto ocorre quando as empresas esperam que a intervenção trará vantagens ergonômicas mas, por ser mal conduzida, tal não ocorre. Esta situação é grave pois maus profissionais, sem qualificação, fazem-se passar por ergonomistas, "vendendo" a idéia de que têm o remédio para todos os problemas. A questão da qualificação é crucial para o desenvolvimento da boa prática da ergonomia.

Segundo, existe a idéia que ergonomia é bom senso, o que não é verdade haja visto a lista de erros devido a mau *design* (cf in Casey, 1993). A isto, pode-se acrescentar a idéia, que também não procede, de que ergonomia é fácil, e que qualquer pessoa exerce se tiver um guia prático de como atuar. É um erro comum a expectativa de que há uma fórmula mágica. Cada caso é um caso e é com a experiência e estudo que se aperfeiçoa o bom profissional na área.

Terceiro, espera-se que a gerência vá suportar qualquer intervenção ergonômica pelo simples fato que resulta em melhoria da qualidade de vida. Mas tal não é suficiente, pois não é justificativa bastante em um sistema que se baseia em lucro, e a gerência precisa justificar qualquer emprego de capital. Esta questão leva imediatamente à quarta razão pela qual a Ergonomia não tem avançado como deveria. Os ergonomistas não são bons em divulgar seu trabalho, muito menos têm se preocupado em estabelecer a relação custo-benefício de uma intervenção bem sucedida. Alguma divulgação está disponível em Harris, (1987), Hendrick (1997) e Hendrick e Kleiner (2000) que abordam algumas aplicações da boa prática ergonômica no *design* de produtos, postos de trabalho e sistemas.

A questão dos custos

Desconsiderando as questões humanitárias envolvidas, o sucesso da ergonomia de postos de trabalho resume-se na redução de custos. Uma história simplificada das preocupações dos gerentes nos últimos 30 anos pode ser escrita da seguinte forma:

- Produzir o máximo que puder, o mais rápido possível, com o menor custo, conforme a produção em massa;
- Produzir tudo o que todo mundo quiser, com o menor custo, conforme a produção enxuta;
- Produzir tudo o que todo mundo quiser, com o menor custo, e com segurança, conforme a produção atual de alguns países, principalmente europeus, a partir dos anos 80.

Mas, como reduzir os custos de tantas variáveis que estão envolvidas em um sistema de produção? Quais são aquelas que têm mais peso no custo global? Como produzir o melhor para o usuário incorporando qualidade ergonômica (conforto e segurança) ao projeto?

Nos sistemas tradicionais de manufatura, saúde e segurança são separados da produção e do *design* de produtos. Saúde e segurança são responsabilidade do departamento médico e de pessoal; manufatu-

ra é responsabilidade da gerência de produção e o *design*, de responsabilidade do departamento de projeto. A interdisciplinaridade não tem sido o forte nestes sistemas de produção. No entanto, o desenvolvimento da sociedade industrial vem exigindo cada vez mais atenção para questões ergonômicas. A concorrência acirrada exige melhores produtos, mais seguros, práticos e diferenciados. O processo produtivo precisa ser mais eficiente gerando mais produtos de qualidade, com menor perda de produção. E perda de produção não é apenas retrabalho, refugo, máquinas paradas mas, principalmente, pessoas afastadas por doenças ocupacionais, acidentes e estresse. Para atender à demanda crescente por novos produtos, os novos sistemas de produção têm imposto um ritmo muito acelerado de trabalho repetitivo sobre os trabalhadores.

Quanto mais aumenta a demanda, mais rápido é o ritmo imposto pois, ao invés de aumentar número de postos de trabalho para atender esta demanda, incrementa-se o ciclo de produção que deve ser cada vez menor à custa de maior rapidez na produção de cada posto. Esta é a causa mais importante da elevação do número de casos de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORTs) que hoje é responsável por 62% dos afastamentos de trabalho, ou um prejuízo de aproximadamente 30 bilhões de dólares anuais, nos EUA (Gross, 1996). É considerado o custo de manufatura mais caro e mais difícil de contornar, em todo o mundo. US\$ 30 bilhões (equivalente a US\$ 300/ pessoa/ano) foi o custo estimado dos problemas de coluna, nos EUA, em 1994. Acrescentando-se os traumatismos de punho, cotovelo e joelho, o quadro se agrava ainda mais. No Brasil, em 1999, houveram 378.365 acidentes do trabalho e 22.032 doenças ocupacionais (dados oficiais por benefício concedido). Note-se que, para uma população economicamente ativa de 60 milhões de pessoas, 22 milhões de trabalhadores estão cobertos pela Seguridade Social (ANUÁRIO, 2000).

Este tipo de prejuízo reduz a capacidade competitiva da empresa e do país. Para o ser humano, é uma fonte injustificável de desgaste e sofrimento. No entanto, geralmente, as empresas não consideram este prejuízo no custo de seus produtos. E isto é um erro, pois só os problemas de coluna podem custar US\$ 10000,00 em tempo desperdiçado (pelas paradas desnecessárias devido a doença, pelo afastamento do trabalhador etc.) e tratamento médico. Somando-se os custos indiretos, tais como treinamento de outro trabalhador substituto, reintegração do trabalhador doente, administração da doença ocupacional, custos legais, redução da produtividade (produtos com defeitos, retrabalho, perda de tempo, acidentes...) estes US\$ 10000,00 podem dobrar. Considerando que o índice de reincidência de problemas

de coluna é da ordem de 70% e que a história do problema tem pelo menos 25 anos, o custo para a empresa é de US\$ 400000,00. Qual é o impacto deste custo de processo no custo do produto?

Projetando produtos, estações de trabalho e sistemas que atendem às necessidades dos usuários, a empresa ganha com a redução de custos médicos e legais, assim como ganha em produtividade. Pode-se aliar a isto, o ganho pelo “selo ergonômico”: não há dúvida que, assim como vem fortalecendo as empresas que procuram o selo verde, o mercado consumidor está cada vez mais atento às empresas que investem na questão social, traduzida, aqui, por qualidade de vida no trabalho.

Tendo em vista a importância do campo de estudo das várias ergonomias, os enfoques tradicional (ou de *hardware*), do meio ambiente, cognitivo (ou de *software*) e macro serão melhor detalhados em volumes diversos. Este livro, “**Ergonomia de Processo, volume 1**”, traz um breve histórico da Ergonomia e enfoca questões tais como saúde e segurança e fatores do ambiente físico. O livro “**Ergonomia de Produto, volume 1**” engloba fisiologia, biomecânica e antropometria. Estes dois livros importam especialmente para a 1ª e 2ª fases da Ergonomia. Conforme já mencionado, a 1ª fase da Ergonomia, Ergonomia tradicional ou Ergonomia de *hardware*, se concentra na adaptação do trabalho ao homem enfocando:

- o **ser humano**: características físicas, fisiológicas, psicológicas e sociais;
- a **máquina**: equipamentos, ferramentas, mobiliário e instalações.

E a 2ª fase concentra no:

- **ambiente**: efeitos da temperatura, ruído, vibração, iluminação, aerodispersóides.

As questões que importam à 3ª fase da Ergonomia ou Ergonomia de *software* são discutidas no livro “**Ergonomia Cognitiva**”.

As questões de organização do trabalho, que importam à macroergonomia são enfocadas no livro “**Ergonomia de Processo, volume 2**”.

O livro “**Ergonomia de Produto, volume 2**” é específico para projeto de produtos, englobando um pouco da história do *design*, as funções de um produto, e ferramentas para definição da qualidade demandada de um produto. O livro “**Tópicos Especiais em Ergonomia**” aborda questões como qualidade de vida e psicologia empresarial.

O último livro da série intitulado “**Macroergonomia: colocando conceitos em prática**” apresenta o método de Análise Macroergonômica do Trabalho (AMT) que é utilizado nas intervenções ergonômicas realizadas pela equipe do NDE/LOPP/PPGEP/UFRGS, e casos onde foi aplicado o método para a otimização de produtos e processos.

Somados, estes livros permitem compreender, melhor, o ser humano e o ambiente que o cerca. Assim, é possível conferir mais qualidade a produtos, processos e serviços e organizar o trabalho de forma favorável ao ser humano e ao sistema produtivo. O objetivo da ergonomia é **adaptar o trabalho ao ser humano** ao invés de adaptar o homem ao trabalho, como geralmente ocorre.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA – ABERGO. (2004) *O que é Ergonomia?* Disponível em <<http://www.abergo.org.br/oquecreeergonomia.htm>> . Acessado em 24/08/2004.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL (outubro, 2000).

BROWN, O. Jr. (1995) The Development and Domain of Participatory Ergonomics. *In: INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION WORLD CONFERENCE 1995 AND BRAZILIAN ERGONOMICS CONGRESS, 7*, Rio de Janeiro. *Proceedings ...* Rio de Janeiro: ABERGO, p. 28 - 31.

CASEY, S. M. (1993) *Set phasers on stun and other true tales of design, technology, and human error*. Santa Barbara: Aegan. 221 p.

CHONG, I. (1996) The economics of ergonomics. *Workplace Ergonomics*. p. 26 - 29

GROSS, C. M. (1996) *The right fit: the power of ergonomics as a competitive strategy*. Portland, Oregon: Productivity Press. 242 p.

HARRIS, D.H. (1987) *Human Factors Success Stories*. Santa Monica, CA: Human Factors Society (video).

HENDRICK, H. W. (1990) Macroergonomics: a System Approach to Integrating Human Factors with Organizational Design and Management. *In: ANNUAL CONFERENCE OF THE HUMAN FACTORS ASSOCIATION OF CANADA, 23*, 1990, Ottawa, Canadá. *Proceedings...* Ottawa: HFAC.

HENDRICK H.W. (1993) Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of work life. In: 2° CONGRESSO LATINOAMERICANO E 6° SEMINARIO BRASILEIRO DE ERGONOMIA. *Anais...* Florianopolis: ABERGO.

HENDRICK, H. W. (1997) Good Ergonomics is good Economics. *Ergonomics in Design*, v. 5, n. 2, abril, p. 1 - 15.

HENDRICK, H.W e KLEINER, B.M. (2000) *Macroergonomics: an introduction to work system design*. Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society. 132 p.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION - IEA (2000). *The discipline of ergonomics*. Acessado em 14/10/2003. Disponível em <http://www.iea.cc/ergonomics/>.

IIDA, I. (1990) *Ergonomia, Projeto e Produção*. São Paulo: Edgard Blucher, 465 p.

NAGAMACHI, M. e IMADA, A.S. (1992) A macroergonomic approach for improving safety and work design. In: PROCEEDINGS OF THE HUMAN FACTORS SOCIETY 36 TH ANNUAL MEETING. SANTA MONICA, CA: Human Factors Society, p. 859 - 861.

WISNER, A. (1987) *Por dentro do trabalho: Ergonomia: Método & Técnica*. São Paulo: FTD, Oboré, 189 p.

WISNER, A. (1994) *A inteligência no trabalho; textos selecionados em ergonomia*. São Paulo: Fundacentro, 190 p.

2 História da Ergonomia

*Textos de Anamaria de Moraes adaptados por
Lia Buarque de Macedo Guimarães*

A cada dia mais se fala da Ergonomia ou das Ergonomias. Alguns falam de Ergonomia clássica e contemporânea. Outros dizem que a Ergonomia trata da organização do trabalho e da fábrica. Em oposição, muitos ainda julgam que Ergonomia é levantamento antropométrico das medidas do homem brasileiro para dimensionar mesas e cadeiras. Mesmo sem conhecer e/ou usar a Ergonomia, há os que afirmam que a questão é a interação humano-computador/usabilidade/projeto de interfaces ou a biomecânica/doenças musculoesqueléticas ou a cognição ambiental/esquemas cognitivos/cartas mentais e que a Ergonomia se reduz ao projeto e experimentos sobre estações de trabalho/painéis de informação/controles.

Independentemente do enfoque que se queira dar, desde suas origens, a Ergonomia se define como tecnologia das comunicações humano-máquina. O principal interlocutor da Ergonomia sempre foi e sempre será o usuário, operador, operário, trabalhador, consumidor. A base do diagnóstico e da intervenção do ergonomista é o estudo das interações e comunicações que ocorrem no local de trabalho, sempre com o foco no trabalhador, trabalhando no seu dia-a-dia, num dado ambiente físico, espacial e organizacional, com suas ferramentas, equipamentos e máquinas, procedimentos prescritos, com todos os problemas e/ou gratificações do cotidiano.

Algumas considerações sobre as origens da Ergonomia permitem situar melhor o papel do ergonomista no contexto da produção e do produto, nos projetos de estações de trabalho, ferramentas e equipamentos, nos programas de produtividade, qualidade, segurança do trabalho e qualificação da mão-de-obra.

ORIGENS E DESENVOLVI- MENTO DA ERGONOMIA

Enquanto a produção se dava de modo artesanal, era possível obter formas úteis, funcionais e ergonômicas sem excessivos requisitos

projetuais. No entanto, a produção em série, em larga escala, ou mesmo em pequena escala, impossibilita técnica e economicamente a compatibilização e a adequação de produtos a partir do uso e de adaptações sucessivas. A evolução tecnológica, com suas máquinas maravilhosas, exigiu e enfatizou a necessidade de conhecer o homem. Depois de contínuos avanços em engenharia, onde o homem se adaptou, mal ou bem, às condições impostas pelos maquinismos, ficou evidente que os fatores humanos são primordiais. Mais ainda, em sistemas complexos, onde parte das funções classicamente executadas pelos homens pode ser alocada às máquinas, uma incorreta adequação às capacidades humanas pode invalidar a confiabilidade de todo o sistema. Assim, fez-se necessário conhecer *a priori* os fatores determinantes da melhor adaptação de produtos, máquinas, equipamentos, trabalho e ambiente, aos usuários, operadores, operários, indivíduos.

As informações sobre os “componentes humanos” dos sistemas homens-máquinas começaram a ser sistematicamente coletadas antes do aparecimento oficial da Ergonomia. São os pesquisadores - físicos e fisiologistas - que se interessam pelo estudo do homem em atividade, para compreender o funcionamento do organismo humano, que geram as primeiras informações sistemáticas sobre a máquina humana. Pode-se citar Leonardo da Vinci, Lavoisier, Coulomb, Chauveaus, Marey e Jules Amar, com seu estudo, de 1914, sobre “o motor humano”.

Os médicos higienistas preocupam-se com a saúde do trabalhador. Ramazzini descreve as primeiras doenças profissionais: problemas oculares de pessoas que fabricam objetos pequenos, custos humanos posturais dos alfaiates, danos à coluna vertebral relacionados à movimentação de cargas pesadas, surdez dos caldeiros de Veneza. Tissot propõe a criação de serviços para atender artesãos doentes. Patissier realiza as primeiras estatísticas sobre mortalidade e morbidade da população operária. Villerme produz relatórios que propiciam as primeiras medidas legais de proteção à criança no trabalho.

Os psicólogos criam na Alemanha, nos Estados Unidos e depois na Inglaterra, a partir do início do século, os primeiros institutos e centros de pesquisa orientados para o estudo do trabalho. Pode-se citar, na França, o trabalho de J. M. Lahy, cuja repercussão foi profunda e influencia correntes até hoje atuais.

Os engenheiros e organizadores do trabalho estudam as atividades profissionais na perspectiva de aumentar o rendimento do homem no trabalho. Pode-se citar Vauban, Belidor, Vaucanson e Jacquard.

Dentre os organizadores do trabalho, pode-se definir como precursor do Ergonomia, Frederick Winslow Taylor, pai da administração científica do trabalho, campeão obstinado da “racionalização do trabalho”, das análises e das medidas sistemáticas. Em 1911, Taylor publica sua obra “Princípios de Administração Científica”, que influenciou toda a organização do trabalho nas empresas dos Estados Unidos, da Europa e dos países socialistas.

Como exemplo das investigações de Taylor, pode-se citar a da movimentação de minérios de ferro e do carvão com auxílio de pás. Taylor concluiu que a carga de trabalho aumentava quando o material era o minério de ferro. Seu problema era então determinar qual a carga por pá que permitiria a um bom operário mover a quantidade máxima de material por dia. De início, usaram-se pás grandes que acomodavam cargas maiores por pá, depois, passou-se a fornecer uma pá pequena para o operário que movimentava o minério de ferro e uma pá grande era usada pelo operário que deveria deslocar material mais leve, como cinzas, de tal forma que, em ambos os casos, o peso de material por pá era de cerca de nove quilos. Diminuiu-se, assim, a fadiga do trabalhador e aumentou-se o rendimento no trabalho.

Frank B. Gilbreth, ainda no início deste século, com seus estudos de movimentos e de gerência de oficinas, deu continuidade às análises e medidas sistemáticas para a racionalização do trabalho. No mesmo ano de 1911, Gilbreth publica “*Motion Study: a method for increasing the efficiency of workman*”, com o famoso estudo sobre assentamento de tijolos pelos pedreiros de alvenaria. Frank e Lillian Gilbreth, com suas investigações sobre desempenho e fadiga e seus projetos de estações de trabalho e equipamentos para deficientes, podem também ser considerados como precursores da Ergonomia. Suas análises sobre o trabalho de equipes cirúrgicas em hospitais, resultaram em procedimentos até hoje em uso: o cirurgião obtém um instrumento, solicitando-o à instrumentadora; esta coloca-o sobre a mão do cirurgião na posição correta de uso. Antes do trabalho de Gilbreth, os cirurgiões apanhavam seus instrumentos numa bandeja e gastavam mais tempo procurando instrumentos do que olhando para os pacientes.

No entanto, a Ergonomia, enquanto disciplina, tem suas origens na II Guerra Mundial, quando falham as formas tradicionais de resolução do conflito entre homens e máquinas: a seleção e o treinamento. Mais ainda, é nessa época que se exacerbam as incompatibilidades entre o progresso humano e progresso técnico, já que equipamentos militares exigem dos operadores decisões rápidas e execução de atividades novas em condições críticas - aviões mais velozes, radares, submarinos

e sonares, que implicam quantidade, complexidade e riscos de decisões. Como diz Chapanis (1972):

Uma importante lição de engenharia, proveniente da II Guerra Mundial, é que as máquinas não lutam sozinhas. A guerra solicitou e produziu maquinismos novos e complexos, porém, geralmente, essas inovações não faziam o que se espera delas. Tal ocorria porque excediam ou não se adaptavam às características e capacidades humanas. Por exemplo, o radar foi chamado “olho da armada”, mas o radar não vê. Por mais rápido e preciso que seja, será quase inútil, se o operador não puder interpretar as informações apresentadas na tela e decidir a tempo. Similarmente, um avião de caça, por mais veloz e eficaz que seja, será um fracasso, se o piloto não puder voá-lo com rapidez, segurança e eficiência.

Cabe ao homem avaliar a informação, decidir e agir. Por se desconsiderarem os fatores humanos, resultam falhas dos sistemas, o projeto de engenharia é eficaz, mas o desempenho não é eficiente. Buscam-se explicações e a culpa é do homem - o erro humano, a falha humana, o ato inseguro. No entanto, acusar o homem de negligência, descaso, desobediência ou ignorância não resolve o problema. Difícil selecionar o homem que não erre, principalmente quando se necessitam de mais e mais pilotos para conduzir os modernos bombardeiros. A urgência e a precisão de renovar os efetivos - pilotos de guerra morrem em combate e há que se renovar a frota e a equipe - também possibilitam intensificar e prolongar o treinamento para corrigir as deficiências da seleção.

A “falha humana” propicia perdas para o sistema: aviões são atingidos pelos inimigos o que é ruim pois aviões custam caro. Além disso, não cumprem a missão de bombardear os alvos programados. Cidades inteiras ficam expostas a ataques por não se detectarem, a tempo, as informações sobre violações do espaço aéreo. Isto é ruim pois conquistar a confiança da população civil é fundamental para o esforço de guerra. Ficou claro que existe uma interface no sistema homem-máquina cujos aspectos técnicos devem ser considerados no momento do projeto: há que se adaptar as máquinas às características físicas, cognitivas e psíquicas do homem. Em vista disto, engenheiros juntam-se a psicólogos e fisiologistas para adequar, operacionalmente, equipamentos, ambiente e tarefas aos aspectos neuro-psicológicos da percepção sensorial (visão, audição e tato), aos limites psicológicos de memória, atenção e processamento de informações, à capacidade fisiológica de esforço, adaptação ao frio ou ao calor, e de resistência às mudanças de pressão, temperatura e biorritmo.

**NASCE A
ERGONOMIA**

Atribui-se a denominação da nova disciplina – “*Ergonomics*” (do grego ergo: trabalho; nomics: normas, regras), a Murrell, engenheiro inglês. A adoção oficial do termo data de 1949, quando da criação da primeira sociedade de Ergonomia, a “*Ergonomics Research Society*”, na Inglaterra. Reuniram-se fisiologistas, psicólogos e engenheiros interessados em adaptar o trabalho ao homem. Nos Estados Unidos, utilizaram-se as denominações “*human factors*” ou “*human engineering*”. A origem do termo Ergonomia, no entanto, remonta a 1857. O polonês W. Jastrzebowski deu como título para uma de suas obras “*Esboço da Ergonomia ou Ciência do Trabalho baseada sobre as Verdadeiras Avaliações das Ciências da Natureza*”.

No fim da guerra, em 1945, estabeleceu-se laboratórios de “*engineering psychology*” pela Força Aérea e Marinha dos Estados Unidos. Mas a Ergonomia não se restringiu ao setor militar e, na mesma época, formase a primeira companhia civil de consultoria sobre o assunto. Quando a atenção foi voltada para as centenas de máquinas que cercam nosso cotidiano, descobriu-se que muitos dos mesmos erros de projeto que atormentavam marinheiros, soldados e aviadores, existiam - e ainda existem - nas fábricas, nas estradas, na sinalização urbana, nos tratores, caminhões, automóveis, e mesmo num fogão doméstico. Instrumentos que os operadores interpretam com dificuldade, controles que iludem a dona de casa, sinais de trânsito que confundem motoristas, placas de sinalização que não orientam os transeuntes - estas e outras centenas de exemplos são todos provas de projetos inadequados, de incompatibilidades no sistema homem-máquina, determinados pela falta de adaptação às características físicas e psíquicas humanas.

Esforços paralelos ocorriam na Inglaterra sobre a condução do Conselho de Pesquisas Médicas e do Departamento de Pesquisa Científica e Industrial. Data de 1946 a publicação, pela McGraw-Hill, do livro de R.C. McFarland – “*Human Factors in Air Transport Design*”. Em 1949, publica-se o primeiro livro de fatores humanos “*Applied Experimental Psychology: Human Factors in Engineering Design*” (Chapanis, Garner e Morgan). Durante os anos que se seguem, ocorrem conferências, surgem novas publicações de ergonomia e novos laboratórios, assim como empresas de consultoria.

O ano de 1957 foi um ano importante para a Ergonomia. Na Inglaterra, edita-se o jornal “*Ergonomics*”, da *Ergonomics Research Society* e, nos Estados Unidos, forma-se a *Human Factors Society*. Surge, ainda neste ano, a primeira edição do livro “*Human Factors Engineering and Design*”, de Ernest J. McCormick. Em 1958, J.M. Ferverge, J. Leplat e B. Guiguet publicam, pela *Presses Universitaires de France*, a obra

“*L'Adaptation de la Machine à l'Homme*”. Em 1959, forma-se a *IEA – International Ergonomics Association*, para congregar as várias sociedades de Fatores Humanos e Ergonomia que já existiam. No mesmo ano, Alphonse Chapanis edita seu livro “*Research Techniques in Human Engineering*”, pela John Hopkins Press.

Nos vinte anos que se seguem, entre 1960 e 1980, ocorre um rápido crescimento e expansão da Ergonomia. Até 1960, a Ergonomia nos Estados Unidos concentrava-se essencialmente no complexo militar industrial. Com a corrida pelo espaço, a Ergonomia torna-se uma importante parte dos programas da NASA. Mais importante ainda, a Ergonomia expande-se da vez mais além das fronteiras militares, pois as indústrias começam a reconhecer sua importância para o projeto de estações de trabalho e produtos manufaturados. Na década de 60, ela difundiu-se para os meios de transporte e, posteriormente, para os sistemas fabril e agrícola, até atingir o trabalho em escritórios. O ergonomista passa a participar do processo de geração de projetos de sistemas, de estações de trabalho, de equipamentos, de tarefas, de organização do trabalho, do ambiente físico e espacial do trabalho; de programas de capacitação e treinamento, de higiene e segurança do trabalho, de seleção e transferência de tecnologias. Em 1963, cria-se a *SELF – Société d'Ergonomie de Langue Française* que agrupa profissionais da França, da Suíça, da Bélgica e de Luxemburgo.

Apesar de todo o seu avanço, a Ergonomia continuou desconhecida do público em geral. Ela continua a crescer a partir dos anos 80, quando participa da renovação produzida pela informática. Porque, mais uma vez, a preocupação com os fatores humanos não acompanhou *pari passu* o progresso tecnológico, a revolução dos computadores coloca a Ergonomia em cartaz. Fala-se de computadores ergonomicamente projetados, de *user friendly software*. Os fatores humanos no escritório parecem ser parte e parcela de virtualmente todos os artigos de jornais e revistas que lidam com computadores e pessoas. A tecnologia informatizada propiciou novos desafios para a Ergonomia. Novos dispositivos de controle, apresentação de informações via telas de computador e o impacto da nova tecnologia sobre as pessoas constituem-se em áreas de atuação do ergonomista. Com a evolução tecnológica, o desempenho do homem no trabalho é cada vez mais complexo e a Ergonomia ampliou progressivamente o campo de seus fundamentos científicos. A inteligência artificial, a semiótica, a antropologia e a sociedade passaram a fazer parte do acervo de conhecimentos do ergonomista. As questões do trabalho informatizado enfatizaram os aspectos cognitivos do trabalho, além dos problemas físicos e psicológicos.

O papel do profissional de Ergonomia nas indústrias nucleares é de controle de processos cresce após os acidentes de Three Mile Island, nos Estados Unidos, e Bhopal, na Índia. Nos Estados Unidos, a “*US Nuclear Regulatory Commission*”, determina que todas as salas de controle de usinas nucleares passem por uma revisão ergonômica para identificar e corrigir deficiências de projeto.

Uma outra área em que aumentou a participação da Ergonomia foi nos litígios sobre confiabilidade de produtos. As cortes solicitaram a contribuição de especialistas de Ergonomia como testemunhas para explicar o comportamento e expectativas do homem, e sua reação a projetos defeituosos.

O ergonomista conhece limites, limiares, capacidades do homem, suas características físicas e psíquicas. Qualifica-se assim, para definir parâmetros ergonômicos para os projetos de produtos, dos processos produtivos (métodos e planejamento, programação e controle da produção), de sistema de informação, do ambiente arquitetural e do treinamento para o trabalho, que propiciem a segurança, a saúde, o conforto e o bem-estar humanos. Deste modo, o ergonomista que tem como insumos os dados da fisiologia do trabalho, da psicologia do trabalho, da neuropsicofisiologia, da antropometria, trabalha junto com engenheiros de sistemas, de produção, do produto, de segurança, analistas e programadores, arquitetos, *designers* industriais, programadores visuais, profissionais da área de seleção e treinamento, no projeto de: ambientes operacionais e de produção, máquinas, equipamentos, ferramentas e produtos, planejamento e controle de produção, métodos de trabalho, sistemas operacionais, sistemas de segurança, sistemas de sinalização, sistemas de informação, programas de computador, planilhas de registro, material instrucional e programas de formação, qualificação da mão-de-obra, avaliação social da tecnologia e transferência e implantação de novas tecnologias.

Cabe agora explicitar, a partir de Hal W. Hendrick (1993), o conceito de macroergonomia. Segundo o autor, a Ergonomia está na sua terceira geração. A primeira concentrou-se no projeto de trabalhos específicos, interfaces humano-máquinas, incluindo controles, painéis, arranjo do espaço e ambientes de trabalho. A maioria das pesquisas referia-se à antropometria e outras características físicas do homem. Buscava-se, deste modo, obter dados para adaptar a máquina ao homem. Esta aplicação continua a ser um aspecto extremamente importante para a prática da Ergonomia em termos de contribuições para a segurança industrial e para a melhoria geral da qualidade de vida.

A segunda geração da Ergonomia se inicia com a ênfase na natureza cognitiva do trabalho. Tal ocorreu em função das inovações tecnológicas e, em particular, do desenvolvimento de sistemas automáticos e informatizados. O trabalho com computadores implica o processamento de informações e exige o projeto de programas adequados. Estrutura de *software*, *layout* de telas, projeto de menus, são importantes áreas nas quais a aplicação da Ergonomia aumenta a funcionalidade dos sistemas. A Ergonomia passa a participar do desenvolvimento e aplicação da tecnologia da interface usuário/sistema. Este foco no "homem cognitivo" influencia o projeto das interfaces e das interações do diálogo humano-computador e sistemas de controle. Apesar do seu pouco tempo de existência, esta segunda geração tem tido um grande impacto.

A terceira geração da Ergonomia resulta do aumento progressivo da automação de sistemas em fábricas e escritórios, do surgimento da robótica. Começou-se a perceber que é possível fazer um trabalho em microergonomia, projetando os componentes de um sistema, mas falhando que diz respeito ao sistema como um todo, por desconhecimento da macroergonomia. A maioria dos projetos das duas primeiras gerações da Ergonomia enfocou trabalhos específicos, grupos e interfaces homem-máquina relacionados. A emergente terceira geração da Ergonomia privilegia a macroergonomia ou organização global em nível de máquina/sistema e se concentra no desenvolvimento e aplicação da organização da tecnologia máquina/interface. A macroergonomia parte de uma avaliação da empresa, de cima para baixo, e usa como ferramenta a análise sociotécnica e o enfoque de sistemas. Considera-se que não é possível projetar um microcomponente de um sistema sociotécnico sem primeiro tomar decisões científicas sobre a organização como um todo, inclusive como esta organização é gerenciada. Deve-se, a princípio, considerar questões como complexidade, centralização e formalização, que devem ser ergonomicamente projetadas dentro da estrutura da organização. Uma vez implementadas as decisões sobre a estrutura da organização, cabe começar o projeto dos subsistemas específicos, tarefas, atividades e estações de trabalho, que serão compatíveis com as recomendações macroergonômicas para o sistema global.

Atualmente, nota-se uma acentuação de duas tendências em relação aos métodos empregados e objeto de estudo em Ergonomia. Uma Ergonomia tradicional, mais norte-americana, centrada na adaptação da "máquina ao homem", e uma Ergonomia européia, que privilegia a dinâmica da atividade humana no trabalho. A discussão sobre estas metodologias implica aprofundar questões como a cientificidade ou a

“tecnologicidade” do conhecimento e da prática da ergonomia. Além disso, questões sobre realismo e simulação, laboratório ou pesquisa de campo, abordagens do sistema humano-máquina, organização do trabalho, análise da tarefa, análise do trabalho, comportamento e cognição. Para simplificar este esclarecimento, e até evitar mal entendidos, é possível recorrer a Montmollin (1986) que, no seu livro “*L’ergonomie*”, aborda, de modo sintético, estas duas Ergonomias.

Diz o autor: observe um trabalhador sentado numa cadeira diante da tela e do teclado de um terminal de computador. Ele tem dor nas costas. O ergonomista sabe muitas coisas sobre as costas. Ele pode ajudar a conceber cadeiras melhor adaptadas. Este trabalhador tem também dor de cabeça. A tela reflete a luz e tem pouco contraste. O ergonomista sabe muitas coisas sobre os olhos e a visão. Ele pode ajudar a conceber telas menos ofuscantes. O trabalhador está fatigado. Faz quatro horas que ele está diante de seu terminal e, ele não é mais tão jovem. O ergonomista sabe muitas coisas sobre os efeitos da duração do trabalho sobre o organismo humano. Ele pode ajudar a organizar melhor os horários e as atividades. Ele interpreta informações que aparecem sobre a tela, ele resolve problemas. Talvez ele cometa erros. O ergonomista sabe muitas coisas sobre o raciocínio deste trabalhador. Ele pode ajudar a apresentar melhor as informações, a formular melhor os problemas e a conceber uma melhor formação. Este trabalhador acha seu trabalho muito repetitivo e muito isolado. O ergonomista sabe certas coisas sobre o interesse das tarefas e sobre as comunicações na equipe. Ele pode ajudar a conceber uma organização mais satisfatória e, portanto, mais eficaz.

Segundo Montmollin, uma primeira corrente de abordagem, a mais antiga e, hoje em dia a mais americana, considera a ergonomia como a utilização da ciência para melhorar as condições do trabalho humano. No exemplo acima, a anatomia e a fisiologia permitem conceber cadeiras, telas e horários mais adaptados ao organismo humano, enquanto a psicologia permite definir uma melhor apresentação das informações. O ergonomista orienta-se, assim, para a concepção de dispositivos técnicos: máquinas, utensílios, postos de trabalho, telas, impressos, programas etc. O ergonomista desta corrente considera as características gerais do homem em geral, a “máquina humana”, para adaptar melhor as máquinas e os dispositivos técnicos a este homem. É a concepção clássica de sistemas humano-máquina, onde a análise ergonômica privilegia a “interface” entre os componentes materiais e os componentes (ou “fatores”) humanos. Seguem-se as características da máquina humana que, segundo Montmollin, os ergonomistas praticantes dessa linha consideram:

- as características antropométricas: altura, comprimentos e larguras de diferentes segmentos corporais;
- as características ligadas ao esforço muscular: estudam-se as contrações musculares, diretamente (por eletromiografia), pelo consumo de oxigênio e pelo ritmo cardíaco;
- as características ligadas à influência do ambiente físico: o calor e o frio, a poeira, os agentes tóxicos, o ruído, as vibrações e, mais recentemente, as acelerações bruscas - estes são domínios onde a Ergonomia se identifica com a Medicina do Trabalho;
- as características psicofisiológicas: o olho e o desempenho visual, o ouvido e o desempenho auditivo, em primeiro lugar (e em diversas condições: visão noturna, audição em locais ruidosos, por exemplo), mas também o olfato, o tato, e os tempos de reação. Devem-se juntar as características relacionadas à sensação, como as citadas acima, os fenômenos do sistema nervoso central como a percepção visual (limiar de discriminação de diferentes formas, por exemplo), ou nos anos 50 e 60, a atenção e a vigilância (detecção de sinais raros e alcatórios);
- as características dos ritmos circadianos (que regulam a atividade biológica durante as 24 horas do dia), alternância vigília-sono, em particular, e a influência de suas perturbações (devidas ao trabalho em equipes alternantes, por exemplo) sobre o sono, e mais genericamente sobre a saúde.

Paralelamente ao estudo das características citadas, estudaram-se os efeitos do envelhecimento, em particular os efeitos fisiológicos e psicofisiológicos. Os ergonomistas desta corrente reuniram assim, em primeira ou segunda mão, uma massa considerável de dados sobre a "massa humana" e, em particular, sobre seus limites. No início, e sem dúvida, devido à influência da ergonomia militar, o homem estudado foi quase exclusivamente o homem jovem, branco, com excelente saúde e, sobretudo, grande. Depois, felizmente, diversificaram-se as fontes. Assim, o homem "médio" tende a desaparecer em proveito de um homem "estatístico" em relação a numerosos parâmetros. Com toda essa documentação sobre as capacidades e limites do "homem estatístico", os ergonomistas tratam de persuadir os responsáveis pela concepção das "máquinas" (dos utensílios manuais aos dispositivos técnicos mais complexos) a considerar a ergonomia: de início, para evitar acidentes e fadigas excessivas dos usuários e, mais recentemente, a fim de propiciar o manejo das máquinas mais eficaz e mais confortável (e mesmo "amigável", para citar a última expressão da moda).

A segunda corrente da Ergonomia, mais recente e mais francesa, considera a ergonomia como o estudo específico do trabalho humano com o objetivo de melhorá-lo. Sem pretender constituir-se em “ciência do trabalho” completamente autônoma, ela reivindica, no entanto a autonomia de seus métodos. Sob este aspecto, ela constitui mais uma tecnologia que uma ciência. Retomando o exemplo do digitador, esta ergonomia se preocupava menos com a cadeira e a tela, tomadas isoladamente, e mais com o conjunto da situação de trabalho do trabalhador em questão. Nesta perspectiva, suas fadigas e seus erros não podem ser realmente explicados e diminuídos, a não ser que se analise detalhadamente sua tarefa particular e a maneira particular como ela se realiza, considerando as especificidades locais. Pode-se descobrir, assim, para citar apenas um exemplo simples, que se a cadeira é penosa, o é porque as informações que aparecem na tela se apresentam de tal forma que impedem o operador de tirar os olhos da tela mesmo por pequenos períodos, o que implica uma postura rígida. O ergonomista desta linha orienta-se essencialmente em direção à organização do trabalho: quem faz o que e (sobretudo) como se faz, e se poderia fazê-lo melhor. Isto implica menos freqüentemente uma modificação do dispositivo técnico do que dos procedimentos de trabalho, da atividade e das competências dos trabalhadores.

Este enfoque europeu concebe a Ergonomia não como a aplicação de conhecimentos gerais sobre o organismo humano à concepção de máquinas: seu ponto de vista é completamente outro, e quase muda de objeto de estudo, ao priorizar as atividades dos operadores particulares em confronto com as suas tarefas particulares. Os ergonomistas da linha americana objetivam melhorar o trabalho de usuários autônomos, os da linha francesa visam melhorar as condições de trabalho de operadores perfeitamente identificados. Estes últimos privilegiam a dinâmica da atividade humana do trabalho, mais do que a constância de características físicas e fisiológicas. O trabalho é analisado como processo onde interagem o operador, ator capaz de iniciativas e de reações, e seu ambiente técnico, também evolutivo e influenciável. A dimensão temporal é portanto essencial. Sem ela, o ergonomista europeu não poderia considerar: as estratégias do operador para se adaptar e para adaptar; os diagnósticos que ele elabora progressivamente e os problemas que ele resolve; os incidentes dos quais ele participa e a história de suas “recuperações”. Uma tal ergonomia, muito mais psicológica do que antropométrica ou filosófica, não resolve, cumpre repetir, os mesmos problemas que a ergonomia tradicional. Ela visa menos diretamente a concepção de máquinas pelos projetistas, do que a intervenção sobre os próprios locais da produção. É na oficina, na sala de comando, no escritório e no serviço que intervém este ergonomista, a fim de melhorar

localmente o trabalho, quer dizer, a interação entre o operador e sua tarefa.

É significativo que esta ergonomia do operador-ator seja essencialmente uma ergonomia das “novas tecnologias”. Os desenvolvimentos da automação e da informatização exigem mais e mais do operador conhecimentos e *know how/savoir-faire* que lhe permita adaptar-se às situações novas. O caso dos operadores da sala de comando centralizado das indústrias de processo contínuo (refinarias, por exemplo) é bem conhecido hoje em dia. Compreende-se, então, porque este ergonomista não se preocupa em levantar uma lista de “características gerais” da atividade do operador humano. O olho é por toda a parte o mesmo, mas não o olhar. O centro de gravidade das pesquisas em ergonomia se desloca: não é mais a coleta de dados confiáveis sobre os “fatores humanos” em laboratório, mas passa a ser a análise em campo das modalidades específicas da atividade do operador na situação real existente. As publicações e os manuais tratam de privilegiar os métodos de análise do trabalho, os modelos e as teorias que os justificam. O contraste é surpreendente: apenas uma página ou duas sobre análise do trabalho nos manuais clássicos, enquanto que, na literatura européia, e sobretudo a francesa, este é o tema principal.

Esta Ergonomia da atividade humana, esta Ergonomia de interação entre dois tipos de processos, o do operador e o da máquina torna evidente uma grave fraqueza, se nos colocamos do ponto de vista da Ergonomia clássica: ela não permite estabelecer catálogos de dados gerais utilizáveis diretamente para a concepção de dispositivos técnicos. Ela está muito centrada sobre a singularidade dos episódios do trabalho do operador particular que ela observa longamente, para poder transferi-los, sem precaução, a outros episódios, mesmo aparentemente similares. Uma certa generalização é possível, na medida em que as situações estudadas são similares. As observações de operadores e salas de comando de processos contínuos começam a ser suficientemente numerosas para que certas regularidades apareçam. Mas o ergonomista sabe se comportar com uma extrema prudência neste domínio: os dados são ainda terrivelmente dispersos, os conceitos mal estabilizados, e as tecnologias muito evolutivas. A Ergonomia da atividade humana está ainda na infância. Este é, aliás, um dos seus encantos.

Por outro lado, pode-se retrucar que a Ergonomia Clássica deixa de ser útil onde os responsáveis pela produção necessitam atualmente de maior número de conselhos: nas situações críticas onde as competências dos operadores (e não somente seu conforto e sua visão) permitem

evitar as catástrofes. A Ergonomia Contemporânea não pode mais se contentar em propor mostradores mais legíveis, ela deve também forjar ferramentas que permitam - mais localizadamente, mais singularmente, e portanto, mais lentamente e mais custosamente, analisar os processos de interação entre os operadores e as máquinas a fim de modificar os próprios processos, atuando sobre as competências do operador, sobre a organização do trabalho ou sobre as características das máquinas.

Esta oposição entre uma Ergonomia de "componentes humanos" (a melhor tradução da americana "*human factors*") e uma Ergonomia da atividade humana não é uma oposição estéril. Se uma síntese é improvável, uma articulação é possível. Não há contradição entre conceber uma cadeira confortável e uma tela bem contrastada, para o operador diante de seu terminal de computador e, por outro lado, buscar saber como este operador compreende as mensagens que aparecem sobre a tela e os tratamentos aos quais ele a submete. Não é contraditório propor um desenho de um mostrador que permita a percepção exata de uma medida, e saber porque num determinado momento da execução das operações o operador olha para um ou para outro mostrador.

As duas Ergonomias não são contraditórias, mas complementares. Em princípio, o mesmo ergonomista pode ser chamado, em função das circunstâncias (ou seja, em função dos interlocutores e dos financiamentos) para colaborar com um engenheiro na concepção de uma máquina-ferramenta, ou com um outro engenheiro, na implantação de um sistema informatizado. Na prática, no entanto, os ergonomistas se especializaram de tal modo que os manuais, apenas excepcionalmente, tratam dos dois enfoques.

Meister (1971) considera que os problemas ergonômicos exigem soluções específicas. As áreas particulares de interesse, como carga de trabalho ou interação homem-computador podem ser um ramo de pesquisa da Ergonomia, mas a Ergonomia é mais que a soma de suas partes. Além das suas áreas específicas de interesse, a Ergonomia tem suas próprias necessidades de pesquisa que se orientam em torno do conceito de sistemas e de desenvolvimento e operação de sistemas. Como em qualquer disciplina, existe na Ergonomia uma contínua tensão entre a pesquisa e a aplicação, mas esta tensão não é corretamente apreciada pelos especialistas, particularmente aqueles que transitam na área acadêmica, continua Meister. Um número excessivo de pesquisas está isolado do mundo real e por demais ligado ao paradigma experimental clássico. Sem eliminar tais pesquisas, necessitam-se mais estudos descritivos de sistemas reais e mais ênfase em predições e aplicações.

No Brasil, as primeiras vertentes de implantação da Ergonomia, junto às Engenharias e ao Desenho Industrial, tiveram como fundamento de suas especulações teóricas e aplicações práticas os manuais de McCormick, Murrell e Woodson. Não se colocavam ainda, nesta época, os experimentos em laboratório, mas apenas se propunham algumas modificações com base nos dados destes autores. A vertente da Psicologia, no entanto, desde logo passou a realizar pesquisas experimentais (sobre o comportamento do motorista, por exemplo). Cumpre observar que os trabalhos da Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro sempre tiveram como enfoque metodológico a análise sociotécnica.

Pouco a pouco surge uma nova bibliografia com uma abordagem metodológica, como os livros de Meister e Chapanis. A observação sistemática do trabalho, a análise da tarefa, ao lado das medidas do ambiente e dos levantamentos antropométricos, passam a fazer parte da bagagem dos ergonomistas brasileiros. Paralelamente, o acesso à bibliografia francesa - livros de Sperandio e Montmollin - e a literatura sobre Ergonomia e Informática, acrescentaram novas ferramentas aos métodos de intervenção da Ergonomia no Brasil.

Desse modo, a probabilidade de síntese das correntes da Ergonomia, entre nós, é uma realidade. Faz-se a análise da tarefa, estuda-se a situação real de trabalho, definem-se recomendações para os componentes máquina do sistema humanos-máquinas, a partir do conhecimento das exigências da tarefa e dos limiares e limites dos componentes humanos. Fazem-se, paralelamente, análises do trabalho, das interações entre dois tipos de processos, o do operador e o da "máquina", estudos sobre organização do trabalho, qualificação da mão-de-obra, estudos do erro e de incidentes e avaliações sobre o gerenciamento e a organização global do sistema.

De alguma forma nosso subdesenvolvimento, que nos impede de produzir pesquisas mais profundas, acarretou a necessidade de se referenciar na literatura estrangeira. Desse modo, fazemos a complementaridade das Ergonomias e a síntese dos métodos na nossa prática diária. Talvez seja a hora de seguir o conselho de Meister e *"gastar mais tempo considerando e discutindo problemas epistemológicos que temos, de modo a propiciar soluções potenciais"*. Parafraçando o mesmo Meister, seria bom ver a Associação Brasileira de Ergonomia - ABERGO - como uma força intelectual mais ativa. Quem sabe, desse modo, poderemos ensinar aos ergonomistas das duas linhas e das três gerações, a Ergonomia brasileira.

DESENVOLVIMENTO DA ERGONOMIA BRASILEIRA: UM QUADRO

Os depoimentos dos precursores da Ergonomia no Brasil, as informações das instituições de ensino e de pesquisa permitiram mapear a implantação e o desenvolvimento da Ergonomia brasileira. Pode-se afirmar, sem medo de errar, que existem seis vertentes principais de difusão da Ergonomia no Brasil. Essas vertentes compreendem a Engenharia de Produção, o Desenho Industrial, a Psicologia e o CNAM, na França e passam pela POLI/USP pela COPPE/UFRJ, pela ESDI/UERJ, voltam ao CNAM, pela FGV/RJ.

A primeira vertente começa com Sergio Penna Kehl, na Politécnica da USP no curso de Engenharia de Produção. O modelo da Poli se aplicará ao currículo mínimo e às outras escolas de Engenharia de Produção. Sergio Kehl funda a GAPP que passa a oferecer a Ergonomia como um dos itens de consultoria, e difunde esse saber por várias empresas de economia mista.

A segunda vertente constitui-se a partir do trabalho de Itiro Iida, na COPPE/UFRJ. Aluno e depois Professor da Poli, Iida dirige-se ao Rio onde leciona na pós-graduação de Engenharia de Produção - Área de Produto. Este curso passa a funcionar como um centro de irradiação dos conhecimentos de Ergonomia, com uma área de concentração que produziu várias dissertações sobre o tema. Cumpre mencionar que a COPPE tem como um dos seus afluentes a Universidade de São Carlos.

A terceira vertente passa pela ESDI - Escola Superior de Desenho Industrial. Nessa escola, o Professor Karl Heinz Bergmiller inicia o ensino de Ergonomia para o desenvolvimento de projetos de Produtos segundo o modelo de Tomas Maldonado, na Escola de Ulm. Itiro Iida faz um curso na ESDI para coletar material para a sua tese de doutorado sobre manejo e, em 1971, ensina Ergonomia na ESDI. A partir dessa experiência, a Ergonomia se insere como disciplina nos cursos de Desenho Industrial. Quando da discussão de um novo currículo mínimo, aprovado durante o 1º Encontro de Desenho Industrial, no Rio de Janeiro, em 1979, a Ergonomia transforma-se em disciplina obrigatória tanto para a especialização de Projeto de Produto quanto para a de Programação Visual. O novo currículo é aprovado pelo Conselho Federal de Educação, em janeiro de 1987. Este fato inédito explica o grande número de sócios da ABERGO que são desenhistas industriais.

A quarta vertente começa na Europa, de onde vêm os Professores Rozestraten e Stephaneck, que se instalam na USP de Ribeirão Preto. Ali, implantam uma linha de Psicologia Ergonômica com ênfase na percepção visual e com aplicação no estudo do trânsito - treinamento de motoristas, estudos de acidentes.

A quinta vertente se dá a partir da iniciativa do Professor Franco Lo Presti Seminerio que implementa a vinda do Professor Alain Wisner, do CNAM, ao Brasil. O Professor Wisner tornou-se um grande incentivador da Ergonomia brasileira e orientou os primeiros trabalhos de Ergonomia da Fundação Getúlio Vargas. Para o CNAM, dirigem-se vários brasileiros que buscam uma formação em Ergonomia. Atualmente os egressos do CNAM distribuem-se por vários estados brasileiros - Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Brasília, em centros de ensino e de pesquisa.

A sexta vertente compreende a continuidade do trabalho do Professor Seminerio no ISOPE da Fundação Getúlio Vargas. Esta instituição promove o 1º Seminário Brasileiro de Ergonomia, marco fundamental na história da Ergonomia brasileira, e implanta, em 1975, o primeiro curso de Especialização em Ergonomia no Brasil. Por este curso passaram vários ergonomistas que hoje lecionam em diferentes cursos e trabalham na estruturação de grupos de Ergonomia nas empresas. Durante todos esses anos, e até a data do fechamento do ISOPE, na época do governo Collor, apenas duas vezes o curso não se realizou. Na Fundação Getúlio Vargas, as pesquisas voltaram-se para as diferentes formas de organização do trabalho em diversos ramos produtivos e suas conseqüências sobre a mão-de-obra, principalmente no que tange aos acidentes de trabalho. Mara Regina Chuairi da Silva e Lenice Ferreira de Moraes da Silveira coordenaram as pesquisas.

Estas vertentes geraram diversos afluentes. O primeiro deles foi o grupo de Desenho Industrial do INT/RJ, desdobramento de um grupo da COPPE-RJ. Diva Maria Pires Ferreira inaugura, em 1987, o Laboratório de Ergonomia do INT. Esta instituição desenvolve, desde 1979, pesquisas na área de antropometria e, em 1988, publicou a "Pesquisa Antropométrica e biomecânica dos Operários da Indústria de Transformação do RJ". O segundo afluente foi o Núcleo de Ergonomia da FUNDACENTRO/SP que se estrutura com a chegada de Leda Leal Ferreira e de Laerte Szelwar, do CNAM-França e com a contratação de Regina Heloisa Maciel. Hoje, a FUNDACENTRO desenvolve trabalhos dentro da área da Ergonomia cognitiva, objetivando verificar as conseqüências do trabalho nos processos de pensamento. Outra linha de pesquisa trata do trabalho em turnos. Do CNAM também vieram Julia Issy Abrahão e Neri dos Santos e Leila Gontijo. A primeira trabalha na Universidade de Brasília, e os dois últimos, na Universidade Federal de Santa Catarina. Nesta Universidade, desenvolvem-se duas linhas de pesquisas bastante distintas: de um lado, os trabalhos destes dois professores, voltados para a Ergonomia da Informática. De outro lado, os trabalhos, voltados para a Ergonomia de concepção e de inovação

de produtos, que a Professora Ingeborg Sell desenvolve com sua equipe.

Atualmente, a Ergonomia conta com outros centros de difusão como o Instituto de Psicologia da USP (Regina Heloísa Maciel), a Faculdade de Saúde Pública da USP (Frida Marina Fischer), o curso de Desenho Industrial da PUC-RJ (Professora Anamaria de Moraes) além de vários escritórios de consultoria em Belo Horizonte, no Rio de Janeiro e em São Paulo. Desde 1995, o Núcleo de Design e Ergonomia - NDE do Laboratório de Otimização de Produtos e Processos (LOPP) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) vem reforçando a área de ergonomia seguindo a linha macroergonômica.

A seguir são listadas as revistas e Associações internacionais na área de Ergonomia.

**RELAÇÃO DE
PERIÓDICOS
EM
ERGONOMIA**

APPLIED ERGONOMICS
Westbury Subscription Services
P.O. Box 101, Sevenoaks,
Kent TN15 8PL
UK

BEHAVIOUR AND INFORMATION TECHNOLOGY
Taylor & Francis, Inc.
242 Cherry Street
Philadelphia, PA 19160-1906
USA

BEHAVIOUR RESEARCH METHODS AND INSTRUMENTATION
Psychonomic Press
295 Pine Avenue
Goleta, CA 93017
USA

ERGONOMICS
Taylor & Francis Ltd.
4 John Street,
London, WC1N 2ET
UK

HUMAN FACTORS
The Human Factors Society, Inc.
Publications Division,
Box 1369, Santa Monica,
California 90406
USA

INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN FACTORS IN
MANUFACTURING

John Wiley & Sons, inc.
605 Third Avenue
New York, NY 10158
USA

INTERNATIONAL JOURNAL OF MAN-MACHINE STUDIES

Academic Press
111 Fifth Avenue
New York, NY 10003
USA

INTERACTING WITH COMPUTERS

Jane Skinner,
Westbury House,
Bury Street, Guildford,
Surrey GU2 5BH
UK

JOURNAL OF MOTOR BEHAVIOUR

726 State Street
Santa Barbara, CA 93101
USA

LE TRAVAIL HUMAIN

Presses Universitaires de France (PUF)
Department des Periodiques,
12, rue Jean-de-Beauvais,
75005 - Paris
France

PERCEPTUAL AND MOTOR SKILLS

Box 1 141
Missoula, MT 59801
USA

THE JOURNAL OF HUMAN ERGOLOGY

Human Ergology Research Association
Jinrui Dotaigaku Kenkyukai,
Business Center for Academic Societes Japan,
2-4-16 Yayoi, Tokyo 1 13
Japan

**ASSOCIA-
ÇÕES DE
ERGONOMIA**

Associação Brasileira de Ergonomia (Brasil)
Asociación Colombiana de Ergonomia (Colômbia)
Asociación Mexicana de Ergonomia (México)
Belgian Ergonomics Society (Bélgica)
Ergonomics Society (Grã Bretanha)
Ergonomics Society of Australia (Austrália)
Ergonomics Society of Southern Africa (África)
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Alemanha)
Human Ergology Society (Japão)
Human Factors and Ergonomics Society (Estados Unidos)
Human Factors Society of Canada/ACE (Canadá)
Hungarian Society for Organization & Management Science (Hungria)
Israel Ergonomics Society (Israel)
Japan Ergonomics Research Society (Japão)
Nederlands Vereniging voor Ergonomie (Holanda)
New Zealand Ergonomics Society (Nova Zelândia)
Nordic Ergonomics Society (Suécia)
Osterreichische Arbeitsgemeinschaft für Ergonomie (Áustria)
Polish Ergonomics Society (Polônia)
SEAES/South-East Asian Ergonomics Society (Indonésia)
Società Italiana di Ergonomia (Itália)
Société D'Ergonomie de Langue Française (França)
The Association of Ergonomics Societies of Yugoslavia (Iugoslávia)

REFERÊNCIAS

CHAPANIS, A. (1972) *A engenharia e o sistema homem-máquina*. São Paulo: Atlas. 153 p.

HENDRICK, H. W. (1993) Macroergonomics: a new approach for improving productivity, safety and quality of work life. *In: CONGRESSO LATINOAMERICANO, 2. E SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 6*. Florianópolis: Associação Brasileira de Ergonomia - ABERGO.

MEISTER, D. (1971) *Human Factors: theory and practice*. New York: John Wiley. 415 p.

MONTMOLLIN, M. de (1986) *L'ergonomie*. Paris: Editions La Decouverte.

3 Ambiente de Trabalho

*Lia Bianque de Macedo Guimarães,
Miguel Aloysio Sattler & Fernando Gonçalves Amaral.*

Condições ambientais desfavoráveis podem tornar-se uma grande fonte de tensão na execução das tarefas, em qualquer situação de trabalho. Estes fatores podem causar desconforto, insatisfação, aumentar o risco de acidentes, diminuir a produtividade, aumentar os custos e causar danos consideráveis à saúde (Iida, 1992). As mensurações destes fatores ambientais são efetuadas para reduzir ou eliminar seus efeitos adversos.

RUÍDO

A presença de altos níveis sonoros durante a execução de um trabalho pode ser perturbante e até levar a problemas auditivos. O primeiro sintoma de perda de audição percebido pelas pessoas é a dificuldade de entender uma conversa em um recinto barulhento. Nestes casos, um aparelho auditivo não resolve o problema já que o som ambiental também é amplificado. Perturbações, tais como interferência na comunicação ou redução de concentração, podem ocorrer até em níveis sonoros baixos, se o som é identificado como ruído. É importante observar que, quando uma pessoa tem dificuldade no entendimento de uma conversa, já há um estado relativamente avançado de perda auditiva, que se iniciou apenas nas altas frequências (em torno de 6000Hz), não interferindo na percepção da fala, cujas frequências predominantes são entre 500 e 2000Hz.

Cabe aqui explicitar que o som é definido como a sensação resultante de vibrações que alcançam o ouvido humano, as quais se encontram dentro de determinados limites de intensidade e frequência; enquanto que o ruído é caracterizado como sendo um som desagradável. Esta diferenciação é bastante importante, particularmente em uma situação de trabalho. Perturbações e problemas auditivos podem ser evitados analisando-se os níveis de ruído e estipulando-se limites máximos para exposição.

Percepção do som

A sensação sonora resulta de uma mistura de vibrações de diversas frequências, sendo avaliada através de uma escala logarítmica. Qualquer movimento mecânico causa flutuações na pressão do ar atmosférico que se propagam em forma de ondas. Sempre que estas variações de pressão ocorrem em uma frequência e intensidade regulares, o ouvido humano percebe-as como sons. Um som é caracterizado por 3 variáveis: frequência, intensidade e duração.

Frequência do som

A frequência de um som é o número de flutuações ou vibrações por segundo, expresso em hertz (Hz), sendo percebida subjetivamente como tonalidade do som. A maioria dos ruídos, porém, contém uma mistura de sons de diferentes frequências (sons complexos), sendo fisicamente determinados por seus espectros e cuja interpretação subjetiva é conhecida como timbre do som. Se há predominância de frequências altas, o ruído é percebido como de tonalidade alta, ou como som agudo. Os sons graves são determinados por baixas frequências.

Intensidade do som

O ouvido humano é sensível a sons com frequência entre 20Hz e 16000Hz, que corresponde a nove oitavas. Frequências inferiores a 20Hz (infrasons) são inaudíveis, mas podem determinar graves efeitos fisiológicos. Vibrações ultra-sônicas (ultrasons) possuem frequências acima de 16kHz, possuindo aplicações industriais e na medicina. Sons de baixa frequência (abaixo de 1000Hz) são chamados de graves. Os de alta (acima de 3000Hz) são chamados de agudo. O ouvido humano é mais sensível a frequências médias (1500 - 5000Hz). A *Figura 1* mostra as curvas para diferentes frequências. A maior sensibilidade está na faixa de 2000 a 5000Hz apesar da altura da voz humana estar numa faixa inferior de 300-700Hz.

A intensidade sonora, definida como sendo a potência por unidade de área (W/m^2), depende da energia das oscilações de variação de pressão do ar, que nada mais é do que a pressão do próprio som. A unidade física da pressão do som convencionalmente adotada é o microPascal ($1\mu Pa = 10^{-6} Pa$). As pressões sonoras são registradas logaritmicamente usando o nível do som *S* (na fórmula).

A resposta do ouvido humano não é proporcional ao valor absoluto do estímulo (pressão ou intensidade), mas sim à razão da intensidade (ou pressão) sonora, para a intensidade (ou pressão) sonora no limiar de audibilidade. Tais valores limites foram convencionados como sendo $1pW/m^2$ (para a intensidade no limiar de audibilidade) e $20mPa$ (para a pressão no limiar de audibilidade). Assim, se estabelece uma escala de *níveis sonoros* para a resposta humana ao som, onde:

Intensidade da pressão sonora	Ruído (dB)	Exemplos típicos
100.000.000.000.000	140	- limiar da dor
10.000.000.000.000	130	- avião a jato - britadeira pneumática
1.000.000.000.000	120	- buzina de carro (1m)
100.000.000.000	110	- forjaria
10.000.000.000	100	- estamperia
1.000.000.000	90	- serra circular
100.000.000	80	- máquinas-ferramenta - barulho do tráfego
10.000.000	70	- máquina de escrever (2m)
1.000.000	60	- fala normal - escritório (10 pessoas)
100.000	50	- escritório (2 pessoas)
10.000	40	- sala de estar - biblioteca
1.000	30	- quarto de dormir (à noite)
100	20	- sala acústica
10	10	- limiar da audição
1	0	

Figura 1.
Correspondência entre a escala da pressão sonora (em mPa) e a do nível de pressão sonora (em dB)

Nível de intensidade sonora:

$$SiL = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ (log na base 10)}$$

Nível de pressão sonora:

$$SpL = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

Os valores de referência têm sido padronizados tomando-se a média do limiar de audibilidade:

$$I_0 = 1 \text{ pW/m}^2 \text{ (picowatt} = 10^{-12} \text{ W)}$$

$$P_0 = 20 \mu\text{Pa} \text{ (micropascal} = 10^{-6} \text{ Pa} = 10^{-6} \text{ N/m}^2)$$

A unidade de nível sonoro é o decibel (dB) e seu valor numérico é o mesmo para o SiL como para o SpL. Algumas vezes o símbolo L é usado para denotar qualquer das duas quantidades.

O ouvido humano registra pressões sonoras em uma faixa entre $20\mu\text{Pa}$ e mais de $100000000\mu\text{Pa}$ aproximadamente, que engloba o murmúrio de uma pessoa até o motor jato de um avião. Desta forma, para acomodar toda esta faixa em uma escala prática, foi criada uma unidade logarítmica denominada decibel (dB), que representa a intensidade do som. Nesta escala, o limite de som audível, 0 dB, representa $20\mu\text{Pa}$ ($0,0002\text{dina/cm}^2$). Uma diferença de 20 dB significa que duas pressões sonoras estão em uma razão de 10:1. Em outras palavras, aumentando a pressão sonora por um fator de 10, registra-se um aumento de 20 dB. Um aumento de 10 dB corresponde a uma pressão sonora 100 vezes maior, e a pressão sonora dobra de valor a cada aumento de 3dB.

O nível sonoro reduz em 6 dB quando duplica-se a distância com relação à fonte de som. Se um ruído origina um nível sonoro de 60 dB a uma distância de 1 metro, o nível passa a 54 dB a 2 metros, a 48 dB a 4 metros e assim por diante.

As intensidades de dois sons são somadas, mas não o correspondente nível sonoro. Se as duas contribuições em nível sonoro são dadas em dB, elas devem ser convertidas em intensidades, podendo ser então adicionadas e o correspondente nível sonoro total, encontrado logaritmicamente.

Por exemplo, dado $I' = 10^{-3}\text{W/m}^2$ e $I'' = 10^{-4}\text{W/m}^2$

$$\text{SiL}' = 10 \log 10^{-3}/10^{-12} = 90 \text{ dB}$$

$$\text{SiL}'' = 10 \log 10^{-4}/10^{-12} = 80 \text{ dB}$$

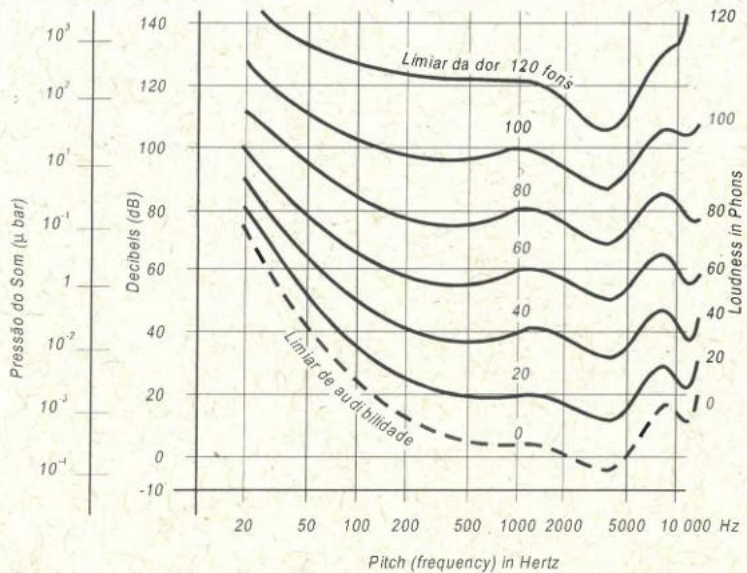
Sendo que o total não é $90 + 80 = 170$ dB, mas

$$I = 10^{-3} + 10^{-4} = 0,0011\text{W/m}^2$$

$$\text{SiL} = 10 \log 0,0011/10^{-12} = 90,4 \text{ dB}$$

Dentro da escala em dB, o ouvido humano é capaz de perceber uma grande faixa de intensidades sonoras de 0 a 1013 (130 dB) mais precisamente entre 20 e 120 dB. Sons normalmente encontrados em casa, no trabalho etc., estão na faixa de 50 a 80 dB. Sons acima de 120 dB causam desconforto (o do avião a jato é de 130 dB) e quando chegam a 140 dB a sensação é dolorosa. A *Figura 2* mostra a relação entre a escala de pressão sonora, em μPa e a do nível de pressão sonora em dB.

Figura 2 Pressão do som (em μPa), nível sonoro (em decibéis) e as curvas de mesma intensidade subjetiva (em fons). A curva inferior corresponde ao limite de audibilidade, isto é, o nível mínimo sonoro que pode ser percebido



Tendo-se como base que a percepção do som depende de tonalidade ou frequência e intensidade, na década de 30 foram desenvolvidos estudos variando-se tons de frequência mais alta e mais baixa, em conjugação com uma base arbitrária de 1000Hz para determinar que pressões eram necessárias para dar ao sujeito a mesma impressão de intensidade de som. Obtiveram curvas (veja Figura 2) de mesma intensidade subjetiva, convertidas em uma escala de fons. No entanto, esta escala só é válida para sons puros e não se adequam para sons que incorporam diferentes frequências. Como quase todos os ruídos são uma mistura de frequências, a escala de fons está obsoleta. Hoje, utilizam-se escalas ponderadas, que essencialmente filtram as frequências mais altas e mais baixas, as quais, de acordo com as curvas de mesma intensidade, a sensibilidade é menor e, desta forma, a pressão sonora tem menor significância nestas faixas de frequência. A Figura 3 mostra curvas ponderadas dB(A), dB(B) e dB(C) de uso corrente.

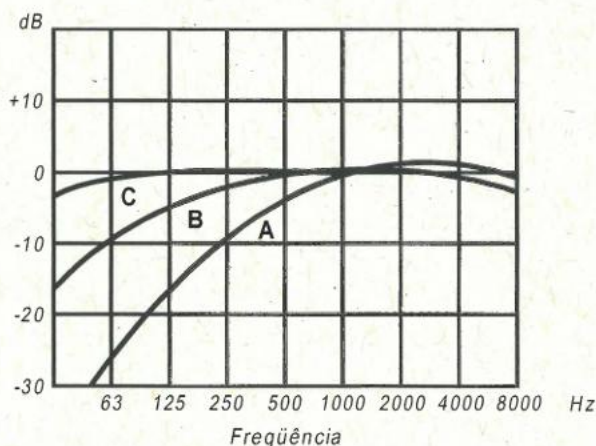


Figura 3 Relação entre as curvas de som em dB(A), dB(B) e dB(C). Cada curva filtra a energia do som em diferentes faixas de frequência

Tabela 1 Níveis de ruído em diferentes situações

TIPO DE RUÍDO	dB(A)
motor a jato a 25 m	130
avião a jato decolando a 50 m de distância	120
grupo de rock	110
serra circular	105
grito	90
conversação normal compreensível a 0.5 m	80
rádio em volume alto; conversação alta	70
conversação de grupo	60
rádio em volume baixo; conversação a dois	50
sala de leitura de biblioteca	40
ruídos domésticos	30
dentro de casa, à noite, em local silencioso	20
ambiente silencioso	10
limite de audição	0

A resposta do ouvido ao som não pode ser medida diretamente, mas um circuito eletrônico pode ser introduzido em instrumentos de medição para reproduzir a sensação sonora. O sistema mais conhecido de conversão do estímulo sonoro em resposta humana ao som é conhecido como sistema de ponderação "A" e é definido pela curva "A", mostrada na *Figura 3*, sendo as leituras em dB(A).

Outros sistemas de ponderação, tais quais o "B" e "C", podem ser usados para alguns propósitos especiais. Estes também são mostrados na *Figura 3*.

A escala em dB(A) é a mais utilizada em ergonomia porque estudos em psicologia demonstraram que os ruídos medidos em dB(A) fornecem

uma avaliação confiável da percepção subjetiva de ruído. A escala em dB(A) considera as diferenças de sensibilidade para diferentes frequências. A *Tabela 1* dá alguns exemplos de níveis de ruído.

Duração do som

Conforme já mencionado, a resposta humana ao ruído depende da frequência e intensidade do estímulo. Mas outro fator também contribui: a duração do som. A duração é medida em segundos. Os sons de curta duração (menos de 0,1s) dificultam a percepção e aparentam ser diferentes dos de longa duração (acima de 1s).

Influência do ruído no trabalho

A presença de ruídos no ambiente de trabalho pode provocar danos ao aparelho auditivo dos trabalhadores e até mesmo surdez. Principalmente em ambientes fechados, o ruído pode se tornar mais prejudicial devido à reverberação. É difícil caracterizar o ruído que mais perturba, já que isto depende de uma série de fatores como frequência, intensidade, duração, timbre, nível máximo alcançado e o horário em que ocorre. Existem três tipos de efeitos dos ruídos sobre as pessoas:

a) efeitos audiológicos: As perdas auditivas, que podem ser temporárias ou permanentes, estão relacionadas à intensidade de ruído a que as pessoas podem se submeter em relação ao tempo de exposição.

b) efeitos fisiológicos: que podem se traduzir em mudanças fisiológicas e perturbar o rendimento do trabalho.

c) moléstias e alterações de comportamento: principalmente pelo efeito do *stress*.

Estudos sobre as influências do ruído no trabalho são contraditórios. Os efeitos parecem ser de pouca importância na produtividade da grande maioria de trabalhos, até mesmo quando se aumenta o nível de ruído. Parece haver uma rápida adaptação dos indivíduos às variações de ruído, à exceção dos trabalhos de vigilância visual, quando o ruído prejudica a atenção concentrada. No entanto, os estudos concordam que exposição prolongada a ruídos muito altos pode gerar perda auditiva temporária ou permanente.

Tipos de surdez

A surdez pode ser de condução ou nervosa.

Surdez de condução

A surdez de condução resulta da redução da capacidade de transmitir as vibrações do ouvido externo para o interno em virtude de acúmulo de cera, infecção ou perfuração no tímpano.

**Surdez
nervosa**

A surdez profissional é do tipo nervosa, decorrente da degeneração das células ciliadas externas do órgão de Corti. Com a degeneração destas células, os axônios também degeneram ocorrendo a incapacidade de captação e da transmissão do estímulo. O indivíduo passa a não escutar a própria voz e passa a falar numa intensidade anormal. Os efeitos deletérios de altos níveis de ruído foram relatados desde 1765 por Nils Skragge, que atribuiu a surdez dos trabalhadores em minas de cobre ao ruído repetido das batidas do martelo (Couto, 1978).

**Fadiga
auditiva**

Outro tipo de anormalidade auditiva é a diminuição temporária da acuidade, comumente chamada de "fadiga auditiva". Ocorre em indivíduos trabalhando em ambiente de alto nível de ruído. É reversível e desaparece algumas horas após deixar o ambiente.

**Trauma
acústico**

O trauma acústico é uma lesão resultante de breve exposição a ruídos muito intensos, como explosões, tiros etc. É geralmente causada por ruptura do tímpano que se reflete em surdez instantânea e temporária que pode perdurar por alguns meses. Uma situação mais grave é quando ocorre ruptura da cóclea, ao invés do tímpano.

**Níveis limites
de ruído e
tempos de
exposição**

O nível máximo recomendado pela NR-15 anexo 1 (parte da LEI 6514/22/12/77 - Portaria 3214/78 de 8/6/78 da Consolidação das Leis do Trabalho - Ministério do Trabalho) é 85 dB(A) para 8 horas de exposição. Para ruídos a 90 dB(A) este tempo de exposição cai para 4 horas. Em suma, a cada 5 dB(A) o tempo permitido cai à metade. Ressalta-se que as normas ISO e ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, dos Estados Unidos da América) consideram que a cada 3 dB de incremento, o tempo de exposição deve ser reduzido à metade, considerando-se o critério de 85 dB(A) para 8 horas de exposição. A utilização de 3 dB como fator de ampliação, ao invés de 5 dB, deve-se ao fato de que a energia acústica dobra a cada 3 dB.

Para evitar problemas ao trabalhador, é importante manter o ambiente abaixo do nível máximo permitido de 85 dB. Em ergonomia, busca-se limites inferiores a 80 dB(A) já que acima deste limite já é possível ocorrer perdas auditivas em alguns indivíduos após exposição prolongada. Assumindo-se exposição constante, isto ocorrerá com exposição a 80 dB(A) durante 8 horas, ou com exposição durante 1 hora a 89 dB(A) (veja *Figura 4*).

A *Figura 4* mostra as curvas de exposição máximas permitidas, em minutos, a ruídos contínuos, sem riscos de surdez. Nota-se que a faixa mais prejudicial está entre 2000 e 4000Hz. O tempo máximo de exposição contínua, sem riscos, para um ruído de 4000Hz com 120 dB é de aproxi-

madamente 1,5 minutos. Fica claro que começam os riscos quando as fontes de ruído são superiores a 80 dB, principalmente na faixa de 2000 a 6000Hz.

Além disso, ruídos acima de 80 dB(A) dificultam a comunicação e as pessoas precisam falar mais alto e prestar mais atenção fazendo aumentar a tensão psicológica e o nível de atenção. Prejudicam as tarefas que exigem concentração mental e tarefas que exigem precisão de movimentos. Os índices de perturbação pioram após duas horas de exposição ao ruído. É difícil precisar que tipo de ruído é mais perturbador, pois vai depender da interpretação de cada indivíduo. A *Tabela 2* mostra os níveis máximos de ruído para evitar distúrbios durante a execução de vários trabalhos.

É comum, por exemplo, a utilização de aparelhos de ar condicionado em locais de trabalho, para garantir conforto térmico aos trabalhadores. No entanto, quando o aparelho não sofre boa manutenção (o que é comum) ele passa a ser uma fonte de ruído que geralmente passa despercebido, mas causa irritação e dor de cabeça. O documento C148 da Organização Internacional do Trabalho - OIT (ILO, 1977) estabelece que o ruído do ar condicionado não pode ser mais de 7 dB(A) superior ao nível de ruído de fundo.

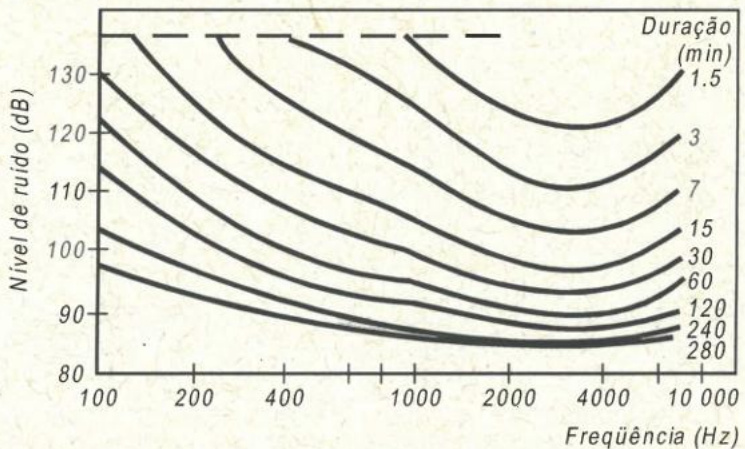


Figura 4 Curvas de exposições máximas permitidas (em minutos) a ruídos contínuos sem riscos de surdez

Tabela 2 Níveis máximos de ruído para evitar distúrbios durante a execução de vários trabalhos

ATIVIDADE	dB(A)
trabalho físico grosseiro (ex., varrer etc)	80
trabalho físico (ex., mecânico)	75
trabalho de precisão	70
trabalho administrativo de rotina	70
trabalho de altíssima precisão	60
trabalho administrativo envolvendo comunicação (ex., pool de datilografia)	60
trabalho administrativo com conteúdo intelectual	55
trabalho intelectual concentrado	45
trabalho intelectual concentrado (biblioteca)	35

A redução do nível de ruído deve ser feita pela adaptação acústica do ambiente ou reduzindo o efeito na fonte. A identificação e a quantificação das fontes de ruído em uma certa área podem ser feitas a partir do mapa dos níveis de ruído da área, medidos em dB(A), e da medição dos espectros dos níveis de potência e pressão sonora das fontes em dB, sendo estes últimos fundamentais para o projeto de controle de ruído gerado pelos equipamentos e máquinas. A solução de problemas de ruído envolve uma relação custo/benefício. O custo pode ser quantificado a partir da atenuação desejada dos níveis de ruído e o benefício desta atenuação é o conforto e a segurança do trabalhador.

Quando tal não é conseguido, devem ser usados protetores auriculares do tipo *plug* ou concha. O primeiro é de borracha ou plástico para ser usado dentro do canal auditivo externo. É mais efetivo para altas frequências chegando a reduzir 30 a 35 dB em 4000 a 8000Hz. Em baixas frequências diminui 15 a 20 dB, ou até menos. Pode ser usado em ambientes quentes sem prejuízo do conforto e permite a utilização simultânea de outros equipamentos de proteção, tais como óculos e capacetes. Os abafadores ou conchas são mais desconfortáveis em ambientes quentes e dificultam a utilização de outros EPIs. Atenuam 30 a 35 dB nas faixas mais elevadas de ruído industrial e apenas 10 a 17 dB na frequência de conversação normal. Deve ficar claro, no entanto, que é sempre melhor eliminar o ruído na fonte. Protetores auriculares acabam sendo caixas conservadoras de calor, tornando-se insuportáveis em climas quentes o que leva os operadores a retirá-los. É importante ressaltar que a Ergonomia contempla não apenas condições de segurança, mas, também, o conforto para o ser humano. A Norma Brasileira NBR 10.152 trata dos níveis de ruído para conforto acústico.

VIBRAÇÕES

A exposição às vibrações, geralmente, representa um prejuízo e um risco elevado em meio profissional. De uma forma geral, as vibrações podem influenciar o conforto, a segurança e a saúde das pessoas expostas. Esses efeitos são função do modo de transmissão ao indivíduo (ao conjunto do corpo ou somente a uma parte dele), das características das vibrações (direção, frequências e amplitudes), assim como do tempo de exposição e de sua repartição (breve ou longa duração, contínua ou intermitente, número de anos, ...).

Um corpo está em vibração se ele estiver animado de um movimento oscilatório em volta de uma posição de equilíbrio. Os exemplos mais elementares dessas oscilações são o movimento de um pêndulo e o de uma massa suspensa por uma mola, quando esta é afastada e solta de sua posição de equilíbrio. Todavia, as vibrações encontradas no meio ocupacional são geralmente muito complexas com rotações e translações combinadas o que torna o movimento muito mais difícil de estudar que o de um simples pêndulo. Nesse texto, são tratadas unicamente as vibrações mecânicas transmitidas por intermédio dos corpos sólidos. Essas vibrações podem ser definidas como sendo ondas que se propagam através de movimentos de compressões e dilatações sucessivas do meio de propagação.

As vibrações harmônicas são os movimentos vibratórios mais simples. Elas se caracterizam pela variação temporal de uma grandeza física, podendo ser expressa por:

$$A(t) = A_{\max} \cdot \text{sen}(2\pi f t)$$

onde: f é a frequência da onda (número de oscilações ou ciclos por segundo - expressa em Hz); A_{\max} é a amplitude ou o alongamento máximo.

Melhor que caracterizar a onda pela sua amplitude instantânea ($A(t)$) ou máxima (A_{\max}), utiliza-se normalmente o valor eficaz ou RMS (*Root Mean Square*), quer dizer a raiz quadrada da soma dos quadrados dos valores instantâneos. No caso de uma onda senoidal, este valor é dado por:

$$A_{\text{eficaz}} = \frac{A_{\max}}{\sqrt{2}}$$

A amplitude descrevendo a vibração pode ser expressa em termos amplitude de sua distância de deslocamento (D , em m) com relação ao ponto de equilíbrio; da velocidade (V , em m.s^{-1}) da massa em volta do

ponto de equilíbrio ou de sua amplitude de aceleração (A , em m.s^{-2}). Essas grandezas são ligadas pelas seguintes relações:

$$D = \frac{A}{(2\pi f)^2} \qquad V = \frac{A}{(2\pi f)}$$

Em geral, utiliza-se a amplitude de aceleração que é a grandeza mais simples de ser medida. Esta correspondência entre aceleração, velocidade e deslocamento permite compreender facilmente onde as vibrações se propagam e onde elas são mais absorvidas:

uma vibração de aceleração eficaz de 10 m.s^{-2} a 1 Hz tem velocidade e amplitude de deslocamento respectivamente iguais a $1,6 \text{ m.s}^{-1}$ e $0,254 \text{ mm}$, o que implica em movimentos consideráveis e bem visíveis (por exemplo ao conjunto do corpo). A mesma aceleração na frequência de 100 Hz , apresentaria uma velocidade de $1,6 \text{ cm.s}^{-1}$ e um deslocamento de 25 mm o que implica em movimentos ínfimos (absorvidos por exemplo pela superfície cutânea).

As vibrações complexas ou aleatórias, multifrequenciais e nas quais a amplitude varia em função do tempo, são as mais correntemente encontradas nos meios ocupacionais. Este tipo de vibração pode ser considerado como sendo uma superposição de um certo número, talvez infinito, de vibrações senoidais de frequências e amplitudes diferentes. A análise em frequências do sinal permite identificar o espectro frequencial onde as amplitudes destas vibrações harmônicas são dadas em função das frequências correspondentes. Esta análise frequencial permite a identificação de todos os seus componentes da vibração, em particular das frequências principais ou dominantes.

Um outro tipo de vibração podendo ser encontrado são os choques. Trata-se de variações súbitas, brutais e de curta duração da aceleração. Esses choques se caracterizam pela sua amplitude máxima (A_{max}) e sua duração muito curta.

Da mesma forma que em acústica, utiliza-se seguidamente uma escala logarítmica para definir as vibrações. Assim o nível de vibração é definido por:

$$N = 20 \log \frac{A}{A_0}$$

onde: A_0 é a aceleração eficaz de referência, igual a 10^{-6} m.s^{-2} .

Isso significa que uma aceleração eficaz de 1m.s^{-2} corresponde a 120 dB, e que o dobro desta aceleração corresponde a 126 dB. É importante ressaltar que: se a aceleração de uma máquina dobra, o nível de aceleração aumenta de 6 dB. De outra forma, uma aceleração de $0,1\text{m.s}^{-2}$ corresponde a 100 dB e que 10m.s^{-2} a 140 dB.

O corpo humano considerado como um sistema massa-amortecedor

As sensações produzidas pela aplicação de um estímulo vibratório ao conjunto do corpo humano estão em estreita relação com as propriedades biodinâmicas do corpo humano. O corpo humano (formado por ossos, articulações, músculos e órgãos) não reage uniformemente ao efeito das vibrações com uma única frequência natural, existindo várias frequências naturais nas diferentes partes do corpo.

O corpo humano pode então ser representado por um conjunto de vários sistemas massa-amortecedor, nos quais estão suspensas as massas das estruturas do esqueleto e dos órgãos internos (*Figura 5*). Quando submete-se este sistema a uma excitação senoidal, os movimentos do suporte são transmitidos à massa. Para as baixas frequências, não são observadas grandes modificações, no entanto, com o aumento da frequência de excitação, a massa adquire um movimento cada vez maior comparado com o movimento do suporte que mantém uma amplitude constante, ocorrendo desta maneira uma amplificação do fenômeno. A uma determinada frequência, denominada de frequência de ressonância (f_0), o movimento da massa é muito maior que o do suporte. Além desta frequência, o sistema filtrará estas vibrações quanto mais elevadas forem suas frequências, ocorrendo então uma atenuação da transmissão das vibrações.

A *Figura 1* mostra que em função de suas características próprias, cada parte do corpo ou órgão possui uma frequência de ressonância distinta. Para uma mesma amplitude (ou aceleração) de vibração transmitida, os efeitos sobre um órgão particular são máximos quando a frequência do estímulo corresponde à própria frequência de ressonância daquele órgão ou daquela parte do corpo.

O corpo de uma pessoa na posição sentada reage a vibrações verticais como mostra a *Tabela 3*:

Tabela 3
 Frequência de
 ressonância de
 diferentes partes
 do corpo a
 vibrações verticais

Parte do corpo	Frequência de ressonância
coluna vertebral	5
coluna cervical	3 a 4
coluna lombar	4
ombros	5
cabeça-ombro	20 - 30
tronco	3
membros superiores	5
coxa	9
perna	5
globo ocular	60 - 90
mandíbula inferior	100 - 200

Na maioria dos postos de trabalho pode-se distinguir dois tipos de vibrações: as vibrações **corpo-total**, transmitidas ao conjunto do corpo do trabalhador pelos veículos de transporte (caminhões, pontes rolantes etc.) e as vibrações **manubraquiais**, mais localizadas, transmitidas em particular à mão e ao braço em contato com as máquinas vibrantes.

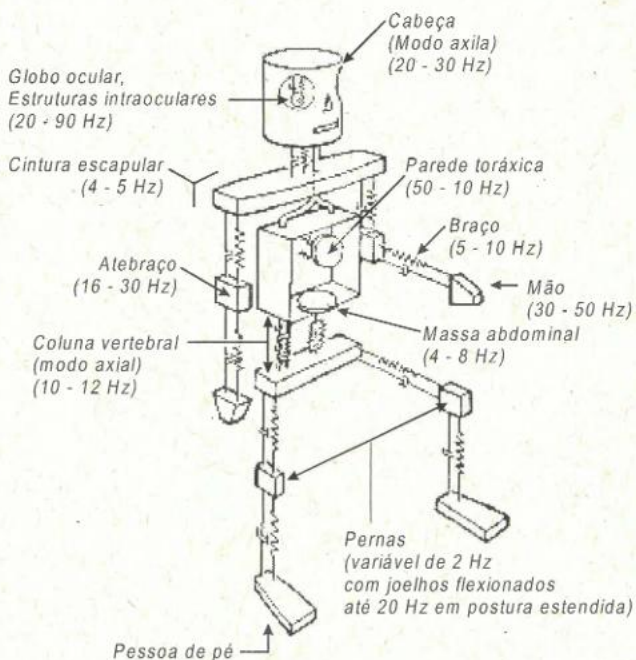


Figura 5 Modelo biomecânico do corpo humano e suas respectivas frequências de ressonância (adaptado de Brül & Kjaer, 1988)

**VIBRAÇÕES
CORPO-
TOTAL**

A percepção das vibrações mecânicas aplicadas ao corpo humano não é assegurada por um receptor único ou específico, tal como o ouvido humano como único receptor dos sons ou vibrações aéreas. Para a percepção das vibrações mecânicas, vários sistemas de receptores sensoriais diferentes estão implicados: os mecanorreceptores cutâneos e outros situados principalmente nos músculos e nos tendões; os receptores situados no ouvido interno, assim como os receptores visuais.

**Receptores
sensoriais
das
vibrações**

A percepção das vibrações de baixa frequência (0 a 20Hz) faz intervir principalmente o sistema vestibular em conjunto com a função visual. Esse sistema vestibular constitui o órgão de equilíbrio e compreende cinco receptores distintos localizados no ouvido interno: três canais semicirculares, o utrículo e o sáculo. Os canais semicirculares são sensíveis à aceleração angular e uma rotação na qual a aceleração atinja $0,1$ a $0,2^\circ.s^{-2}$ é suficiente para induzir uma sensação de rotação. O utrículo e o sáculo são sensíveis à aceleração da gravidade e informam ao cérebro sobre a posição da cabeça. Eles se constituem nos receptores sensíveis à aceleração linear no plano horizontal (utrículo) e vertical (sáculo) e seus limites de sensibilidade é da ordem de $1cm.s^{-2}$.

O sistema visual assegura uma função complementar a dos receptores vestibulares, muito particularmente em nível da parte periférica da retina que serve para detectar o deslocamento de um objeto exterior, ou o movimento do próprio corpo. A informação visual completa os sinais fornecidos pelo sistema vestibular quando o corpo ou a cabeça estão em movimento a uma velocidade constante e a uma aceleração nula, não detectável pelo vestibulo. A informação visual permite igualmente ao cérebro de distinguir a aceleração linear e a inclinação da cabeça, assim como a direção da aceleração detectada pelos receptores vestibulares (aceleração em um sentido ou desaceleração em um outro sentido).

**Sensações
induzidas
pelas
vibrações**

A sensação evocada pelo estímulo vibratório de baixa frequência depende das características físicas deste estímulo tais como da:

- direção da aplicação: os eixos de aplicação foram normalizados no plano internacional (Norma ISO 2631) e são respectivamente eixo Z (vertical), eixo Y (transversal) e eixo X (sagital), conforme a *Figura 6*.
- amplitude: o limite de percepção das vibrações retilíneas no eixo Z é da ordem de $0,01m.s^{-2}$ na mesma gama de frequências 1 a 10Hz. Na mesma faixa, o limite da dor é apenas superior a $10m.s^{-2}$, ou seja, o intervalo entre os dois limites é da ordem de 40 dB, o que corresponde

à terça parte do intervalo existente em acústica entre o limite inferior (0 dB) e o limite da dor (130 dB).

▪ frequência: as vibrações das sensações ressentidas em função da frequência podem ser esquematizadas de seguinte maneira (para um sujeito sentado, submetido a uma vibração no eixo Z de aceleração constante e igual a 1 m.s^{-2} e na qual aumenta-se progressivamente a frequência):

de 0,3 a 0,5 Hz: aparecimento de náuseas se a vibração é aplicada de maneira contínua durante alguns minutos. Trata-se do clássico “Mal dos Transportes” e em especial do “Mal do mar”, que é induzido pela excitação do vestíbulo do ouvido interno.

de 1 a 2 Hz: as sensações de náuseas desaparecem progressivamente. Uma sensação de relaxamento pode substituí-las (efeito soporífico como o de ninar um bebê).

de 3 a 4 Hz: aparecimento de uma sensação vibratória no abdômen, no peito e nos ombros.

de 4 a 8 Hz: a sensação torna-se francamente desagradável; isto explica-se por esta faixa corresponder à frequência de ressonância média do corpo inteiro.

de 9 a 10 Hz e além: a sensação torna-se menos intensa, mas nota-se um tremor nos tecidos da visão e do pescoço, levando o indivíduo a ter dificuldades com a visão (diminuição da acuidade visual).

de 13 a 20 Hz: possibilidade de dores de cabeça e de problemas de locução.

Efeitos imediatos das vibrações sobre o corpo humano

- Hiperventilação pulmonar: este fato é observado para vibrações compreendidas entre 2 e 10 Hz e muito particularmente nas imediações de 6 Hz, que é a frequência de ressonância do conjunto tórax-pulmões.
- Problemas visuais (diminuição da acuidade visual): é fácil de perceber que a aplicação de uma vibração, seja ao observador ou ao objeto focalizado, pode alterar a percepção visual. A degradação da tomada de informações visuais não é equivalente nas duas situações, pois a estabilização da imagem sobre a retina depende de dois mecanismos de regulação diferentes: de uma parte, o reflexo oculovestibular e de outra, a atividade motriz ocular do tipo voluntário. Quando a cabeça efetua

um movimento, o reflexo oculovestibular intervêm para deslocar os globos oculares no sentido inverso do movimento da cabeça e assim manter a imagem do objeto exterior imóvel, estável sobre a retina. Quando o indivíduo está exposto às vibrações "corpo-total" este mecanismo permanece eficaz para frequências inferiores a 10Hz. Ao contrário, quando um indivíduo imóvel deve seguir com os olhos um objeto deslocando-se no espaço, ele faz intervir sua atividade oculomotriz voluntária. Esta atividade de "perseguição" visual é eficaz desde que a frequência vibratória do alvo não ultrapasse 2Hz. Esses problemas visuais vão provocar um efeito desfavorável na realização de determinadas tarefas como o aumento do tempo necessário de execução e o aumento dos erros de execução. Quando o trabalho requer um controle apurado da posição das extremidades corporais, as vibrações terão um efeito negativo suplementar, perturbando os movimentos de precisão da mão e do braço.

- Ação denominada central: a tradução deste efeito central, seria a fadiga associada a uma exposição prolongada às vibrações. Fadiga geral e prolongamento do tempo de reação, são efetivamente consequências normais de uma longa viagem em um veículo, contudo ninguém ainda estabeleceu que isto trata-se de um efeito exclusivamente devido à exposição prolongada do corpo inteiro às vibrações de baixa frequência. Os resultados de alguns trabalhos nessa área serviram de base na publicação da norma ISO 2631 (1978).

NORMA ISO 2631

Várias pesquisas tentaram determinar os valores limites de aceleração para diferentes frequências por diferentes critérios. A primeira tentativa foi de procurar curvas de "isosensação" correspondendo aos limites de percepção ou às impressões subjetivas tais que: intolerável, máxima tolerável, irritante etc. Obteve-se então gráficos simplificados de curvas limites, pois estas não refletiam grau de sensação real, ou seja, não consideravam os diversos fatores subjetivos das sensações que estão diretamente ligados a numerosos outros fatores, tais como: a postura, o ponto de aplicação, o grau de contração muscular, os hábitos individuais, sua motivação, seus problemas eventuais, a terminologia empregada etc.

O Comitê ISO estudou o problema e redigiu um documento denominado "*Guia para a estimação da exposição dos indivíduos à vibrações globais do corpo*" (ISO 2631), com o objetivo de facilitar a avaliação e comparação dos dados levantados em pesquisas na área e, também, para servir de guia quanto aos limites permissíveis de exposição do homem à vibração. Pode-se estimar que este guia traduz melhor os conhecimentos atuais e apresenta como consequência um critério mais

confiável. Este documento propõe para uma gama de frequências de 1 a 80Hz, os valores limites RMS de aceleração para o tempo de exposição compreendido entre 1 minuto e 8 horas. Estes valores diferem por um coeficiente constante, segundo o critério escolhido. Estes limites, baseados principalmente em estudos com pilotos de avião e motoristas, foram estabelecidos visando a preservação do conforto, saúde e segurança do operador e sua eficiência no trabalho. São denominados “limite de redução de conforto”, “limite máximo de exposição” e “fadiga-limite de redução de proficiência”, respectivamente. A escolha do limite para avaliação depende do tipo de tarefa executada e da situação de trabalho que se quer avaliar. Se o objetivo principal é garantir a eficiência do trabalho de um motorista, deve-se usar como limite o que estiver sob critério “fadiga-limite de redução de proficiência”, no que concerne os passageiros, o critério deve ser o “limite de redução de conforto”. Os limites de vibração de preservação de eficiência no trabalho são os menos rígidos. Logo a seguir, vêm os limites máximos de exposição quanto a saúde e segurança, sendo que os mais rigorosos, portanto os que aceitam os menores níveis de vibração, são os limites para o critério de preservação de conforto. Mais detalhadamente, os três critérios propostos são:

fadiga

Os valores limites propostos são tais que, o risco de afetar a capacidade de trabalho na maior parte das tarefas seja reduzido ao mínimo, particularmente naquelas onde os efeitos dependem do tempo (fadiga) e comprometem de maneira notória a performance, como por exemplo no caso da condução de veículos. Em condições extremas de ambiente desfavoráveis e de imperativos gerados pela tarefa, estes valores podem ser corrigidos por um multiplicador constante:

- tarefas de percepção que requerem grande destreza manual: $k = 0,25$ ou -12 dB;

- trabalhos manuais grosseiros: $k = 1,4$ ou $+3$ dB.

conforto

Os valores limites a observar, no sentido de assegurar um conforto razoável para sujeitos expostos de maneira intermitente quando da execução de atividades não domésticas (passageiros de transportes em comum, indústrias, ...), deveriam estar em torno de 3 vezes mais fracas ($k = 0,33$, ou -10 dB) que as definidas acima relacionadas com a fadiga. Esses valores não devem ser confundidos com os valores toleráveis em construções habitacionais; estes últimos deveriam estar próximos do limite de percepção e o fator de correção poderia ser tão fraco como $k = 0,032$ ou -30 dB.

saúde

Trata-se aqui de valores tais que, após um certo número de anos de exposição rotineira, os sujeitos expostos e em boa saúde não demonstram nenhuma deterioração irreversível do seu estado de saúde. Os limites propostos são iguais a 2 vezes ($k = 2$ ou $+6$ dB) os valores limites para o critério fadiga (em torno da metade dos valores ao limite da dor).

Os gráficos da *Figura 6* indicam os valores limites segundo o critério fadiga, em nível de aceleração por bandas de terças de oitavas, no eixo vertical Z (coluna vertebral) e para os eixos X e Y, para as durações limites de exposição de 1 minuto a 8 horas de exposição contínua e em função da frequência e do tempo de exposição.

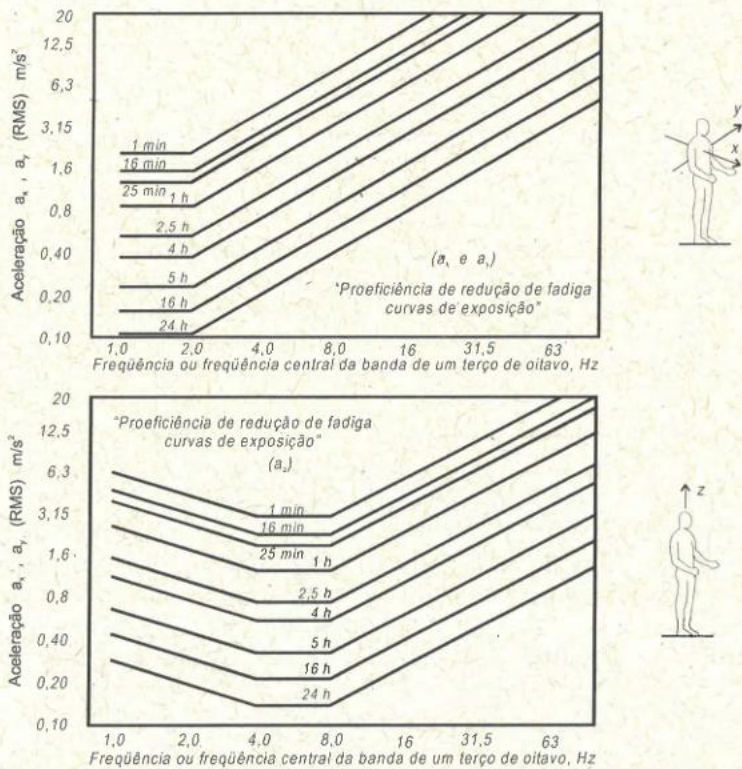


Figura 6
Gráficos de valores limites de exposição para o critério fadiga (ISO 2631), (adaptado de Brüel & Kjaer, 1988)

Efeitos a longo prazo

A longo prazo outros efeitos podem ser observados tais como:

- interferência com a respiração, principalmente com vibrações entre 1-4Hz;
- dor no corpo e abdômen, reações musculares, ranger de dentes com vibrações entre 8-12Hz;
- tensão muscular, dores de cabeça, dores oculares, dores de garganta, perturbação da fala, irritação dos intestinos e rins a frequências entre 10-20Hz;

A exposição diária pode levar a danos físicos, tais como:

- deslocamento dos órgãos internos;
- estiramento dos ligamentos de suporte dos grandes órgãos, provocando danos aos tecidos e aparecimento de traços de sangue na urina;
- dores lombares e abdominais;
- hemorróidas;
- prejuízo ao sistema auditivo.

Risco dorso-lombar: existe um número elevado de publicações que estabeleceram relações de uma incidência elevada de lesões dorso-lombares e de lombalgias em grupos profissionais expostos a vibrações “corpo-total” como: em condutores de máquinas em canteiros de obras, de tratores agrícolas, de caminhões e ônibus, de guindastes e de pilotos de helicópteros.

No caso de tratoristas, por exemplo, que estão submetidos a vibrações de baixa frequência (2 a 4Hz), Rosegger e Rosegger (1960) concluíram que para uma população de 371 tratoristas agrícolas, com idade média de 26 anos, 71% apresentava anomalias na coluna lombar e torácica comuns em exposição a frequências de 2 a 20Hz, assim como problemas do aparelho digestivo e trato urinário. Isto, porque as vibrações verticais acarretam movimentação das vísceras que estão presas às paredes internas do abdômen e tórax por meio de tecidos bastante frágeis. No caso de exposição a vibrações importantes, pode haver ruptura dos vasos sanguíneos mesentéricos. Os movimentos da massa torácico-abdominal estão relacionados também à frequência de ressonância do fígado (entre 4 e 8Hz) e estômago (4 e 5Hz).

Todavia, esse estudo e a maior parte dos outros trabalhos publicados são de natureza retrospectiva e os critérios dos diagnósticos utilizados foram mal definidos e muito variáveis de um estudo a outro. Assim, as conclusões tiradas quanto ao papel da condução de um veículo ser um

fator determinante de lesões dorsais são de difícil precisão, pois nada consideram com relação à influência das tarefas desenvolvidas de manutenção manual associadas ao carregamento e descarregamento de caminhões.

Somente um estudo epidemiológico americano controlado (Kelsey e Hardy, 1975) trouxe alguma luz sobre a relação entre a morbidade observada e a condução de um veículo. Estes autores observaram que o risco de hérnia discal era multiplicado por três entre sujeitos conduzindo um veículo durante mais de 50% de sua jornada diária de trabalho. Desde então, o aumento do risco de patologias dorso-lombares relacionados à condução de veículos foi confirmado por outros estudos (Frymoyer, 1983 e Kelsey *et al.*, 1984).

Pode-se considerar que a importância do risco para um condutor de veículos é função :

- do tipo de veículo e das propriedades de atenuação do sistema de suspensão. Por exemplo: a uma quilometragem equivalente, os condutores de veículos de turismo, e motoristas de táxi, estão expostos a um risco menor que os motoristas de veículos pesados onde observa-se acelerações mais elevadas (Tabela 4).
- da transmissibilidade do assento. O assento deve ter também uma frequência de ressonância a mais baixa possível (inferior a 4Hz), de maneira a atenuar as vibrações verticais (no eixo Z) transmitidas pelo veículo na faixa de frequências de 4 a 8Hz onde se encontra a frequência de ressonância do tronco no ser humano.
- da velocidade do veículo.
- da qualidade do pavimento.
- da postura do condutor: uma leve inclinação da coluna para trás (105° a 110° com relação ao plano horizontal) e a utilização de um suporte lombar contribui para uma diminuição da carga na coluna (Troup, 1978).

Tabela 4 Nível de vibração em função do tipo de veículo (segundo Berthoz, 1981)

Tipo de veículo	Frequências preponderantes (Hz)	Amplitudes habituais (eixo Z) (m.s ⁻²)
Automóveis	0,8 a 1,3 e 9 a 12	0,5 a 1
Pesos pesados	1,5 a 4 e 8 a 12	0,8 a 2
Pesos pesados c/ reboque		0,8 a 4
Ônibus	1,3 a 2 e 8 a 12	0,8 a 2
Tratores Agrícolas	2 a 4	0,4 a 2,5

Vibrações manobraquiais

Características biomecânicas do sistema manobraquial

Do ponto de vista mecânico, o sistema manobraquial, assim como o corpo humano, possui características dinâmicas determinadas por massas, molas e amortecedores dos elementos que o constitui, como por exemplo: as estruturas ósseas, os grupos musculares, os vasos sanguíneos etc.). Logo, um sistema manobraquial pode ser representado por várias massas (graus de liberdade); a título de exemplo, a *Figura 7* representa o sistema de duas massas proposto por Rasmussen (1988).

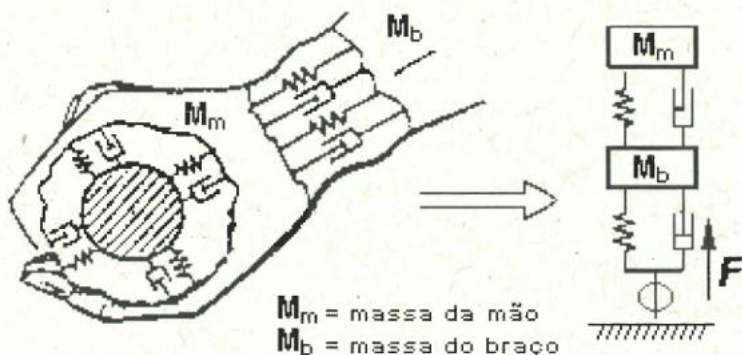


Figura 7 Modelo do sistema mão-braço (segundo Rasmussen, 1988)

Resposta dinâmica do sistema dedo-mão-braço

Vários estudos foram realizados em laboratório com relação à resposta dinâmica do sistema dedo-mão-braço e uma grande variedade de modelos dinâmicos foram propostos para caracterizar a resposta deste sistema (Reynolds e Soedel, 1972; Reynolds e Falkenberg, 1982; Lundström, 1984; Hempstock e O'Connor, 1986; Burström, 1990). A aproximação mais clássica desta resposta dinâmica é dada pela impedância mecânica da mão e do braço segurando um punho, ou seja, a resistência dinâmica que o sistema mão-braço opõe ao movimento imprimido por um estímulo vibratório.

Desta forma, pode-se concluir que:

- para frequências superiores a 80Hz, a impedância é função das características dos tecidos moles da palma da mão;
- para as frequências inferiores a 80Hz, a impedância é determinada pela mão e sua massa ($\cong 0,50\text{kg}$);
- e para as frequências inferiores a 30Hz, a massa do braço é um fator determinante (Rasmussen, 1988).

Todavia, esta impedância varia de maneira muito importante entre sujeitos e é função das condições de trabalho: segundo Burström

(1990) e Griffin (1990) ela depende da força de prensão, do eixo de exposição às vibrações, da amplitude da estimulação, da força de pressão, da postura do sistema manubraquial e de outros fatores individuais. Estas diferenças desempenham um papel ainda mais importante quando da análise da transmissão da vibração em nível dos dedos. Os dedos são estruturalmente diferentes do restante da mão, oferecendo uma impedância mais baixa, e logo uma transmissão mais importante, que a superfície palmar (Griffin, 1990). A frequência de ressonância se situa entre 80 e 200Hz segundo a parte da pele que foi excitada: 80Hz em nível da eminência tenar e 200Hz na extremidade dos dedos (Lundström, 1984).

Transmissibilidade das vibrações no sistema manubraquial.

A transmissibilidade de um sistema está em relação direta entre a força transmitida ao corpo e a força excitadora sendo função da frequência. A transmissibilidade é definida pela equação:

$$T = \frac{f}{1 - \frac{f^2}{f_0^2}}$$

onde: f é a frequência excitadora e f_0 a frequência de ressonância.

Como consequência do exposto com relação às frequências de ressonância acima, deve-se concluir que a mão e o punho agem como um filtro *by-pass* e que a maior parte da energia vibratória é dissipada na região do carpo, metacarpo e falanges.

Portanto:

- as vibrações de baixa frequência (< 50Hz) são essencialmente transmitidas à mão e ao antebraço;
- nas frequências superiores a 50Hz, a transmissibilidade ao longo do membro superior diminui rapidamente com o aumento da frequência e da distância com relação à fonte de vibração;
- nas frequências superiores a 100Hz, as vibrações são absorvidas pelos tecidos moles da mão;
- acima dos 700Hz, somente uma pequena parte da energia vibratória vai além das articulações dos dedos (Gemne *et al.* 1993).

Classificação das ferramentas vibrantes

As ferramentas vibrantes podem ser classificadas em função de seu espectro freqüencial. Segundo Bitsch *et al.* (1986) pode-se distinguir:

- as ferramentas de roto-percussão (perfuradoras de rochas, de percussão etc.)
- as ferramentas de percussão (britadeiras, martelos pneumáticos etc.)
- as ferramentas alternativas (serra circular, lixadeiras etc.)
- as ferramentas rotativas (polidoras, serras elétricas manuais etc.)

Existem outros tipos de classificações como a de Takamatsu *et al.* (1982), a qual é função da fonte de energia pneumática ou elétrica e segundo a freqüência dominante maior ou menor que 50Hz (Tabela 5).

FERRAMENTAS VIBRANTES		
Tipo	Freqüência dominante < 50 Hz	Freqüência dominante > 50 Hz
Ar comprimido	Perfuradora de rochedo (40-50 Hz)	Vibrador (125 Hz)
	Quebra-concreto (16-31,5 Hz)	Lixadeira (200 Hz) Polidora (200 Hz)
Elétricas		Vibrador (160-200 Hz) Lixadeira (160 Hz)

Tabela 5
Classificação das ferramentas vibrantes segundo Takamatsu (1982)

Medição das vibrações manobraquiais (norma ISO 5349)

A metodologia de medição das vibrações manobraquiais é definida pela norma ISO 5349 (1986). Essa norma propõe igualmente uma fórmula permitindo a predição do risco de comprometimento vascular em função das condições de exposição (amplitudes, durações, ...).

As principais indicações para a medição são:

- medição sobre o punho da máquina vibrante;
- por intermédio de um acelerômetro triaxial colocado o mais próximo possível da mão do operador;
- segundo os três eixos ortogonais: X, Y e Z, definidos na figura A8;
- na gama de freqüências de 5 a 1400Hz;
- por meio de um filtro de ponderação freqüencial normalizado, filtro *by-pass* de freqüência de corte igual a 16Hz e apresentando uma atenuação de 6 dB por oitava (Figura 9);

- por bandas de 1/3 de oitava centradas de 6,3 a 1250Hz, ou por bandas de oitavas centradas de 8 a 1000Hz;
- medição da aceleração eficaz (RMS) ponderada em $(m.s^{-2})$ por 1/3 de oitavas, por oitavas ou globalmente durante um intervalo de tempo "representativo" da atividade real do trabalhador;
- consideração dos 3 valores de aceleração por eixo X, Y ou Z separadamente.

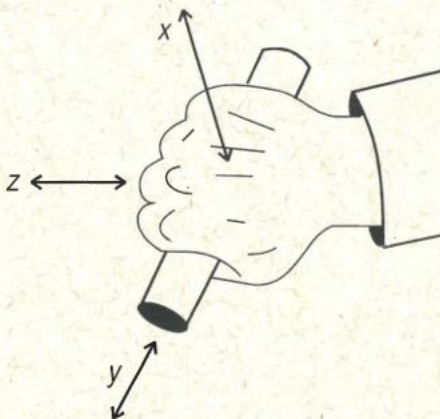


Figura 8 Eixos ortogonais segundo ISO 5349, adaptado de Griffin (1997)

Considerações sobre a norma

A norma ISO 5349 constitui-se em um progresso considerável para a coleta sistemática de dados com relação à exposição às vibrações e à previsão do risco ligado às vibrações. Todavia, alguns aspectos permanecem discutíveis:

- os eixos ortogonais X, Y e Z são considerados separadamente e com o mesmo peso, sugerindo que os efeitos provocados são independentes da direção das vibrações. Isso não parece corresponder à realidade, pois a direção das vibrações transmitidas às mãos pode desempenhar um papel importante na severidade dos efeitos fisiológicos (Thiede *et al.*, 1992; Griffin, 1997);
- na prática, seria mais lógico basear a interpretação na aceleração resultante (A_R) definida pela expressão:

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

onde A_x , A_y e A_z são as acelerações eficazes ponderadas nos três eixos;

- o filtro de ponderação proposto é criticável. Além disso, ele é o mesmo não importando o efeito desejado (conforto, segurança, saúde) e isto para os três eixos.

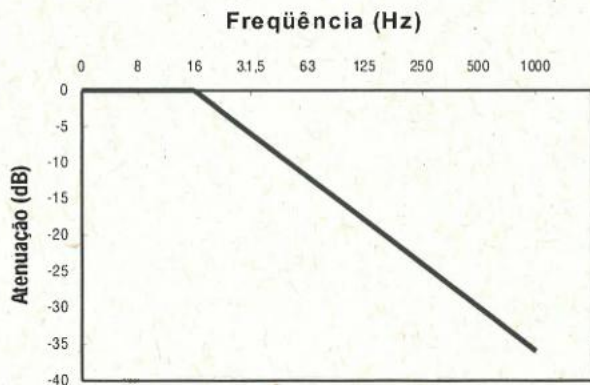


Figura 9 Filtro de ponderação frequencial segundo a norma ISO 5349 (adaptado de Amaral, 1999)

- a norma não leva em conta certos fatores importantes na transmissão das vibrações como a força de preensão, a força de pressão, as diferenças na posição das mãos, o tipo de máquina etc. (Griffin, 1997).

Vibrações manobruquiais no meio profissional e as repercussões sobre a saúde

A exposição sistemática e prolongada às vibrações manobruquiais no meio profissional pode, a longo prazo, ocasionar diferentes efeitos. Esses efeitos vão desde sensações desagradáveis ou desconfortáveis, até mesmo dolorosas, a alterações fisiológicas que podem favorecer o aparecimento de certas patologias, principalmente nos membros superiores. Essas manifestações compreendem espasmos vasculares excessivos nos dedos (induzidos pelo frio), disfunçamentos neurosensoriais nas mãos e problemas musculoesqueléticos. Todas essas manifestações são globalmente designadas pela denominação inglesa "Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS)" e que cobre todo o conjunto de lesões circulatórias, neurológicas periféricas e musculoesqueléticas podendo aparecer entre os trabalhadores expostos.

Essas lesões, de diferentes naturezas, podem apresentar-se independentemente umas das outras e os mecanismos exatos pelos quais as vibrações afetam as artérias digitais, os nervos periféricos e o sistema musculoesquelético, permanecem ainda obscuros.

Lesões osteoarticulares

As lesões dessa natureza estão ligadas, entre outros fatores, às vibrações inferiores a 50Hz. As vibrações se transmitem mais longe quanto mais baixa for a sua frequência. Elas são transmitidas em geral, por exemplo, por máquinas de percussão (martelos pneumáticos leves e pesados, rebidadeiras, ...) encontradas nos setores da construção civil, de mineração, de siderurgia, automobilístico e aeronaval.

As lesões osteoarticulares são principalmente de quatro tipos: cistos ósseos (observados em trabalhadores executando tarefas manuais);

artrose correlacionada ao trabalho (observada em nível dos cotovelos), causadora também de limitações dos movimentos de supinação, pronação, flexão e extensão dos punhos; Doença de Köhler (caracterizada por microfraturas do escafoide provocadas por choques mecânicos de origem vibratória) provoca dores quando da realização de movimentos de flexão e desvios radiais do punho e a Doença de Kienböck, conhecida também por necrose do semilunar (caracterizando-se pela descalcificação dos ossos do carpo com o comprometimento do semilunar), que provoca dores no punho, incômodas para os expostos à vibração sem traumatismo evidente, provocando ainda limitação dos movimentos especialmente a extensão.

As patologias osteoarticulares são relatadas mais freqüentemente entre os trabalhadores utilizando máquinas vibrantes e isto conduziu à hipótese de uma relação dose-efeito em estudos relatados na literatura geral. Todavia, existem dúvidas razoáveis que confirmam uma relação genérica para todas estas lesões e a exposição às vibrações. De uma maneira geral, é necessário ressaltar que as máquinas à percussão expõem o trabalhador, não somente a amplitudes de vibração importantes, mas também a esforços físicos consideráveis. Assim, as vibrações e a carga de trabalho poderiam agir em combinação para provocar estes tipos de lesões. Assim, uma relação dose-efeito não pode ser estabelecida. Todavia, estas patologias são reconhecidas como doenças ocupacionais em países como a Bélgica, a França, a Alemanha e a Itália.

Lesões vasculares

As lesões vasculares estão relacionadas com a exposição às vibrações emitidas por máquinas de freqüência dominante situada entre 50 e 300Hz, como as motosserras e as lixadeiras. Estes problemas, essencialmente vasomotores, são amplamente reconhecidos como associados às vibrações manubraquiais.

A Síndrome de Raynaud causada pela exposição às vibrações ou a Síndrome do Dedo Branco (*Vibration Induced White Finger - VWF*) representa a patologia mais reconhecidamente associada às vibrações. Ela se traduz por um espasmo arterial em nível de uma falange, de um dedo e da palma da mão, combinado com manifestações neurológicas do tipo hipoestesia ou a sensação de "dedo morto" (*Figura 10*). Este fenômeno se manifesta de maneira unilateral ou bilateral e assimétrica. Ele se localiza sobretudo nos três dedos médios (o polegar é normalmente poupado) da mão mais exposta às vibrações e a maneira de segurar a máquina vibrante nas mãos determina o comprometimento preferencial de certos dedos.



Figura 10
Sintomas de VWF
(adaptado de
Atlas Kopco, 1988)

A prevalência de VWF é muito variável segundo o ramo profissional considerado e os tipos de máquinas vibrantes utilizadas. Takamatsu *et al.* (1982) relatam, em um vasto estudo no Japão, prevalências variando de 0,6 a 84,0%, sendo a mais elevada observada entre operadores de martelos pneumáticos em pedreiras e a mais baixa entre usuários de polidoras.

Essa síndrome apresenta alguns cofatores etiopatogênicos responsáveis pelo seu desenvolvimento, tais como: o tabaco (Ekenvall e Lindblad, 1989, Petersen *et al.*, 1995) e a exposição a compostos químicos como o cloreto de vinila (Carpentier *et al.*, 1984). O frio contribui de maneira essencial para o aparecimento da Síndrome de Raynaud entre os expostos às vibrações (Lasfargues, 1990, Gemne *et al.*, 1993). Porém, ainda não foi provado que o frio esteja na origem das alterações vasculares propriamente ditas; Futatsuka *et al.* (1992) mostraram que os problemas circulatórios após a exposição às vibrações também se manifestam entre os trabalhadores das florestas tropicais. Da mesma forma, Gemne *et al.* (1993), atestam que outros fatores restritivos como o ruído e o trabalho pesado (peso da máquina associado a posturas desfavoráveis) também não estão correlacionados com o aparecimento da síndrome.

Lesões neurológicas

As lesões neurológicas, com origem na exposição prolongada às vibrações manobraquiais, iniciam-se pela ação das vibrações sobre os receptores sensoriais cutâneos (localizados na pele glabra dos dedos das mãos - mecanoreceptores, termoreceptores e nociceptores) e sobre fibras nervosas periféricas, porém sem comprometimento do Sistema Nervoso Central (SNC). Elas se caracterizam, a curto prazo, por uma certa perturbação em nível das terminações dessas nervosas sensitivas (anestesia ou perda de sensibilidade) e que são descritas pelos trabalhadores como formigamentos e inchaços nos dedos das mãos.

De acordo com a frequência e a intensidade das vibrações, a detecção sensitiva e nociceptiva pode ser mais ou menos perturbada. Esta redução da sensibilidade de percepção é evidenciada pela elevação dos limites de sensibilidade de percepção às vibrações (*Vibration Perception Threshold – VPT*) e da sensibilidade térmica (frio e calor). Ela constitui-se então em uma diminuição dos mecanismos de proteção do corpo (riscos de queimaduras, ferimentos, ...). Além disso, as vibrações provocam um aumento da força de prensão durante a manutenção da ferramenta vibrante na mão, tendo como consequência o aumento da exposição às vibrações e do risco de desenvolvimento de problemas osteoarticulares, musculotendinosos e neurológicos (Armstrong *et al.*, 1987). A longo prazo, pode configurar-se por um ataque generalizado da inervação da mão, suscetível de comprometer a discriminação tátil, a destreza manual (principalmente pela dificuldade de execução de gestos finos), da coordenação óculo-manual (Martin *et al.*, 1988) e da força muscular (Färkkilä, 1978; Färkkilä *et al.* 1980, 1986) e ainda problemas de insônia. Entre os sujeitos sofrendo de polineuropatia, a exposição às vibrações manubraquiais pode acelerar o aparecimento dos sintomas e aumentar a sua severidade (Hagberg *et al.*, 1986).

Lesões podendo ser associadas às vibrações: Síndrome do Canal Carpiano (SCC)

A Síndrome do Canal Carpiano representa a patologia neurológica mais importante em nível do punho, podendo ser observada entre os trabalhadores executando movimentos repetitivos e utilizando máquinas vibrantes; porém, ainda não foi estabelecida uma relaçãonexo-causal entre a exposição às vibrações e a SCC. Essa síndrome é causada pela compressão do nervo mediano no túnel do carpo, ligada a inflamação dos tendões e músculos flexores dos dedos da mão que atravessam o túnel do carpo. Ela provoca tipicamente parestesias noturnas nos três primeiros dedos e na metade do quarto (o primeiro dedo sendo o polegar) com inchações e às vezes dor. Alguns autores, como Chatterjee *et al.* (1982), Färkkilä *et al.* (1988), Delgrosso e Boillat (1991) e Bovenzi *et al.* (1991) relacionam prevalências elevadas de SCC entre os trabalhadores expostos às vibrações. Na realidade, essa síndrome se apresenta classicamente entre as pessoas que executam tarefas repetitivas, com esforços de prensão e amplitudes de movimento importantes do punho, com ou sem máquinas vibrantes. Certas tarefas com as máquinas vibrantes exigem posturas desfavoráveis e penosas para o punho, com esforços consideráveis de prensão para manter e controlar a máquina na mão, o que poderia favorecer o desenvolvimento de uma SCC. Esse efeito favorecendo a atividade profissional foi demonstrado por Cannon *et al.* (1981). Contudo, segundo Bovenzi *et al.* (1991) a prevalência de SCC aumenta com a dose de vibração.

Avaliação do risco de VWF segundo a norma ISO 5349

A título de ilustração, a norma ISO 5349 propõe um método simples para avaliar a relação dose-efeito entre a exposição às vibrações e o desenvolvimento de problemas vasculares (VWF). O método é derivado dos resultados de aproximadamente 40 estudos sobre trabalhadores expostos às vibrações manobraquiais durante períodos de tempo de até 25 anos. A *Figura 11* e a *Tabela 6* mostram a duração de exposição necessária antes da manifestação dos sintomas vasculares (branqueamento dos dedos), em função do valor eficaz (RMS) ponderado de aceleração equivalente durante 4 horas por dia ($A_{eqw(4)}$) em $m.s^{-2}$, segundo o eixo dominante de exposição, para certos percentis da população exposta. Os valores da *Figura 7* concernem uma exposição regular diária e as curvas fornecem a duração de exposição em anos antes dos episódios de branqueamento dos dedos para 10, 20, 30, 40 e 50% da população de trabalhadores expostos.

É importante observar que esta avaliação diz respeito unicamente ao risco de problemas vasculares. Segundo Kilhberg *et al.* (1995), um único filtro de ponderação freqüencial não pode ser válido ao mesmo tempo para efeitos vasculares, neurológicos, musculoesqueléticos e psicofisiológicos. Com relação a esta predição do risco vascular, Gemme *et al.* (1993) chamam a atenção sobre o fato que os estudos epidemiológicos de base não consideravam o histórico clínico nem as diferenças de métodos, processos e organização do trabalho (parâmetros ergonômicos) dos sujeitos. Desta forma, as interpolações, extrapolações e simplificações realizadas invalidariam o modelo.

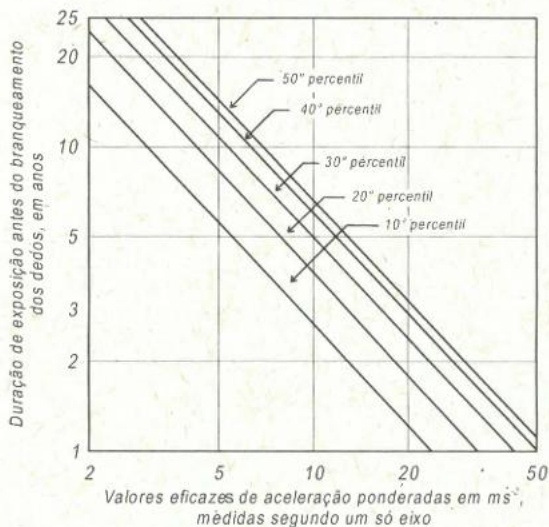


Figura 11
Duração de exposição para diferentes percentis da população exposta às vibrações manobraquiais segundo os três eixos (ISO 5349)

Tabela 6 Duração da exposição em anos para os diferentes percentis da população em função de várias acelerações ponderadas

Aceleração equivalente ponderada A_{eqw} (4) (m.s ⁻²)	Percentil da população de expostos				
	10	20	30	40	50
	Tempo de exposição (anos)				
2	15	23	> 25	> 25	> 25
5	6	9	11	12	14
10	3	4	5	6	7
20	1	2	2	3	3
50	< 1	< 1	< 1	1	1

A exposição às vibrações manobraquiais e os efeitos sensitivos e funcionais

Os efeitos neurológicos de ordem sensitiva e funcional podem se manifestar a longo prazo ou a curto prazo, segundo uma exposição de curta duração às vibrações.

Efeitos neurológicos resultando de uma exposição a longo prazo às vibrações

Força Muscular: a exposição prolongada às vibrações leva a uma diminuição da força muscular. Esta diminuição de força foi observada pela primeira vez entre os lenhadores finlandeses (Färkkilä, 1978). Em um estudo longitudinal de dois anos contando com 63 lenhadores expostos às vibrações, Färkkilä *et al.* (1986) observaram uma diminuição da força de prensão de 21% entre os sujeitos apresentando problemas vasculares (VWF) com relação a 5% somente entre os sujeitos sãos. Eles emitiram a hipótese que a exposição a longo prazo às vibrações conduziria a uma diminuição da força muscular e que esta seria secundária em relação aos problemas vasculares e/ou neurológicos. Os mesmos autores em 1982 sugeriram a existência de uma relação dose-resposta entre a duração da exposição às vibrações (em anos) e a diminuição da força, esta só aparecendo para durações de ao menos 5000 horas e a severidade dos sintomas sendo tanto mais importantes quanto os antecedentes de exposição são elevados.

A diminuição da destreza manual: a perda da destreza manual como consequência a longo prazo da exposição às vibrações manobraquiais, foi pouco estudada. Banister e Smith (1972) evidenciaram a existência de perdas de destreza quando de prensões digitais finas entre profissionais usuários de motosserras. Os resultados do teste do Purdue Pegboard (teste que serve para medir a destreza manual) entre os sujeitos expostos às vibrações apresentaram-se significativamente inferiores para a mão dominante que para os não expostos.

Efeitos neuro-fisiológicos após uma exposição de curta duração às vibrações

Uma exposição de curta duração às vibrações provoca uma variação temporária da sensibilidade. Estes fenômenos sensitivos anormais se manifestam por inchações, formigamentos e mais raramente por dores. Essa variação temporária tem uma relação direta com a diminuição da excitabilidade dos receptores sensoriais cutâneos da mão, como consequência principal a diminuição da percepção às vibrações e da sensibilidade térmica. Além disso, outros efeitos, não necessariamente em relação com os receptores, podem se manifestar como deterioração da destreza manual, incluindo a coordenação oculomanual.

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Sob condições climáticas adversas, o ser humano pode ser impedido de manter a homeostasia e, se ele não conseguir recuperar seu equilíbrio físico e mental, o resultado pode comprometer suas atividades, ou pior, pode ser desastroso para sua saúde. O efeito do clima sobre o ser humano é, portanto, de considerável importância. Mas já que não se pode controlar as condições climáticas exteriores, cabe ao ergonomista estabelecer os critérios para melhoria das condições climáticas de interiores, de modo que as pessoas sintam-se bem em seu espaço. A sensação agradável vai depender da ventilação do ambiente e do conforto térmico.

Ventilação e qualidade do ar

Para condições de conforto com a ventilação, deve-se considerar a norma ANSI/ASHRAE Standard 62 (ASHRAE, 2001) "*Ventilation For Acceptable Indoor Air Quality Transfer*" que referencia as condições de ventilação mínimas aceitáveis para ocupação humana em ambientes fechados. Segundo esta norma, as concentrações do ar inflado em ambientes fechados deve contemplar:

Concentrações mínimas: 7,5L/s (15cfm) e 6m³ por pessoa;

Concentrações para conforto: 14L/s (30cfm) e 6m³ por pessoa, segundo Yaglou, Riley e Coggins (1936); Cain *et al.* (1983); Fanger (1970); e Janssen (1986).

Deve-se notar que a renovação do ar deve ser feita com ar de boa qualidade. Se o ar externo não é bom, o sistema de ar condicionado deve filtrar o ar.

Conforto térmico

Uma definição de conforto térmico que é amplamente aceita é a de satisfação com o ambiente térmico (ANSI/ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 1992)) e, apesar da definição deixar em aberto o que é satisfação, fica implícito que o julgamento de conforto é influenciado por questões físicas, fisiológicas, psicológicas, entre outras. Apesar das

diferenças individuais, de vestimenta e do trabalho sendo realizado, a Norma Regulamentadora 17 (MTE, 2004) deixa claro que:

17.5.1 As condições ambientais de trabalho devem estar adequadas às características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado.

17.5.2. Nos locais de trabalho onde são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios, escritórios, salas de desenvolvimento ou análise de projetos, dentre outros, são recomendadas as seguintes condições de conforto:

- a) níveis de ruído de acordo com o estabelecido na NBR 10152, norma brasileira registrada no INMETRO; (117.023-6 / I2)*
- b) índice de temperatura efetiva entre 20°C (vinte) e 23°C (vinte e três graus centígrados); (117.024-4 / I2)*
- c) velocidade do ar não superior a 0,75m/s; (117.025-2 / I2)*
- d) umidade relativa do ar não inferior a 40 (quarenta) por cento. (117.026-0 / I2)*

A norma ANSI/ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 1992) "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy" que regulamenta as condições térmicas ambientais para o conforto humano, estabelece os parâmetros de projeto considerando duas situações: de inverno e verão:

Para atividades no inverno: temperatura de bulbo seco 18 a 22°C; 45 a 60% de umidade relativa;

Para atividades no verão: temperatura de bulbo seco 23 a 27°C, 45 a 60% de umidade relativa.

Além disso, faz-se imprescindível variações da temperatura ao longo do dia de forma a atender às necessidades do corpo humano. Recomenda-se a utilização de um sistema de controle de conforto térmico, de maneira que a variação da temperatura possa acompanhar as variações do organismo em função do ritmo biológico e do tipo de atividade realizada durante a jornada de trabalho dos usuários, ou seja, que esta seja incrementada ao longo da manhã, sendo mais intensa próximo das 12 horas, diminuindo de intensidade no decorrer da tarde. Esta modulação acompanha não só o ritmo biológico como também, as variações de temperatura durante o dia.

O corpo humano tem seus próprios mecanismos de produção de calor. O calor gerado pela atividade metabólica excede o necessário para manter a temperatura do corpo em seu nível normal, de aproximadamente 37° Celsius, o que implica que não teríamos necessidade de nenhuma fonte de calor externo e que o principal seria eliminar este excesso de calor. Mas para tanto, os ambientes em que vivemos devem permitir resfriamento sem estresse, pois os processos fisiológicos de resfriamento são afetados sob condições muito quentes ou muito úmidas e exagerados sob condições muito frias ou secas. Entre estes extremos, existe uma variedade de condições percebidas como confortáveis e não desgastantes.

A resposta humana ao ambiente térmico não depende apenas da temperatura do ar. As condições ambientais que afetam o conforto térmico são a temperatura do ar (temperatura de bulbo seco), a temperatura dos elementos que nos cercam (temperatura radiante), velocidade do ar e umidade, sendo que estes fatores devem ser considerados simultaneamente. A temperatura e velocidade do ar afetam o ritmo de dissipação de calor por convecção. As temperaturas radiantes afetam as trocas de calor pela radiação e condução. A radiação solar afeta tanto a temperatura dos elementos quanto o espaço ambiental. A exposição direta ao sol causa uma sensação de calor: a radiação absorvida pelas roupas e pele é convertida em calor e percebida como um aumento de temperatura. A umidade afeta o ritmo de evaporação.

Estes quatro fatores (temperatura do ar, radiação, velocidade do ar e umidade relativa) são fundamentais para a sensação de uma temperatura confortável, que depende também do tipo de trabalho em execução e da vestimenta utilizada. Um trabalho é, às vezes, realizado sob condições térmicas muito baixas (em um frigorífico, por exemplo) ou em condições muito altas (próximo a um alto forno, por exemplo). Faz-se necessário, portanto, tomar precauções para evitar congelamento ou queimadura sendo que, sem precauções, o tempo de trabalho sob frio ou calor deve ser limitado. Estas condições extremas não só são desconfortáveis como perigosas. Excesso de calor pode ser extenuante para o coração e pulmões, sendo que partes do corpo em contato com a fonte podem se queimar ou congelar. Se a pele desprotegida entrar em contacto direto com um metal muito frio, ela pode aderir à superfície do metal. Para minimizar os riscos, a temperatura de metais tem que ser de 5° Celsius, no mínimo. Valores menores podem ser tolerados se o objeto é em plástico ou madeira secos. A *Tabela 7* mostra por quanto tempo pode-se ter contato com diversos materiais a diferentes temperaturas:

Tabela 7 Tempo tolerável de contato com materiais a diferentes temperaturas

<i>tempo</i>	<i>material</i>	<i>temperatura (°C)</i>
<i>até 1 min</i>	<i>metais, vidro, cerâmica</i>	<i>50</i>
	<i>concreto, plástico</i>	<i>55</i>
	<i>madeira</i>	<i>60</i>
<i>até 10 min</i>	<i>todos materiais</i>	<i>48</i>
<i>até 8 horas</i>	<i>todos materiais</i>	<i>43</i>

Balanco térmico O balanço térmico do corpo pode ser expresso por fatores de ganho e perda de calor:

Ganhos

- Met = metabolismo (basal e muscular)
- Cnd = condução (contato com corpos quentes)
- Cnv = convecção (quando o ar está mais quente que a pele)
- Rad = radiação (proveniente do sol, céu e corpos quentes)

Perdas

- Cnd = condução (contato com corpos frios)
- Cnv = convecção (quando o ar está mais frio que a pele)
- Rad = radiação (para o céu noturno e superfícies frias)
- Evp = evaporação (de umidade e suor)

O equilíbrio térmico do organismo ocorrerá quando

$$\text{Met} - \text{Evp} \pm \text{Cnd} \pm \text{Cnv} \pm \text{Rad} = 0$$

Quando o valor desta equação é maior que zero, ajustes vasomotores são iniciados para transportar o calor do interior do corpo para fora. Há um aumento da circulação do sangue para a pele, a temperatura da pele aumenta e há aceleração dos mecanismos de dissipação de calor. Se esta regulação vasomotora não for suficiente e o trabalho continuar gerando superaquecimento, a perda de calor passa a ser coadjuvada pela produção de suor.

Metabolismo No entanto, se a equação é negativa, a circulação do sangue é reduzida junto à pele, sua temperatura cai e há redução dos mecanismos de dissipação de calor. Se este ajuste não for suficiente em um ambiente frio, e o subaquecimento perdurar, o corpo pode compensar o problema gerando tiritação (tremores musculares) que podem provocar, por curtos períodos de tempo, um aumento de até dez vezes a produção metabólica.

Cabe analisar, com mais detalhe, os fatores que importam na equação de controle térmico.

O organismo humano sempre gera calor, mesmo em estado de repouso absoluto. A maioria dos processos bioquímicos envolvidos em trabalhos de construção de tecidos, conversão de energia e trabalho muscular são exotérmicos (produzem calor). Todo o material e energia necessários ao corpo são supridos pelo consumo e digestão de alimentos. Os processos envolvidos na conversão de alimentos e em formas úteis de energia são conhecidos como metabolismo.

A produção total de calor pelo metabolismo pode ser dividida em metabolismo basal (produção de calor para fins vegetativos) e metabolismo muscular (produção de calor pelos músculos quando desenvolvendo trabalho conscientemente controlado). Da energia total produzida, somente 20% é utilizada, sendo adicionais os restantes 80%, os quais devem ser dissipados para o meio ambiente, a fim de manter a temperatura corporal em torno de 37°C. Este excesso de calor varia com a taxa de metabolismo e da atividade desenvolvida pelo ser humano.

Em situação de repouso absoluto, o metabolismo basal é da ordem de 60-80Kcal/h. O corpo humano gasta 100 a 50Kcal/h para trabalhos normais leves, 70 a 120Kcal/h para trabalhos moderados com os braços e de 200 a 500Kcal/h para trabalhos mais pesados, envolvendo movimentos corporais. Portanto, quanto maior o exercício realizado, maior é a quantidade de calor gerado, que deverá ser eliminado do organismo pelos mecanismos de radiação, condução, convecção e evaporação (suor e urina).

Condução

A condução ocorre quando o corpo entra em contacto com objetos mais quentes ou mais frios.

Convecção

A troca de convecção se dá pelo movimento da camada de ar próxima à pele, que tende a retirar o ar quente, se a temperatura ambiental for abaixo de 37° Celsius, e substituí-lo por outro mais frio. Dependendo da velocidade do ar, a troca por convecção pode atingir valores significativos.

Radiação

As perdas de calor por radiação dependem da temperatura da superfície corporal e da temperatura das superfícies orientadas para o corpo humano.

**AVALIAÇÃO
DOS
FATORES
HUMANOS
QUE AFETAM
O
CONFORTO
TÉRMICO**

Temperatura ambiental Devido a diferenças entre as trocas de calor por radiação e convecção, duas temperaturas devem ser consideradas: a **temperatura do ar**, que representa a temperatura do meio fluido em contato com o corpo; e a **temperatura média radiante**, que representa o efeito combinado de todas as superfícies visíveis pelo corpo.

Umidade relativa É a percentagem de saturação do ar que se constitui na relação entre o nível de umidade do ar e o seu valor máximo, este dependente da temperatura do ar. A umidade relativa afeta as perdas de calor por evaporação, particularmente devido à secreção de suor.

Movimento do ar É medido pela velocidade relativa média do ar. A movimentação do ar afeta as perdas de calor por convecção e por evaporação.

Os quatro fatores mencionados afetam a sensação de conforto térmico, pois influenciam (auxiliando ou atrapalhando) os processos de troca de calor entre o corpo e o meio ambiente. Uma temperatura do ar elevada dificulta a dissipação de calor por convecção ou pode até mesmo ser uma fonte de ganho de calor para o corpo se estiver mais quente que a pele. Uma umidade relativa do ar elevada pode impedir perdas de calor por evaporação.

Em um clima temperado, em ambientes interiores, sob condições de ar moderadamente quente (em torno de 18°C) e calmo (velocidade do ar não excedendo a 0.25m/s) e com umidade do ar moderada (compreendida entre 40 e 60%); uma pessoa que esteja envolvida em trabalho sedentário dissipará o excesso de calor, sem qualquer dificuldade, segundo as seguintes rotas:

- por radiação 45%
- por convecção 30%
- por evaporação 25%,

admitindo-se que as temperaturas das superfícies envolvendo o ambiente sejam aproximadamente equivalentes à do ar ambiente.

Em condições de ar quente (acima de 34°C) e radiação as trocas já não são tão fáceis. Em condições normais, a temperatura da pele humana oscila entre 31 e 34°C . À medida que a temperatura do ar se aproxima da temperatura da pele, as perdas de calor por convecção diminuem gradualmente. A regulação vasomotora aumentará a temperatura da pele até o limite superior (34°C), mas quando a temperatura do ar atinge este ponto, deixa de haver perda de calor por convecção.

Enquanto a temperatura média das superfícies circundantes se mantiver abaixo da temperatura da pele, ocorrerá alguma perda de calor por radiação. No entanto, à medida que a temperatura das superfícies for aumentando, haverá redução das perdas de calor por radiação. O calor radiante, com origem no sol ou em um corpo quente (um radiador ou uma lareira) pode constituir-se em um fator de ganho de calor substancial.

Enquanto os elementos convectivos e radiantes, integrantes do processo de troca de calor, forem positivos, o equilíbrio térmico corporal será mantido por evaporação (mas somente por evaporação) até um determinado limite, desde que o ar seja suficientemente seco para permitir uma alta taxa de evaporação.

Sob condições de ar quente (com temperatura igual ou superior à da pele), tal que o fator convecção seja positivo, quando a temperatura das superfícies envolventes for elevada ou exista uma fonte substancial de calor radiante, de modo que o fator radiante seja também positivo, e quando o ar for úmido (mas com menos de 100% de umidade relativa), a movimentação do ar acelerará a evaporação, aumentando, assim, a dissipação de calor, mesmo quando a temperatura do ar circulante seja superior à temperatura da pele. Este mecanismo ocorre da seguinte forma: se o ar tiver uma umidade relativa de aproximadamente 90%, ele absorverá alguma umidade da pele por evaporação, mas a fina (1 a 2cm) camada de ar em contato imediato com a pele breve se tornará saturada e este ar saturado impedirá qualquer evaporação adicional da pele. O ar circulante removerá este envelope de ar saturado, de tal maneira a possibilitar a continuidade do processo de evaporação. Estima-se que, para pressões de vapor acima de 2000N/m^2 , cada incremento de 1m/s na velocidade do ar, condensará o acréscimo de 300N/m^2 na pressão de vapor.

No instante em que o ar estiver completamente saturado e mais quente que a pele, a movimentação do ar apenas aumentará a sensação de desconforto e o ganho de calor. Felizmente, tais condições são raramente encontradas na natureza. Mesmo em regiões quente-úmidas, as umida-

des mais elevadas ocorrem quando a temperatura do ar está abaixo da temperatura da pele, enquanto que as temperaturas mais elevadas são acompanhadas por umidades moderadas

Sob condições de ar parado (menos de 0.25m/s), saturado (umidade relativa próxima de 100%), acima da temperatura do corpo (a temperatura do ar e a temperatura das superfícies circundantes estejam acima da temperatura da pele, isto é, acima de 34°C), a sudação será intensa, mas não ocorrerá evaporação. Haverá ganho de calor por convecção e radiação. Assim, por menor que seja a produção metabólica de calor, todos os elementos na equação de balanço térmico serão positivos. A temperatura do corpo começará a crescer, e quando a temperatura interna do corpo humano for acrescida de 2, ou, no máximo, 3°C, o corpo humano entrará em colapso térmico. Este constitui-se em uma falha de circulação, seguida por um rápido crescimento na temperatura interna do corpo humano. Quando esta atinge 41°C, o corpo entra em coma e a morte é iminente. Quando a temperatura interna atinge 45°C, a morte é irreversível. Tais condições são muito raras na natureza, mas ocorrem facilmente no interior de edificações mal projetadas e se não houver um controle adequado pelos recursos (estruturais, ventilação, sombreamento) disponíveis.

Mesmo que as condições não sejam tão ruins para produzir tais efeitos drásticos imediatos, a exposição prolongada a condições de desconforto pode resultar em efeitos adversos. Mesmo que os mecanismos de controle fisiológico possam manter a vida (por exemplo, através de uma constante taxa elevada de sudação e permanente vasodilatação), haverá uma considerável perda de eficiência de trabalho, associada ao desgaste físico.

AValiação DOS FATORES AMBIENTAIS QUE AFETAM O CONFORTO TÉRMICO

Fatores que poderiam proporcionar alívio imediato, tal como uma velocidade de vento elevada, podem constituir causa de irritação e desconforto, quando ocorrentes por períodos prolongados. Além do efeito negativo de exposição prolongada, há o efeito negativo da constância. Condições que são perfeitamente confortáveis, podem produzir efeitos adversos, se constantes, quando não ocorrerem quaisquer mudanças por períodos prolongados. Uma das necessidades humanas básicas é a mudança e a variação, um fato que foi ignorado por pesquisadores por certo tempo. Este ponto se torna particularmente sensível em ambientes controlados mecanicamente, como em edificações com sistemas de ar condicionado central, onde as condições ambientais podem ser, e freqüentemente são, mantidas constantes dentro de limites muito próximos. O que o projetista deve almejar é uma faixa de condições de conforto, dentro da qual variações mais amplas sejam possíveis. Felizmen-

te, em edificações sem controles ambientais mecânicos, tais variações podem ser produzidas pela variação diária dos elementos climáticos.

Além dos quatro parâmetros ambientais, a sensação térmica varia consideravelmente em função da pessoa, da atividade da pessoa e de suas roupas.

A sensação de conforto térmico depende também de aclimação do sujeito. A aclimação do sujeito dá-se por ajustes endócrinos que ocorrem durante períodos mais longos. Podem envolver alterações na quantidade de calor produzido pelo metabolismo basal, acréscimo na quantidade de sangue para manter uma vasodilatação constante, e um incremento na taxa de suor. Um ajuste completo é alcançado em torno de 30 dias e, ao final deste período, as preferências térmicas do indivíduo deverão ter mudado. Uma pessoa, em Londres, pode preferir uma temperatura interior média de 18°C, mas após passar alguns meses em Salvador, pode achar a mesma temperatura muito fria, preferindo uma temperatura em torno de 25°C. A preferência térmica depende da aclimação da pessoa ao ambiente.

Idade e sexo também podem influenciar as preferências térmicas. Por exemplo, o metabolismo da pessoa idosa é mais lento, e, assim, ela normalmente prefere temperaturas mais elevadas. A mulher também possui uma taxa metabólica levemente mais lenta que a do homem.

área e
volume

Outro fator importante é a relação área superficial e o volume identificadas através do tamanho do indivíduo. Nesta condição, as mulheres, muito mais do que os homens, tornam-se sujeitas a problemas com relação ao conforto térmico. Mulheres pequenas, por exemplo, por terem área superficial muito superior ao seu volume total do corpo, estão predispostas a sentirem frio mais rapidamente, experienciando flutuações de temperatura a taxas menores de variação térmica (Brill, 1984). A sua preferência, em média, se dá por temperaturas 1°C acima daquelas preferidas por pessoas do sexo masculino.

A maioria das pessoas faz ajustes com suas atividades e roupas como resposta ao meio ambiente. O nível de atividade é uma medida do trabalho que o corpo está realizando (correr implica em um nível de atividade maior do que permanecer sentado). Em termos de energia, a expressão do nível de atividade é dado em Watt e caracterizada como uma taxa metabólica. Considerando que, dada uma mesma atividade, uma pessoa grande geralmente consome mais energia do que uma pessoa menor, a taxa de metabolismo é dada em termos da área corporal (W/m^2). Outra unidade *met* também é utilizada para expressar taxa metabólica. 1 met

representa o nível de atividade de uma pessoa sentada, em repouso, com uma taxa metabólica em torno de 58 W/m^2 . A Tabela 8 fornece alguns exemplos de taxas metabólicas.

Tabela 8 Taxas metabólicas, em termos de área corporal (W/m^2) e taxa metabólica (met) a diferentes níveis de atividade

Atividade	met	W/m^2
Deitado	0,8	47
Sentado, em repouso	1,0	58
Sedentária (escritório, escola)	1,2	70
De pé, relaxado	1,2	70
Leve (fazendo compras)	1,6	93
Média (trabalho doméstico)	2,0	117
Intensa (trabalho pesado)	3,0	175

roupas

As roupas influenciam na temperatura, pois são barreiras à convecção e à irradiação do calor entre o corpo e o ambiente, interferindo no processo de transpiração. No mais, a roupa reduz a sensibilidade do corpo à variação de temperatura e o efeito do ar em movimento. O nível de vestimenta importa nos parâmetros de conforto, pois as roupas são uma forma de ajuste pessoal para insolamento térmico. Quanto maior a quantidade de roupas, maior o isolamento em torno do corpo e menores as perdas de calor. As propriedades isolantes das vestimentas podem ser avaliadas:

- Medindo-se o seu efeito sobre o sujeito
- Medindo-se o seu efeito em um manequim
- Medindo o isolamento de cada peça individual e adicionando-os para o corpo inteiro

Geralmente, os níveis de vestimenta são expressos em unidades de resistência ao fluxo de calor ($\text{m}^2\text{C/W}$). Usa-se o valor de *clo*, onde 1 clo é o isolamento oferecido por uma vestimenta em condições ambientais interiores no inverno ($=0,155 \text{ m}^2\text{C/W}$). A Tabela 9 mostra o isolamento de algumas vestimentas.

A vestimenta pode variar a critério do indivíduo. Uma pessoa vestindo um traje executivo normal e roupas íntimas de algodão vai exigir uma temperatura aproximadamente 9°C inferior do que um corpo nu.

Fanger (1970) desenvolveu estudos sobre conforto térmico chegando a algumas equações de conforto considerando fatores ambientais e fisiológicos. Propôs índices tais como:

Tabela 9
Isolamento (clo)
de vestimentas a
diferentes níveis de
resistência ao
fluxo de calor
(m²C/W)

Vestimenta	clo	m ² C/W
Corpo nu	0	0
Shorts	0,1	0,016
Traje tropical	0,3	0,047
Roupas leves de verão	0,5	0,078
Traje de trabalho, em ambiente interno	0,8	0,124
Traje de inverno, em ambiente interno	1,0	0,155
Traje executivo reforçado	1,5	0,233
Traje de inverno para ambientes frios	3,0	0,465

PMV (*predicted Mean Vote*) ou voto médio previsto, para um ambiente, em uma escala subjetiva de sete pontos.

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
frio	fresco	levemente fresco	neutro	levemente tépido	tépido	quente

PPD (*predicted percentage of dissatisfied*) porcentagem prevista de insatisfeitos. É um índice válido para grupos grandes de pessoas, definido à fração provável de indivíduos que sentir-se-iam desconfortáveis no ambiente.

Diretrizes para obtenção de conforto térmico

A relação entre PPD e PMV é dada na curva. Controlando-se as variáveis, pode ser criada uma situação de conforto que é alcançada quando 95% dos ocupantes de um ambiente se manifestarem satisfeitos. A temperatura de conforto é a temperatura equivalente necessária para um PMV com valor zero na escala de PMV, dadas a vestimenta, atividade e umidade do ar. A temperatura equivalente é um valor ponderado entre a temperatura do ar e a temperatura média radiante, que com velocidade do ar igual a zero causa a mesma perda de calor por convecção e radiação que o ambiente real. É a temperatura operativa para ambientes com velocidade do ar zero. Temperatura operativa é um valor ponderado entre as temperaturas do ar e média radiante que resulta na mesma perda de calor por convecção e radiação que o ambiente real.

O PMV pode ser obtido de tabelas e de equações envolvendo os parâmetros já mencionados. Os índices são recomendados pela ISO/DIS 7730.

Temperatura efetiva

Este índice foi desenvolvido em 1925 nos laboratórios de pesquisa da Associação Americana de Engenheiros em Aquecimento e Ar Condicionado (ASHRAE). Ele leva em conta a temperatura do ar, sua velocidade e umidade relativa. Foi baseado nas sensações térmicas instantâneas experimentadas por indivíduos ao entrar em um determinado ambiente. Os sujeitos andavam entre dois recintos, com diferentes combinações dos parâmetros até ser obtida a mesma sensação térmica. O índice tomou a forma de dois nomogramas (para pessoas seminuas da cintura para cima e para pessoas com roupas leves), onde podem ser inseridos os valores dos parâmetros considerados, obtendo-se assim a Temperatura Efetiva (TE). A base do índice é a temperatura do ar "parado" com velocidade média de 0,12m/s. Qualquer combinação de temperatura, umidade e velocidade do ar que oferecesse a mesma sensação, teria a mesma TE.

Fica claro que o conforto térmico é subjetivo sendo os seguintes fatores variáveis conforme o indivíduo:

- Metabolismo
- Idade
- Sexo
- Conformação física
- Alimentação
- Atividade
- Adaptação ao ambiente (que é um fator psicocultural)
- Roupas

Sendo uma questão pessoal, é importante estabelecer o conforto térmico do indivíduo a partir das seguintes medidas:

- deixar as próprias pessoas controlarem a ambiência térmica
- ajustar a temperatura do ar de acordo com o esforço físico
- evitar umidades do ar extremas
- evitar superfícies radiantes muito frias ou muito quentes

Apesar do fator pessoal, que precisa ser considerado, algumas normas (ISO 7726/1985; ARVOR 103; ANSI-ASHRAE-55, NR15) estabelecem as condições de conforto.

ILUMINAÇÃO

O correto planejamento da iluminação e da utilização das cores contribui para aumentar a satisfação no trabalho, melhorar a produtividade e reduzir a fadiga e os acidentes (Iida, 1992). Três são os fatores que são julgados importantes e controláveis em nível de projeto em locais de trabalho e que importam na capacidade de discriminação visual, a saber: quantidade de luz, tempo de exposição e contraste entre figura e fundo.

As definições e unidades importantes no estudo da iluminação são:

- Luminância** A luminância de uma superfície iluminada expressa o brilho da mesma. Esta corresponde ao impacto visual no olho da intensidade luminosa da superfície e é expressa em candelas por metro quadrado (cd/m^2).
- Fluxo luminoso** Fluxo luminoso é o fluxo radiante, emitido por uma fonte como sol e céu como visto pelo olho humano. Sua unidade é o lúmen. Um fluxo luminoso de 680 lumens é produzido por um fluxo de radiação monocromática de comprimento de onda de 0.555 microns cujo fluxo radiante é 1 watt. Este comprimento de onda corresponde à sensibilidade máxima do olho humano.
- Eficiência luminosa** A eficiência luminosa da luz do dia é particularmente alta, cuja potência radiante atinge 100 lumens por watt. A luz artificial, por outro lado, tem uma eficiência luminosa de, aproximadamente, somente 15 lumens por watt.
- Iluminância** A iluminância, em um ponto particular de uma superfície, é a quantidade de fluxo luminoso uniformemente distribuído sobre a superfície, dividido pela área da superfície. A unidade de iluminância é o lux, ou seja, a iluminância produzida sobre 1m^2 de superfície por um fluxo luminoso de 1 lúmen uniformemente distribuído sobre esta superfície.
- A iluminância exterior depende da luminância do céu que, por sua vez, depende da luz do sol.
- nível de iluminamento** A quantidade de luz necessária em um espaço de trabalho depende do tipo de trabalho que será realizado no local, ou seja do grau de precisão do trabalho que será realizado. A *Tabela 10* dá exemplos de quantidade de lux necessária para diferentes locais de trabalho.
- O olho humano, embora seja extremamente adaptável, só consegue desempenhar tarefas visuais dentro de um intervalo muito pequeno de níveis de iluminamento. Para cada trabalho, em particular, o intervalo é afetado pelo desempenho requerido, pela distribuição da luz no espaço e pela luminância das paredes e de outras superfícies. Um cuidado particular deve ser tomado em relação à qualidade da luz. Tanto a composição espectral, como a constância luminosa devem ser adequadas aos requisitos da tarefa visual.

Tabela 10
Quantidade de lux
necessários para
diferentes locais
de trabalho

Espaço de Trabalho	Lux
Ambiente de digitação	500
Arquivo	300
Bancada (material de precisão)	500
Bancada (material grosseiro)	150
Banheiro (espelho - iluminação suplementar)	300
Banheiro (geral)	150
Barbearia	500
Biblioteca	500
Bilheteria	500
Corredor	100
Bomba de gasolina	120
Depósitos	120
Escadas	120
Cozinha (geral)	150
Lavatório	150
Plataforma de caldeira	150
Platéia	150
Quarto (geral)	150
Refeitório	150
Saguão	150
Sala de espera/recepção	150
Sala de estar (geral)	150
Sala de refeição	150
Central telefônica	200
Portaria	200
Quarto (cama - iluminação suplementar)	200
Recepção	200
Sala de máquinas	200
Sala de aula	250
Cozinha (fogão, pia, mesa)	300
Fichário	300
Quarto (penteadeira -iluminação suplementar)	300
Sala de controle simples	300
Escritório (geral)	500
Estúdio para trabalho escolares	500
Expositores	500
Guichê	500
Laboratório químico	500
Sala de controle centralizados	500
Sala de estar (leitura)	500
Sala de leitura	500
Torno de precisão	500
Tribuna	500
Escritório de registro/ cartografia	1000
Ferramentaria	1000
Relojoaria	3000

Com relação à quantidade de luz, o rendimento visual cresce até o nível de iluminância de 1000lux, a partir daí os aumentos de iluminância não provocam melhoras sensíveis e a fadiga visual começa a aumentar. O limite recomendado é de 2000lux e, somente em alguns casos, para montagens e inspeções de peças pequenas e complicadas, pode-se chegar a 3000lux. É importante notar que, em função da precisão do trabalho, alguns equipamentos necessitam de mais cuidado no planejamento da iluminação do que outros. Trabalhos de maior precisão, que exigem leitura etc., devem ser realizados em postos que ofereçam iluminação adequada, uniformemente distribuída, geral e difusa, a fim de evitar ofuscamento, reflexos fortes, sombras e contrastes excessivos, que poderiam dificultar a visibilidade do operador e causar acidentes.

Os valores ótimos de iluminância sobre um plano de trabalho para diferentes tarefas são dados em vários códigos e normas como mostra a *Tabela 11*.

Tabela 11 Valores ótimos de iluminância sobre um plano de trabalho para diferentes tarefas

Atividade	lux
Perfuração (material de precisão)	100
Desbaste	120
Laminação	120
Trefilação	120
Acondicionamento de material	150
Atividade de solda grosseira	150
Enchimento de recipiente	200
Forja de peças	200
Fundição de lingotes	200
Lavagem de recipientes	200
Manutenção (grosseira)	200
Usinagem (material grosseiro)	200
Abate de gado	250
Decoração	250
Encadernação	250
Escultura de peças	250
Fresa de peças	250
Plainar	250
Serrar	250
Tornear	250
Arquivamento	300
Cortar/perfurar documentos	300
Digitação	300
Dobragem/montagem/colagem de documentos	300
Escanear (separação de documentos)	300
Estampagem	300
Fundição de peças	300
Manipulação de documentos	300
Perfuração (material grosseiro)	300
Processamento máquina xerox/fax	300

Tabela 11
(...continuação)
Valores ótimos de
iluminância sobre
um plano de
trabalho para
diferentes tarefas

Atividade	lux
Fiação	500
Impressão	500
Inspeção (material grosseiro)	500
Leitura documentos	500
Manutenção (média precisão)	500
Montagem	500
Operação de montagem (média precisão)	500
Pintura de painéis	500
Plana de precisão	500
Polimento	500
Prensagem	500
Produção de documentos	500
Costura	750
Decoração fina	750
Polimento fino	750
Séleção de material	750
Tecelagem fina	750
Tingimento (cabeleireiro)	750
Ajustagem	1000
Composição tipográfica	1000
Costuras finas	1000
Gravação (encadernação)	1000
Gravação de chapa metálica	1000
Inspeção (encadernação)	1000
Inspeção (material de precisão/cores)	1000
Inspeção de chapa metálica	1000
Litografia	1000
Manutenção (alta precisão)	1000
Montagem de precisão	1000
Retoques	1000
Usinagem (material de precisão)	1000
Bordar	1500
Lapidação	1500
Atividade de solda (arco de precisão - manual)	2000
Fabricação de componentes de precisão	2000
Usinagem (material de alta precisão)	2000
Fabricação de componentes eletrônicos	3000
Ourivesaria	3000

Conforto em nível de contraste

O contraste é a diferença entre a aparência visual de um objeto e aquela do fundo imediato. O contraste pode ser expresso em termos de luminância, iluminância ou refletividade entre as superfícies.

Em uma sala, a quantidade e distribuição da luz (e, por conseqüência, a quantidade de contraste) é dependente da refletividade das paredes e

outras superfícies. É importante, desta forma, a escolha do tipo de superfície das paredes, piso e forro considerando a refletância dos revestimentos.

O contraste entre áreas grandes (como paredes, portas, mobiliário) não se comporta da mesma forma que entre áreas pequenas (maçanetas, puxadores etc). Como regra geral, para se conseguir uma adequada distribuição de luminância, deve-se usar cores claras nas grandes superfícies e as brilhantes nas superfícies menores (móveis e portas, por exemplo). O contraste entre áreas grandes deve ser entre cores de refletividade similares, de forma que tenham contraste cromático mas não tenham diferença de luminância. Isto é importante para garantir boa acuidade. Além disso, peças grandes não devem ser pintadas de cores puras ou em tinta fluorescente para evitar sobrecarga na retina.

O contraste cromático e em luminância são importantes para dar destaque a peças pequenas que não podem passar despercebidas (ex: maçanetas, saídas de emergência).

Preto e amarelo são bastante usados, pois seriam o contraste extremo em cromaticidade e luminância. Este é o princípio dos distratores. O princípio oposto é o de camuflagem.

OFUSCAMENTO

O ofuscamento é o principal fator para o condicionamento de iluminação natural ou artificial. O ofuscamento é causado pela introdução de uma fonte luminosa muito intensa dentro do campo visual. Ele pode ocasionar um distúrbio ou até a cegueira temporária do usuário de um dos espaços. Qualquer que seja o nível de ofuscamento, ele produz uma sensação de desconforto e fadiga, e pode ser causado por reflexão, direta ou indiretamente.

ofuscamento
direto

O ofuscamento direto ocorre quando uma fonte de luz, natural ou artificial, com uma alta luminância, entra diretamente no campo visual do indivíduo.

ofuscamento
indireto

O ofuscamento indireto ocorre quando o nível de luminância das paredes é muito alto.

Ofuscamento
refletido

Ofuscamento refletido é causado por reflexão especular vinda de fontes de luz sobre superfícies interiores polidas.

O ofuscamento pode ser reduzido pela localização cuidadosa das fontes de luz e a escolha de fundos com luminâncias corretas.

Conforto em nível de ofuscamento A redução de contrastes excessivos pode ser conseguida pelo uso de cores claras nas paredes e forros para propiciar uma melhor distribuição da luz. Em particular, revestimentos com cores claras devem ser usados em paredes que contenham janelas.

<i>Fundo da tarefa: ambiente</i>	3:1
<i>Fundo da tarefa visual: campo periférico</i>	10:1
<i>Fonte de luz: campos próximos</i>	20:1
<i>Interior em geral</i>	40:1

Conforto por controle da luz A distribuição da luz no espaço deve ser tal que as diferenças excessivas de luz e sombra sejam evitadas, pois estas podem perturbar os ocupantes dos espaços, impedindo uma percepção visual adequada. Entretanto, o contraste é necessário para a diferenciação dos objetos no espaço. As aberturas das janelas e as fontes de luz artificial devem ser colocadas de maneira a minimizar o ofuscamento. Para o conforto, há limites para a quantidade de contraste permitido entre as diferentes partes do campo visual.

**luz natural X
luz artificial**
Iluminação
natural

A luz natural, no espaço construído, produz uma variabilidade sutil que proporciona ambientes mais agradáveis do que o ambiente monótono proporcionado pela iluminação artificial. A presença da luz natural pode trazer uma sensação de bem estar e consciência de um ambiente mais amplo no qual o homem vive, além do efeito benéfico que a luz natural traz à saúde. Além disso, não se pode deixar de mencionar a vantagem ecológica da utilização da luz natural. Há a eficiência energética pelo potencial para a conservação do calor absorvido e a economia de energia pela substituição da luz natural.

A luz natural ajuda a criar melhores condições de trabalho porque promove a percepção dos objetos pela cor e contraste naturais. As janelas proporcionam relaxamento dos olhos quando oferecem a possibilidade de visão de longas distâncias do ambiente exterior.

A penetração de radiação solar em um edifício contribui muito para a qualidade da luz nos espaços internos, desde que os raios solares não incidam sobre os olhos, diretamente ou por reflexão especular. O conforto com luz natural pode ser conseguido pela redução do ofuscamento a partir do controle da penetração da luz natural (luz solar direta e difusa) que pode ser obtido de três formas: redução do fluxo incidente, quantidade de contraste e luminância das janelas. Este controle pode se dar pela incorporação de elementos exteriores ao edifício, permanentes, móveis ou fixos cuja função é a redução da porção de céu visível.

Outra forma de redução é o uso de cortinas interiores para a redução da luminância da janela.

Iluminação artificial

A iluminação artificial geralmente busca a uniformidade do fluxo luminoso sobre o plano horizontal. Este fluxo luminoso pode ser dividido em dois sistemas: geral e local.

Sistema de iluminação geral e direcional

É o sistema que estabelece um nível de iluminação homogêneo sobre o plano horizontal, para todo um espaço iluminado. O sistema geral diferencia-se quando adota, por características de luminárias, uma ou mais direções para o fluxo luminoso.

Sistema de iluminação local e localizada

Referem-se aos sistemas que identificam porções do espaço como objetos específicos a serem iluminados pelo sistema

Tipos de luminárias

De forma geral, as luminárias caracterizam-se por serem fontes de luz com uma variedade muito grande na forma, textura e cor, gerando distribuição variada da iluminação. A potência da radiação luminosa de uma luminária em uma determinada direção é chamada de intensidade luminosa (I , sendo a unidade candela cd). A distribuição da intensidade luminosa é chamada curva fotométrica (CF) que pode variar em uma mesma luminária.

Tipos de lâmpadas

A luminotécnica qualifica as luminárias de acordo com a intensidade variada do fluxo luminoso das fontes de luz como direta, semi-direta, difusa, semi-indireta e indireta.

As lâmpadas elétricas estão divididas em dois grupos: incandescentes e de descarga.

As lâmpadas incandescentes caracterizam-se por apresentarem baixo rendimento luminoso (entre 10 e 25lm/W), vida útil de cerca de 1000 horas e por ressaltarem as cores quentes (vermelho, amarelo e laranja). As lâmpadas de descarga caracterizam-se pela geração de luz por emissão contínua em gases ou vapor ionizado.

O índice de reprodução de cores (IRC) é uma característica relativa à fonte e à tarefa visual a ser desempenhada sob determinado fluxo luminoso de uma lâmpada. Estas podem também ser qualificadas pela aparência da cor que emitem, ou temperatura da cor:

Branca azulada	fria	5000K
Branca	intermediária	3300 - 5000K
Branca avermelhada		3300K

- REFERÊNCIAS** AMARAL, F. G. (1999) *Troubles neurologiques temporaires et permanents associés a l'exposition aux vibrations manubrariales*. Thèse de Doctorat en Ergonomie. Université Catholique de Louvain, Belgique. 228 p.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING - ASHRAE. (2001) *ANSI/ASHRAE Standard 62. Ventilation For Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning. (ANSI - American National Standards Institute - approved)
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING - ASHRAE. (1992) *ANSI/ASHRAE Standard 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and air conditioning. (ANSI - American National Standards Institute - approved)
- ARMSTRONG, T. J.; FINE, L. J.; RADWIN, R. G.; SILVERSTEIN, B. S. (1987) Ergonomics and the effects of vibration in hand-intensive work. *Scand. J. Work Environ. Health*, 13: 286-289.
- ATLAS KOPCO (1988) *Ergonomics tools in our time*. Stockholm: TR Trick. 121 p.
- BAÑISTER, P. A.; SMITH, F. V. (1972) Vibration-induced white fingers and manipulative dexterity. *Br. J. Ind. Med.*, 29:264-267.
- BERTHOZ, A. (1981) Effects des vibrations sur l'homme. In: J. Scherrer; *Précis de Physiologie du Travail*, 2ème éd., p. 241-375, Paris: Masson.
- BITSCH, J.; MEREAU, P.; ROURE, L. (1986) Vibrations et chocs mécaniques engendrés par les machines-outils portatives. Moyens de prévention. In: INRS. *Les vibrations industrielles*: 98-117.
- BOVENZI, M.; ZADINI, A.; FRANZINELLI, A.; BORGOGNI, F. (1991) Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics*, 34, 5: 547-562.

BRILL, M.; MARGULIS, S. T.; KONAR, E. (1984) *Using office design to increase productivity*. Buffalo, NY: Workplace Design and Productivity, Inc., v. 1. 400 p.

BRÜEL & KJAER (1988) *Human Vibration*. Larsen & Sons A/S, Glostrup, Danemark. 32 p.

BURSTRÖM, L. (1990) Measurements of the impedance of the hand and arm. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 62: 431-439.

CAIN, W. S.; LEADERER, B. P.; ISSEROF, R.; BERGLUND, L. G.; HUEY, J.; LIPSITT, E. D.; PERLMAN, E. D. (1983). Ventilation Requirements in buildings. *Atmospheric Environment*, 17:6.

CANNON, L. J.; BERNACKI, E. J.; WALTER, S. D. (1981) Personal and occupational factors associated with carpal tunnel syndrome. *J. Occup. Med.*, 23, 4: 255-258.

CARPENTIER P.; DIMITROU, R.; PUECH, A. M.; DE GAUDEMARIS, R.; PERDRIX, A.; FRANCO, A.; MALLION, J. M. (1984) Mode de dépistage objectif des troubles vasculaires périphériques chez les sujets exposés à la fabrication de chlorure de vinyle avec étude d'une population témoin non exposée. *Arch. Mal. Prof.*, 45: 298-301.

CHATTERJEE, D.; BARWICK, D. D.; PETRIE, A. (1982) Exploratory electromyography in the study of vibration-induced white finger in rock drillers. *Br. J. Ind. Med.*, 39: 89-97.

COUTO, H. A. (1978) *Fisiologia do Trabalho Aplicada*. Belo Horizonte: Ibérica. 295 p.

DELGROSSO, I.; BOILLAT, M. A. (1991) Carpal tunnel syndrome: role of occupation. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 63: 267-270.

EKENVALL, L.; LINDBLAD, L. E. (1989) Effect of tobacco use on vibration White finger disease. *Journal of Occupational Medicine*, 31, 1: 13-16.

FANGER, P. O. (1970) *Thermal comfort*. New York: McGraw-Hill Book Company.

FÄRKKILÄ, M. (1978) Grip force in vibration disease. *Scand. J. Work Environ. Health*, 4: 159-166.

FÄRKKILÄ, M.; AATOLA, S.; KORHONEN, O.; PYYKKÖ, I. (1986) Hand-grip force in lumberjacks: two-years follow-up. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 58: 203-208.

FÄRKKILÄ, M.; PYYKKÖ, I.; JÄNTTI, V.; AATOLA, S.; STARCK, J.; KORHONEN, O. (1988) Forestry workers exposed to vibration: a neurological study. *Br. J. Ind. Med.*, 45: 188-192.

FÄRKKILÄ, M.; PYYKKÖ, I.; KORHONEN, O.; STARCK, J. (1980) Vibration-induced decrease in the muscle force in lumberjacks. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 43: 1-9.

FÄRKKILÄ, M.; PYYKKÖ, I.; STARCK, J.; KORHONEN, O. (1982) Hand grip force and muscle fatigue in the etiology of the vibration syndrome. In: BRAMMER, A. J.; TAYLOR W. (Ed.) *Vibration effects on the hand and arm in industry*. New York, NY: John Wiley & Sons, pp. 45 - 50.

FRYMOYER, J. W.; POPE, M. H.; CLEMENTS, J. H. ET AL. (1983) Risk factors in low-back pain. *J. Bone Jt Surg*, 65A: 213-218.

FUTATSUKA, M.; OHTSUKA, R.; INAOKA, T.; MOJI, K.; SAKURAI, T.; IGARASHI, T. (1992) An epidemiological study on the occurrence of vibration syndrome in a tropical rain forest area. In: DUPUIS H., CHRIST, E.; SANDOVER, J.; TAYLOR, W.; OKADA, A. (Ed.) *PROCEEDINGS OF THE 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION*. Essen: Bonn, Druckzentrum Sutter & Partner GmbH, 379-386.

GEMNE, G.; LUNDSTRÖM, R.; HANSSON, J. E. (1993) *Disorders induced by work with hand-held vibrating tools*. Arbete och Hälsa, National Institute of Occupational Health Sweden, 6: 1-83.

GRIFFIN, M. J. (1997) Measurement, evaluation, and assessment of occupational exposures to hand-transmitted vibration. *Occup. Environ. Med.*, 54: 73-79.

GRIFFIN, M. J. (1990) *Handbook of human vibration*. London: Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, Publishers. 988 p.

HAGBERG, M.; ALMAY, B.; KOLMODIN-HEDMAN, B.; ZETTERLUND, B. (1986) Vibration exposure - A modifier of the onset of amyloid polyneuropathy. *Scand. J. Work Environ. Health*, 12: 277-279.

HEMPSTOCK, T. I.; O'CONNOR, D. E. (1986) Accuracy of measure impedance in the hand-arm system. *Scand. J. Work Environ. Health*, 12: 355-358.

IIDA, I. (1992) *Ergonomia - Projeto e Produção*. Sao Paulo: Edgard Blucher.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION - ILO (1977) *C148 - Working environment (air pollution, noise and vibration) convention*. Disponível em <<http://www.ilo.org>>. Acessado em 24/08/2004.

ISO 2631 (1978) *Guide pour l'estimation de l'exposition des individus à des vibrations globales du corps*. Norme Internationale ISO.

ISO 5349 (1986) *Mechanical vibration-guidelines for the measurement and the assessment of human expose to hand-transmitted vibration*. International Organization for Standardization, Geneva: 1-12.

JANSSEN, J. E. (1986). Ventilation for acceptable indoor air quality. *Proceedings of CIBSE/ASHRAE Conference: The Engineered Environment*, Dublin, Ireland.

KELSEY, J. L.; GITHENS, P. B.; O'CONNOR, T.; WEIL, U.; CALOGERO, J. A.; HOLFORD, T. R.; WHITE, A. A.; WALTER, S. D.; OSTFELD, A. M.; SOUTHWICK, W. O. (1984) Acute prolapsed lumbar intervertebral disc. An epidemiologic study with special reference to driving automobiles and cigarette smoking. *Spine*. 9:608-13.

KELSEY, J. L.; HARDY, R. J. (1975) Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc. *Amer. J. Epidemiol.* 102:63-73.

KIHLBERG, S.; ATTEBRANT, M.; GEMNE, G.; KJELLBERG, A. (1995) Acute effects of vibration from a chipping hammer and a grinder on the hand-arm system. *Occup. Environ. Med.*, 52: 731-737.

LASFARGUES, G. (1990) Effets vasculaires et neurologiques des vibrations transmises au système main-bras. *Documents pour le médecin du travail*, 43: 249-258.

LUNDSTRÖM, R. (1984) Local vibrations-mechanical impedance of the human hand's glabrous skin. *J. Biomechanics*, 17, 2: 137-144.

MAIRIAUX, P. H. (1986) *Physiologie du Travail en Ergonomie - Les vibrations mécaniques, syllabus de cours*, Université Catholique de Louvain, Belgique.

MALCHAIRE, J. (1989) *Evaluation de l'exposition aux vibrations corps total. Cahiers de Médecine du Travail*, Volume XXVI n°2, p. 99-106, Belgique.

MARTIN, B. J.; ROLL, J. P.; DIRENZO, N. (1988) Altération de la coordination oculo-manuelle induite par vibration de la main. INRS - Vandoeuvre-les-Nancy, *Symposium, Effets des vibrations sur l'homme*, session 6: 9 pages.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. (2004) *Norma regulamentadora n° 17 (NR 17) - Ergonomia*. Disponível em: <http://www.mte.gov.br>. Acessado em 16/05/2004.

PETERSEN, R.; ANDERSEN, M.; MIKKELSEN, S.; NIELSEN, S. L. (1995) Prognosis of vibration induced white finger: a follow up study. *Occup. Environ. Med.*, 52: 110-115.

RASMUSSEN, G. (1988) Measurement of vibration. INRS - *Symposium - Effets des vibrations sur l'homme*, Vandoeuvre-les-Nancy, session 8: 7 pages.

REYNOLDS, D. D.; FALKENBERG, R. J. (1982) Three - and four - degrees - of - freedom models of vibration response of the human hand. In: BRAMMER, A. J.; TAYLOR, W. (Ed.). *Vibration effects on the hand and arm in industry*. New York: John Wiley & Sons, 117-129.

REYNOLDS, D. D.; SOEDEL, W. (1972) Dynamic response of the hand-arm system to a sinusoidal input. *J. Sound Vibration*, 21: 339-353.

ROSEGGER, R.; ROSEGGER, S. (1960) Health effects of tractor driving, *J. Agric. Eng.* 5: 241-275.

TAKAMATSU, M.; FUTATSUKA, M.; SAKURAI, T.; MATOBA, T.; GOTOH, M.; AOYMA, H.; OSAKI, J.; ISHIDA, K.; NASU, Y.; WATANABE, S.; HOSOKAWA, M.; IWATA, H.; YAMADA, S.; MATSUMOTO, T.; KANEDA, K.; OKADA, A.; NOHARA, S.; MIURA, T.; MIWA, T.; UEHATA, T.; YAMAZAKI, K.; SUZUKI, H.; USUTANI, S.; HONMA, H.; KOSHICHI, H.; WAKABA, K. (1982) A study of the extent and scope of local vibration hazards in Japan. *Ind. Health*, 20: 177-190.

THIEDE, R.; MIYASHITA, K.; STELLING, J.; HARTUNG, E.; DUPUIS, H. (1992) Subjective vibration equal sensation under- single or multi-axial vibration exposure. *In*: Dupuis, H.; Christ, E.; Sandover, J.; Taylor, W.; Okada, A. (Ed.), PROCEEDINGS OF THE 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON HAND-ARM VIBRATION. Essen: Bonn, Druckzentrum Sutter & Partner GmbH, 451-460.

TROUP, J. D. G. (1978) Driver's back pain and its prevention. *Appl. Erg.* 9: 207-214.

YAGLOU, C. P. E.; RILEY, C.; COGGINS, D. I. (1936). Ventilations requirements. *ASHVE Transactions*, v.42.

31

Fatores Humanos

Relacionados ao Ambiente Físico

*Lia Buarque de Macedo Guimarães &
Flávio Augusto Fialho Belmonte*

Apesar do ambiente de trabalho ser composto por fatores físicos, tecnológicos e sociais, o impacto das modificações físicas no ser humano tem recebido limitada atenção por parte das novas organizações (Carnevale, 1992, p. 424). Nos diferentes modelos de gestão, esta atitude tem-se mantido inalterada. A Teoria das Necessidades de Maslow (1954), uma das teorias de maior influência no campo da motivação e satisfação, considera como secundárias as questões externas (ambientais) quando comparadas aos fatores intrínsecos relacionados ao indivíduo. No estudo das organizações, as condições físicas do trabalho também foram relegadas a um segundo plano.

No início do século, o princípio da administração científica surge como um novo conceito de racionalização do trabalho, enfocando aumento de produtividade a partir de recursos administrativos mais eficientes, incorporando, inclusive, questões relativas aos fatores humanos tais como capacidades e necessidades do homem no trabalho (Taylor, 1982, p. 110). As questões humanas, inclusive aquelas relativas ao ambiente de trabalho, eram consideradas, apenas, quando era possível obter ganhos na esfera produtiva. A importância foi dada ao estudo do espaço físico (principalmente iluminação e limpeza) apesar das melhorias terem sido levadas à prática sob uma dimensão limitada.

Os estudos dos efeitos das condições ambientais (temperatura, ventilação, iluminação e ruído) foram práticas adotadas para avaliar seu efeito sobre o desempenho no trabalho. A *Western Electric Company*, por exemplo, em meados da década de trinta, buscou avaliar o efeito da iluminação na quantidade e qualidade do trabalho (Carnevale, 1992, p. 425). Como resultado, foi constatado que muito mais que os efeitos da iluminação no processo de trabalho, os fatores sociais, tais como normas e valores de grupo, que afetam a motivação no trabalho, têm repercussões muito maiores.

No entanto, a influência dos fatores ambientais sobre o comportamento humano é inegável, pois os estímulos do ambiente físico repercutem sobre a satisfação do indivíduo que vem a influenciar o desempenho dos indivíduos. Excessos como ruído, calor ou iluminação, por exemplo, alteram significativamente os níveis de conforto e produtividade.

Teoria da atribuição

Sundstrom (1986) apresenta duas teorias que ajudam a compreender a baixa relevância dada às questões físicas no trabalho: a Teoria da Atribuição sugere que os indivíduos consideram os aspectos físicos do ambiente com relativa falta de importância. Considera que as experiências são originadas a partir das relações entre os indivíduos no ambiente de trabalho e, não, a partir das questões físicas.

Teoria da adaptação

A Teoria da Adaptação sugere que as características de ambientação do indivíduo, diante de situações corriqueiras, auxiliam a explicar a reduzida importância atribuída às questões físicas. Características físicas que acercam os indivíduos tendem a ser consideradas “naturais” até mesmo diante de circunstâncias extremamente exigentes. Isto, em parte, se deve à capacidade de percepção tender a modificar-se permitindo grande tolerância às situações adversas (Sundstrom, 1986). As questões físicas do ambiente, exceção a resultados excepcionais, tendem a desempenhar um caráter secundário na percepção das pessoas. Neste mesmo sentido, Dejours (1992) salienta que, muito freqüentemente, o sentimento de melhoria desfaz-se bastante rapidamente. Em sua grande maioria, os efeitos de benefícios alcançados por algum fator de modificação perdura por um limitado período de tempo (algumas semanas, talvez) (Dejours, 1992, p. 55).

Uma justificativa para a pouca ênfase dada até então às questões ambientais é que este processo de adequação muitas vezes não é bem solucionado, devido à baixa intervenção dos trabalhadores quanto aos itens a serem modificados. Outra justificativa é o contexto de produção vigente. O processo de organização de produção e mão-de-obra foram ordenados exclusivamente segundo influência do sistema tecnológico que propiciou aumentos de produção em escala inversa ao atendimento das necessidades da mão-de-obra, repercutindo em custos ambientais e humanos só agora questionados. Como perspectiva a novos ganhos de produção e, agora, com os esforços voltados à minimização destes custos, fatores ambientais e de mão-de-obra começam a ganhar importância.

À medida que as condições e os recursos que interferem no processo de trabalho forem melhor conhecidos, as situações adversas podem ser previstas e ajustadas para a composição de um sistema de trabalho mais

adequado. O sistema de produção é composto por vários fatores que, para sua compreensão, necessitam ser estudados. Pode-se notar claramente a interação de três fatores: físico, organizacional e humano. Cada um destes, compostos por um predizível número de critérios, pode ser estudado para identificação de sua adequação e interferência no processo de produção.

**ESTUDOS
QUE
ENFOCAM
MAIS
DETALHADAMENTE
OS
FATORES
HUMANOS
RELACIONADOS
AO
AMBIENTE
FÍSICO**

Brill (1984) procurou estudar as modificações em um ambiente de escritório e identificar quais os fatores que efetivamente afetavam a qualidade e a produtividade dos serviços realizados. Sua abordagem é eminentemente física, e os fatores avaliados foram: espaço de trabalho, mobiliário, condições ambientais, privacidade e flexibilidade. A pesquisa foi desenvolvida em 40 empresas, tanto governamentais quanto privadas, com base em investigações, realizadas em duas fases, que envolveram mais de 400 questionários completos em cada momento da pesquisa. Com base neste estudo, foi possível a determinação não só dos fatores que intervêm no bem estar do ser humano, mas, também, das suas repercussões no processo de produção.

Zalesny e Farace (1987), em seu trabalho de análise de transposição do sistema de escritório tradicional (postos de trabalho separados por divisórias ou paredes) para o sistema aberto (sem divisórias entre os postos de trabalho), também constataram a importância da adequação dos fatores físicos no processo produtivo mas concluíram que a importância dada varia em função do nível hierárquico do indivíduo. Os autores identificaram que as alterações realizadas no sistema do escritório resultaram em mudanças na percepção dos trabalhadores frente às questões físicas do ambiente (iluminação, temperatura, dimensões, equipamento, distância entre trabalhadores e recursos disponíveis) e que estas questões eram percebidas de forma diferenciada ao longo da escala hierárquica da empresa. À medida que o indivíduo ascende na organização, ele tende a dar menos valor às melhorias incorporadas ao ambiente (Zalesny e Farace, 1987, p. 49).

Uma diferença entre os trabalhos realizados por Zalesny e Farace, e Brill recai no grau de análise de cada fator ambiental avaliado. Zalesny e Farace procuraram apenas registrar se houve ou não mudança quanto aos fatores analisados. Brill procurou analisar detalhadamente cada fator em estudo, identificando a sua relevância e quais as causas para determinado resultado. Devido à sua análise mais aprofundada sobre os fatores físicos, Brill constatou resultados significativos quanto a privacidade, estética, espaço de trabalho, leiaute, conforto térmico, ventilação, iluminação e ruído.

Privacidade Privacidade é muito mais um estado psicológico do que um arranjo físico (Brill, 1984, p. 91). A soma de fatores, como possibilidade de acesso ao ambiente de trabalho por parte dos demais indivíduos, frequência de elementos que causem distração ou interrupção, ruído externo dificultando a comunicação, privacidade de comunicação e o número de indivíduos alocados no mesmo ambiente de trabalho, são considerados elementos responsáveis pela obtenção de privacidade.

Estética Quanto ao fator estética, a aparência do ambiente, a impressão quanto a sua qualidade visual e usabilidade são atributos do *design* do ambiente que não podem ser tratados com indiferença. O tema estética é mais diretamente influenciado pela qualidade, a durabilidade e a manutenção do mobiliário e organização dos materiais, documentos e equipamentos, enquanto que o estado de conservação das paredes e divisórias apresenta um caráter secundário de importância.

Iluminação A iluminação se faz necessária em valores condizentes com o requerido pelo trabalho. Aproximadamente 85% das informações necessárias à execução de uma tarefa são recebidas através dos olhos (Huges, 1976, p. 135). Desta forma, a iluminação ambiental adequada não somente é desejável como necessária.

Dois fatores determinam as propriedades da iluminação: a quantidade e a qualidade da luz. A quantidade de luz pode ser determinada pelas características da fonte e sua distância desde o emissor até o objeto de trabalho. A qualidade da luz pode ser determinada por sua distribuição, presença de sombras, luzes ofuscantes e pela ocorrência do efeito estroboscópico.

Existem dois tipos de luz: a natural e a artificial, as quais apresentam características de quantidade e qualidade bem distintas. Segundo Steffy (1990, p. 57) uma grande variabilidade de recursos luminosos são disponibilizados pelo homem e pela natureza. A energia eletromagnética visível, quando produzida pelo homem é mais consistente e mais estável do que a produzida naturalmente pela natureza. A luz natural, por sua vez, produz uma grande diversidade e uma grande quantidade de combinações de energias visíveis. Entretanto, mudanças temporais na quantidade e na qualidade da luz, embora ditas preferidas pelos usuários e consideradas estimulantes, podem ser prejudiciais à manutenção do desempenho visual ao longo do tempo.

Apesar das diferenças de qualidade e quantidade, a luz natural influencia psicológica e fisiologicamente os indivíduos. Diversas pesquisas concluíram que os indivíduos têm desejo declarado por aberturas,

como janelas, nos ambientes construídos. O principal elemento enfatizado por estas pesquisas é a possibilidade de visualização do ambiente externo, possibilitando a manutenção do contato com a vida exterior (Morgan, 1967; Hollister, 1968 e Hopkinson, 1967). Os autores afirmam que a quantidade de luz não é fisiológica ou psicologicamente o mais importante mas, sim, a manutenção de referencial, alcançada pelas aberturas (Robbins, 1986, p. 17).

Robbins (1986, p. 7) enfatiza que a luz do dia compreende toda a gama espectral, tendo o olho humano se adaptado ao longo de milhões de anos. Por causa disto, o olho humano não percebe a distorção de cores em condição de luz natural, mas tal se verifica sob condições de luz artificial.

A importância da cor, segundo Harris (1991, p. 41), recai na sua influência fisiológica sobre os indivíduos. Cores quentes, vermelho, por exemplo, causam incremento de frequência cardíaca e respiratória, enquanto as cores frias, principalmente o azul, têm efeito inverso. Cores como verde e cinza são neutras quanto a este efeito. Destas características, deve-se buscar um balanceamento nas cores a serem usadas.

Em resumo, a qualidade e quantidade de luz disponível em um ambiente de trabalho estão relacionadas diretamente com a satisfação com o ambiente, já que a satisfação com o trabalho e com o ambiente são negativamente afetadas quando há sombras e reflexão na obtenção de informações visuais. Contrariando o apregoado pela literatura, Brill (1984) não observou mudanças com relação à satisfação e o desempenho do trabalho diante de mudanças de intensidade lumínica ou qualidade da iluminação. Constatou que o tipo de cor ou o material empregado não contribuem para maior satisfação com o ambiente, com o trabalho e com seu desempenho. Também não identificou qualquer preferência por luz natural em contraposição à luz artificial. Entretanto, deve-se salientar que durante sua pesquisa de campo, Brill notou poucos problemas quanto à qualidade lumínica dos ambientes, o que pode ter influenciado o resultado obtido (Brill, 1984, p. 179).

Espaço de trabalho

Sendo uma medida voltada a reduzir custos, a diminuição do espaço destinado aos postos de trabalho repercute de forma negativa na satisfação do trabalhador. A possibilidade de alocar o indivíduo em uma área de trabalho maior ou de igual dimensão à que tinha anteriormente não altera seu nível de desempenho no trabalho. Entretanto, uma perda significativa de área (superior a 25%) repercute numa substancial redução na satisfação com o trabalho (Brill, 1984, p. 108).

A determinação da quantidade de espaço, destinada a atender às necessidades do trabalhador, verifica-se ao longo de duas perspectivas. A quantidade suficiente para o trabalho é, em sua maioria, inferior ao valor entendido como satisfatório. O espaço necessário, segundo o usuário, está relacionado com a atividade da função, enquanto o satisfatório, com o *status* inerente à função.

Leiaute

As mudanças de leiaute repercutem em alteração na satisfação com o ambiente e na performance do trabalho. Aqueles que experienciam melhorias no leiaute apresentam níveis mais elevados de satisfação com o ambiente. Mas os trabalhadores que não verificaram nenhuma melhoria de leiaute ou que identificaram uma inadequação de leiaute apresentaram uma leve redução de desempenho (Brill, 1984, p. 123).

Foi evidenciada a relação da adequação do leiaute com aumento de conforto e *status* e melhoria no processo de comunicação. Desta forma, suas relações e seus efeitos são de considerável expressão sendo sua avaliação e adequação de significativa importância no processo de trabalho (Brill, 1984, p. 125).

Conforto térmico

A manutenção do equilíbrio térmico entre o corpo humano e o ambiente é um dos principais requisitos para manutenção da saúde e do conforto (veja *Capítulo 3* deste volume). As pessoas perdem calor e umidade a partir de transformações metabólicas na conversão de alimento em energia, tendo a atividade que está sendo exercida efeito direto sobre a capacidade de produção térmica. O fluxo adequado de calor do corpo para o entorno depende de fatores como temperatura, umidade, movimento do ar, radiação e características térmicas das superfícies circundantes e peculiaridades dos usuários. A ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) proveu critérios ao longo dos anos para atender os requisitos de conforto térmico. Os critérios atuais (ANSI/ASHRAE – 55 – 1981) incluem ajuste de roupas, atividades, movimento do ar e fluxo de temperatura para permitir grande flexibilidade e economia de energia.

O conforto térmico é principalmente dependente do equilíbrio entre o calor do corpo (gerado pelo metabolismo em função do tipo de atividade que está sendo exercida) e a temperatura do ar e das superfícies adjacentes para que haja troca de calor.

umidade do ar e ventilação

A umidade do ar não afeta diretamente a carga de calor produzida pelo corpo humano, mas determina a capacidade de evaporação do ar e, conseqüentemente, a eficiência do processo de transpiração. Da mesma forma, a velocidade do ar afeta o corpo humano aumentando as

trocas de convecção de calor pelo corpo e facilita o processo de evaporação da água na superfície do corpo, aumentando a eficiência deste processo. No entanto, a má ventilação foi constatada como um fator importante na insatisfação do sujeito com a ambiência física do trabalho. O processo de transição de um ambiente com problemas de má circulação do ar para um mais adequado gera um aumento de satisfação do indivíduo com o ambiente de trabalho.

temperatura Segundo os resultados obtidos por Brill (1984, p. 168 - 169), os problemas com relação à temperatura verificam-se em ambientes mais quentes do que frios, sendo o principal problema a variação de temperatura, cujo efeito se reflete estatisticamente sobre o fator satisfação com o trabalho. Tendo-se controle sobre a temperatura, elimina-se o problema de extremos e flutuação de temperatura, o que repercute em taxas consideráveis de conforto. Entretanto, segundo Sattler (1997, p. 7), como a variação de temperatura pode ser tanto temporal como espacial, as variações (desde que não extremas) são até desejáveis, pois produzem uma condição natural à qual o organismo se adapta. Salienta que, efetivamente, o corpo pouco tolera a constância de temperatura ao longo do tempo em determinado espaço e, portanto, é desejável pequenas variações em torno de uma temperatura média.

Ruído Ruído é um som indesejado, sendo o objetivo do sistema acústico criar um ambiente onde empregados e clientes sintam-se confortáveis e possam desenvolver suas atividades eficientemente. O conforto acústico tende a aumentar a produtividade por permitir aos ocupantes falar confortavelmente sem criar fontes de distração para seu trabalho e para os demais trabalhadores. Os três principais elementos que devem ser observados no ambiente de trabalho são as fontes (voz e máquinas/equipamentos), os elementos de transmissão (tetô, parede, piso etc.) e os elementos receptores (pessoas que ocupam o espaço de trabalho) (Harris, 1991, p. 48).

Segundo a análise de Brill (1984, p. 191), dos tipos de sons ouvidos em escritórios, os que mais aborrecem são a campainha do telefone, pessoas conversando (face-a-face ou ao telefone), e o ruído do sistema de ventilação. Ruídos como música ambiente, os externos ao ambiente de trabalho e aqueles provenientes de equipamentos de escritório são considerados os menos incômodos. Constatou-se que o número de indivíduos em um mesmo ambiente permite prever a ocorrência de possíveis problemas. Quanto mais pessoas estiverem em uma mesma sala, mais freqüentemente se ouvirá pessoas conversando. O mesmo não se verifica para ruídos com outras fontes de emissão como campai-

nhas de telefones ou produzidos por equipamentos de escritório. Consta-se que sons não produzidos pela voz humana independem do número de indivíduos que se encontra em um mesmo ambiente.

O aumento ou a diminuição do ruído diretamente aumenta ou diminui a satisfação com o ambiente. À medida que o ruído fica mais intenso, os índices de satisfação com o trabalho diminuem. Entretanto, ele pode ser um benefício em algumas situações, pois o ruído ambiental propicia condições que facilitam e estimulam a conversação entre pessoas: ele pode funcionar como uma máscara sonora, facilitando a conversação visto não existir mais um silêncio a ser quebrado e possibilitando um caráter privado às conversações (Brill, 1984, p. 190).

Intervenção macroergo- nômica em uma instituição bancária

A abordagem macroergonômica tem sido adotada por poucos profissionais, a maioria nos EUA e Japão (Nagamachi e Imada, 1992). No Brasil, o Núcleo de Design e Ergonomia (NDE) do LOPP/PPGEP/UFRGS tem adotado o método nos estudos ergonômicos que desenvolve, tendo alcançado bons resultados. Um estudo macroergonômico desenvolvido pelo LOPP em um setor de uma instituição bancária chegou a conclusões que confirmam a proposta de Brill quanto à importância das questões físico-ambientais sobre o trabalho. Foi constatado que apesar das questões de envolvimento com o trabalho serem o principal elemento motivador, as questões do ambiente físico incutem no indivíduo um sentimento de satisfação.

A instituição financeira identificou uma aceleração nos casos de DORT e presumiu que era consequência ao uso intensivo de teclados de computador e máquinas de calcular. No entanto, o estudo macroergonômico realizado evidenciou que as causas dos problemas eram mais gerais e mais complexas e que o problema não era restrito à área da instituição que processava os documentos bancários. Apesar da gerência atribuir a insatisfação do pessoal aos problemas de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT's), por esforço repetitivo, os empregados não estavam tão preocupados com o fato e, realmente, tal esforço não é o que caracteriza o trabalho naquele setor do banco. Estavam, no entanto, preocupados com questões posturais, espaço para trabalho, condições ambientais e do mobiliário (principalmente o assento).

Com base no levantamento efetuado, foram propostas e implementadas soluções de melhoria no espaço físico e organização de trabalho. As alterações de mobiliário e ambiência física (redução de nível de ruído, melhor distribuição de iluminação e adequação térmica) resultaram positivamente na satisfação do trabalhador e na sua disposição para o

trabalho. Ficou claro que as melhorias físicas efetuadas no local atenderam não só às questões posturais mas, principalmente, mudaram o aspecto "descuidado" da sala transformando-a em um espaço aprazível. Um resumo deste trabalho com os principais resultados é apresentado a seguir:

levantamento dos dados

A análise ergonômica de trabalho foi realizada com base em entrevistas e questionários, visando identificar problemas segundo a óptica dos trabalhadores, e através de filmagens e medições, para avaliação das condições físico-ambientais. De acordo com a proposta macroergonômica de intervenção, este estudo contou com a participação dos trabalhadores durante o levantamento, identificação e solução de problemas. Os indivíduos envolvidos neste processo, fazem parte dos setores de engenharia, saúde e gerência, administração direta do setor e os empregados lotados no local de trabalho em estudo.

organização do trabalho

O trabalho era organizado em grupos de mesas identificados como Postos Multi-Agências (PMA). A cada PMA está relacionado um número específico de agências, monitoradas por um terminal de computador que permite efetuar pesquisas, atualizações e alterações no sistema. Os indivíduos alocados a cada PMA, dependendo do número de documentos processados, ficam responsáveis pelo fechamento de parte ou da totalidade das agências. A cada PMA está relacionado um supervisor a quem cabe efetuar a entrada de informações no sistema e a responsabilidade de verificação da execução dos trabalhos.

O corpo de empregados é composto, em média, por 70 trabalhadores. Fora o processo administrativo e de controle, realizado por 5 a 6 funcionários da própria instituição, as atividades principais que compõem o trabalho são realizadas tanto por funcionários quanto contratados de terceiros. Estes primeiros compõem o quadro de funcionários da instituição financeira em estudo, e dispõem de estabilidade, melhores salários (até dez vezes maiores que os dos contratados) e plano de saúde diferenciado. Os contratados, trabalhadores fornecidos por empresas contratadas pelo critério de menor custo, não dispõem de estabilidade e recebem salários significativamente inferiores aos funcionários da instituição. Entretanto, as responsabilidades e carga de trabalho são iguais para os dois tipos de empregados.

Muito embora a repetitividade e a segmentação das atividades, somados a esforços excessivos e posturas inadequadas, contribuam para o surgimento de lesões por esforços repetitivos (Silverstein, 1987), a análise ergonômica de trabalho evidenciou que a tarefa executada não condizia com um serviço altamente segmentado e extremamente

repetitivo, conforme informado pelo setor de saúde da empresa. Constatou-se uma rotina de trabalho composta por atividades que exigem esforço repetitivo dos membros superiores, porém muito reduzido em tempo e muito variado ao longo de todo o processo de trabalho. O uso do teclado, esporádico, não chega a 30% do tempo de trabalho.

Tal constatação levou a crer que os problemas relatados de ocorrência de DORTs não se deviam à forma de execução da tarefa, mas apontava para a predominância da tensão e desprazer como sendo alguns dos principais fatores para a ocorrência de DORTs no setor estudado. Os problemas como a tensão causada pela exigência do cumprimento de prazos muito reduzidos na entrega de documentos e o desprazer em realizar uma atividade rotineira em um ambiente inadequado para sua execução seriam alguns dos fatores a serem detidamente pesquisados.

fatores ambientais

Quanto ao ambiente, verificou-se uma falta de asseio quanto ao mobiliário, manutenção dos equipamentos utilizados, adequação quanto a iluminação, ruído e temperatura.

As medições de iluminação, ruído e temperatura foram realizadas pela equipe de segurança no trabalho da instituição, seguindo as recomendações especificadas respectivamente pela Norma de Iluminação de Interiores - NB 57/NBR 5413 (ABNT, 1991), Norma para Atividades e Operações Insalubres - NR 15 (MTE, 2004), especificamente o Anexo 1, Limite de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente e o Anexo 3, Limites de Tolerância ao Calor.

Quanto à iluminação, por recomendação de norma, ponto algum do campo de trabalho pode ter valor inferior a 70% de iluminação média especificada para o posto; por segurança, o valor medido de iluminação não deve exceder a 30%. Apesar do valor esperado por norma ser 500lux para escritório, os valores medidos variaram de 71 a 1560lux, sendo que 56% das medições estavam entre o limite recomendado e 44% estavam fora do aceitável.

Quanto ao ruído, apesar dos dados obtidos atenderem as especificações de norma (limite máximo de 85 dB(A) para um período de 8 horas), os valores observados estavam acima do recomendado para se evitar distúrbios durante o trabalho. Para trabalhos administrativos, o valor recomendado é de 65 dB(A). Este nível evita dificuldades de comunicação e níveis mais altos forçam as pessoas a falarem mais alto e prestar maior atenção, fazendo aumentar a tensão psicológica e o nível de atenção (veja *Capítulo 3* deste volume). Apenas 10% dos pontos amostrados estavam compreendidos abaixo deste valor, sendo 72 dB(A) o valor máximo observado.

Observou-se uma falta de uniformidade de temperatura ao longo da sala. Como o local de trabalho é uma grande peça, o sistema de ar condicionado de parede não era apropriado para uniformizar a temperatura do ambiente, expondo o indivíduo a flutuações muito grandes de temperatura. No mês de agosto, quando foram coletados os dados, a temperatura efetiva, próxima ao sistema de climatização, era de 20,6°C e na área central da peça 22,5°C. Como as duas medições se distanciavam aproximadamente 9,3m, observa-se uma variação de temperatura considerável para uma distância muito curta.

dados levantados com a participação direta do usuário

Para conhecimento da situação real de trabalho, sob o ponto de vista do trabalhador, optou-se pela utilização de um questionário aberto não estruturado. Ao término deste levantamento, foram identificados três grupos principais de problemas: "Ambiente Físico", "Organização do Trabalho" e "Situação de Trabalho". O primeiro engloba a situação ambiental, condição de mobiliário e de equipamento. O segundo engloba o processo de desenvolvimento das atividades inerentes ao trabalho, questões organizacionais e de relações interpessoais. O terceiro engloba a percepção do trabalho, fatores positivos e negativos das atividades desenvolvidas.

É importante notar que nenhum dos grupos comentou sobre problemas de DORTs, o que despertou a atenção dos pesquisadores já que a instituição financeira havia contatado o Núcleo de Design e Ergonomia (NDE) do LOPP/PPGEP/UFRGS devido à alta incidência deste tipo de problema, especificamente no setor estudado. Com base neste dado, os pesquisadores, ao final da entrevista, questionaram os participantes sobre este distúrbio: se sentiam o problema, se tinham conhecimento sobre suas causas etc. A resposta geral foi que se existia o problema, ele não se originava naquele setor, mas sim, nas agências do banco, principalmente no trabalho de caixa. De qualquer forma, já que os casos de DORTs foram a origem da pesquisa, esta questão foi reavaliada no questionário fechado realizado a *posteriori*.

A partir da entrevista, foi possível conhecer a opinião do grupo acerca dos problemas do setor. Como alguns membros não manifestaram-se durante a entrevista, essa opinião não era unânime. O material obtido até então possibilitava a determinação das inúmeras queixas e aspirações, não especificando, porém, o grau de relevância e aceitação de cada questão por parte do grupo. Para aferir se as opiniões apresentadas individualmente ou de concordância de alguns grupos eram realmente a opinião geral, necessitava-se que os itens levantados fossem avaliados e pontuados por todos. Para tanto, foi elaborado um questionário fechado, onde perguntas padronizadas são apresentadas numa mesma ordem e com as mesmas opções de respostas.

A estrutura do questionário foi dividida em quatro partes: “Ambiente Físico”, “Organização do Trabalho”, “Situação de Trabalho”, e “Dados Pessoais”. As três primeiras partes foram identificadas no diagrama de relação obtido com base na entrevista e a última inserida para obter informações pessoais do entrevistado, a fim de cruzar dados e obter respostas ou características de grupos passíveis de comprovação estatística.

Os elementos “Ambiente Físico” e “Organização do Trabalho” foram avaliados por meio do grau de satisfação dos entrevistados frente às questões ambientais e organizacionais do trabalho. O item “Situação de Trabalho” foi avaliado com base no grau de concordância com as afirmações apresentadas e o último, “Dados Pessoais”, eram dados a serem preenchidos em campos específicos.

A escala utilizada nos itens “Ambiente Físico”, “Organização do Trabalho” e “Situação de Trabalho” foi a de Likert. Nesta escala, valores discretos são associados a um conjunto de declarações, um valor para cada declaração (Mattar, 1995, p. 214). O emprego da escala de Likert neste estudo justifica-se pela sua facilidade de aplicação e simplicidade de análise dos dados obtidos. A escala adotada constitui-se de sete valores, com um valor central neutro. O valor neutro (4) identifica uma situação de indiferença quanto à proposição; os valores extremos identificam situações de discordância/insatisfação plena e concordância/satisfação plena (1 e 7); valores intermediários identificando, para cada uma dessas posições, uma maior ou menor intensidade no parecer.

ANÁLISE DOS DADOS

Para identificação e priorização dos problemas a serem sanados no setor, cada item do questionário foi avaliado a partir das respostas de todos os respondentes. Para cada item de cada uma das questões sobre as condições ambientais, organizacionais e de caracterização do trabalho, respectivamente listados nas *Tabelas 1, 2 e 3* foi obtida média e desvio padrão para determinação de seu valor representativo, a fim de possibilitar uma comparação do grau de importância dos itens.

Tabela 1 Média e desvio-padrão de insatisfação dos itens referentes ao "Ambiente Físico" - 1ª fase

Questões Ambientais	Média geral	Desvio padrão
Estética	2,3	1,3
Segurança	2,1	1,1
Ruído	2,4	1,1
Ventilação	2,1	1,2
Temperatura	2,3	1,4
Iluminação	3,6	1,7
Posição tomadas	2,6	1,6
Segurança instalações elétricas	2,8	1,6
Funcionamento materiais e equipamento	4,1	1,6
Policiamento	2,8	1,7
Higiene banheiro	3,4	1,8
Limpeza sala	2,9	1,5
Cadeira	2,7	1,4
Mesa	2,6	1,4
Escaninho	2,5	1,3
Média do Grupo	2,7	1,6

Tabela 2 Média e desvio-padrão das questões referentes à "Organização do Trabalho" - 1ª fase

Questões Organizacionais	Média geral	Desvio padrão
Chegada e saída de documentos	4,9	1,1
Atendimento de prioridades	5,0	1,2
Mudança de rotina	3,6	1,6
Interação Ceser-agência	3,4	1,6
Processo de trabalho	4,5	1,3
Distribuição carga de trabalho	3,9	1,7
Padronização de documentos	4,0	1,7
Treinamento novos	3,3	1,5
Designação instrutores	3,7	1,5
Horário jornada trabalho	5,3	1,8
Pausas	5,6	1,4
Ajuda entre empregados	4,0	1,8
Relações interpessoais	5,0	1,6
Mudar de PMA	3,5	1,6
Mudar de agência	3,5	1,5
Atuação chefia	4,6	1,4
Carga trabalho contratados	4,1	1,5
Carga trabalho funcionários	3,9	1,6
Média do Grupo	4,2	1,7

Tabela 3 Média e desvio-padrão dos itens referentes à "Caracterização do Trabalho" – 1ª fase
Os valores dos itens "mecânico", "monótono", "limitado" e "pressão trabalho estressante" foram invertidos quando da determinação da média do grupo, pois altos índices, nestas questões, representam um fator negativo no processo de "Caracterização do Trabalho"

Questões de Caracterização	Média geral	Desvio padrão
Mecânico	5,2	1,7
Monótono	3,8	1,8
Limitado	4,8	1,7
Criativo	3,0	1,7
Dinâmico	4,3	1,9
Desafio	4,0	2,0
Envolve responsabilidade	6,5	0,9
Valoriza o trabalhador	5,0	1,8
Pressão trabalho estressante	4,7	1,8
Média do grupo	4,0	1,7

Com base na análise de média e desvio-padrão dos itens das três questões, pode-se verificar que as condições ambientais tiveram a pior avaliação (Tabela 1) pelos trabalhadores. O valor que obteve na escala adotada é o levemente insatisfeito (2,7). Observa-se, entretanto, que o desvio-padrão é alto em consideração à magnitude das médias, não havendo um parecer bem definido sobre esta questão.

Com exceção do item "funcionamento dos materiais e equipamentos", todos os demais itens apresentam parecer insatisfatório. Deve-se, assim, considerar de grande relevância a priorização destes fatores que vão desde adequação física (caso da ventilação, iluminação etc.) como fatores de segurança e higiene (limpeza sala, banheiros, policiamento etc.) até fatores relacionados com a adequação de equipamentos (mesas, cadeiras, tomadas etc.).

Com base nas medidas realizadas no local, foi verificado que os níveis de iluminação, temperatura, ruído e ventilação não só eram incompatíveis com o recomendado pela ergonomia, como estavam fora dos limites especificados pela Norma Regulamentadora de Segurança do Trabalho - NR 15 (MTE, 2004).

MODIFICAÇÕES IMPLEMENTADAS

Os dados colhidos nas filmagens, medições e principalmente nos questionários foram apresentados a todos os empregados do setor estudado, representantes do setor de Engenharia e da Área de Saúde da instituição financeira em estudo. A ordem de priorização de intervenção sugerida foi resultante da análise do questionário que indicava como pior situação a condição do "Ambiente Físico".

As soluções de melhoria devem, portanto, concentrar-se nos fatores "Adequação Física", "Segurança e Higiene" e "Adequação do Equipamento", que englobam as questões identificadas como prioritárias, organizadas segundo a Tabela 4.

Após a divulgação dos resultados, algumas medidas corretivas, como a questão da iluminação, fiação e realocação de tomadas, foram logo colocadas em prática. Entretanto, muitas das modificações previstas necessitavam que o setor fosse transferido para outro local. As transformações mais significativas, como a própria disposição do mobiliário na sala, a criação de diversos ambientes, colocação dos absorvedores acústicos, do sistema complementar de ar condicionado e ajuste final do piso, só foi possível cinco meses após a apresentação dos resultados do primeiro questionário. Após a transferência do pessoal, o setor ficou em obras por aproximadamente dois meses.

Tabela 4
Organização dos
itens de condição
do Ambiente
Físico, segundo os
fatores de
"Adequação
Física",
"Segurança e
Higiene" e
"Adequação do
Equipamento"

Adequação física	Estética
	Segurança piso
	Ruído
	Ventilação
	Temperatura
Segurança/higiene	Iluminação
	Segurança instalações elétricas
	Funcionamento
	Materiais/equipamentos
	Policiamento
	Higiene banheiro
	Limpeza sala
Adequação do equipamento	Posição tomadas
	Cadeira
	Mesa
	Escaninho

Com base nas recomendações ergonômicas repassadas pelo NDE, a equipe de engenharia da instituição bancária desenvolveu uma nova proposta de arranjo da sala. Foi priorizada a criação de ambientes para redução dos níveis de ruído proveniente dos equipamentos e de conversas no setor administrativo. De um ambiente único foram criados três ambientes separados por divisórias. Um primeiro ambiente para os terminais de consulta, outro para o setor administrativo e, um último, uma grande sala destinada ao trabalho de fechamento. O arranjo desta sala de fechamento manteve as células de produção por Postos Multi-Agências (PMAs). Nas células, cabe a um grupo de trabalhadores, reunidos ao longo de uma linha de mesas, realizar o fechamento de um determinado número de agências.

O ambiente de trabalho foi completamente reformado. As paredes foram pintadas, o piso foi restaurado, o ruído foi parcialmente reduzido pela criação de ambientes separados por divisórias. Os níveis de ruído da sala de fechamento foram reduzidos por painéis de absorção acústica fixados no teto.

Para melhorar a temperatura e a ventilação ou seja, uniformizar e distribuir melhor a temperatura na sala, foram instalados *splits* de ar condicionado na área central da peça. Antes das modificações, dispunha-se apenas de ar condicionado de parede.

A altura e distribuição das luminárias foram alteradas para a obtenção de iluminação adequada para o tipo de atividade desenvolvida (aproximadamente 500 lux).

As instalações elétricas que estavam descobertas e com fiação à mostra tiveram sua instalação adequada para evitar a possibilidade de acidentes. Para adequação dos materiais e equipamentos, as tomadas que estavam mal alocadas, geralmente no chão e embaixo do posto de trabalho, forçando o usuário a agachar-se para diariamente ligar o equipamento de uso individual, como calculadoras, foram realocadas para junto da superfície da mesa, próximo ao material a ser ligado.

Iluminação de emergência e sistema corta fogo foram instalados para proteção e evacuação do prédio em caso de incêndio.

Quanto ao policiamento da área ao redor do prédio, apenas a iluminação no entorno foi melhorada. Uma segurança mais ostensiva não foi providenciada, colocando em risco os trabalhadores que se deslocam tanto de dia quanto de noite, visto que o prédio funciona ininterruptamente.

A área de saúde da instituição financeira em estudo, revendo os contratos com as empresas prestadoras de serviço, que estavam a cargo da manutenção da higiene e limpeza da sala e dos banheiros, exigiu que os períodos de limpeza fossem mais constantes. Com esta medida, segundo relato de alguns trabalhadores, a limpeza da sala melhorou. Entretanto, a higiene do banheiro não sofreu igual mudança, apesar da constante limpeza do mesmo. Observa-se que as dimensões do banheiro não são condizentes com o número de trabalhadores que o utiliza.

As cadeiras necessitavam ser trocadas devido ao péssimo estado de conservação. Para tanto, foi iniciado um processo de identificação e aquisição de cadeiras mais apropriadas, que no entanto, ainda não havia sido completado quando da conclusão desta pesquisa.

As mesas não foram alteradas. Entretanto, os escaninhos foram reprojatados, ficando mais baixos que os existentes e dispostos em dois módulos e não mais em uma peça única como inicialmente. Além de favorecer o alcance de documentos (quão mais baixos mais se aproximam do alinhamento com os ombros evitando elevação de braços), a

redução de altura do escaninho permitiu a visualização dos demais trabalhadores por parte do usuário do posto. Isto não só tornou o ambiente mais amplo mas, também, gerou uma sensação mais amigável pois a visualização dos demais integrantes favorece as relações interpessoais.

A fim de identificar como as pessoas percebiam a nova situação de trabalho, em comparação com a situação inicial, foi elaborado um segundo questionário com questões idênticas ao primeiro em relação às questões de "Ambiente Físico", "Organização do Trabalho" e "Caracterização do Trabalho". A análise comparativa entre o primeiro e o segundo questionários seria a base para verificação das diferenças de opinião quanto as questões de "Ambiente Físico", "Organização do Trabalho" e de "Caracterização do Trabalho" em função do período de coleta dos dados (pré e pós implantação das mudanças). A avaliação quanto ao tipo de organização de trabalho não estava em questão, pois não foram efetuadas mudanças neste sentido. Entretanto, a avaliação da percepção do trabalhador quanto à sua participação no processo de organização de seu próprio trabalho é uma questão importante na motivação.

Os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas Microsoft Excell 97. Para a Análise Multivariada de Variância (MANOVA) foi utilizado um software específico – Statgraphics versão 2.0 para ambiente Microsoft Windows.

Quanto ao "Ambiente Físico", os resultados obtidos na MANOVA indicam uma diferença significativa em função dos períodos observados (ante e depois das reformas). Os resultados da MANOVA realizada para os itens do "Ambiente Físico" estão apresentados na *Tabela 5*.

Tabela 5
Resultados obtidos na MANOVA para os fatores de "Ambiente Físico" avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)				A x B
	Antes	Depois	Fcalc	Adequação do Equip.	Adequação Física	Segurança / Higiene	Fcalc	Fcalc
Ambiente Físico	2,76	4,31	172,5	3,19	3,71	3,72	8,65	15,05

Para Fatores Observados, grau de liberdade (GL) – 2, o tamanho da amostra (A) – 282, nível de confiança (NC) 95%. Para Período de Coleta, GL – 1, A – 282, NC 95%. Para Fatores Observados x Período de Coleta, GL – 2, A – 282, NC 95%.

Os dados coletados no primeiro e no segundo questionários apresentam uma mudança significativa quanto às condições de caráter ambien-

tal. As condições ambientais, que de início apresentavam parecer insatisfatório (2,76), após a realização das modificações, passaram para uma situação aceitável (4,31).

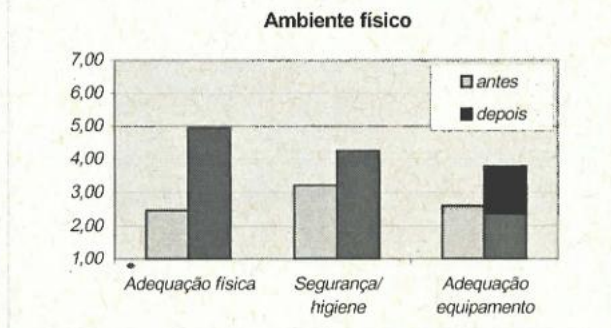
Mas, apesar de estatisticamente significativas, as diferenças entre os fatores que avaliam a questão ambiental não são muito expressivas. Dois fatores, o de “Adequação Física” e o de “Segurança e Higiene” apresentam praticamente o mesmo nível de satisfação. A “Adequação do Equipamento” apresenta escore um pouco inferior. Com estes resultados, constata-se que as mudanças realizadas repercutiram de forma positiva quanto aos três fatores, apresentando apenas menor efeito para o fator “Adequação do Equipamento”. A *Tabela 6* apresenta as médias de satisfação de cada um destes fatores para os momentos antes e depois das modificações do ambiente físico.

Tabela 6 Média dos fatores “Adequação Física”, “Segurança e Higiene” e “Adequação do Equipamento” para os períodos de coleta dos dados

Fatores Ambiente Físico	Período de coleta	
	Antes	Depois
Adequação Física	2,47	4,94
Segurança e Higiene	3,21	4,24
Adequação Equipamento	2,62	3,76
Média período de coleta	2,76	4,31

Pode se notar que, dos elementos que representavam as questões ambientais, o fator “Adequação Física” foi o melhor avaliado pelos trabalhadores no segundo questionário. A *Figura 1* permite observar que os três fatores sofreram melhoria, entretanto, os de “Segurança e Higiene” e o de “Adequação do Equipamento” tiveram menor acréscimo enquanto o fator “Adequação Física” subiu mais de duas unidades na escala de avaliação de satisfação.

Figura 1 Escore de satisfação obtido para cada um dos fatores ambientais antes e depois de realizadas as modificações no sistema de trabalho



A questão "Organização do Trabalho", avaliada pelos fatores "Relações de Trabalho" e "Processo de Trabalho", apresentou melhor desempenho após terem sido efetivadas as modificações. A análise de variância efetuada mostra que houve diferença significativa quanto à percepção dos trabalhadores sobre o sistema de "Organização do Trabalho", entre os períodos de coleta de dados. Entretanto, isoladamente, nenhum dos dois fatores que compõem o constructo Organização do Trabalho (Relação do Trabalho e Processo de Trabalho) sofreram alteração significativa do nível de satisfação. Principalmente no caso do fator "Processo de Trabalho" a avaliação da condição inicial é muito próxima à da condição final. Também não há interação entre os fatores. A Tabela 7 indica os resultados obtidos a partir da MANOVA para a questão "Organização do Trabalho".

Tabela 7
Resultados obtidos na MANOVA para os fatores de "Organização do Trabalho" avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)			A x B
	Antes	Depois	Fcalc	Relação do Trabalho	Processo de Trabalho	Fcalc	Fcalc
Organização do Trabalho	2,76	4,31	172,5	3,19	3,71	8,65	15,05

Para Fatores Observados, Período de Coleta e Fatores Observados x Período de Coleta, grau de liberdade - 1, o tamanho da amostra - 184, nível de confiança 95%.

Pode-se deduzir, então, que as mudanças físicas levadas à prática no sistema de trabalho (redistribuição de PMAs, novas planilhas, código de barra, leitura ótica para minimizar digitação) foram responsáveis pela diferença de opinião sobre as condições de "Organização do Trabalho" na primeira e na segunda coleta de dados. Apesar de não ser uma mudança expressiva, visto que o escore obtido permaneceu na mesma faixa de classificação inicial, os resultados indicaram, em termos gerais, que a nova situação é melhor que a anterior.

A análise gráfica dos escores obtidos para cada um destes fatores, ao longo dos dois momentos de pesquisa, pode ser feita a partir da Figura 2.

Quanto à questão "Caracterização do Trabalho", é significativa a interação entre fatores observados e período de coleta de dados, ou seja, as variáveis tempo e os fatores que compõem a questão "Caracterização do Trabalho" estão associados. As diferenças observadas quanto aos "Fatores Positivos" e "Fatores Negativos", relativo aos momentos de coleta de dados, representam um comportamento derivado das no-

vas condições de trabalho. Com a introdução de melhorias no sistema de trabalho, os “Fatores Positivos” e os “Fatores Negativos” apresentaram comportamentos inversos. Os resultados apresentados no gráfico da *Figura 3* parecem indicar que os “Fatores Positivos”, após a introdução de melhorias, se fazem mais presentes, ao passo que os “Fatores Negativos” reduziram.

Figura 2 Escore obtido para cada um dos fatores de “Organização do Trabalho” antes e depois de realizadas as modificações no sistema de trabalho



Figura 3 Escore obtido para cada um dos fatores de “Caracterização do Trabalho” antes e depois de realizadas as modificações no sistema de trabalho



Entretanto, a análise estatística mostrou que a percepção dos “Fatores Positivos” e dos “Fatores Negativos” do trabalho não variou significativamente em função do período de observação, isto é, os pareceres apresentados no primeiro questionário não diferiram significativamente daquele feito após a realização das modificações no sistema de trabalho. A *Tabela 8* apresenta os resultados encontrados na MANOVA para a questão “Caracterização do Trabalho”.

Tabela 8
Resultados obtidos na MANOVA para os fatores de "Caracterização do Trabalho" avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)			A x B
	Antes	Depois	Fcalc	Fatores Negativos	Fatores Positivos	Fcalc	Fcalc
Caracterização do Trabalho	4,57	4,64	0,17	4,5	4,71	1,45	4,25

Para Fatores Observados, Período de Coleta e Fatores Observados x Período de Coleta, grau de liberdade = 1, o tamanho da amostra = 180, nível de confiança 95%.

RESULTADOS DE ACORDO COM GRUPOS DE TRABALHADORES

Uma segunda análise está voltada à determinação das possíveis diferenças entre os dois períodos de coleta dos dados (pré e pós implantação das mudanças) em função do tipo de respondente. Além das informações a respeito das condições físicas, organizacionais e de caracterização do trabalho, foram obtidas informações acerca do próprio trabalhador (Tabela 9).

Tabela 9
Comparação dos dados pessoais: idade média, escolaridade, estado civil, e sexo, apresentados pelos grupos de contratados e funcionários

	Contratados	Funcionários
Idade Média (anos)	27,5	36
Escolaridade (%)		
Cursaram segundo grau	76,5	100
Cursaram terceiro grau	20,1	77,9
Estado civil (%)		
Solteiro	69	15,2
Casado	20,1	55,1
Sexo (%)		
Masculino	52,9	69,4
Feminino	47,1	30,6

Para os dois grupos de empregados (contratados e funcionários), foram analisados os vencimentos, estabilidade, benefícios, idade, escolaridade, estado civil e segmentação dos grupos quanto ao sexo. A caracterização destes dois grupos se restringiu a estas variáveis devido ao alto índice de respostas obtidas. O mesmo não aconteceu com variáveis como número de dependentes, atividades extras e atividades anteriores, que foram parcialmente preenchidas ou ficaram sem resposta. Por não permitir uma descrição fidedigna dos grupos, portanto, não representando a real condição dos trabalhadores, optou-se por não efetuar a análise destas informações. Como resultado, o grupo de contratados apresentou idade inferior (27,5 anos) ao grupo de funcionários (36 anos).

Quanto à formação escolar, os contratados apresentaram formação escolar inferior à dos funcionários, 76,5% dos contratados cursaram o

segundo grau; desta parcela, novamente 76,5% chegaram a concluir os estudos. Quanto aos funcionários, 100% chegaram a concluir o segundo grau. Para o nível de terceiro grau (graduação), 20,1% dos contratados e 77,9% dos funcionários chegaram a cursar algum curso superior. Desta parcela, 91% do contratados e 55,5% dos funcionários não chegaram ao término do curso.

Quanto ao estado civil, grande parte dos contratados são solteiros (69%) e dos funcionários (55,1%) são casados.

Por fim, o grupo dos contratados apresentou uma distribuição mais equilibrada quanto ao número de indivíduos do sexo masculino e feminino. Em contrapartida, o número de funcionários do sexo masculino é preponderante ao do sexo feminino. Para os contratados, 52,9% são indivíduos do sexo masculino e 47,1% são do sexo feminino. Para os funcionários estes valores são de 69,4% de homens e 30,6% de mulheres.

Após agrupamento dos dados quanto ao período de coleta e segmentação quanto ao tipo de vínculo do trabalhador com a instituição em estudo, foram realizados testes estatísticos para verificação de possíveis diferenças entre opiniões. Esta análise foi realizada para todas as questões, ou seja, "Ambiente Físico", avaliado quanto à "Adequação Física", "Segurança e Higiene", "Adequação do Equipamento"; "Organização do Trabalho" avaliado pela "Relação no Trabalho" e "Processo de Trabalho"; e "Caracterização do Trabalho", avaliado por "Fatores Positivos" e "Fatores Negativos".

Quanto aos dados obtidos para a "Adequação Física", as variáveis período de coleta de dados e as respostas apresentadas pelos grupos de contratados e funcionários apresentaram diferenças estatisticamente significativas, não sendo verificado o mesmo na interação das variáveis. Resultados obtidos na MANOVA, segundo o momento de pesquisa e a identificação das respostas por grupos sobre a condição de "Adequação Física", estão apresentados na *Tabela 10*.

Tabela 10
Resultados obtidos na MANOVA para os fatores de "Adequação Física" segundo a perspectiva dos grupos contratados e funcionários, avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

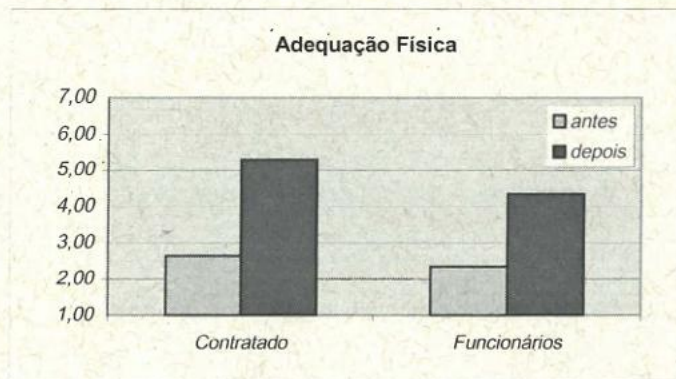
	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)			A x B
	Antes	Depois	Fcalc	Contratado	Funcionários	Fcalc	Fcalc
Adequação Física	2,49	4,81	148,37	3,96	3,34	10,68	3,18

Para Fatores Observados, Período de Coleta e Fatores Observados x Período de Coleta, grau de liberdade = 1, o tamanho da amostra = 92, nível de confiança 95%.

Dos itens de avaliação do “Ambiente de Trabalho”, o fator “Adequação Física” foi o que obteve maior incremento de escore. As mudanças implementadas quanto às condições de “Adequação Física” do ambiente de trabalho repercutiram em uma nova condição cuja aceitação por parte dos trabalhadores foi muito maior que a condição inicial de trabalho. Observa-se que o conceito geral dos itens que avaliam a “Adequação Física” do ambiente, parte de uma condição intermediária de levemente insatisfatório a insatisfatório (2,49) para um parecer levemente satisfeito (escore 4,81).

Quanto às respostas apresentadas pelos grupos, observa-se uma diferença significativa quanto à avaliação apresentada pelos contratados e pelos funcionários. Segundo a avaliação dos contratados, a condição física está bem mais adequada se comparada a avaliação feita pelos funcionários. Apesar dos contratados terem considerado uma diferença para melhor após as modificações (veja *Figura 4*), esta diferença não é estatisticamente significativa.

Figura 4 Escore obtido para os grupos de contratados e funcionários sobre o item “Adequação Física” avaliado antes e depois da realização das modificações no sistema de trabalho



A *Tabela 11* indica os resultados obtidos a partir da MANOVA para os fatores que compõem a “Segurança e Higiene” do ambiente de trabalho.

Tabela 11 Resultados obtidos na MANOVA para os fatores de “Segurança e Higiene” segundo a perspectiva dos grupos contratados e funcionários, avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

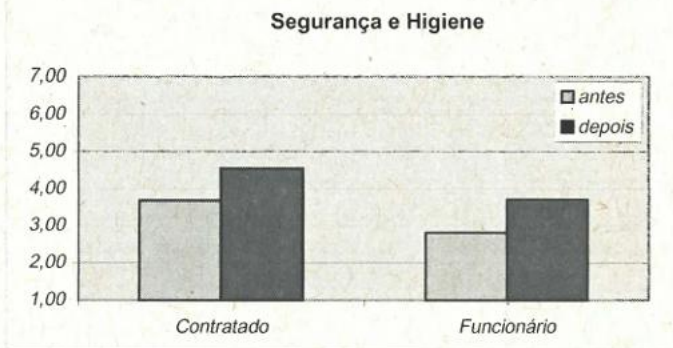
	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)			A x B
	Antes	Depois	Fcalc	Contratado	Funcionários	Fcalc	Fcalc
Segurança / Higiene	3,24	4,12	20,39	4,11	3,26	19,17	0

Para Fatores Observados, Período de Coleta e Fatores Observados x Período de Coleta, grau de liberdade - 1, o tamanho da amostra - 92, nível de confiança 95%.

Da mesma forma que o verificado na “Adequação Física”, porém em menor escala, pode-se observar uma diferença muito significativa entre as condições iniciais e as atuais de trabalho. De uma condição inicial cuja classificação era de levemente insatisfeito (3,24), após a implantação das modificações obteve-se escore de 4,12, indicando uma condição aceitável de trabalho.

Quanto aos grupos identificados por contratados e funcionários, observa-se uma diferença quanto à avaliação referente à “Segurança e Higiene”. Com relação à percepção das alterações por parte de contratados e funcionários, pode-se observar, na *Figura 5*, que os contratados, nos dois momentos de pesquisa tinham um parecer bem mais positivo do que o grupo de funcionários quanto à situação de “Segurança e Higiene” do ambiente de trabalho. No entanto, o incremento de valor por parte de cada grupo foi praticamente igual não apresentando interação entre os fatores.

Figura 5 Escore obtido para os grupos de contratados e funcionários sobre o item “Segurança e Higiene” avaliado antes e depois da realização das modificações no sistema de trabalho



A *Tabela 12* apresenta os resultados obtidos a partir da MANOVA para os dados de “Adequação do Equipamento”.

Tabela 12 Resultados obtidos na MANOVA para os fatores de “Adequação do Equipamento” segundo a perspectiva dos grupos contratados e funcionários, avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

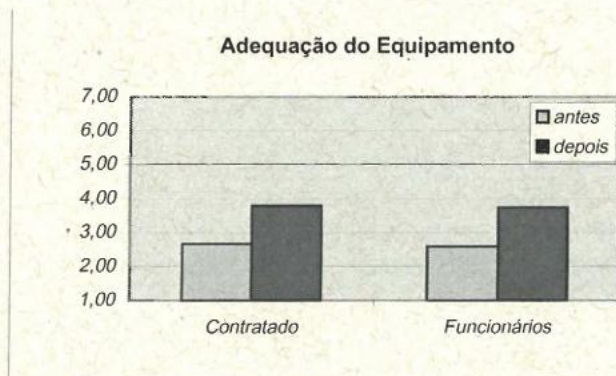
	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)			A x B
	Antes	Depois	Fcalc	Contratado	Funcionários	Fcalc	Fcalc
Adequação do Equipamento	2,62	3,76	28,03	3,22	3,16	0,07	0,01

Para Fatores Observados, Período de Coleta e Fatores Observados x Período de Coleta, grau de liberdade – 1, o tamanho da amostra – 92, nível de confiança 95%.

Foram observadas, por parte dos trabalhadores, melhorias quanto à questão de "Adequação do Equipamento", após realizadas modificações no sistema de trabalho. Sua condição melhorou de um parecer de levemente insatisfeito (2,62) para uma situação aceitável de trabalho (3,76). Estas melhorias foram observadas de igual forma tanto pelos contratados quanto pelos funcionários, não havendo assim uma diferença quanto às opiniões dos grupos:

A *Figura 6* permite observar que as respostas apresentadas após a implantação de modificações eram mais positivas do que de início e que a interação dos fatores tempo com as respostas dos grupos não é significativa. Como os valores obtidos para cada grupo pesquisado são praticamente iguais quando comparados os períodos de coleta de dados, não existe nenhuma interação entre os fatores.

Figura 6 *Escore obtido para os grupos de contratados e funcionários sobre o item "Adequação do Equipamento" avaliado antes e depois da realização das modificações no sistema de trabalho*



A questão "Organização do Trabalho" foi avaliada a partir de dois fatores de respostas: "Relação no Trabalho" e "Processo de Trabalho". Para o fator "Relação no Trabalho", apenas a variável tempo apresentou diferenças significativas quanto ao grupo de dados. As diferenças entre grupos não foram significativas.

No item "Processo de Trabalho", não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre as variáveis tempo de coleta de dados, parecer dos grupos e a interação dos dois grupos.

A *Tabela 13* apresenta os resultados de "Organização do Trabalho" obtidos através da MANOVA.

Tabela 13
Resultados obtidos na MANOVA para os fatores de "Relação no Trabalho" e "Processo de Trabalho" segundo a perspectiva dos grupos contratados e funcionários, avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)			A x B
	Antes	Depois	Fcalc	Contratado	Funcionários	Fcalc	Fcalc
Relação no Trabalho	4,05	4,63	7,75	4,32	4,36	0,04	0,1
Processo de Trabalho	4,33	4,54	1,45	4,48	4,39	0,32	0,77

Para Fatores Observados, Período de Coleta e Fatores Observados x Período de Coleta, grau de liberdade – 1, o tamanho da amostra – 92, nível de confiança 95%.

Com a implantação de modificações no sistema de trabalho, as "Relações no Trabalho" obtiveram uma melhora quanto ao parecer apresentado pelos trabalhadores. Apesar desta diferença não ser muito expressiva, sua diferença é significativa indicando um incremento quanto às relações desenvolvidas dentro do ambiente de trabalho.

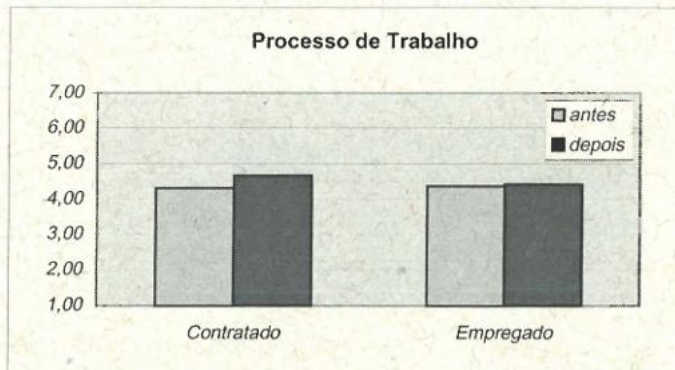
As opiniões esboçadas pelos contratados não diferem das opiniões dos funcionários. Ambas mostraram uma avaliação mais positiva, com incremento de mesma intensidade, para o fator "Relação no Trabalho", como pode ser observado na *Figura 7*.

Figura 7 Escore obtido para os grupos de contratados e funcionários sobre o item "Relação no Trabalho" avaliado antes e depois da realização das modificações no sistema de trabalho



As modificações implementadas não influenciaram a variável "Processo de Trabalho". Apenas os contratados sentiram uma diferença em relação à questão "Processo de Trabalho" mas esta diferença não é estatisticamente significativa. A *Figura 8* permite observar que as situações antes e depois de implantadas as modificações em nada mudou as opiniões dos grupos.

Figura 8 Escore obtido para os grupos de contratados e funcionários sobre o item "Processo de Trabalho" avaliado antes e depois da realização das modificações no sistema de trabalho



Sistema de trabalho

A questão "Caracterização do Trabalho" foi avaliada segundo seus "Fatores Negativos" e "Fatores Positivos". Os resultados obtidos pela MANOVA estão apresentados na *Tabela 14*.

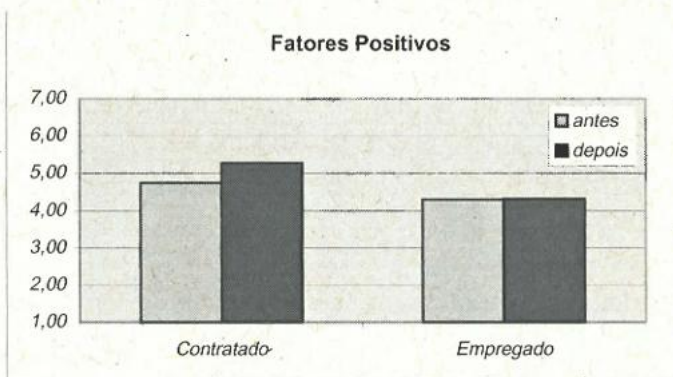
Tabela 14
Resultados obtidos na MANOVA para os "Fatores Negativos" e "Fatores Positivos" segundo a perspectiva dos grupos contratados e funcionários, avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)			A x B
	Antes	Depois	Fcalc	Contratado	Funcionários	Fcalc	Fcalc
Fatores Negativos	4,6	4,4	0,82	4,34	4,68	1,92	0,03
Fatores Positivos	4,52	4,79	1,17	5,01	4,31	7,73	1,09

Para Fatores Observados, Período de Coleta e Fatores Observados x Período de Coleta, grau de liberdade = 1, o tamanho da amostra = 88, nível de confiança 95%.

As opiniões dos trabalhadores quanto aos "Fatores Positivos" e "Fatores Negativos" do trabalho não foram alteradas com as melhorias implementadas. Entretanto, os "Fatores Positivos" foram avaliados de forma diferenciada pelos grupos de trabalhadores. Conforme pode ser observado na *Figura 9*, os contratados consideraram seu trabalho bem mais envolto em "Fatores Positivos" do que os funcionários.

Figura 9 Escore obtido para os grupos de contratados e funcionários sobre o item "Fatores Positivos" avaliado antes e depois da realização das modificações no sistema de trabalho



RESULTADOS QUANTO À QUESTÃO DE ENVOVIMENTO NO PROCESSO DE TRABALHO

As questões de envolvimento no trabalho foram avaliadas segundo os fatores "Progresso", "Competência", "Significância da Tarefa" e "Escolha" que não apresentaram diferença significativa de opinião em função das modificações implementadas. Os resultados obtidos a partir da MANOVA estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15
Resultados da MANOVA para o fator "Envolvimento com o Trabalho" segundo a perspectiva dos grupos contratados e funcionários, avaliados nos períodos pré e pós implantação das modificações

	Período de coleta (A)			Fatores observados (B)				A x B	
	Contratados	Funcionários	Fscale	Progresso	Competência	Significância da tarefa	Escolha	Fscale	Fscale
Envolvimento com o trabalho	4,3	4,15	1,11	3,43	4,01	4,65	4,81	20,41	2,63

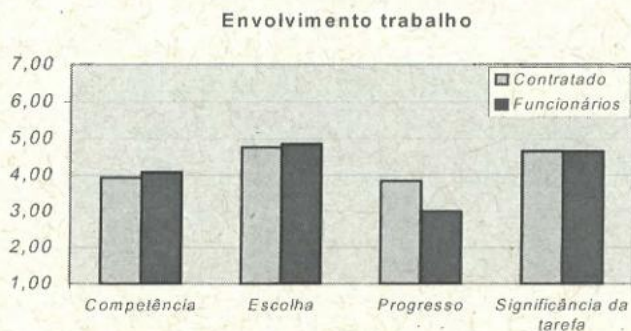
Para Fatores Observados, grau de liberdade (GL) – 3, o tamanho da amostra (A) – 140, nível de confiança (NC) 95%. Para Grupo de Trabalhadores, GL – 1, A – 140, NC 95%. Para Fatores Observados, GL – 3, A – 140, NC 95%.

As respostas apresentadas pelos contratados não diferem significativamente da opinião dos funcionários. Englobando os diferentes itens avaliados, a situação geral na qual estes grupos de trabalhadores classificam seu trabalho pode ser entendida como uma condição razoável. Entretanto, quando verificado cada um destes itens, observa-se que eles têm pesos diferentes de importância para os dois grupos de empregados, sendo considerado muito mais importante pelos funcionários do que pelos contratados. A condição de progresso das tarefas e desenvolvimento de novos projetos é o fator menos contemplado pelo sistema atual de trabalho.

Fatores como significância da tarefa e possibilidade de autonomia e escolha para tomada de decisões têm igual peso para os dois grupos.

A questão de competência que envolve a possibilidade que a organização oferece para participação, estímulo de habilidade e idéias também têm mesmo peso para os dois grupos, sendo considerada aceitável. A *Figura 10* indica os resultados processados quanto ao "Envolvimento com o Trabalho" apresentado por itens e pela resposta dos grupos identificados em contratados e funcionários.

Figura 10 Escore obtido para os grupos de contratados e funcionários sobre o item "Envolvimento no Trabalho" avaliado antes e depois da realização das modificações no sistema de trabalho



RESULTADOS QUANTO À QUESTÃO DE "IDENTIFICAÇÃO DE FATORES DE MOTIVAÇÃO NO TRABALHO"

A fim de identificar qual fator tem mais importância na realização, satisfação e motivação do trabalho, solicitou-se aos empregados que ordenassem, por ordem de importância, quatro questões: "Ambiente de Trabalho", "Caracterização do Trabalho", "Organização do Trabalho" e "Envolvimento com o Trabalho".

Para verificação se as diferenças de ordenação eram significativas foi utilizado o teste Kruskal-Wallis, cujo resultado é apresentado na *Tabela 16*. O teste mostrou que existe diferença significativa entre os itens estudados.

Tabela 16 Resultados obtidos para a média de classificação dos fatores identificados como fatores de motivação no trabalho

	Critérios Classificados				Hcalc.
	Ambiente Físico	Organização do Trabalho	Caracterização do Trabalho	Envolvimento com o Trabalho	
Média de Classificação	2,54	2,82	2,79	1,85	68,34

Para os Critérios Classificados, graus de liberdade $nf = ni - 1 (39 - 1) = 38$, Alfa = 0,01 Qui-quadrado $(x^2 \cdot 01,38) = 61,13$. Sendo $H >$ que $(x^2 \cdot 01,38)$, podemos rejeitar a hipótese nula e concluir que existe uma diferença significativa entre os itens estudados.

Em associação a este teste, foram obtidas as porcentagens para cada uma das quatro questões quanto ao índice de classificação. Os resulta-

dos estão apresentados na *Tabela 17*. Desta tabela, pode-se identificar o fator “Envolvimento com o Trabalho” como sendo o principal elemento motivador no trabalho, por ser mais citado em primeiro lugar com 56% das indicações. Os demais itens como “Ambiente Físico”, “Organização do Trabalho” e “Caracterização do Trabalho” não apresentam uma posição bem definida, pois ao longo da tabela diferentes questões ocupam a mesma ordem de classificação dispondo aproximadamente a mesma porcentagem.

Tabela 16
Porcentagem de classificação dos itens “Ambiente Físico”, “Organização do Trabalho”, “Caracterização do Trabalho” e “Envolvimento com o Trabalho”

Ordem de classificação	Ambiente físico	Organização do trabalho	Caracterização do trabalho	Envolvimento com o trabalho
1	17,95 %	10,26 %	12,82 %	58,97 %
2	28,21 %	25,64 %	28,21 %	17,95 %
3	35,90 %	35,90 %	25,64%	2,56 %
4	17,95 %	28,21 %	33,33 %	20,51 %
% Acumulada	100 %	100 %	100 %	100 %

considerações finais

As alterações de mobiliário e ambiência física (redução de nível de ruído, melhor distribuição de iluminação e adequação térmica) resultaram positivamente na satisfação do trabalhador e na sua disposição para o trabalho. Conforme já havia sido identificado no levantamento de dados (por observação direta, indireta e questionários), os empregados não estavam preocupados com problemas de DORTs, o que é procedente pois tal tipo de esforço não é o que caracteriza o trabalho no setor bancário estudado. Estavam, no entanto, preocupados com questões posturais no que concerne a manipulação de documentos, espaço para trabalho e assento. Ficou claro que as melhorias físicas atenderam não só estas questões mas, principalmente, mudaram o aspecto “descuidado” da sala transformando-a em um espaço aprazível, mostrando que a empresa estaria mais preocupada com o trabalhador como ser humano e não apenas como peça para funcionamento da empresa.

As modificações realizadas no ambiente físico repercutiram em satisfação, mesmo após um certo período de tempo. Este resultado vem em oposição a Dejours (1992), que propõe que o efeito de melhorias no ambiente físico não se estende por mais de algumas semanas. Além destes efeitos se fazerem presente em um espaço de tempo maior do que é verificado pela bibliografia, os dados obtidos neste trabalho mostraram que o ambiente físico influencia outras questões relativas ao trabalho. O sistema organizacional, avaliado segundo a questão “Organização do Trabalho”, não sofreu nenhuma mudança em nível de processamento de trabalho ou de fatores que diretamente influenciam os

níveis de relação interpessoal. No entanto, as questões referentes à "Relação no Trabalho" obtiveram uma melhoria significativa na avaliação pós-modificação do ambiente físico. Este resultado é procedente pois as relações interpessoais são facilitadas em um meio mais prazeroso, onde as pessoas podem sentir-se mais satisfeitas. Entretanto, as melhorias alcançadas com modificações ambientais, somente são citadas ou lembradas quando os indivíduos são questionados quanto a estes fatores. Quando isto ocorre, o ambiente é reconhecido como diferente da situação inicial e, então, melhor cotado.

Apesar do ambiente repercutir sobre as relações no trabalho, este não influencia outros fatores tais como a organização e a caracterização do trabalho. Estes fatores são os que diretamente intervêm com a motivação, estando voltados ao estímulo de ação e de atuação que resultam em motivação e não somente ao sentido de prazer, de satisfação que é influenciado pelo ambiente físico.

Em comparação aos fatores avaliados (físicos, organizacionais, de caracterização e de envolvimento), a questão de envolvimento foi considerada o principal elemento de motivação no trabalho. Estes resultados estão de acordo com as teorias de motivação apresentadas por Maslow (1954), McGregor (1973), Herzberg (1959) e Sundstrom (1986) que enfatizam que as questões físicas apresentam um caráter secundário como elemento motivador, quando comparado aos fatores intrínsecos, relacionados ao indivíduo. Herzberg (1959) havia identificado os fatores realização, reconhecimento e eventos que possibilitassem o crescimento pessoal, como elementos motivadores no processo de trabalho. As demais questões como relação interpessoal, condições físicas e itens de segurança no trabalho estariam relacionadas predominantemente ao conceito de prazer e satisfação.

Diante de uma nova condição de ambiente e da consideração dos fatores de envolvimento como principal elemento motivador no trabalho, pode-se constatar que as questões físicas são elementos intrinsecamente voltados à satisfação. Entretanto, não se pode assumir que os fatores físicos desempenham um papel de menor importância, podendo ser desconsiderados. Segundo Carnevale (1992), os vários fatores que compõem o ambiente físico devem ser avaliados sob diversas perspectivas. Isto, porque o ambiente físico repercute sobre o indivíduo de forma a propiciar estímulos que vêm a influenciar seu desempenho e sua produtividade. Observa-se muito bem esta questão, quando da não adequação de fatores como ruído, temperatura ou iluminação que inevitavelmente repercutem em menores níveis de desempenho e produtividade do trabalhador.

Outro dado importante obtido neste trabalho salienta as diferenças observadas quanto à resposta dos grupos, identificados como contratados e funcionários. Os resultados indicaram, na grande maioria dos itens avaliados, que os trabalhadores de diferentes categorias expressam distintos graus de satisfação com o trabalho.

Os contratados, que de forma geral têm uma condição hierárquica inferior que os funcionários, apesar de exercerem as mesmas funções, mostraram uma avaliação sobre as questões de “Adequação Física”, de “Segurança e Higiene” e quanto aos “Fatores Positivos” presentes no ambiente de trabalho, sempre superior à avaliação feita pelos funcionários. Esta diferenciação está de acordo com Zalesny (1987) que observou que as alterações realizadas quanto às questões físicas do ambiente foram percebidas de forma diferenciada ao longo da escala hierárquica da empresa. O entendimento deste fato vem da interação da conduta humana com o meio que cerca o indivíduo na composição de necessidades que precisam ser atendidas. As necessidades humanas, por não serem sempre percebidas da mesma forma, dificilmente podem ser plenamente atendidas para todos os trabalhadores. Segundo Kanaane (1995), a compreensão da conduta humana deve estar condicionada a valores, crenças, sentimentos, cognições de diferentes objetos, pessoas ou situações que tendem a influenciar o comportamento humano. Outro elemento que condiciona estas necessidades é o meio no qual o indivíduo se insere. Esta forma de concepção tende a variar de acordo com o grau de influência do meio sobre o sistema de valores do indivíduo (Kanaane, 1995, p. 19). O atendimento destes valores especifica a atitude do indivíduo frente ao seu trabalho, podendo determinar sua satisfação ou frustração. Muitas vezes, diferenças não são evidenciadas pois muitos estudos não consideram as diferenças individuais que acabam por se espalhar quando agrupado com os demais elementos. Para correta verificação, a análise por grupos deve partir do pressuposto que certos indivíduos têm em comum uma mesma origem de formação e de elementos que determinam seu comportamento, permitindo, assim, uma análise mais acurada acerca das relações intra-grupos e uma análise comparativa entre-grupos.

Como a intervenção no setor bancário em estudo foi desenvolvida sob uma visão macroergonômica, onde os fatores avaliados faziam relação à qualidade de vida do trabalhador em sua vida como um todo e não só no trabalho, o projeto deveria contar com a participação efetiva de todos os empregados. A participação não era obrigatória e o método desenvolvido mostrou-se adequado, visto que o trabalho de pesquisa contou com a participação de uma grande parcela de empregados. Houve elevado índice de retorno dos instrumentos de avaliação das condi-

ções pré (93% de questionários retornados) e pós (78% de retorno) implantação das modificações no ambiente de trabalho e houve alta participação dos empregados no projeto, principalmente na fase de identificação de soluções para os problemas levantados.

Os dados obtidos neste trabalho fazem referência à condição pessoal de cada indivíduo, sendo difícil de ser trabalhados diretamente com ferramentas usuais de estatística. Não foi encontrado, em bibliografia, um método que atendesse às necessidades do estudo, isto é, que levasse em consideração a posição de todos os pesquisados. Como a grande maioria dos trabalhos que envolvem a análise de opinião de- frontam-se com este tipo de problema, este trabalho vem a contribuir com um método que permite, de forma acurada, avaliar questões de opinião pessoal e de grupo.

Em decorrência do emprego destas ferramentas, foi possível constatar que as questões de envolvimento com o trabalho são consideradas como o principal elemento motivador no ambiente de trabalho, ficando as questões físicas do ambiente de trabalho voltadas a incutir no indivíduo um sentido eminentemente de satisfação diante da nova situação. Das questões físicas, deve-se atentar para que estas não estejam inadequadas ergonomicamente a fim de não comprometer a saúde, o desempenho e a produtividade do trabalhador.

Quanto à abrangência do trabalho, a proposta de estudo estava voltada à análise mais ampla da questão do trabalho. Entretanto, tendo em vista que, em curto espaço de tempo, são limitadas as possibilidades de modificação no setor bancário em estudo, os demais fatores organizacionais, de envolvimento e de caracterização do trabalho não foram alterados. Este estudo permitiu verificar as influências das questões físicas sobre os demais fatores, tendo sido possível verificar que uma nova condição física permite melhoria nas relações interpessoais e, principalmente, evidenciou a existência de diferenças de opinião ao longo da escala hierárquica da empresa.

REFERÊNCIAS ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. (1991) NB 57, registrada no IMETRO como NBR 5413, maio, 1991. *Iluminância de interiores*.

ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 55 - 1981. Thermal environmental conditions for human occupancy. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta, 1981.

- BRILL, M.; MARGULIS, S. T.; KONAR, E. (1984) *Using Office Design to Increase Productivity*. v. 1. Buffalo: Workplace Design and Productivity Inc. 400 p.
- CARNEVALE, D. G. (1992) Physical Setting of Work: A Theory of the Effects as Environmental Form. *Public Productivity & Management Review*. v. 15, no. 4, summer, pp. 423 – 436.
- DEJOURS, C. (1992) *A Loucura do Trabalho*. São Paulo: Editora Cortez, 5 ed.
- HARRIS, D. A.; ENGEN, B. W.; FITCH, W. E. (1991) *Planning and Designing the Office Environment*. New York: Van Nostrand Reinhold, 2 editon.
- HERZBERG, F. (1959) *The Motivation to Work*. New York: J. Wiley.
- HOLLISTER, F. D. (1968) *Greater London Council: A Report on the Problems of Windowless Environment*. London.
- HOPKINSON, R. G. (1967) The Psychophysics of Sunlighting. PROCEEDINGS OF THE CIE CONFERENCE ON SUNLIGHT IN BUILDING. Rotterdam: Bouwcentrum International, Newcastle-upon-type, England, pp. 13 – 20.
- HUGUES, P. (1976) Lighting the Office. *The Office*. September, pp. 127 - 167.
- KANAANE, R. (1995) *Comportamento Humano nas Organizações - O Homem Rumo ao Século XXI*. São Paulo: Editora Atlas.
- MASLOW, A. H. (1954) *Motivation and Personality*. New York: Haper & Row Publishers.
- MATTAR, F. N. (1995) *Pesquisa de Marketing*. v. 1. São Paulo: Editora Atlas. 335 p.
- McGREGOR, D. (1973) *Motivação e Liderança*. São Paulo: Editora Brasiliense.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. (2004) *Norma Regulamentadora n. 15 (NR 15) - Atividades e operações insalubres*. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessado em 08/01/04.

MORGAN, C. J. (1967) Sunlight and its Effects on Human Behavior and Performance. PROCEEDINGS OF THE CIE CONFERENCE ON SUNLIGHT IN BUILDING. Rotterdam: Bouwcentrum International, Newcastle-upon-type, England, pp. 21 – 26.

ROBBINS, C. L.(1986) *Daylighting – Design and Analysis*. New York: Van Nostrand Reinhold.

SATTLER, M. A. (1997) *Ergonomia de Processo - Habitabilidade - Conforto Térmico*. Apostila de Aula Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pp. 49.

SILVERSTEIN, B. A.; FINEL, J.; ARMSTRONG, T. J. (1987) Occupational Factors and Carpal Tunnel Syndrome. *American Journal of Industrial Medicine*, pp. 343-358.

STEFFY, G. R. (1990) *Architectural Lighting Design*. New York: Van Nostrand Reinhold.

SUNDSTROM, E. (1986) *Work Place: The Psychology of the Physical Environment in Office and Factories*. New York: Cambridge University Press.

TAYLOR, F. W. (1982) *Princípios de Administração Científica*. São Paulo: Editora Atlas.

ZALESNY, M. D.; FARACE, R. V. (1987) Traditional Versus Open Offices: A Comparison of Sociotechnical, Social Relations, and Symbolic Meaning Perspectives. *Academy of Management Journal*, v. 30, no. 2, pp. 240 – 259.

32 Ambiente:

Música no Local de Trabalho

Daniela Fischer & Lia Buarque de Macedo Guimarães

O aumento da produtividade, a melhoria das condições do ambiente físico de trabalho e o bem estar psicológico dos empregados são alguns dos objetivos perseguidos atualmente no meio empresarial. Recursos diversos, desde os mais simples até os mais elaborados e complexos, vêm sendo utilizados para atingí-los. Inserido neste contexto tem-se a música, um recurso simples, de fácil aquisição e de custo relativamente baixo, dependendo do sistema.

A música vem sendo estudada por especialistas e veiculada nos ambientes de muitas empresas desde 1939. De acordo com Oldham *et al.* (1996, p. 95), "*algumas estimativas indicam que mais de 135.000 negócios espalhados pelo mundo usam música no trabalho*".

No entanto, dado que os resultados dos estudos sobre música não se disseminaram na mesma proporção que da sua utilização nos locais de trabalho, algumas empresas desconhecem os reais benefícios por ela proporcionados.

Assim, este trabalho pretende contribuir neste sentido, esclarecendo não só os benefícios da música mas também os aspectos a serem considerados sobre os sistemas que a veiculam.

DEFINIÇÕES- TERMINOLOGIAS

A seguir, apresenta-se o significado de algumas expressões que serão utilizadas no decorrer deste trabalho.

Background- music system

É um sistema que fornece uma única programação musical para todos os empregados ao mesmo tempo, através de alto-falantes localizados em tetos e/ou paredes (Oldham *et al.*, 1996).

MUZAK

Companhia americana, pioneira na fabricação de sistemas que veiculam música (Matthews, 1994).

**Personal
stereos
headset**

É um sistema que fornece música via fones-de-ouvido, que permite ao usuário individualmente selecionar a natureza e a duração da programação musical, ou outras programações, como esportes e noticiários (Oldham *et al.*, 1996).

Piped music

Nome do primeiro sistema de fornecimento de música através de tubulações (Matthews, 1994).

Ruído

Em termos objetivos é definido como vibrações aleatórias que não apresentam um padrão regular (Szokolay, 1980). Outra definição para ruído é de som indesejável, sendo que sua aceitação depende de fatores objetivos e físicos e de fatores subjetivos e psicológicos (Iida, 1990; Szokolay, 1996).

HISTÓRICO

O breve histórico descrito nos parágrafos a seguir, está de acordo com as declarações feitas por Simon Marinker, administrador da *Bent Cross*, à repórter Virginia Matthews do *Journal Marketing* (1994), por ocasião da comemoração do aniversário dos 60 anos da MUZAK.

“*Environmental Music*” foi inventada pela primeira vez em 1922 por George Squier, um empregado da *US Army*, e caracterizava-se por registros fonográficos transmitidos através de linhas telefônicas. Doze anos mais tarde (1934), George Squier vendeu sua patente para a *North American Company* que combinou a música com a KODAK para criar a companhia MUZAK, a qual permanece até hoje no mundo dos negócios com uma série de *franchises* espalhadas por diversos países.

O primeiro produto fabricado - *piped music*, começou a ser livremente comercializado logo após o primeiro teste de mercado de muito sucesso da MUZAK em salas de espera em Cleveland, Ohio, sendo os restaurantes e clubes de Nova York os primeiros a utilizá-los em seus ambientes.

Em 1939, em meio aos esforços de guerra, pesquisadores contemporâneos mostraram que pessoas trabalhavam mais rápido e contentes quando escutavam música (Mathews, 1994). Assim, como a música auxiliava a levantar o moral dos empregados nas fábricas e conseqüentemente aumentava a produtividade, *piped music* foram instalados de um lado ao outro dos EUA nesta época.

Dado a este grande crescimento da distribuição do produto, os engenheiros da MUZAK passaram a desenvolver novas tecnologias e seus cientistas, embora sem habilitação profissional reconhecida, a pesquisar extensivamente os benefícios proporcionados pela música.

O setor lojista da época, então maravilhado com a descoberta desta “aparente” ligação entre a música e a produtividade, passou também a utilizar *piped music* em seus ambientes.

Desde então, a música disseminou-se pelos mais diversos ambientes, estudos sobre seus benefícios passaram a ser desenvolvidos extensivamente por muitos pesquisadores de diferentes áreas e inovações tecnológicas foram implementadas sucessivamente nos sistemas que a veiculam.

MÚSICA NO LOCAL DE TRABALHO

A música tem efeitos sobre o homem e o ambiente físico do trabalho. Oldham *et al.* (1995) apresentam referências de pesquisas sobre música e a resposta dos trabalhadores sobre estes quatro estados de espírito.

Sobre o ambiente físico de trabalho, a música auxilia no tratamento do ruído mascarando sons que geram distrações, tal como conversações externas e sons de máquinas. Como suporte para esta afirmativa têm sido utilizados resultados de pesquisas prévias sobre mascaramento de ruído através da música. Entre elas, tem-se “*um estudo conduzido pelo departamento de pesquisas da MUZAK (1989), que mostrou que 93% dos empregados de uma organização consideram que a música mascara outros sons do ambiente de trabalho*” (Oldham *et al.*, 1995, p. 549).

Os efeitos da música e sua relação com a produtividade

O aumento da produtividade vem a ser conseqüência destes efeitos da música sobre o homem e o ambiente físico. Para esta relação, os argumentos utilizados pelos defensores da música são que o elevado estado de espírito dos trabalhadores contribui para o aumento da produtividade, da mesma forma que o mascaramento do ruído, ao favorecer a concentração no trabalho, promove elevados níveis de produtividade (Oldham *et al.*, 1996).

Sistemas de veiculação de música

A música tem sido freqüentemente veiculada nos locais de produção através de *background-music system* e *stereo headset individual*.

Background-music system caracteriza-se por ser o mais difundido e utilizado nas empresas e por anteceder o *stereo headset individual*, o qual possui a tecnologia mais recente.

Verificações e resultados de pesquisas

As verificações e resultados de estudos sobre música são apresentados a seguir para cada um dos sistemas citados acima. Referem-se às respostas dos trabalhadores em relação aos quatro estados de espírito, mascaramento de ruído, produtividade, trabalhos simples e complexos, diferentes tipos de música, duração da programação musical e a outros aspectos do trabalho.

Background-music system Segundo Oldham *et al.* (1996, p. 96), “os efeitos de background-music system têm sido extensivamente estudados em pesquisas independentes, e igualmente patrocinadas por firmas que vendem os sistemas, tal como a MUZAK”.

Com isso, as verificações e resultados abaixo descritos, representam uma síntese de muitos estudos já desenvolvidos.

- Estado de espírito dos empregados** Embora poucas pesquisas em *background-music system* tenham averiguado o estado de espírito dos trabalhadores, estas têm confirmado que a música eleva o entusiasmo, aumenta a relaxação, reduz o nervosismo e a fadiga (não foram indicadas as respectivas percentagens) (Oldham *et al.*, 1996).
- Mascaramento de ruído** Em literatura específica sobre tratamento de ruído, encontrou-se que música fornecida por este sistema é aceitável para mascarar o ruído, mas raramente usada porque os gostos musicais são um tanto diversos, tornando-se freqüentemente impossível encontrar uma seleção musical aceitável por todos (Hemp *et al.*, 1995).
- Produtividade** “A maioria dos estudos mostra um aumento na produtividade de cerca de 5 % após a implementação de background-music system” (Oldham *et al.*, 1996, p. 96). No entanto, considerando-se os resultados de outras pesquisas citadas em Oldham *et al.* (1995), salienta-se que este aumento é relativo. A exemplo, tem-se o resultado de um estudo realizado numa fábrica de montagem de rádios que indicou ganhos de produtividade entre 4 e 25% (Oldham *et al.*, 1996).
- Produtividade - Trabalhos simples e complexos** Poucas pesquisas realizadas neste sistema têm examinado a reação dos empregados em trabalhos complexos, quando a música é veiculada. No entanto, tem sido geralmente assumido que empregados realizando trabalhos simples e de baixa habilidade respondem mais positivamente do que empregados em trabalhos complexos mais exigentes (Oldham *et al.*, 1996).
- Diferentes tipos de música e duração da programação musical** Não influenciam nos resultados de aumento de produtividade (Oldham *et al.*, 1995).
Especificamente sobre diferentes tipos de música, foi constatado por Grandjean (1998) que pessoas mais velhas preferem a música clássica e pessoas mais jovens músicas de entretenimento. Ainda, que a música é mais desejada por pessoas jovens, independentemente do sexo (Grandjean, 1998).

Sensação de desconforto No que diz respeito à duração, vale lembrar que em meados de 1939, foi relatado pela MUZAK, que 15 minutos de música, alternados com 15 minutos de silêncio, poderiam tornar a força de trabalho super eficiente (Matthews, 1994)

Uma pesquisa da MUZAK (não menciona o ano) indicou que mais de 20% dos empregados não gostam de escutar música fornecida por *background-music system* durante o trabalho (Oldham *et al.*, 1996).

PERSONAL STEREOS HEADSETS

Poucos estudos têm sistematicamente examinado os efeitos de *stereo headset* individuais nos ambientes de trabalho e seu impacto na produtividade e no bem-estar psicológico dos trabalhadores (Oldham *et al.*, 1996). Os resultados e as análises apresentados para este sistema referem-se a um estudo quasi-experimental de Oldham *et al.* (1995) sobre *stereo headsets* individuais, do tipo *sony walkman*. Nos parágrafos que seguem, descreve-se sucintamente este estudo, sendo que para maiores detalhes e informações sugere-se consultar a bibliografia (Oldham *et al.*, 1995) e (Oldham *et al.*, 1996).

Este estudo foi realizado em um escritório de uma grande organização localizada em *Midwest*, na qual trabalhavam 256 empregados em 32 tipos de trabalhos diferentes. Estes empregados foram separados em dois grupos: *grupo stereo* e *grupo controle*. O *grupo stereo* foi composto por 75 integrantes, que foram selecionados aleatoriamente entre os 150 do laudo de inspeção preliminar que mostraram interesse em usar *headset* no trabalho, e o *grupo controle* pelos 181 empregados remanescentes. Destes grupos, somente ao *grupo stereo* foi permitido usar *headsets* no trabalho durante o período de quatro semanas.

Haviam empregados executando tanto de trabalhos simples quanto trabalhos complexos nestes grupos. Os trabalhos simples correspondiam aos mais rotineiros e de baixa habilidade, tal como documentação e entrada de dados, e os trabalhos complexos aos mentalmente mais desafiantes, como processamento de seguros e avaliação de análises.

O monitoramento e a coleta dos dados ocorreram em três períodos distintos de quatro semanas cada um: no pré-estéreo, o qual antecedeu a introdução dos *headsets*, no em uso, no qual o *grupo stereo* escutou música, e no pós-estéreo quando os *headsets* foram removidos do escritório. Salienta-se que nem todos os dados foram coletados necessariamente durante estes três períodos, por exemplo, para a preferência musical e duração foi aplicado um questionário somente durante o período em uso.

- Resultados da intervenção dos *personal stereos* headset no escritório** Sobre os resultados e análises descritos a seguir, Oldham *et al.* (1995) recomendam para que se tenha uma certa cautela ao interpretá-los pelo fato deste estudo ter decorrido num período de tempo relativamente pequeno.
- Estado de espírito dos empregados** O grupo *stereo* apresentou aumentos substanciais enquanto que *headsets* foram utilizados. A fadiga reduziu 23.3% e o nervosismo 23.1%, o entusiasmo e a relaxação aumentaram, 8.7% e 33.9% respectivamente. O grupo *controle* apresentou poucas mudanças. De fato, a única alteração observada foi que os trabalhadores deste grupo tornaram-se mais fatigados (11.3 %) durante as quatro semanas que *stereos* estavam sendo utilizados pelo outro grupo. Em relação aos outros estados de espírito, o nervosismo reduziu 3.6 %, a relaxação aumentou 1.3 % e não houve aumento no entusiasmo, pelo contrário, houve uma redução de 3.2 % (Oldham *et al.*, 1996).
- Mascaramento do ruído** “*Música fornecida por este sistema pode mascarar o ruído de fundo que distrai produzido por máquinas, equipamentos e conversas laterais*” (Oldham *et al.*, 1995, p. 549).
- Produtividade** O grupo *stereo* aumentou a produtividade cerca de 10.2 % acima, comparado com as taxas correspondentes ao período em que *stereos* não foram usados e o grupo *controle* 3.9 %. Logo, a diferença no aumento da produtividade entre estes grupos foi de 6.3 %, a qual foi atribuída ao uso de *headsets* no escritório (Oldham *et al.*, 1996).
- Produtividade - Trabalhos simples e complexos** No grupo *stereo*, a produtividade dos empregados em trabalhos simples aumentou 14 % e a dos empregados em trabalhos complexos 6.3% em relação ao período em que *stereos* não foram usados. No grupo *controle*, o qual em nenhum momento foi permitido utilizar *stereos*, a produtividade dos empregados em trabalhos simples aumentou 4.1 % e dos empregados em trabalhos complexos 2.6% (Oldham *et al.*, 1996).
- Dado a isso, Oldham *et al.* (1996) enfatizam que escutar música pode aumentar o rendimento dos trabalhadores em todos os tipos de trabalho. De fato pode, mas nota-se que as respostas dos empregados se mostram mais significativas nos trabalhos simples, repetitivos e monótonos, do que nos complexos que exigem atenção e concentração, o que foi também constatado por Grandjean (1998).
- Número de distrações experienciadas** No grupo *stereo* o número de distrações decresceu 7.3% durante o período que *stereos* foram usados e o grupo *controle* não apresentou nenhuma mudança (Oldham *et al.*, 1996).

Adicionalmente, foram feitas análises estatísticas dos dados coletados, relacionando-os com outros aspectos do trabalho, tal como satisfação com a organização, *turnover* e *coworker*, resultando nas seguintes verificações:

- O aumento da relaxação, e não os outros elementos do estado de espírito nem a redução do número de interferências, é que contribuiu para o aumento da produtividade no grupo *stereo* (Oldham *et al.*, 1995).
- A relaxação e a redução do número de interferências no ambiente contribuíram significativamente para os resultados de satisfação com a organização de trabalho para os integrantes do grupo *stereo* (Oldham *et al.*, 1995).
- A satisfação com a organização relacionou-se com o aumento da produtividade (Oldham *et al.*, 1995).
- "O tipo de música escutada e a quantia de tempo gasto escutando música têm pouca relação com o estado-de-espírito, produtividade, intenções de *turnover* ou satisfação com a organização" (Oldham *et al.*, 1995, p. 553).
- "(... *nervosismo, relaxação, interferências no ambiente e controle sobre a música foram efetivos em explanar as relações envolvendo as intenções de turnover.*)" (Oldham *et al.*, 1995, p. 558)
- *Coworkers*, os índices para este aspecto foram elevados somente para os integrantes do grupo *controle* (Oldham *et al.*, 1995).

Em suma, "*stereo headset individual tiveram uma contribuição significativa para três resultados: desempenho, satisfação com a organização e turnover*" (Oldham *et al.*, 1995, p. 557).

Aspectos a serem considerados

Embora a música produza resultados positivos, anterior à tomada de decisão por sua implementação no local de trabalho, faz-se pertinente considerar alguns aspectos sobre os sistemas que a fornecem.

Para *background-music system* a ressalva é para que se considere a parcela da população de trabalhadores (tanto em trabalhos simples como em trabalhos complexos) que prefere o silêncio do que a música e os altos custos de implementação e manutenção deste sistema (Oldham *et al.*, 1995).

Para *stereo headset* individual, tem sido apontado o fato da comunicação verbal tornar-se mais restrita, podendo vir a prejudicar a transferência de informações. Também, que os riscos de acidentes podem vir a aumentar pois os alarmes sonoros tendem a não ser escutados (Oldham *et al.*, 1995). Em relação a estes aspectos, acredita-se que os mesmos podem ser minimizados, ou até eliminados, se for viabilizada a possibilidade de intervenções durante a programação musical para a transmissão de informações e sinais de perigo, ou outros, sempre que for necessário. Quanto ao custo, Oldham *et al.* (1996) colocam que “certamente outras intervenções poderiam ser utilizadas para aumentar a produtividade, mas poucas são tão fáceis de implementar e de baixo custo (cerca de \$ 6,00 cada *headset*), como *stereo headset* individual”.

Especificamente sobre *headsets*, convêm ser considerados aspectos de proteção auricular, tais como a eficácia da proteção ao ruído (se for este o caso) e o conforto (Wisner, 1987).

Para ambos os sistemas, é fundamental o controle do nível de som: o da sobreposição da música ao ruído existente, principalmente no *background-music system*, e o da música fornecida diretamente no ouvido humano, específico do *stereo headset* individual, por dois motivos: o primeiro, para o atendimento dos Anexos I e II da NR 15 (MTE, 2004), que determina o nível de ruído máximo aceitável durante a jornada de trabalho. Por exemplo, para 8 horas, este limite é de 85 dB(A). O segundo, dado que o ruído afeta o homem física e/ou psicologicamente, ele pode causar desde uma sensação de desconforto (o que pode ser considerado de menor gravidade mas jamais sem importância) até lesões irreversíveis nos órgãos auditivos, tal como a surdez permanente. Para os efeitos do ruído sobre os sistemas do organismo humano ver Verdussen (1987), Szokolay (1980) e Iida (1990). Adicionalmente, haja visto que o ruído e os elevados níveis de som são uma ameaça à saúde do trabalhador, exames audiométricos periódicos são também recomendados.

De acordo com a revisão de literatura deste trabalho, fica claro que a música eleva o estado de espírito dos trabalhadores, auxilia no tratamento do ruído, promovendo com isso o aumento da produtividade. Considerando-se cuidados e medidas durante a implantação dos sistemas, tanto o *background-music system* quanto o *stereo headset* individual promovem resultados significativos.

Em termos de produtividade, *stereo headset* individuais apresentam resultados mais satisfatórios que *background-music system*. Da mesma forma, *stereo headset* individual mostra-se superior no mascaramento

do ruído por dois motivos. O primeiro é que o *background-music system* mostra-se viável somente quando a sobreposição da música ao ruído existente encontrar-se num nível inferior aos limites estabelecidos pelos Anexos I e II da NR 15. O segundo, é que dado a possibilidade de conferir proteção ao ruído nos *headsets*, o *stereo headset* individual pode ser utilizado em ambientes com níveis de ruído acima dos limites regulamentados. Além disso, considerando-se a parcela da população dos trabalhadores que não gostam de escutar música durante o trabalho, o sistema *stereo headset* individual permite que somente as pessoas que desejam escutá-la, assim o façam, com autonomia para selecionar o tipo de programação musical e o tempo de duração.

Em relação ao tratamento do ruído, salienta-se que os recursos que têm sido desenvolvidos (painéis absorventes, protetores auriculares, enclausuramento de máquinas etc.), na sua maioria, preocupam-se com o atendimento dos níveis limites regulamentados, sendo pouca a ênfase para os níveis abaixo destes valores, mas que também geram desconforto, fadiga, entre outros tantos. Neste sentido, os sistemas de música atuam convenientemente, "anulando" os efeitos deletérios do ruído e acrescentando vantagens psicológicas e emocionais. A exemplo, se no *stereo headset* individual estiver acoplado um sistema de isolamento ao ruído eficaz, ele "livrará" os trabalhadores de usarem protetores auriculares convencionais e, conseqüentemente, de ficarem em média 8 horas sem escutar absolutamente nada.

Assim, do ponto de vista empresarial, a música vem a ser um recurso a mais a ser utilizado por todas aquelas empresas que estão visando o aumento da produtividade, o bem-estar psicológico de seus funcionários e a melhoria das condições do ambiente físico de trabalho.

Para a Ergonomia, dado que considera o aumento da produtividade conseqüência de melhorias, a música vem a ter muita importância, tendo em vista seus efeitos sobre o homem - elevação do estado de espírito, e sobre o ambiente físico de trabalho - mascaramento do ruído.

Dado os benefícios proporcionados pela música, acredita-se que muitos outros estudos ainda serão realizados nesta área. Alguns pela necessidade de confirmar resultados das relações entre: relaxamento e produtividade; *stereo headset* individual e produtividade; satisfação com a organização e *turnover*. Outros, tendo em vista que no estudo quasi-experimental de Oldham *et al.* (1995), somente pessoas que desejavam usar *stereo headset* individual constituíram o grupo *stereo*, para investigar quais os efeitos da música sobre pessoas que não desejam usar *stereo headset* individual. Da mesma forma, considera-se

pertinente realizar estudos para verificar os efeitos do *stereo headset* individual sobre os quatro estados de espírito e a produtividade no médio e longo prazo, para verificar a eficácia dos *headsets* no isolamento de diferentes tipos de ruído, para analisar o uso de *stereo headset* individual em atividades que são desenvolvidas em grupo e para verificar se escutar programações faladas, tais como, notícias e esportes, durante o trabalho, apresentarão os mesmos resultados que quando escutando música.

REFERÊNCIAS

GRANDJEAN, E. (1998) *Manual de Ergonomia - Adaptando o trabalho ao homem*. 4 ed. Ed. Porto Alegre: Bookman, pp. 308 - 310.

HEMP, W. E.; GLOWATZ Jr., M.; LICHTENWALNER, C. P. (1995) Curring the Noise Office. *Journal Occupational Hazards*, aug, v. 57, pp. 36 - 39.

IIDA, I. (1990) *Ergonomia: Projeto e Produção*. Edgar Blucher, SP. 465p.

MATTHEWS, V. (1994) If Muzak be the food of love. *Journal Marketing*, aug, v. 17, p. 24.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. (2004) *Norma Regulamentadora n. 15 (NR 15) - Atividades e operações insalubres*. Disponível em <<http://www.mte.gov.br>>. Acessado em 24/08/2004.

OLDHAM, G. R.; CUMMINGS, A.; MISCHEL, L. J.; SCHMIDTKE, J. M.; DHOUE, J. (1995) Listen While You Work? Quasi-Experimental Relations Between Personal-Stereo Headset Use and Employee Work Responses. University of Illinois at Urbana-Champaign. *Journal of Applied Psychology*, oct, v. 80, n. 5, pp. 547 - 564.

OLDHAM, G. R.; CUMMINGS, A.; MISCHEL, L. J.; SCHMIDTKE, J. M.; DHOUE, J. (1996) Can Personal Stereos Improve Productivity? *Journal HRMagazine*, apr, v. 41, pp. 95 - 99.

RAMSEY, R. D., Ed. D. (1996) Managing Noise in The Workplace. *Journal Supervision*, sep, pp. 3 - 5.

SZOKOLAY, S. V. (1980) *Environmental Science Handbook*. Lancaster: The Construcion Press.

VERDUSSEN, R. (1978) *Ergonomia - A racionização Industrializada do Trabalho*. RJ: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.

WISNER, A. (1987) *Por Dentro do Trabalho: Ergonomia, Método e Técnica*. SP: FTD/Oboré, 189 p.

3 3

Ambiente:

- Influência nos Postos de Trabalho

Rudolf M. Nielsen

Em um projeto ergonômico de postos de trabalho, além do estudo do posto propriamente dito - projeto da máquina ou equipamento, características dos operadores, projeto dos *displays* etc., é necessário um controle das condições do meio ambiente.

O meio ambiente, através das condições de temperatura e umidade, ruído, vibrações e iluminância, pode afetar significativamente o labor humano. Neste trabalho, são apresentados exemplos de como alguns fatores podem afetar (em geral, de modo adverso) as condições de estresse dos funcionários.

**Ruído -
enclausura-
mento da
sala de
controle,
junto à
rotativas de
off-set**

Grandes rotativas de impressão apresentam um nível de ruído da ordem de 95 dB(A). Devido à grande dificuldade em enclausurar as rotativas, a empresa optou em construir uma cabine de comando e controle com tratamento acústico (*Figura 1*), o que permitiu se obter, dentro dela, um nível médio de ruído da ordem de 80 dB(A).

O local, além de permitir um descanso auditivo aos funcionários, com conseqüente redução do nível médio de exposição no final da jornada, possibilita a realização de tarefas gerais, como controle da produção e da qualidade do produto, em ambientes menos ruidosos.

**Ruído -
enclausura-
mento de
máquina
para
redução do
ruído no
ambiente
fabril**

Um setor de uma fábrica possuía duas máquinas de fabricação de rebites para sapatos, numa pequena sala. As máquinas eram abertas (*Figura 2a*) e produziam um ruído, no ambiente, de cerca de 100 dB(A).

Foi aproveitada a estrutura da máquina e instaladas portas frontais, tornando a operação enclausurada (*Figura 2b*). Deste modo, o nível de ruído no ambiente foi reduzido para cerca de 85 dB(A).

Figura 1.
Funcionário de gráfica sendo monitorado com dosímetro dentro de cabina com tratamento acústico



Figura 2
a) Máquina antes do enclausuramento
b) Máquina com operação enclausurada



Ruído: local com ruído predominante em baixa frequência

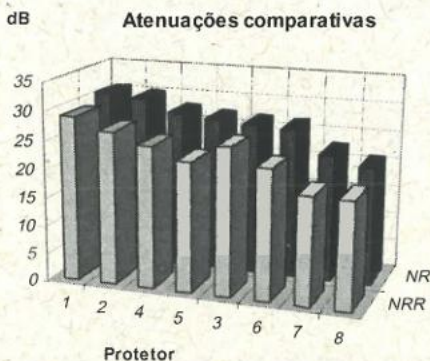
O nível de atenuação dos protetores auriculares é definido por um único número, denominado NRR (Nível de Redução de Ruído), resultado das atenuações nas diversas frequências entre 125 e 8.000Hz, considerando-se a exposição a um ruído constante em todas as frequências (100 dB).

Quando o ruído a que se está exposto apresenta uma predominância nas baixas frequências, os protetores auriculares são menos eficazes, pois as atenuações são menores nas baixas frequências. Nas Figuras 3 e 4, pode-se observar o efeito das baixas frequências nos níveis de atenuação dos protetores, com a comparação dos Níveis de Redução (NR's, determinados a partir das frequências do ruído no local estudado) com os respectivos NRR, para diferentes tipos de protetores (concha e inserção).

Local A:

Ruído médio de 101 dBA, com predominância nas frequências de 1000 a 2000Hz (os números 1 a 8 referem-se a diferentes tipos de protetores). Os Níveis de Redução determinados para o ruído local, para todos os protetores, são superiores aos respectivos NRR. Os protetores dão uma proteção entre 21 e 30 dB.

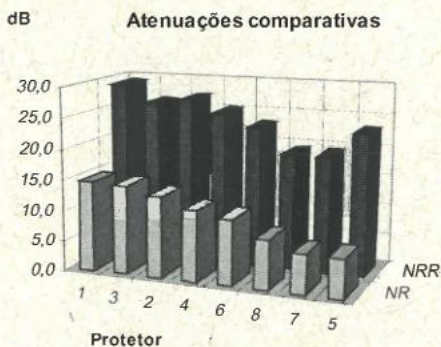
Figura 3 Efeito das baixas frequências nos níveis de atenuação do protetor auricular.



Local B:

Ruído médio de 104 dBA, com predominância nas frequências de 125 a 250 Hz. Os Níveis de Redução determinados para o ruído local, para todos os protetores, são sensivelmente inferiores aos respectivos NRR. Os protetores dão uma proteção entre 6 a 15 dB.

Figura 4 Efeito das baixas frequências nos níveis de atenuação do protetor em concha.



No local analisado, com predominância de ruídos com baixa frequência, devem ser estudadas as seguintes soluções:

- a. Utilização de dupla proteção (protetor de inserção + protetor de concha), de modo a se alcançar uma proteção total (real) da ordem de 16 dB;
- b. Implantação de descansos auditivos, em locais de baixo nível de ruído. Deste modo, a dose final de ruído poderá ser reduzida em alguns decibéis;
- c. Utilização de protetores ativos. Estes protetores são de custo elevado (da ordem de US\$ 200 a 250, nos Estados Unidos), podendo ser empregados em casos especiais (supervisores, por exemplo);

d. Melhorias no equipamento são muito difíceis de serem aplicadas, já que o equipamento gerador dos ruídos é um forno elétrico, em usina siderúrgica.

**Ruído:
Conforto
acústico em
ambatório
de fábrica**

Num ambulatório médico de uma empresa, o médico queixou-se de ruído excessivo, que, dentre outras razões, dificultava não só o diálogo com o paciente, quanto o seu trabalho com o estetoscópio. Uma análise do ruído com sonômetro com filtro de frequências mostrou que o local não atende à Norma Brasileira NBR 10.152 - Nível de ruído para conforto acústico (ABNT, 1987).

O ruído incômodo, no caso, era causado tanto por máquinas de injeção que se situavam no mesmo pavilhão (separadas por uma parede), quanto por uma torre de refrigeração próxima. O ambulatório não dispunha de qualquer tratamento acústico.

O problema pode ser solucionado através de:

a. Redução dos níveis de ruído da fábrica (máquinas injetoras), o que pode ser obtido pela simples instalação de vibradores sob as caixas de engrenagens das bombas de óleo (maiores reduções podem ser obtidas com enclausuramento das máquinas);

b. Construção de uma parede (barreira acústica) próximo à torre de refrigeração;

c. Tratamento acústico no ambulatório: melhorias no forro, nas paredes e na janela basculante que dá para o exterior, em direção à torre de refrigeração.

Uma análise mais detalhada dos diferentes ruídos (nas diferentes frequências) emitidos pelos equipamentos poderá indicar quais máquinas que mais contribuem para o problema. A *Figura 5* indica as intensidades dos ruídos nas diversas frequências, em dB(L), sendo os valores em azul referentes à curva NC 40 (curva de avaliação do ruído, para enfermarias, conforme a NBR 10.152) e em vermelho os valores obtidos na medição no local. Pode-se observar que em quase todas as frequências os valores obtidos estão acima dos valores recomendados, sendo essas diferenças maiores nas frequências entre 250 e 4000Hz. Comparando-se com os ruídos emitidos pelas diversas máquinas, pode-se determinar aquelas que mais contribuem para o desconforto na enfermaria. Além disso, o espectro de frequências dos ruídos emitidos permite uma melhor análise dos tipos de materiais a serem empregados nas barreiras acústicas.

Análise do ruído em Posto Médico, em função da NBR 10152 (Níveis de Ruído para Conforto Acústico)

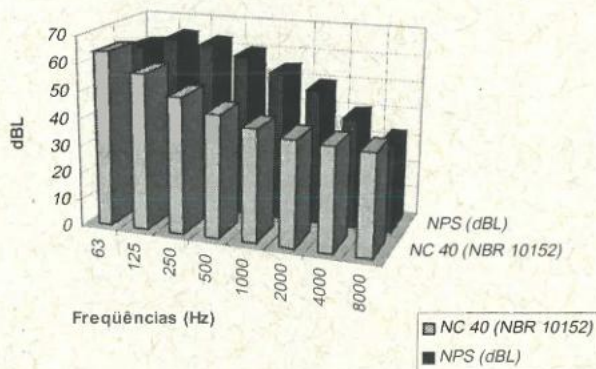


Figura 5
Comparação entre os níveis de ruído no posto médico, e os níveis máximos permitidos pela NBR 10.152, por banda de oitavas

Ruído: Motoristas de ônibus urbanos

Os motoristas de ônibus urbanos estão submetidos a fatores estressantes, tais como:

- Condições do trânsito urbano: elevada atenção ao movimento dos veículos, dos pedestres e da fiscalização, agravados à noite e nos dias de chuva;
- Responsabilidade direta na condução de veículo de elevado valor, e pela segurança dos passageiros;
- Exposição a níveis mais elevados de poluentes químicos, como monóxido de carbono, vapores orgânicos e aerodispersóides, provenientes dos motores a combustão;
- Exposição a níveis desconfortáveis de ruído, principalmente nos ônibus com motor dianteiro;
- Exposição a níveis desconfortáveis de calor, no verão, principalmente nos ônibus com motor dianteiro;
- Necessidade de atenção aos chamados dos passageiros, tanto dentro do ônibus (solicitando paradas) quanto da rua, solicitando parada, nos pontos;
- Necessidade de cumprirem horários rígidos, estabelecidos pelas empresas concessionárias;
- Condições ergonômicas inadequadas no posto de trabalho.

Recente estudo levado a efeito em empresa de ônibus da metropolitana de Porto Alegre (*Figura 6*) indicou redução do estresse quando os motoristas utilizaram um protetor auricular de inserção de baixa atenuação, que reduziu o nível médio de ruído de 85 dBA para valores da

ordem de 80 dBA (o nível de estresse foi medido pelo nível de cortisol na urina, tomada no início do dia e no final do turno de trabalho).

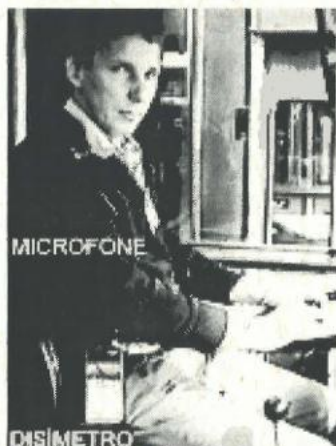


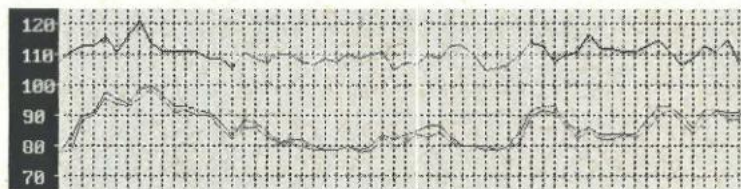
Figura 6
Motorista com dosímetro

**Ruído e
Calor:
segurança
bancária
(Transporte
de Valores)**

Guardas de valores, trabalhando dentro de carros forte, podem estar expostos a condições insalubres em relação ao ruído e ao calor, conforme abaixo:

Ruído: exposição, junto à cabina do motorista, a níveis médios entre 84 e 85 dB(A). A *Figura 7* mostra o gráfico dos níveis de exposição ao ruído dentro da cabina do motorista, durante a jornada. Os níveis médios na linha de baixo, os níveis máximos na linha do meio, e na de cima os picos obtidos. Quando laborando em jornadas superiores a 8 horas diárias, esses níveis são considerados insalubres pela legislação brasileira.

Figura 7 Níveis de exposição ao ruído dentro da cabina do motorista, durante a jornada



Calor

Em dias de verão, com temperaturas ambiente superiores a 30°C, o funcionário dentro do carro forte pode estar exposto a condições perigosas para a saúde (consideradas de risco grave e iminente, conforme a legislação brasileira), com IBUTG (Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo) próximas a 33°C, dentro da cabina dos guardas,

e a 32°C dentro da cabina do motorista (a legislação não permite trabalhos contínuos em locais com IBUTG superior a 32,2°C). Essa condição pode ser agravada no caso de funcionários não adaptados ao calor (recém admitidos ou que retornam de férias).

A redução desses níveis pode ser obtida por:

- a. Instalação de sistemas de ar condicionado nos veículos, com um melhor revestimento térmico;
- b. Melhoria no revestimento acústico do veículo, para uma melhor absorção do ruído e conseqüente redução do nível de ruído interno.

Observação: o valor mais utilizado para avaliação das condições de sobrecarga térmica é o IBUTG (Índice Bulbo Úmido Termômetro de Globo), conforme as equações abaixo:

$IBUTG_{\text{interno}} : 0,7 T_{b_n} + 0,3 T_g$ para ambientes internos sem carga solar

$IBUTG_{\text{externo}} : 0,7 T_{b_n} + 0,2 T_g + T_{b_s}$ para ambientes externos com carga Solar

onde

T_{b_n} : Temperatura de bulbo úmido natural, onde o sensor úmido é exposto à corrente natural de ar, no local (essa temperatura não é a temperatura de bulbo úmido determinada através de um psicrômetro - podendo ser igual apenas nos locais com elevada velocidade do ar)

T_{b_s} : Temperatura de bulbo seco, onde o sensor é protegido das radiações;

T_g : Temperatura de globo, onde o sensor está no centro de uma esfera negra e opaca com 15cm de diâmetro.

A *Tabela 1* mostra os limites de tolerância estabelecidos pela norma brasileira (Anexo 3 da NR-15 (MTE, 2004)) para exposição ao calor, em função das atividades desenvolvidas, com descanso no próprio local de trabalho, e a *Tabela 2* indica os valores máximos de IBUTG, em função do metabolismo total desenvolvido na atividade.

Tabela 1 Limites de Tolerância para exposição ao calor, em função das atividades desenvolvidas. (Anexo 3 da NR-15)

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	atividade leve	atividade moderada	atividade pesada
Trabalho contínuo	até 30,0°C	até 26,7°C	até 25,0°C
45 minutos de trabalho 15 minutos de descanso	30,1 a 30,6°C	26,8 a 28,0°C	25,1 a 25,9°C
30 minutos de trabalho 30 minutos de descanso	30,7 a 31,4°C	28,1 a 29,4°C	26,0 a 27,9°C
15 minutos de trabalho 45 minutos de descanso	31,5 a 32,2°C	29,5 a 31,1°C	28,0 a 30,0°C
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	acima de 32,2°C	acima de 31,1°C	acima de 30,0°C

Tabela 2 Máximos permitidos, em função do metabolismo

Metabolismo (kcal/h)	Máximo IBUTG (°C)
175	30,5
200	30,0
250	28,5
300	27,5
350	26,5
400	26,0
450	25,5
500	25,0

Calor: trabalhos em empresas de vulcanização de borracha

O trabalho junto à prensas de vulcanização pode apresentar condições de elevada sobrecarga térmica, com valores de IBUTG acima de 35°C.



Figura 8
Determinação do IBUTG junto à prensa de vulcanização

Melhorias podem ser obtidas, no ambiente, com a introdução de medidas como:

- a. Melhoria das condições de ventilação, procurando se insuflar ar fresco no ambiente, com o uso de ventiladores, principalmente nos locais de trabalho;
- b. Estabelecimento de locais para descanso, com condições ambientais melhores, próximo aos locais mais quentes (inclusive com bancos);
- c. Treinamento dos funcionários, em relação ao problema de sobrecarga térmica. Por exemplo, devem os mesmos serem orientados a saírem dos locais próximos às fontes de calor, procurando descanso nos locais mais frescos, quando estiverem aguardando retomada do serviço ou novo ciclo do equipamento;
- d. Pintura das prensas de vulcanização com tinta de alumínio, a qual apresenta menor irradiação de calor;
- e. Uso de madeira nas mesas (e eventualmente em outros locais) junto às prensas de vulcanização, procurando-se reduzir o calor radiante atualmente existente no local;
- f. Estabelecimento de um programa de acompanhamento médico para os funcionários expostos à condições extremas de calor, o qual deve incluir o acompanhamento das condições de saúde e de resistência ao calor;
- g. Colocação de manta térmica com revestimento de alumínio, no telhado (externamente), visando diminuição do calor radiante oriundo do telhado;
- h. Melhoria da circulação de ar, com insuflação (natural ou não) de ar fresco e retirada do ar aquecido, junto ao telhado. Eventualmente utilizar sistemas de exaustão localizados junto às prensas de vulcanização.

**Calor:
acompanha-
mento das
condições
de trabalho
através dos
batimentos
cardíacos e
da
temperatura
corpórea**

A monitoração dos batimentos cardíacos e da temperatura corpórea, juntamente com as condições ambientais medidas pelo IBUTG, permitem o estabelecimento de adequadas condições de trabalho-descanso, em locais sujeitos a sobrecarga térmica. Na *Figura 9* pode-se observar que no ponto assinalado as condições de temperatura corpórea ultrapassaram o limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde (temperatura corpórea interna inferior a 38°C, equivalente a + 0,5°C da temperatura medida pelo equipamento de monitoração).

A *Figura 9* mostra um trabalhador aquecendo a extremidade de peças de aço num forno a óleo, as quais serão posteriormente forjadas. Estão sendo monitoradas as condições ambientais de exposição ao calor, com determinação do IBUTG por uma árvore de termômetros, da exposição

ao ruído por dosímetro e das condições de temperatura corpórea e batimentos cardíacos (monitor Metrosonic MS 3800).



Figura 9
Fornheiro sendo dosado quanto ao ruído com monitoramento de temperatura corpórea e batimentos cardíacos

A monitoração dos batimentos cardíacos e da temperatura corpórea, juntamente com as condições ambientais medidas pelo IBUTG, permitem serem evitadas condições de sobrecarga térmica em locais com elevadas temperaturas, com estabelecimento correto dos tempos de trabalho e descanso. Na *Figura 10* pode-se observar que, aproximadamente às 15:30 horas (no início do terceiro quarto de hora) a temperatura corpórea ultrapassou o limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde (temperatura corpórea interna inferior a 38°C, medida que é aproximadamente +0,5°C da temperatura medida na superfície do corpo, determinada pelo equipamento de monitoração). Nesse momento o operário estava terminando um ciclo de trabalho de 60 minutos, num regime de trabalho de 60 minutos de trabalho seguido de 30 minutos de descanso.

Este tipo de monitoramento é indicado em locais onde os trabalhadores estão expostos, obrigatoriamente, a condições extremas de temperatura, como ocorre, freqüentemente, nas aciarias, onde medidas de engenharia são de difícil aplicação.

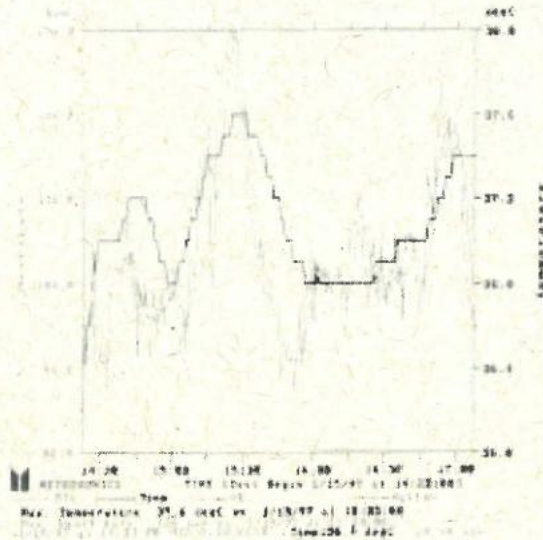


Figura 10
Gráfico da
temperatura
corpórea e
batimentos
cardíacos do
foveiro

REFERÊNCIAS ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. (1987) NB 95, registrada no INMETRO como NBR 10152. *Níveis de ruído para conforto acústico.*

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. (2004) *Norma Regulamentadora n. 15 (NR 15) - Atividades e operações insalubres.* Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessado em 08/01/04.

34

Impressoras Matriciais:

Controle do Ruído na Fonte

Rony Arnaldo Bittencourt

INTRODUÇÃO O controle do ruído provocado por impressoras matriciais, através do enclausuramento da fonte, possibilitou a eliminação das queixas existentes dos trabalhadores expostos a este tipo de agente agressivo, que pode provocar diversos danos à saúde, desde a simples irritação e perda de concentração até lesões mais graves no organismo.

No final da década de oitenta, as impressoras de impacto de pequeno porte, conhecidas como matriciais eram utilizadas em larga escala em empresas de Processamento de Dados mas também em empresas que desenvolviam seu próprio processamento de dados em seus C.P.D – Centro de Processamento de Dados. Com a expansão da micro - informática no Brasil, e a informatização de pequenas empresas, a utilização de impressoras matriciais passou a ser uma constante em quase todas atividades laborais pelas facilidades que esta ferramenta proporciona.

Apeáar do ruído proporcionado por estas impressoras ser extremamente agressivo ao trabalhador, na maioria dos casos não há amparo legal para caracterizá-la como atividade insalubre, já que a NR 15 (MTE, 2004a) - Norma Regulamentadora da Portaria Ministerial nº 3.214/78, que trata de Operações e Atividades Insalubres, em seu Anexo I, define como limite 85 dB(A) para um tempo de exposição de oito horas, e o ruído produzido por estas impressoras, normalmente, estar abaixo deste valor. Mesmo com a reformulação da NR 17 – ERGONOMIA (MTE, 2004b), que disciplina toda a atividade de informática, existe apenas uma recomendação que remete à NBR 10152 (ABNT, 1987) a normatização dos níveis de ruído no que se refere à Ergonomia (Segurança e Medicina do Trabalho, 1997).

Nos início da década de noventa, com o surgimento das impressoras “jato de tinta” e “laser” reduziu-se consideravelmente a utilização de impressoras matriciais nas empresas de informática, devido à qualidade

e velocidade de impressão destes novos modelos, mas principalmente pelo menor nível de ruído produzido por estas impressoras, bem abaixo dos níveis produzidos pela impressora matricial, e portanto menos agressivas à saúde dos trabalhadores. Entretanto, por características de serviço e muito mais por questões econômicas, a utilização de impressoras matriciais ainda é uma realidade nas mais diversas atividades laborais (como agências de turismo e setores do Poder Judiciário), e portanto justifica a preocupação e a solução aqui apresentada.

CONCEITOS

O estudo das características únicas do ruído permite determinar seus efeitos físicos em função de propriedades distintas. Porém, não é possível determinar estas propriedades distintas sem efetuar uma análise do conjunto de tons simples tanto empiricamente, por meio de filtragem, como teoricamente, por meio da análise de Fourier.

Costuma-se estabelecer a classificação do ruído de acordo com sua distribuição temporal, em: *contínuos* e *não-contínuos*. Os não-contínuos podem ser: *intermitentes*, *pulsantes* e *impulsivos*, variando ainda como *periódicos* e *aleatórios*.

Diz-se que o ruído é contínuo quando se apresenta em todo o período de observação com uma variação de (+ ou -) 3dB (Alexandry, 1985).

Diante destes conceitos, podemos afirmar que o ruído produzido pelas impressoras matriciais é *contínuo*.

Na observação dos ambientes de trabalho de várias empresas de informática durante a jornada diária, quando ocorrem períodos de “altos e baixos” na utilização das impressoras, pode-se notar que os ruídos produzidos por estas impressoras são de origens diversas:

Na impressora matricial existem várias fontes de ruído, tais como:

- (1) Ruído de impacto (agulha/papel/anteparo)
- (2) Ruído de engrenagens
- (3) Ruído dos sistemas de ventilação
- (4) Ruído dos rolamentos
- (5) Ruído das correias e cames
- (6) Ruído dos motores e seus rolamentos
- (7) Ruído gerado por vibração do papel
- (8) Ruído gerado por vibração de estruturas e cabine.

Uma das principais fontes de ruído é a cabeça da impressora matricial tipo eletromagnética. O ruído aumenta com o aumento da velocidade e tensão no papel da impressora. Ventiladores são também fontes importantes de ruído em computadores e periféricos (Gerges, 1992).

METODOLOGIA

Em estudos realizados em diversas empresas de informática podemos observar, nas medições de níveis de ruído produzidos por impressoras matriciais, que estes variam de 73dB(A) até 86 dB(A), podendo inclusive neste caso, caracterizar a condição de insalubridade para jornadas diárias de 8 horas, além de provocar outros distúrbios nos trabalhadores expostos.

É claro que a melhor forma de solucionar um problema é não ocasioná-lo, isto é, neste caso, evitar tanto quanto possível a produção do ruído. Esta solução pode ter várias etapas:

- a) antes da aquisição da máquina;
- b) durante a operação da máquina;
- c) através do redesenho da máquina e;
- d) pela substituição da máquina (Gerges, 1992).

Decisão Técnica

A decisão depende de vários fatores, devendo-se insistir em que as pressões de natureza administrativa ou político – empresariais não devem ser consideradas como elementos para a decisão. Os fatores que devem influir são os seguintes:

- a) informação total sobre o processo;
- b) informação total sobre a máquina;
- c) adequação processo – equipamento;
- d) economia de processo e;
- e) financiamento adequado (Gerges, 1992).

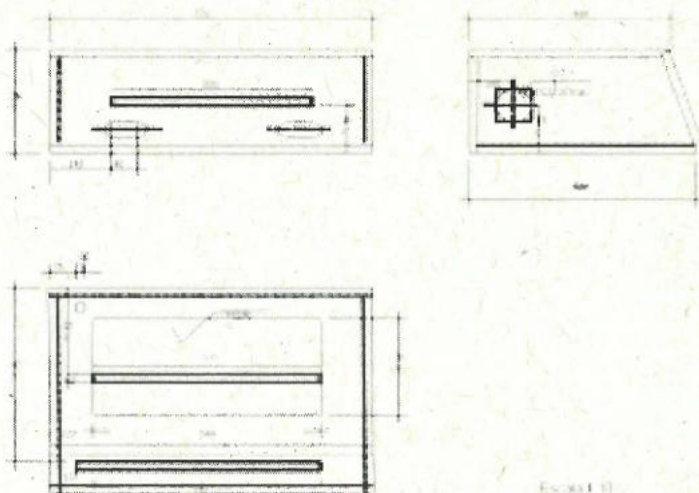


Figura 1 Caixa abafadora para impressoras matriciais

Após análise dos parâmetros existentes, afim de encontrar a melhor solução para o caso, concluiu-se que deveria ser buscada uma forma de isolar o ruído produzido pela impressoras, ainda na fonte, pois qualquer uma das outras soluções possíveis seria inviabilizada pelo aspecto econômico, devido ao grande número de impressoras matriciais existentes e o alto custo de substituí-las simultaneamente.

A simples substituição das impressoras por outro modelo que produzisse ruído em níveis menores era economicamente inviável, devido ao elevado número de impressoras existentes na empresa, além da escassa oferta de modelos menos ruidosos no mercado.

Então, a solução seria o desenvolvimento de uma caixa abafadora capaz de permitir a utilização das impressoras matriciais, sem perder sua capacidade de rendimento e que reduzisse o nível de ruído produzido a níveis aceitáveis, isto é, ruídos abaixo de 70 dB(A).

Esta decisão dependia ainda dos custos envolvidos no desenvolvimento e produção da caixa abafadora, visto que o número de impressoras na empresa era elevado.

RESULTADOS A decisão adotada foi desenvolver um protótipo de caixa abafadora, capaz de reduzir o nível de ruído produzido pelas impressoras matriciais a níveis aceitáveis, abaixo de 70 dB(A), com tecnologia própria e a custos absorvíveis dentro da realidade da empresa (Figura 1).

Após a definição dos materiais destinados a construção, considerando-se sua função, disponibilidade e custos no mercado, os setores de manutenção eletrônica e manutenção de materiais, construíram o protótipo, levando em conta a operacionalidade da impressora. Neste sentido, era necessário desenvolver um visor, para que fosse possível a operação da máquina, sem que para isto fosse necessário manter a tampa da caixa abafadora aberta. Internamente, o revestimento deveria ser de material acústico absorvente, afim de evitar a reverberação das ondas sonoras e conseqüentemente a ampliação dos níveis de ruído no ambiente externo. Para que não ocorresse o superaquecimento da impressora, era fundamental a instalação de um sistema de exaustão/ventilação. Necessário também prever acessos para os cabos eletro-eletrônicos e para entrada e saída do papel, sem que isto prejudicasse o objetivo maior, a redução do ruído no ambiente de trabalho.

Os materiais básicos utilizados para a construção da caixa abafadora foram: madeira compensada de 10mm de espessura, feltro para o revestimento interno de 20mm de espessura, lâmina melânmica - tipo fôrmica - para o revestimento externo e vidro duplo com 2mm de espessura, separados por um colchão de ar de 5mm, para o visor.

O projeto da caixa abafadora adotada, após vários ajustes, está representado na *Figura 1*.

Para testar a capacidade de isolamento da caixa abafadora, foi utilizado um critério de avaliação do ruído, colocando o microfone a uma distância de 30 cm de uma impressora da marca ELEBRA, mod. EI - 8035PC, com e sem caixa abafadora, com um sonômetro da marca ENTELBRA, mod. ETB-130 medindo em decibéis (dB), no circuito de resposta "Lento" e curva de compensação "A".

O resultado obtido foi o seguinte:

Ruído s/a caixa abafadora.....75 dB(A)

Ruído c/a caixa abafadora.....58 dB(A), com redução de 17 dB(A)

DISCUSSÃO

Posteriormente, com o surgimento de caixas abafadoras industrializadas, realizamos um teste comparativo entre a caixa abafadora produzida na empresa com outras duas marcas comercializadas no mercado de informática.

Para o teste utilizamos a mesma impressora, que produzia um ruído de 75 dB(A) quando sem proteção, com o microfone colocado a uma distância de 30cm da impressora, obtendo os seguintes resultados:

CAIXA MARCA "A".....62 dB(A), com redução de 13 dB(A)

CAIXA MARCA "B".....8 dB(A), com redução de 17 dB(A)

Os testes de eficiência realizados, demonstraram que as caixas abafadoras desenvolvidas na empresa, conforme o projeto apresentado na *Figura 1*, reduziram o ruído externo em 17 dB(A), o que comprovou o acerto no produto desenvolvido.

Por maior que fosse o ruído produzido por este tipo de impressora, avaliado em 86 dB(A), poderíamos reduzi-lo abaixo dos 70 dB(A), conforme a proposição inicial, afim de proporcionar um ambiente de trabalho saudável, no que se refere ao ruído.

É importante salientar que os custos envolvidos, com o desenvolvimento e produção desta caixa abafadora de ruído para impressoras matriciais, foi equivalente a menos de 50% do preço das caixas abafadoras industrializadas. Mais de 200 unidades foram produzidas, sendo que várias continuam em uso, nos serviços onde este tipo de impressora, com formulários contínuos, se faz necessária.

CONCLUSÕES

A análise dos problemas provocados pelo ruído produzido pelas impressoras matriciais e a impossibilidade de substituição dos equipamentos fez com que buscássemos, através de enclausuramento das impressoras, reduzir o ruído a níveis abaixo de 70 dB(A). Para isto desenvolveu-se um modelo de caixa abafadora na empresa, com materiais economicamente viáveis e com a eficácia desejada. Ainda que a tendência seja a redução significativa do uso deste tipo de impressora, devido ao surgimento das impressoras jato-de-tinta e *laser*, a sua utilização deve persistir por muito tempo em função do tipo do serviço e pelos aspectos econômicos, justificando plenamente, a realização deste trabalho, tanto nas grandes empresas de informática como nas empresas menores que necessitam deste tipo de impressora.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. (1987) NB 95, registrada no INMETRO como NBR 10152. *Níveis de ruído para conforto acústico*.

ALEXANDRY, F. G.. (1985) *O Problema do Ruído Industrial e seu Controle*. Ed. Ver. São Paulo: FUNDACENTRO.

GERGES, S. N. Y. (1992) *Ruído: Fundamentos e Controle*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. (2004a) *Norma Regulamentadora n. 15 (NR 15) - Atividades e operações insalubres*. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessado em 08/01/04.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO - MTE. (2004b) *Norma Regulamentadora n. 17 (NR 17) - Ergonomia*. Disponível em <http://www.mte.gov.br>. Acessado em 08/01/04.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO (1997) *Manuais de legislação ATLAS*. 35ª Edição.

Impressão:

