

# Boa Ergonomia É Boa Economia

por Hal W. Hendrick

---

UFPE CAC Departamento de Design  
Cidade Universitária  
50 670-420 Recife-PE  
Fonefax 81 3271 8909  
ergonomia@abergo.org.br

ABERGO  
Associação Brasileira de Ergonomia 

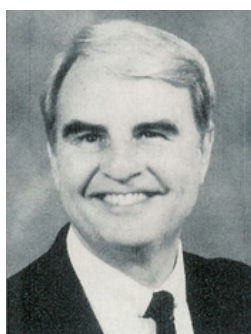
---

# Boa Ergonomia é Boa Economia

---

**Hal W. Hendrick**

Palestra do  
Presidente da  
*HFES - Human Factors  
and Ergonomics Society*  
1996



Texto publicado com  
a permissão do  
Prof. Hal Hendrick.

Tradução de  
Stephania Padovani  
Revisão de  
Marcelo M. Soares

## INTRODUÇÃO

---

Uma das formas mais claras de se delinear uma disciplina é através da sua própria tecnologia. No recente workshop da HFES, denominado “A Força do Planejamento Estratégico”, percebeu-se, assim como outras organizações internacionalmente, que a tecnologia da ergonomia é a tecnologia da interface humano-sistema. Portanto, a disciplina da ergonomia pode ser definida como o desenvolvimento e a aplicação da tecnologia da interface humano-sistema.

A tecnologia da interface humano-sistema lida com as interfaces entre humanos e outros componentes de sistemas, incluindo hardware, software, ambientes, tarefas e estruturas organizacionais e de processos. Assim como a tecnologia de outras disciplinas relacionadas ao design, ela inclui especificações, recomendações, métodos e ferramentas. Conforme comunicado pela ‘Força do Planejamento Estratégico, nós utilizamos a tecnologia da nossa disciplina para melhorar a qualidade de vida, incluindo saúde, segurança, conforto, usabilidade e produtividade. Como uma ciência”, nós estudamos as capacidades humanas, limitações e outras características com o objetivo de desenvolver a tecnologia da interface humano-sistema. Como prática, nós aplicamos a tecnologia da interface humano-sistema à análise, design, avaliação, estandarização e controle de sistemas. É essa tecnologia que claramente nos define como uma disciplina única, que identifica quem somos, o que fazemos e o que oferecemos para a melhoria da sociedade.

Apesar de possuírem uma variedade de formações profissionais, como psicologia, engenharia, segurança, reabilitação ou medicina é sua educação profissional e treinamento na tecnologia da interface humano-sistema que qualifica pessoas como profissionais da ergonomia. Sem dúvida, a disciplina necessita tanto da vastidão e riqueza dessas formações profissionais quanto da educação e treinamento na tecnologia única da ergonomia.

Há muito que os profissionais da ergonomia reconheceram o enorme potencial da nossa disciplina para melhorar a saúde, segurança e conforto das pessoas além da produtividade humana e do sistema. Certamente, através da aplicação da tecnologia única da interface humano-sistema, nós temos o potencial de realmente mudar a qualidade de vida de praticamente todas as populações do globo. Sem dúvida, eu não conheço nenhuma profissão onde um grupo tão pequeno de profissionais tenha tanto potencial de mudança.

Considerando o nosso potencial, por que é então que mais e mais organizações, com uma forte necessidade de obter o compromisso dos empregados, de reduzir despesas e aumentar produtividade não nos batem à porta para pedir ajuda ou criam muito mais postos de ergonomistas do que seríamos capazes de preencher? Por que será que as agências federais e estaduais não forçam a criação de legislações que garantam que os fatores ergonômicos sejam sistematicamente considerados no desenvolvimento de produtos para o uso humano e ambientes de trabalho para os empregados? Por que será que tanto as associações industriais quanto os membros do congresso algumas vezes nos enxergam como apenas adicionando despesas e, conseqüentemente, aumentam os custos da produção e diminuindo a competitividade? Em resposta a essas questões, a partir da minha experiência, pelo menos quatro razões me vêm à mente imediatamente.

Primeiramente, alguns desses indivíduos e organizações foram expostos a ergonomia ruim – ou o que, em um artigo recente neste tópico, Ian Chong (1996) chama de “*voodoo ergonomics*” – seja na forma de produtos ou ambientes de trabalho que são ditos projetados ergonomicamente mas não o são, ou nos quais a dita ergonomia foi feita por pessoas incompetentes. Essa é uma preocupação principalmente quando pessoas com treinamento deficiente passam por ergonomistas ou profissionais da ergonomia ou vendem seus serviços como uma panacéia que serve para praticamente tudo. Essa é uma das principais razões pelas quais o estabelecimento de padrões educacionais para a educação profissionalizante em ergonomia e a certificação profissional se tornaram uma das maiores prioridades para a Associação Internacional de Ergonomia e para várias sociedades e grupos governamentais, como a União Européia.

Outra razão, muito conhecida, é que “todo mundo é um operador” (Mallett, 1995). Todo mundo “opera” sistemas diariamente, como automóveis, computadores, televisões e telefone; portanto, é muito fácil assumir ingenuamente baseando-se na nossa experiência como operadores de que a ergonomia nada mais é do que “bom senso”. Muitos ergonomistas experientes têm suas próprias listas de decisões de design ou engenharia baseadas no bom senso que resultaram em sérios acidentes, fatalidades ou simplesmente má usabilidade. Pague-me uma cerveja e eu terei o maior prazer em lhes contar algumas

das minhas “histórias de guerra” pessoais. Eu também gostaria de citar o livro de Steve Casey *Set Phasers on Stun* (Santa Barbara, CA: Aegean; ISBN 0-9636178-7-7 hc).

Em terceiro lugar, nós às vezes esperamos que as pessoas que tomam decisões nas organizações suportem proativamente a ergonomia simplesmente porque seria a coisa certa a ser feita. Assim como Deus, mãe ou torta de maçã, é difícil ir contra algo que pode melhorar a condição humana, e esse argumento isoladamente já seria suficiente para suportar o uso dessa disciplina. Na realidade, os gerentes devem ser capazes de justificar qualquer investimento em termos dos benefícios concretos que ele trará para a organização – para a capacidade da organização em ser competitiva e sobreviver. Que algo “é a coisa certa a ser feita” por si é excelente, mas decididamente ainda é uma razão insuficiente para que gerentes optem por fazê-lo.

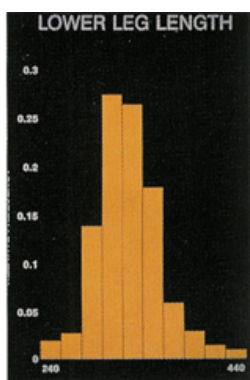
Finalmente, e talvez mais o importante, como um grupo, nós temos documentado de forma pobre e feito pouca propaganda da relação custo-benefício da boa ergonomia – anunciar que a boa ergonomia também é boa economia; de que a ergonomia da economia também é a economia da ergonomia.

Como uma tentativa de retificar a situação, eu gostaria de compartilhar com vocês um espectro amplo de aplicações da ergonomia que o meu predecessor como presidente da HFES, Tom Eggemeier e eu coletamos dentro dos Estados Unidos e em outros países, nas quais os custos e os benefícios econômicos foram documentados.

## APLICAÇÕES DA ERGONOMIA

---

### Indústria de madeira



Estudo antropométrico de protetores de perna.

Meu primeiro grupo de exemplos lida com a agricultura. O departamento de tecnologia de engenharia florestal da Universidade de Stellenbosch e a Ergotech (a única verdadeira firma de consultoria em ergonomia da África do Sul) desenvolveram uma série de projetos conjuntos para melhorar a segurança e a produtividade da indústria de madeira da África do Sul.

**Protetores de perna:** Em um dos projetos, conduziu-se uma pesquisa antropométrica com uma força de trabalho bastante heterogênea para produzir os dados básicos para reprojeter protetores de perna para os trabalhadores da indústria de madeira. A indústria de madeira sul-africana inclui uma grande variedade de grupos étnicos com medidas antropométricas igualmente variadas. O protetor original, obtido do Brasil, foi modificado para melhorar ergonomicamente os tipos de ajustes e o dimensionamento antropométrico, assim como incorporar



Protetores de perna.

materiais melhores. O processo de modificação do design incluiu uma série extensa de testes de usabilidade por um período de seis meses.

Então, em um teste de campo bem projetado, esse protetor de pernas modificado foi introduzido em uma plantação de eucalipto para ser utilizado por pessoas responsáveis pela poda de árvores com um machado e uma machadinha. Entre os 300 trabalhadores, uma média de 10 acidentes com ferimentos vinha ocorrendo por dia com uma média de cinco dias de afastamento por ferimentos. Durante o período de testes de um ano, não ocorreu nenhum ferimento na perna provocado pela utilização de machado e machadinha, resultando não apenas em economias consideráveis em termos de dores e sofrimento humano, mas também em uma economia de \$250.000 para a companhia. Calcula-se que o uso de protetores de perna na indústria de madeira da África do Sul economiza anualmente cerca de \$4 milhões de dólares.

**Redesign de um trator-trailer:** Um segundo estudo envolveu melhorar ergonomicamente o assento e a visibilidade de 23 unidades de tratores-trailers com um investimento de \$300 por unidade. Esse investimento resultou em uma melhor posição de operação para realizar o carregamento, melhorou a visualização e o conforto do operador. Como resultado, os estragos causados por acidentes a mangueiras hidráulicas, encaixes e similares diminuiu em \$2000 por ano por unidade e a extração de madeira diária aumentou em uma carga por veículo. Para um investimento total de \$6900, atingiu-se uma economia de \$65000 por ano – uma razão de 1 para 9.4 em termos de custo-benefício.



Trator, antes.

**Outras inovações:** Outras inovações trazidas pelo mesmo esforço conjunto entre a Universidade de Stellenbosch, a Ergotech e várias indústrias de madeira incluem:



Trator, depois.

- (a) o desenvolvimento de uma calha de madeira, de formato tubular e funcionando como uma rampa, leve e ecológica para um transporte mais eficiente e seguro de troncos de madeira;
- (b) o redesign de carregadores hidrostáticos de três rodas para reduzir a vibração excessiva sobre o corpo e o ruído;
- (c) classificação de diferentes condições de terreno – incluindo inclinação do solo, aspereza e outras condições – e determinação do sistema (método e equipamento) mais eficiente de cultivo de árvores;
- (d) desenvolvimento de *checklists* ergonômicos e pesquisas de ambientes de trabalho para a indústria florestal. Tem-se a expectativa de que todas essas pesquisas resultem em economias significativas, assim como maior satisfação dos empregados e melhoria da qualidade de vida no trabalho (Warkotsch, 1994).

Eu acredito que esse seja um bom exemplo daquilo com o que a Ergonomia pode potencialmente contribuir para qualquer indústria quando há um real esforço conjunto e compromisso.

## C-141 Aeronave de transporte



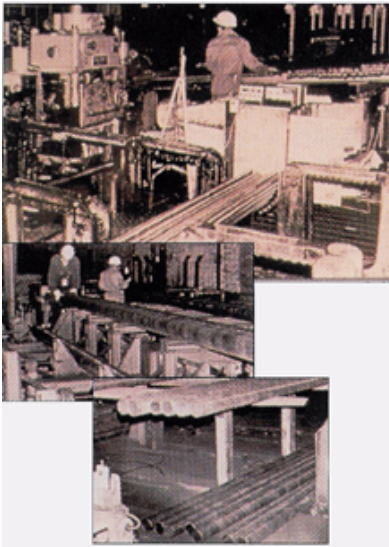
Aeronave C-141

Há cerca de 35 anos atrás eu entrei para o escritório do programa de desenvolvimento da aeronave C-141 da Força Aérea Americana como um engenheiro de projeto encarregado da parte de Ergonomia e das provisões de missões alternativas. O C-141 deveria ser projetado de maneira que o seu compartimento de carga, através da instalação de kits para missões alternativas, pudesse ser reconfigurado para a entrega aérea, carregamento de paraquedistas, passageiros ou para evacuação médica. Em sua configuração original, qualquer coisa que não tivesse que ser incluída na aeronave para carregamento de cargas era colocada em um dos kits de missões alternativas, tornando-os pesados e complexos e envolvendo tempo e esforço consideráveis na sua instalação.

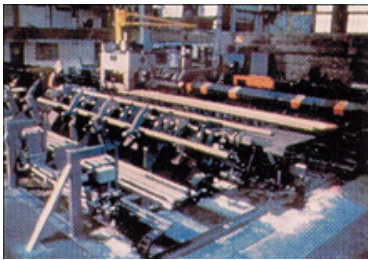
Através dos encontros com a associação dos potenciais usuários, com o Comando de Transporte Aéreo de Materiais da Força Aérea, e discutindo seu design organizacional e plano de gerenciamento para a utilização real da aeronave, eu fui capaz de identificar numerosos componentes dos kits que raramente seriam removidos do avião. Usando esses dados, eu trabalhei com os engenheiros de projeto da Lockheed para reconfigurar os kits e remover esses componentes e instalá-los permanentemente na aeronave. Conforme documentado nas propostas de mudança na engenharia, esse esforço simplificou enormemente o sistema e reduziu o peso da aeronave reduzindo assim os custos operacionais e de manutenção para mais de 200 aeronaves nos últimos 35 anos. As mudanças também reduziram o tempo e o trabalho de instalação e os requisitos de instalação dos kits. Ainda mais, economizou-se \$2 milhões no custo inicial do conjunto das aeronaves. Eu acredito que essa seja uma boa ilustração de como as considerações macroergonômicas podem resultar em melhorias microergonômicas bastante rentáveis nos sistemas.

Essas e inúmeras outras avaliações e melhorias rentáveis no design do C-141 tornaram-se possíveis com um custo de menos de \$500,000 com profissionais da área de Ergonomia e resultaram em mais de \$5 milhões em economia – uma relação custo-benefício de mais de 1 para 10. Eu acredito que as economias nas aeronaves pelos indicadores recordes de segurança e prevenção na perda de aviões podem, pelo menos em parte, ser atribuídos ao esforço de desenvolvimento da engenharia ergonômica.

## Sistemas de movimentação de materiais



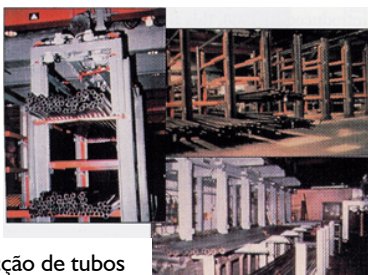
Fabricação de tubos de aço e hastes & sistema de manutenção de estoque, antes.



Confecção de tubos e hastes, depois.



Confecção de tubos e sistema de estoque, antes.



Confecção de tubos e sistema de estoque, depois.

Um dos grupos que faz um trabalho melhor que o nosso no sentido de documentar os custos e os benefícios das suas intervenções ergonômicas é a faculdade do Departamento de Ciências do Trabalho Humano na *Luleå University of Technology*, na Suécia. Os exemplos que seguem são da Divisão de Tecnologia Ambiental do departamento, no seu trabalho com minas de aço. A abordagem básica da análise ergonômica e reprojeto nesses casos foi envolver representantes dos empregados. Para cada projeto, o período de desfecho econômico era calculado juntamente com a gerência da companhia.

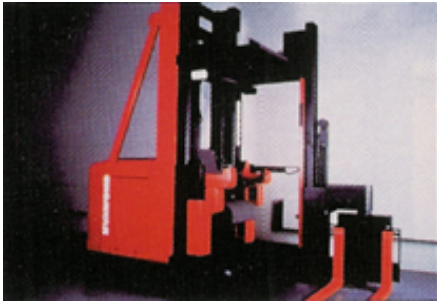
**Fabricação de tubos de aço e hastes & sistema de manutenção de estoque.** Um sistema de movimentação de materiais semi-automático e um sistema de manutenção de estoque para tubos de aço foram reprojeto ergonomicamente. O *redesign* reduziu o nível de ruído na área de 96db para 78db, aumentou a produção em 10%, diminuiu a rejeição de 2,5% para 1%, e retornou os custos do investimento no *redesign* e desenvolvimento em aproximadamente 18 meses. Após este período, só houve benefícios.

**Confecção de tubos e sistema de estoque.** O sistema de manipulação e estoque de tubos original produzia um nível de ruído inaceitavelmente elevado e uma taxa de rejeição também alta devido ao estrago causado às peças, exigia a suspensão de peças pesadas e tinha uma organização de produtos ineficientes e um registro de segurança precário. O *redesign* ergonômico eliminou os estragos na estocagem, melhorou a organização do estoque, reduziu as forças para levantamento do material a um nível aceitável, reduziu o ruído em 20db; e até a presente data não foi registrado nenhum acidente e a produtividade aumentou tanto que o investimento foi retornado à empresa em apenas 15 meses.

**Manipulador numa ferraria.** Em uma ferraria, o manipulador antigo de forjar foi substituído por um novo com uma cabine ergonomicamente projetada e incorporando melhorias na estação de trabalho como um todo. Em comparação com o manipulador antigo, reduziu-se a vibração corporal, reduziu-se o ruído em 18db, reduziu-se a quantidade de operadores afastados por doença de 8% para 2%, aumentou-se a produtividade e os custos de manutenção diminuíram em 80%.



Manipulador de forjar em uma ferraria, velho (acima) e novo (à direita).



Substituição das linhas de empilhadeiras de garfo.



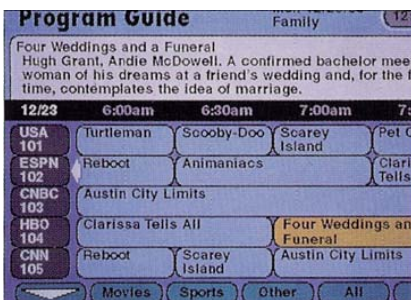
Design ergonômico das empilhadeiras de garfo.



Controles remotos de TV e videocassete, antes.



Esquerda: Redesign do sistema Link de controle remoto; direita: Sistema DDS de controle remoto.



Sistema DSS, mostrador na tela.

## Projeto de produto ou redesign

O benefício econômico do projeto ou *redesign* ergonômico pode ser medido de diversas formas – por exemplo, pelo seu impacto em (a) valor das ações da empresa, (b) vendas, (c) produtividade, ou (d) redução de acidentes. Quatro diferentes tipos de produtos aparecem a seguir como ilustrações de cada um desses impactos econômicos benéficos.

**Substituição das linhas empilhadeiras de garfo.** Alan Hedge e seus colegas no Laboratório de Ergonomia da *Cornell University* participaram juntamente com a *Pelican Design*, uma companhia de desenho industrial de Nova Iorque, e a *Raymond Corporation* no projeto e desenvolvimento de uma nova geração de empilhadeiras de garfo para substituir as duas linhas de produtos existentes projetadas por Raymond. Os princípios ergonômicos foram considerados como prioridade e optou-se por uma abordagem centrada no usuário, com a forma da empilhadeira sendo construída de acordo com as necessidades do operador. A meta era maximizar o conforto do operador, minimizar os riscos de acidente e maximizar a produtividade otimizando o tempo de cada ciclo da tarefa. Na época em que o projeto teve início, as ações da Raymond tinha caído de sua posição de dominância no mercado de mais de 70% das vendas para apenas 30%. As novas linhas de empilhadeiras foram introduzidas nos Estados Unidos em 1992 e a linha de alcance móvel foi introduzida na Europa em 1993. Os livros de encomenda da Raymond estão cheios e a companhia voltou a ter sucesso. A cotação das ações da Raymond subiu de \$6 no início do projeto para \$21 hoje (Alan Hedge, comunicação pessoal).

**Controles remotos de TV e videocassete.** A *Thompson Consumer Electronics* iniciou sua abordagem bem sucedida de design centrado no usuário quando a empresa desenvolveu o *System Link*, um controle remoto orientado ergonomicamente que pode operar vários tipos de produtos produzidos por diferentes fabricantes. O design original do controle da Thompson tinha pouca diferença para os outros controles remotos: uma caixa retangular com linhas de pequenos botões idênticos. Ele aparece no centro da figura (“antes”) à esquerda.

Utilizando-se a abordagem de design centrado no usuário da companhia, o design inicial foi substituído por um novo design ergonômico, mostrado à esquerda da figura (“depois”) à esquerda., que entre outras vantagens era mais fácil de manusear, utilizava botões de borracha com código de cores em tamanhos e formas diferenciadas, separando também os botões referentes à televisão e ao vídeo. Quando este novo controle foi introduzido em 1988, ele ganhou da concorrência e a Thompson desde então vendeu milhões de controles. Como resultado desse sucesso, o design ergonômico centrado no usuário se tornou um aspecto primordial no desenvolvimento dos novos produtos da Thompson (Março, 1994).



**Sistema DSS.** Um exemplo bem sucedido mais recente é o sistema de televisão digital via satélite RCA DSS da Thompson. Todos os aspectos, incluindo o mostrador e o controle remoto utilizaram design centrado no usuário e prestaram muita atenção nos princípios ergonômicos (Março, 1994). Esse produto continua desde então vendendo extremamente bem.

MAIL BOX RENTALS	931 ROSELLE RD	SCHAUMBURG	60193	708 893-5705
MAIL BOXES ETC				
836 ARLINGTON HEIGHTS RD	ELK GROVE VILLAGE	60007	708 956-1112	
1749 W GOLF RD	MOUNT PROSPECT	60056	708 640-7788	
318 HALF DAY RD	BUFFALO GROVE	60069	708 913-0335	
830 W MAIN	LAKE ZURICH	60047	708 540-8550	
113 MC HENRY RD	BUFFALO GROVE	60089	708 459-7060	
1935 S PLUM GRV RD	ROLLING MEADOWS	60008	708 991-9980	
869 E SCHAUMBURG RD	SCHAUMBURG	60194	708 980-5551	
1030 SUMMIT	ELGIN	60120	708 428-4100	
180 S WESTERN AVE	CARPENTERSVILLE	60110	708 428-4100	
126 E WING	ARLINGTON HEIGHTS	60004	708 818-9000	
2569 W GOLF RD	HOFFMAN ESTATES	60195	708 882-4402	
3 GOLF CENTER	HOFFMAN ESTATES	60195	708 310-9666	
3 GOLF CENTER	HOFFMAN ESTATES	GREATER CHICAGO LAND TOLL	800 913-2333	
MAIL BOXES ETC	126 E WING	ARLINGTON HEIGHTS	GREATER	800 300-3229
CHICAGOLAND TOLL FREE				800 300-3229
MAIL BOXES ETC	13 S RANDALL RD	ALGONQUIN	60102	708 854-7506

Mostrador de tubo de raios catódicos, antes.

Mail Box Rentals	931 Roselle Rd	SCHAUMBURG	60193	708 893-5705
Mail Boxes Etc				
836 Arlington Heights Rd	ELK GROVE VILLAGE	60007	708 956-1112	
1749 W Golf Rd	MOUNT PROSPECT	60056	708 640-7788	
318 Half Day Rd	BUFFALO GROVE	60069	708 913-0335	
830 W Main	LAKE ZURICH	60047	708 540-8550	
113 Mc Henry Rd	BUFFALO GROVE	60089	708 459-7060	
1935 S Plum Grv Rd	ROLLING MEADOWS	60008	708 991-9980	
869 E Schaumburg Rd	SCHAUMBURG	60194	708 980-5551	
1030 Summit	ELGIN	60120	708 428-4100	
180 S Western Ave	CARPENTERSVILLE	60110	708 428-4100	
126 E Wing	ARLINGTON HEIGHTS	60004	708 818-9000	
2569 W Golf Rd	HOFFMAN ESTATES	60195	708 882-4402	
3 Golf Center	HOFFMAN ESTATES	60195	708 310-9666	
3 Golf Center	HOFFMAN ESTATES	GREATER CHICAGO LAND TOLL	800 913-2333	
MAIL BOXES ETC	126 E Wing	ARLINGTON HEIGHTS	GREATER	800 300-3229
CHICAGOLAND TOLL FREE				800 300-3229
Mail Boxes Etc	13 S Randall Rd	ALGONQUIN	60102	708 854-7506

Mostrador de tubo de raios catódicos, depois.

### **Mostrador de tubo de raios catódicos.**

O mostrador de tubo de raios catódicos utilizado pelos assistentes diretores da Ameritech (uma companhia americana de telefonia regional) foram reprojeto ergonômicamente por Scott Lively, Richard Omanson e Arnold Lund para atingir a meta de reduzir o tempo médio de processamento das chamadas. Incluíram-se no redesign a substituição dos mostradores com caixa alta por mostradores de caixa alta e baixa e a disponibilização de uma ferramenta de seleção com destaque visual. Com base em medições antes e depois das mudanças efetuadas, pode-se verificar uma redução de 600-ms no tempo médio das chamadas após a introdução dos mostradores de tubo de raios catódicos ergonômicamente reprojeto. Apesar de parecer pequena, esta diferença representa uma economia anual de aproximadamente \$2.94 milhões na região servida pela Americitech (Scott Lively e Arnold Lund, comunicação pessoal).

**Redesign de sistema de treinamento.** Em um esforço conjunto com o *Northwestern's Institute for Learning Sciences*, o modelo de treinamento tradicional de aulas e prática para assistentes de diretoria foi substituído por um programa de treinamento computadorizado que incorporava um ambiente de trabalho simulado e fornecia *feedback* para os erros cometidos. Como resultado, o tempo de treinamento dos operadores foi reduzido de cinco dias para um dia e meio (Scott Lively, comunicação pessoal).



Lâmpada de freio montada no para-brisa traseiro de automóveis.

**Lâmpada de freio montada no para-brisa traseiro de automóveis.** A *Center High-Mounted Stop Lamp* (CHML) é provavelmente a mais conhecida das melhorias da ergonomia num produto de consumo amplamente utilizado. Nos anos 70, a *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) patrocinou dois programas de pesquisa de campo que demonstraram o potencial de acrescentar uma CHML para reduzir o tempo de resposta dos motoristas e, portanto, evitar acidentes. Em meados dos anos 70, essa inovação ergonômica e três outras configurações foram instaladas em 2100 taxis na área de Washington D.C.. A configuração CHML resultou em uma redução de 50% nas colisões traseiras e na severidade dessas colisões. Com base nos estudos de campo realizados o *Federal Motor Vehicle Safety Standard 108* foi modificado para que todos os carros de passageiros construídos a partir de 1985 tivessem CHMLs.

Baseando-se na análise dos custos reais de produção das CHMLs e nos dados relacionados a acidentes de trânsito envolvendo os carros equipados com CHMLs em 1986 e 1987, a NHTSA calculou que quando todos os carros estivessem equipados com CHML (1997), evitar-se-ão 126.000 acidentes por ano, com uma economia de \$910 milhões. Caso se somasse a esse total as economias com serviços médicos esse valor aumentaria ainda mais. O custo total do programa de pesquisa foi de \$2 milhões enquanto que para o programa de regulamentação foi de \$3 milhões (*Transportation Research Board, National Research Council, 1989*). Um investimento de \$5 milhões para um retorno anual estimado de \$910 milhões: nada mal para um investimento em ergonomia feito pelo governo federal!



Acima: Faca para desossar aves, antes.  
Abaixo: Faca para desossar aves, depois

**Faca para desossar aves.** Utilizava-se uma faca de açogueiro tradicional para desossar frangos e perus em uma fábrica de embalagem de carne de aves. A faca não funcionava bem para desossar e verificou-se uma incidência alta de síndrome do túnel de carpo, tendinite e tenossinovite, resultando em um aumento nas compensações trabalhistas da ordem de \$100.000 por ano.

Uma nova faca em forma de pistola foi, então, introduzida pelo ergonomista Ian Chong, responsável pela Ergonomics, Inc., de Seattle, Washington. Menos dor e funcionários mais felizes surgiram quase que imediatamente. Durante um período de cinco anos, reduziram-se significativamente as doenças musculoesqueléticas nos membros superiores e a velocidade das linhas de produção aumentou entre 2% e 6%. Os lucros aumentaram por conta de um desossamento mais eficiente e economizaram-se \$500.000 em compensações trabalhistas (Ian Chong, comunicação pessoal). Esse é um bom exemplo de como uma solução ergonômica simples e barata pode gerar uma ótima relação custo-benefício.

## Redesign de estações de trabalho



Redesign do posto de trabalho – balcão para servir alimentos, antes.



Balcão para servir alimentos, depois.

**Balcões para servir alimentos.** Utilizando uma abordagem ergonômica com os funcionários do serviço de alimentação, meu colega da USC, Andy Imada, e George Stawowy, um estudante de doutorado da *University of Aachen* na Alemanha, reprojeteram dois balcões de servir alimentos na *Dodger Stadium* em Los Angeles (Imada e Stawowy, 1996). O custo total foi de \$40.000. Os testes realizados antes e depois da modificação dos balcões demonstraram uma redução no tempo de atendimento por cliente de aproximadamente 8 segundos. Em termos de dólares, o aumento na produtividade para os dois balcões foi de \$1200 por jogo de baseball, resultando em um período de retorno de 33 jogos, ou 40% de uma temporada de baseball. A modificação desses balcões foi relativamente cara porque o desenvolvimento dos protótipos consumiu muito tempo e esforço. A modificação dos outros 50 balcões no estádio pode ser realizada hoje a um custo de \$12.000 por balcão, resultando num período de retorno de apenas 20 jogos. Potencialmente, o aumento da produtividade deve reduzir o tempo de espera dos clientes, aumentando assim a satisfação dos consumidores (Andrew Imada, comunicação pessoal).



Antiga estação de trabalho de montagem.

**Estações de trabalho de montagem de eletroeletrônicos.** As estações de trabalho tradicionais em industriais de montagem de produtos eletrônicos normalmente resultam em posturas prejudiciais e doenças musculoesqueléticas. Valery Venda da *University of Manitoba* projetou um novo tipo de estação de trabalho de montagem de componentes que utiliza uma câmera de TV e um monitor. A câmera fornece uma maior imagem do trabalho de montagem e faz com que o operador mantenha uma postura mais adequada e uma movimentação mais dinâmica.



Nova estação de trabalho de montagem.

Baseando-se nos testes comparativos realizados entre a estação de trabalho antiga e a nova, verificou-se um aumento de produtividade de 15%. Venda comenta que o preço médio dos produtos montados por esses trabalhadores varia entre \$15.000 e \$20.000. Portanto, o valor adicional produzido por um trabalhador na estação de trabalho nova por dia será de \$2250 a \$3000. Apesar de ainda ser um pouco cedo para confirmar precisamente a afirmação, Venda prevê que as novas estações de trabalho diminuirão os ferimentos e doenças ocupacionais em 20% (Valery Venda, comunicação pessoal).

## Reduzindo doenças musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho

Considerando-se a importância desse tema e a atenção e debates consideráveis que resultaram da introdução da regulamentação ergonômica de estações de trabalho a nível estadual e federal (p. ex: Califórnia) e em duas províncias canadenses, eu decidi incluir cinco exemplos de programas de intervenção ergonômica extremamente bem-sucedidos.

**AT&T Global.** A *AT&T Information Solutions* em San Diego, Califórnia, emprega 800 pessoas e produz computadores *mainframe* de grande porte. Através de 200 registros no OSHA, a companhia identificou três tipos de problemas: levantamento, ajuste e digitação. A companhia conduziu então um extenso trabalho de campo para analisar deficiências ergonômicas. Como resultado, a companhia realizou melhorias ergonômicas nas estações de trabalho e providenciou treinamento de levantamento de materiais para todos os trabalhadores. No primeiro ano após as mudanças, o pagamento de compensações trabalhistas baixou mais de 75%, de \$400.000 para \$94.000.

Em uma segunda etapa de mudanças, o sistema de transporte foi substituído por plataformas individuais com pequenos equipamentos de suspensão em forma de tesoura e os pesados condutores pneumáticos foram substituídos por versões elétricas mais leves; seguiu-se a mudança na linha de montagem onde cada trabalhador passou a montar um gabinete inteiro com a possibilidade de mudar, rápida e confortavelmente, da postura sentada para a postura em pé. Essa mudança resultou em uma redução de \$12.000 em compensações trabalhistas. Em termos de dias de trabalho perdidos por ferimentos, em 1990 ocorreram 298; e em 1993 e 1994 não houve nenhum dia de trabalho perdido (*Center for Workplace Health Information, 1995a*). Considerando-se todas as mudanças, pode-se dizer que as mudanças ergonômicas reduziram as compensações trabalhistas da *AT&T Global* de 1990 a 1994 em \$1.48 milhões. O custo dessas melhorias ergonômicas representa apenas uma fração reduzida dessas economias.

**Sapatos Red Wing.** Tendo início em 1985 com (a) a iniciação de um programa de conscientização de segurança que incluiu a configuração básica de máquinas e sua operação, CTDs e reuniões de segurança mensais; (b) um programa de condicionamento, exercício e alongamento; (c) a contratação de um consultor de ergonomia e (d) treinamento especializado em ergonomia e configuração de estações de trabalho para trabalhadores que fazem a manutenção das máquinas e para os engenheiros industriais, a Companhia de Sapatos *Red Wing* de *Red Wing* em Minnesota, assumiu o compromisso de reduzir os distúrbios musculares relacionados ao trabalho através da ergonomia. A companhia adquiriu cadeiras ergonômicas ajustáveis para todos os operadores sentados e tapetes anti-



Reduzindo doenças musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho via treinamento em ergonomia na implementação da ergonomia participativa e acompanhamento.

fadiga para todas as tarefas feitas em pé; instituiu um luxo de fabricação contínuo (que incluía operadores trabalhando em grupos), treinamento diversificado e rodízio de tarefas; máquinas ergonomicamente reprojatadas e estações de trabalho proporcionando flexibilidade e eliminando posturas desconfortáveis e maior facilidade de operação; e modificou os processos de produção para reduzir a incidência de lesões por esforços repetitivos. Todas essas intervenções ergonômicas resultaram em uma redução de compensações trabalhistas de 70% no período de 1989 a 1995, com economia de \$3.1 milhões. Durante esse mesmo período, o número de dias perdidos por ferimento de operadores diminuiu de 75/100 para 19/100. O sucesso deste programa é atribuído ao apoio da gerência, educação e treinamento dos operadores e pela responsabilidade geral. Eu também destacaria a perspectiva de sistemas totais envolvido neste esforço (*Center for Workplace Health Information, 1995b*).

**Treinamento em ergonomia e implementação de acompanhamento.** Em 1992, *Bill Brough* da *Washington Ergonomics* deu um seminário de um dia para um grupo de engenheiros, gerentes de recursos humanos e membros de comitês de segurança/ergonomia de sete companhias manufactureiras seguradas pela *Tokyo Marine* e *Fire Insurance Company, Ltd.* O seminário ensinou os princípios básicos da ergonomia e providenciou materiais para implementar um processo participativo de ergonomia. O treinamento se concentrou em como envolver trabalhadores na avaliação das condições das estações de trabalho e como tornar as melhorias lucrativas. O material de estudo incluiu as ferramentas para estabelecer a linha base, definir metas de melhoria e medir os resultados obtidos.

Em seis das companhias, os dados e os materiais do seminário foram utilizados para implementar o programa de ergonomia participativa com os trabalhadores e recebeu financiamento da gerência e apoio dos trabalhadores. A sétima companhia não participou. Suporte para o acompanhamento foi fornecido por um dos consultores da *Tokyo Marine*.

Para as seis companhias participantes, os ferimentos e doenças relacionados com distensões músculo-esqueléticas diminuíram progressivamente de 131 nos seis meses anteriores ao treinamento para 42 nos seis meses posteriores, terminando 18 meses depois. O custo desses ferimentos nos seis meses anteriores tinha sido de \$688.344. Para o período de seis meses posterior, o custo tinha baixado para \$72.600, com economias de \$1.348.748 em dezoito meses.

O envolvimento dos trabalhadores criou maior entusiasmo e incentivou cada indivíduo a assumir responsabilidade pelo sucesso do programa. De acordo com *Brough*, a redução de acidentes e ferimentos foi resultado de um compromisso com a melhoria continuada e foi obtida através de várias mudanças pequenas e

não um mega evento singular. Para a companhia que não participou na implementação do treinamento, o número de ferimentos foi de 12 para os seis meses anteriores e de 10, 16 e 25 para os três períodos de seis meses posteriores, ou seja, a situação piorou ao invés de melhorar (Bill Brough, comunicação pessoal e documentação de suporte).

Juntamente com o suporte ativo da gerência e dos trabalhadores, a *Tokyo Marine* atribui essas reduções diretamente ao programa de treinamento e seminário de ergonomia participativa proferidos por Brough e aos materiais fornecidos. Um bom exemplo do que pode acontecer quando se junta compromisso colaborativo entre gerência e trabalhadores e ergonomia profissional.

**Deere and Company.** Um dos programas bem-sucedidos de ergonomia e segurança industrial mais conhecidos é o da *Deere and Company*, o maior produtor de equipamentos para agricultura na América do Norte. Em 1979, a empresa reconheceu que intervenções tradicionais como treinamento dos empregados em levantamento de materiais e gerenciamento médico conservador era, por si só, insuficientes para reduzir ferimentos. A companhia começou, então, a utilizar princípios ergonômicos para reprojeter e reduzir o *stress* físico das tarefas.

Coordenadores de ergonomia foram apontados para todas as fábricas, fundições e centros de distribuição americanos e canadenses da *Deere*. Esses coordenadores, escolhidos junto aos departamentos de engenharia e segurança foram treinados em ergonomia. Atualmente, as avaliações das tarefas e análises ergonômicas são feitas dentro da própria empresa por coordenadores de ergonomia trabalhando em tempo parcial e comitês de ergonomia empregados com comissão. A companhia desenvolveu inclusive seus próprios *checklists* e levantamentos. O programa envolveu uma participação maciça de trabalhadores.

Desde 1979, a *Deere* registrou uma redução em incidentes envolvendo ferimentos nas costas de 83%, e até 1984 tinha reduzido as compensações trabalhistas em 32%. De acordo com Gary Lovestead, a cada ano centenas a milhares de melhorias ergonômicas são realizadas e hoje a ergonomia está dentro da cultura da *Deere* (*Center for Workplace Health Information, 1995c*).

**Union Pacific Railroad.** No início dos anos 80, a *Palestine Car Shop* perto de Dallas, Texas, tinha o pior registro de segurança das unidades de operação da *Union Pacific Railroad*. Destacava-se a incidência de problemas nas costas. Por exemplo, em 1985, nove entre treze ferimentos com afastamento eram devido a problemas nas costas, acumulando-se 579 dias de afastamento e 194 dias de trabalho restrito. Somente 1.564 carros foram consertados naquele ano e o absenteísmo registrado foi de 4% (*Association of American Railroads, 1989*).



Estoque das juntas de engate.

O modelo computadorizado para compressão das costas do Centro de Ergonomia da *University of Michigan* foi modificado e expandido para facilitar sua aplicação ao ambiente ferroviário e acondicionado para uso pela *Association of American Railroads*. O *AAR-Back Model* foi introduzido na *Palestine Car Shop* para identificar as atividades da tarefa que excediam os níveis aceitáveis de compressão nas costas e reprojeta-se diversos equipamentos para suportar as tarefas que envolviam levantamento. Por exemplo, uma mesa de estocagem de juntas de engate foi reprojeta para estocar as juntas de 90 lb (ver foto). Anteriormente, as juntas eram empilhadas manualmente no chão e então levantadas. Além disso, um programa comercial de treinamento sobre ferimentos nas costas, *Pro-Back*, foi adotado, e ensinou-se a cada empregado como se curvar e levantar cargas com segurança. Finalmente, a atitude da gerência e as prioridades relativas à segurança eram confirmadas semanalmente através de reuniões com capitães de segurança de cada área de trabalho e quinzenalmente em reuniões com todos os empregados.

De 1985 a 1988, o total de incidentes com ferimentos foi reduzido de 33 para 12, os incidentes envolvendo as costas de 13 para 0, dias de trabalho perdidos passaram de 579 para 0, dias de trabalho restritos de 194 para 40 (por ferimentos leves não relacionados às costas), e absenteísmo de 4% para 1%. O número de carros consertados por ano subiu de 1.564 em 1985 para 2.900 em 1988, um aumento em dólares de \$3.96 milhões. A *Union Pacific* calcula a relação custo-benefício em aproximadamente 1 para 10.



Auxílio à tarefas, linha de um *displaywriter* da IBM.

**Auxílios à tarefa para a IBM.** Pouco após a IBM ter começado a distribuir seus produtos da linha *Displaywriter* para os consumidores, um relatório informou que os consumidores estavam tendo dificuldade em configurar os produtos. O ergonômista Daniel Kolar, presidente da *Xfer*, uma firma de consultoria em usabilidade em Austin, Texas, determinou que o problema ocorria devido a erros frequentes nas linhas de embalagem. Os embaladores não tinham a menor idéia do que estavam fazendo porque eles estavam trabalhando com documentação inapropriada. Dan conduziu uma análise da tarefa e então utilizou-a para desenvolver um *storyboard* detalhado de todos os passos para embalar os produtos em cada estação de trabalho.

Após a instalação do *storyboard*, a quantidade de erros baixou de 35 em 100 para 1 em 1000. A IBM calcula que as economias somaram \$2 milhões em um período de dois anos (Kolar, comunicação pessoal).

## Testes e avaliações ergonômicas

Uma das companhias regionais de telefonia americanas, *NYNEX*, desenvolveu uma estação de trabalho para seus operadores de telefonia e assistência, cuja tarefa consistia em auxiliar os clientes em completar suas chamadas e registrar a cobrança correta. A motivação principal em desenvolver uma nova estação foi permitir que os operadores reduzissem seu tempo médio de atendimento aos clientes através de um *design* mais eficiente da estação de trabalho. A estação de trabalho original estava em uso há muitos anos e incluía um mostrador de 300-baud<sup>1</sup>, representando caracteres, e um teclado no qual as teclas de funções similares eram agrupadas espacialmente e recebiam codificação cromática diferenciada. Esse agrupamento funcional normalmente gerava sequências comuns de teclas por uma distância grande no teclado. Diferentemente, a estação de trabalho proposta foi reprojeta ergonomicamente com considerações não somente funcionais mas também sequenciais, incorporando um mostrador de 1200-baud, utilizando ícones e em geral é um bom exemplo de uma interface gráfica cujos *designers* prestaram bastante atenção as recomendações da interação homem-computador.

Sob o nome de *Project Ernestine*, Wayne Gray e Michael Atwood do *NYNEX Science and Technology Center* e Bonnie John da *Carnegie Mellon University* (1993) projetaram e conduziram um estudo de campo comparativo, substituindo 12 das estações de trabalho originais com 12 das estações de trabalho propostas. Além disso, eles realizaram uma análise de GOMS (Card, Moran & Newell, 1980) na qual tanto os modelos baseados na observação quanto na especificação das duas estações de trabalho foram desenvolvidos e usados.

Contrariando as expectativas, os estudos de campo demonstraram que o tempo médio dos operadores foi 4% maior para as estações de trabalho remodeladas. A própria análise de GOMS previu esse aumento, demonstrando, portanto a validade dos modelos GOMS para avaliar eficientemente e economicamente estações de trabalho de operadores de telefonia. Se esses testes não tivessem sido realizados, as estações de trabalho propostas, presumidamente mais eficientes teriam sido adotadas para todos os 100 operadores e o decréscimo em performance teria sido de \$2.4 milhões por ano. Um bom exemplo do valor de se realizar testes ergonômicos e avaliações antes de se tomar uma decisão (Gray et al., 1993).

---

<sup>1</sup> Boud é uma unidade usada para medir a velocidade de códigos eletrônicos de transmissão, igual ao intervalo de uma unidade por segundo.



## Macroergonomia



Macroergonomia: empresa de distribuição de petróleo.

**Empresa de distribuição de petróleo.** Há muitos anos atrás, Andy Imada da *University of Southern California* iniciou um programa de análise e intervenção ergonômica para melhorar a segurança e saúde em uma companhia que produz e distribui derivados de petróleo. Os componentes chave dessa intervenção incluíram uma avaliação organizacional que gerou um plano estratégico para aumentar a segurança, modificações no equipamento para melhorar as condições de trabalho e aumentar a segurança e três tipos de ações macroergonômicas. Essas ações incluíram o aumento do envolvimento e da comunicação com os empregados e integrar a segurança na cultura da organização como um todo.

O programa utilizou-se de uma abordagem de ergonomia participativa envolvendo todos os níveis da gerência e supervisão, funcionários das estações de preenchimento e motoristas de caminhão. Durante muitos anos, examinaram-se muitos aspectos do *design* organizacional do sistema e os processos de um ponto de vista macroergonômico, vindo alguns a serem modificados. Algumas modificações ergonômicas propostas pelos próprios empregados foram feitas no equipamento, implementaram-se novos métodos e estruturas de treinamento projetadas pelos próprios empregados e os empregados receberam maior liberdade na escolha de novas ferramentas e equipamentos relacionados com suas tarefas.

Dois anos após a instalação inicial do programa, os acidentes com ferimentos sofreram uma redução de 54%, os acidentes com veículos motorizados caíram em 51%, os ferimentos fora do local de trabalho em 84%, e dias de trabalho perdidos em 94%. Quatro anos depois, ocorreram reduções em todos os casos exceto os ferimentos fora do local de trabalho, que diminuiu de 15% para uma melhoria sustentável de 69% (Nagamachi & Imada, 1992).

O gerente de operações da companhia comenta que ele continua economizando 0.5% dos custos anuais de distribuição de petróleo como resultado direto do programa de intervenção ergonômica. Isso corresponde a \$60.000 por ano nos últimos três anos, ou \$180.000 e a expectativa é de que as economias continuem (Andrew Imada, comunicação pessoal). Imada afirma que talvez a razão principal para essa melhoria sustentável foi a instalação da segurança como parte da cultura da organização. Pela minha observação dessa organização nos últimos anos, eu tenho que concordar.

**Implementação de TQM na L. L. Bean.** Rooney, Morency e Herrick (1993) relatam o uso da macroergonomia como abordagem e metodologia para a introdução de um programa de Gerenciamento de Qualidade Total (TQM) na *L. L. Bean Corporation*, conhecida internacionalmente pela alta qualidade de suas roupas. Utilizando métodos similares àqueles descritos

acima na intervenção de Imada, mas com TQM como o objetivo principal, houve uma redução de mais de 70% nos acidentes e ferimentos em um período de dois anos, tanto nas divisões de produção, quanto nas divisões de distribuição da companhia. Outros benefícios, como a maior satisfação dos empregados e melhorias em medidas de qualidade adicional também foram atingidos. Considerando-se a ênfase de muitas organizações na obtenção do certificado da ISO 9000, esses resultados ganham ainda mais importância.

## CONCLUSÃO

---

As intervenções descritas neste texto são apenas uma amostra da variedade de intervenções que nós, como uma profissão, somos capazes de realizar para melhorar não apenas a condição humana mas também reduzir perdas e melhorar os lucros das empresas. Dos meus 35 anos de observação e experiência, somente raramente as intervenções ergonômicas não são benéficas em termos dos critérios que são utilizados pelos gerentes para avaliar a alocação de recursos.

Conforme muitas das intervenções ergonômicas citadas anteriormente também ilustram, a ergonomia fornece um campo comum maravilhoso para trabalhadores e gerentes colaborarem, pois invariavelmente ambos acabam se beneficiando – gerentes, em termos de redução de custos e aumento de produtividade, empregados em termos de melhoria na segurança, saúde, conforto, usabilidade das ferramentas e equipamento, incluindo software e melhoria da qualidade de vida no trabalho. É claro que ambos os grupos se beneficiam também com o aumento da competitividade e aumento da probabilidade de que a empresa sobreviva a longo prazo.

Claramente, para que nossa profissão possa se aproximar do seu tremendo potencial para a humanidade, nós, os ergonomistas profissionais/a comunidade de ergonomia, devemos documentar melhor os custos e os benefícios dos nossos esforços e proativamente compartilhar esses dados com os nossos colegas, as pessoas que tomam decisões a nível gerencial, as pessoas que estabelecem os rumos da política governamental. É uma parte integral do gerenciamento de nossa profissão. Portanto, só depende de nós documentar e espalhar o *slogan* de que boa ergonomia é boa economia!

## REFERÊNCIAS

---

- Association of American Railroads. (1989). Research pays off: Preventing back injuries, AAR program adopted at Union Pacific. *TR News*, 140, 16–17.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1980). Computer text editing: An information processing analysis of a routine cognitive skill. *Cognitive Psychology*, 12, 32–74.
- Center for Workplace Health Information. (1995a). An ergonomics honor roll: Case studies of results-oriented programs, AT&T Global. CTDNews, Special Report: Best Ergonomic Practices, pp. 4–6
- Center for Workplace Health Information. (1995b). An ergonomics honor roll: Case studies of results-oriented programs, Red Wing Shoes. CTDNews, Special Report: Best Ergonomic Practices, pp. 2–3.
- Center for Workplace Health Information. (1995c, August). An ergo process that runs like a Deere. CTDNews, 8, 6–10.
- Chong, I. (1996, March/April). The ergonomics of ergonomics. *Workplace Ergonomics*, pp. 26–29.
- Gray, W D., John, B., & Atwood, M. (1993). Project Ernestine: Validating a GOMS analysis for predicting and explaining real-world task performance. *Human-ComputerInteraction*, 8, 237–309.
- Imada, A. S., & Stawowy, G. (1996). The effects of a participatory ergonomics redesign of food service stands on speed of service in a professional baseball stadium. In O. Brown, Jr., & H. W Hendrick (Eds.), *Human factors in organizotional design and management – V*. Amsterdam: North-Holland.
- March, A. (1994, September–October). Usability: The new dimension. *Harvard Business Review*, pp. 144–152.
- Mallett, R. (1995, July). Human factors: Why aren't they considered? *Professional Safety*, pp. 30–32.
- Nagamachi, M., & Imada, A. S. (1992). A macroergonomic approach for improving safety and work design. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 36th Annual Meeting* (pp. 859–861). Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society.

Rooney, E. F, Morency, R. R., & Herrick, D. R. (1993). Macroergonomics and total quality management at L. L. Bean: A case study. In N. R. Neilson and K. Jorgensen (Eds.), *Advances in industrial ergonomics and safety V* (pp. 493–498). London: Taylor & Francis.

Transportation Research Board, National Research Council. (1989, November–December). Rear guard: Additional break lamps help prevent rear end crashes. *TR News*, pp. 12–13.

Warkotsch, W (1994). Ergonomic research in South African forestry. *SuidAfrikaanse Bosboutydskrif*, 171, 53–62.