



GESTÃO DO RUÍDO INDUSTRIAL POR MEIO DA CRIAÇÃO DE UM ÍNDICE COMPARATIVO DE RUÍDO OCUPACIONAL

Diogo Raphael Lopes (UTFPR)

diogo.r.lopes@terra.com

Rodrigo Eduardo Catai (UTFPR)

catai@utfpr.edu.br

Rafael Antonio Agnoletto (UTFPR)

rafengenheiro@hotmail.com

Adalberto Matoski (UTFPR)

adalberto@utfpr.edu.br

Arildo Dirceu Cordeiro (UTFPR)

arildo@utfpr.edu.br

Élbio Gonçalves Maich (UTFPR)

dimaich@uol.com.br

O presente trabalho tem como objetivo a criação e teste de um indicador de ruído, que conforme a definição de indicadores seja: significativo para a avaliação do sistema; válido, objetivo e consistente; coerente e sensível às modificações; possuindo clareza sobre o que será avaliado, de que forma, por quanto tempo e porque ocorre a avaliação. Utilizando a dosimetria de ruído e consequentemente o Leq, Nível equivalente de ruído, foi possível estabelecer uma escala de valores que reflete o desempenho da empresa no tocante ao controle e proteção dos trabalhadores frente ao agente ruído, uma vez determinado o desempenho inicial, pode-se então programar o desempenho desejado, com base nas legislações vigentes e nas boas práticas do prevenicionismo. Observou-se que o indicador de ruído além de ser uma ferramenta simples, de fácil entendimento e aplicação, possui também a possibilidade de integração com possíveis outros indicadores de agentes existentes nos ambientes de trabalho, contando inclusive com hipóteses de solução que correlacionam custo e benefício entre as soluções indicadas.

Palavras-chaves: Indicadores; Ruído; Ruído ocupacional.

1 INTRODUÇÃO

No ambiente de trabalho, existem diversos agentes agressores a saúde do trabalhador, e dentre estes um que causa preocupação é o ruído, devido ao fato de possuir presença na maioria dos ambientes de trabalho, e de possuir entre seus efeitos adversos, perdas irreversíveis. As empresas ao tentar atenuar tal agente deparam-se com situações de difícil solução, tendo que decidir que ação tomar para proteger seus funcionários, optam pelo senso comum, ou se utilizam de formas que ao levar em conta o benefício, não conseguem aliar um custo compatível.

O presente trabalho vem de encontro com este impasse, propondo a criação de um indicador de ruído voltado para a comprovação da qualidade dos programas adotados pelas empresas, no tocante ao agente ruído e seus efeitos sobre o trabalhador, servindo este também como forma de gestão, uma vez que sua estrutura permita uma visualização facilitada e ampla, sem de qualquer forma perder a objetividade, e que possua como diferencial atribuir custos provindos de soluções que serão então filtradas de acordo com sua relação de custo e benefício simultaneamente.

Para tal pretende-se, organizar de forma coerente, em uma escala crescente e visual, os limites estabelecidos por legislações vigentes no Brasil, provenientes do Ministério do Trabalho e Emprego, de maneira que permita uma visualização global e acertada de onde a empresa se encontra quanto ao atendimento de tais limites, e conseqüentemente, o quanto precisa melhorar para o atendimento destes, sem de qualquer forma excluir as boas práticas de segurança e prevençãoismo. De acordo com o indicador proposto, correlacionar o custo das soluções já adotadas e seu benefício, bem como o custo de outras medidas alternativas levando também em consideração o custo e o benefício destas.

E por fim pretende-se refutar ou aceitar o modelo do indicador com base nos levantamentos realizados em uma empresa, buscando verificar a sua adequação com os princípios básicos para a construção de indicadores.

Este trabalho tem como objetivo criar e aplicar um indicador de ruído contínuo e intermitente em uma empresa, verificando a eficácia, objetividade, e clareza deste frente a solução dos problemas encontrados.

Também tem-se como objetivo verificar se a solução adotada pela empresa analisada condiz com a de melhor relação custo-benefício.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Estudo do som

De acordo com Saliba (2004), o som é qualquer vibração ou um conjunto de vibrações ou ondas mecânicas que podem ser ouvidas. Costuma-se também dizer que o barulho é todo aquele som indesejável; o barulho e o ruído são interpretações subjetivas e desagradáveis de um som.

Para que uma vibração seja ouvida é necessário que a frequência situe-se em uma faixa compreendida entre 16 a 20.000 Hz, e a variação de pressão sonora provocada pela vibração atinja o chamado limiar de audibilidade ($2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$) (SALIBA, 2004).

2.2.1 Audição

Dentre as várias percepções humanas tem-se uma em especial, a audição, que possibilita a comunicação sonora dos indivíduos e o aprendizado (RIO e PIRES, 2001).

Conforme Iida (2005), o ouvido possui a característica de captar e converter as ondas de pressão do ar em sinais elétricos, estes são transmitidos ao cérebro, produzindo assim, as sensações sonoras, o que faz do ouvido um órgão semelhante a um microfone.

2.2.2 Ruído

Existem, de acordo com Gerges (2003) e Iida (2005), vários conceitos de ruído, porém, o mais usual o descreve como um “som indesejável”. Porém, o som pode ser desejável

para alguns, mas, indesejável para outros, ou mesmo para a mesma pessoa em situações diferentes. Outra definição, mais usual, define o ruído como “um estímulo auditivo que não contém informações úteis para a tarefa em execução”. Assim o alerta do final de um ciclo de uma máquina pode ser considerado útil para o operador, porém, pode não ser visto da mesma forma pelo operador vizinho que esteja manipulando uma máquina diferente.

Fisicamente, o ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações, medido em uma escala logarítmica, cuja unidade é o dB (decibel). O ouvido humano é capaz de perceber uma gama grande de intensidades sonoras, desde aquelas próximas de zero, até potências de 10^{13} superiores equivalentes a 130 dB. Esse ruído corresponde ao de um avião a jato, e praticamente o máximo que o ouvido humano pode suportar. Acima disso, situa-se o limiar da percepção dolorosa, que pode causar danos ao aparelho auditivo (GERGES, 2003; IIDA, 2005)

2.2.2.1 Conceitos e parâmetros básicos

Os principais conceitos e parâmetros sobre ruído são:

a) Nível de Pressão Sonora

De acordo com Saliba (2004), o nível de pressão sonora é o que determina a intensidade do som e representa a relação do logaritmo entre a variação da pressão (P) provocada pela vibração e a pressão que atinge o limiar da audibilidade. Por meio de pesquisas realizadas com pessoas jovens, previamente sem problemas auditivos, foi revelado que o limiar de audibilidade é de $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ ou $0,00002 \text{ N/m}^2$. Assim, convencionou-se este valor como sendo 0 (zero) dB, ou seja, o nível de pressão de referência utilizado pelos fabricantes dos medidores de nível de pressão sonora. Quando uma pessoa fica exposta a uma pressão sonora de 200 N/m^2 , ela começa a sentir dor no ouvido, sendo assim, este limite é denominado como limiar da dor, correspondendo a 140 dB.

A determinação do nível de pressão sonora é feita através de uma relação logarítmica, conforme a Equação 1.

$$\boxed{NPS = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2}} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

P = raiz média quadrática (rms) das variações dos valores instantâneos da pressão sonora;

P_0 = Pressão de referência que corresponde ao limiar da audibilidade ($2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$).

Se for aplicada à fórmula o valor de $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (constante) ela poderá ser expressa da seguinte maneira:

$$\boxed{NPS = 20 \text{Log} \left(\frac{P}{P_0} \right)} \quad (\text{Equação 2})$$

b) Nível de intensidade sonora e Nível de potência sonora

Conforme o explicitado em Saliba (2004), o nível de intensidade sonora, também expresso em dB, é igual a $NIS = \log_{10} I/I_0$, onde I é a intensidade sonora de um ponto específico e a quantidade média de energia sonora transmitida através de uma unidade de área perpendicular à direção da propagação do som. O nível de intensidade sonora expresso em dB é igual a:

I_0 = Intensidade de referência igual a $10^{-12} \text{ Watt/m}^2$

Já o nível de potência, também expresso em dB, é dado por:

$$\boxed{NIS = 10 \text{Log} \frac{I}{I_0}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

I = Potência sonora da fonte em Watts e representa a quantidade de energia acústica produzida por uma fonte sonora por unidade de tempo.

I_0 = Potência sonora de referência igual a 10^{-12} Watts .

c) Nível de decibel compensado ou ponderado

De acordo com Saliba (2004), o ouvido humano responde de diferente forma às diferentes frequências, então, ouvir um som em 3.000 Hz a sensação será diferente de ouvi-lo a 500 Hz. Assim, com base em estudos de audibilidade foram desenvolvidas as curvas de decibéis compensados ou ponderações nas frequências A, B, C, D, de forma que simulem a resposta do ouvido. Estas curvas de compensação foram padronizadas internacionalmente e introduzidas nos circuitos elétricos dos medidores de nível de pressão sonora. As normas

internacionais adotaram a curva de compensação “A” para medições de níveis de ruído contínuo e intermitente, devido à sua maior aproximação à resposta do ouvido humano.

O circuito “A” aproxima-se das curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora; o circuito “B” para médios níveis de pressão sonora; e o circuito “C” para níveis de pressão sonora mais altos. Hoje, entretanto os mais utilizados, são os da curva “A”, para ruídos contínuos ou intermitentes, e o da curva “C” para os ruídos de impacto. A curva “D”, foi padronizada para medições em aeroportos.

d) Dose equivalente de ruído ou efeitos combinados

Segundo a NR-15, em seu anexo I, item “c”, quando a exposição ao ruído é composta de dois ou mais períodos de exposição de diferentes níveis, deve ser considerado seus efeitos combinados, ao invés dos efeitos individuais. Este efeito combinado ou dose equivalente é calculado através da soma das seguintes frações:

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} \quad (\text{adimensional}) \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

D = Dose equivalente de ruído;

C_n = Tempo total de exposição a um nível específico;

T_n = É a duração total permitida a esse nível, conforme limites estabelecidos no Anexo I da NR-15.

O resultado obtido não pode exceder o valor de 1 (um). Os efeitos combinados podem ser obtidos de forma mais precisa com a utilização de um audiodosímetro, que indica a dose percentual, assim, o limite será excedido quando esta for superior a 100%, ou quando apresentado em forma de índice exceder a 1 (uma) unidade. A dose pode ser obtida também com o medidor de Nível de Pressão Sonora. Entretanto, neste caso, o procedimento é bem trabalhoso, pois será necessário cronometrar com exatidão os tempos de exposição de cada nível.

e) Nível equivalente de ruído

De acordo com Saliba (2004), tendo como base a dose, tem-se o nível equivalente de ruído. Este nível apresenta a exposição ocupacional ao ruído durante o tempo de medição e representa a integração dos diversos níveis instantâneos de ruídos ocorridos neste período. A NR-15, possui incremento de duplicação de dose igual a 5 ($q = 5$), ou seja, a cada adição de 5 dB no nível equivalente, dobra a equivalência de energia e, conseqüentemente, o risco de dano auditivo. Dessa forma, a Equação 5 representa o nível equivalente de ruído conhecido como Leq .

$$Leq = 85 + 16,6096 \times \text{Log} \left(\frac{D \times 480}{t} \right) [dB] \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

Leq = Nível equivalente de ruído;

D = Dose equivalente de ruído (índice);

t = Somatório dos tempos de exposição em minutos.

f) Tempo de exposição

Segundo Iida (2005), o ruído contínuo de 85 dB é considerado tolerável para uma exposição durante 8 horas de jornada de trabalho pela NR-15 do Ministério do Trabalho, entretanto existem estudos indicando que ruídos de 80 dB já causam danos. Acima desse nível, o tempo de exposição deve ser reduzido, pois começam a surgir riscos para os trabalhadores expostos a ruído contínuo.

No entanto, existem estudos que indicam danos causados por ruídos de 80 dB. E em consequência disso algumas normas estrangeiras já fixam seus limites abaixo de 80 dB, que corresponde hoje como o limite brasileiro de “Nível de Ação” ditado pela NR-09, indicando que a partir deste nível devem iniciar medidas de controle evitando que os níveis se aproximem do limite de tolerância.

O tempo de exposição depende também das frequências. Para o mesmo nível, se a frequência aumentar, esse tempo tende a diminuir. Os maiores riscos situam-se na faixa de

2.000 à 6.000 Hz, principalmente para ruídos em torno de 4.000 Hz. Uma exposição a um ruído com 100 dB, à uma frequência de 4.000 Hz deve limitar-se a apenas 7 minutos.

Nível de ruído dB(A)	Exposição máxima permissível por dia. (Frequência)
85	8 horas
90	4 horas
100	1 hora
105	30 min.
110	15 min.
115	7 min.

Tabela 1 – Tempo máximo de exposição ao ruído contínuo ou intermitente (IIDA, 2005)

g) Fator de troca ou incremento de duplicação de dose

De acordo com Saliba (2004) é o valor em dB que, ao ser adicionado a um nível de pressão sonora, implica em reduzir pela metade o tempo de exposição diário permitido, duplicando a dose para o mesmo tempo de exposição anterior.

Na legislação brasileira o incremento de duplicação de dose é ditado pela NR-15 do ministério do trabalho com um valor igual a 5, para fins de insalubridade. Entretanto de acordo com Iida (2005) estudos mostram que este, é melhor representado por um valor igual a 3. Para fins previdenciários a legislação brasileira recomenda que as avaliações de ruído sejam feitas com base na norma NHO-01 de higiene ocupacional da Fundacentro (FUNDACENTRO, 1999).

2.2.2.2 Limites toleráveis de ruído

Conforme o explicitado em Iida (2005) existe basicamente dois tipos de ruído, os ruídos contínuos e intermitentes e os de impacto, onde os contínuos e intermitentes são aqueles de fundo, que possuem certa conformidade durante a jornada de trabalho, já os ruídos de impacto, são picos de energia acústica de curta duração (1 s) e que chegam a níveis de 110 a 135 dB, ocorrem em batidas de forjarias e estamparias (prensas), por exemplo. Podendo ser

considerados, também, como ruídos de impacto aqueles de natureza inesperada e que se destacam no ambiente, como batidas de porta, e gargalhadas inesperadas.

Nível de ruído dB(A)	Atividade
50	A maioria considera como um ambiente silencioso, mas cerca de 25% das pessoas terão dificuldade para dormir.
55	Máximo aceitável para ambientes que exigem silêncio.
60	Aceitável em ambientes de trabalho durante o dia.
65	Limite máximo aceitável para ambientes ruidosos.
70	Inadequado para trabalho em escritórios. Conversação difícil.
75	É necessário aumentar a voz para conversação.
80	Conversação muito difícil.
85	Limite máximo tolerável; para jornada de trabalho.

Tabela 2 – Limites toleráveis a ruídos de diversos tipos de atividades (IIDA, 2005)

2.2.2.3 Efeitos do ruído no ser humano

De acordo com Grandjean (1998), a intensidade e repetitividade sonora levam a prejuízos de audição, que inicialmente são de natureza passageira. Se estes “prejuízos” se repetirem, pode-se chegar, finalmente, a lesões auditivas definitivas. Outros danos são possíveis quando há o excesso de ruído, conforme o explicitado a seguir:

2.2.2.3.1 Perda da audição temporária

Este fenômeno é caracterizado pelo *retorno ao limiar normal de audição*, que por isso é chamado de *deslocamento temporário ao limiar da audição*. Nos últimos anos, estes danos foram estudados por muitos autores que descobriram que existem relações estreitas entre a surdez temporária e a permanente, e que dos resultados da perda temporária de audição podem tirar-se inúmeras conclusões em relação à surdez por ruído. Por isso, serão brevemente

relacionados os resultados da investigação da perda temporária de audição (GRANDJEAN, 1998; IIDA, 2005):

- Ruídos de 80 a 90 dB causam pequeno deslocamento do limiar de audição de 8 a 10 dB. Se o ruído é maior que 110 dB o aumento do limiar alcança 50 a 60 dB;
- O deslocamento temporário do limiar de audição é proporcionado à duração do estímulo sonoro. Por exemplo, um ruído de 110 dB durante 10 minutos produz um deslocamento de 16 dB e de 32 dB após 100 minutos;
- O tempo para que a audição retorne aos valores normais é igualmente proporcional à intensidade e duração do estímulo sonoro. O tempo de retorno é aproximadamente 10 vezes mais longo que a duração da exposição ao ruído;
- Alternância entre ruído e fases de descanso reduz a surdez temporária.

2.2.2.3.2 Perda da audição permanente

Com base em inúmeras comparações entre exposição ao ruído e frequência de surdez por ruído tornou possível hoje avaliar o risco de danos auditivos em empresas ruidosas. De acordo com Grandjean (1998), em publicações da International Organization for Standardization (ISO), o risco é tabulado na dependência da idade, a duração de exposição e o ruído (calculado como nível sonoro equivalente para uma semana de 40 horas de trabalho).

Os valores mostram que o risco aumenta com a intensidade do ruído e com a duração da exposição, sendo que, quando se ultrapassa o nível sonoro equivalente de 90 dB(A), chega-se ao limiar prejudicial. Nas organizações, trabalhadores são expostos a níveis de ruídos fortemente variáveis. Mostrou-se que interrupções no ruído ou períodos com ruído bem diminuído reduzem os danos à audição. Para avaliar, nestes casos, o risco torna-se necessário, conforme já comentado, calcular o nível sonoro equivalente (L_{eq}) para uma jornada de 8 horas (GRANDJEAN, 1998).

Equivalente de ruído permanente Leq em dB(A)	Duração da exposição em anos		
	5%	10%	20%
80	0	0	0
90	4	0	16
100	12	29	42
110	26	55	78

Tabela 3 – O risco de danos à audição, expresso como previsão da parcela de pessoal afetado (em %). Os valores percentuais indicados aumentam várias unidades com a idade. **Fonte:** (GRANDJEAN, 1998)

A seguir será representada a tabela 4 de acordo com a NR-15 do Ministério do Trabalho.

NÍVEL DE RUÍDO dB (A)	MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL
85	480 minutos (8 horas)
86	420 minutos (7 horas)
87	360 minutos (6 horas)
88	300 minutos (5 horas)
89	270 minutos (4h 30 min.)
90	240 minutos (4 horas)
91	210 minutos (3h 30 min.)
92	180 minutos (3 horas)
93	160 minutos (2h 40 min)
94	135 minutos (2h 15 min.)
95	120 minutos (2 horas)
96	105 minutos (1h 45 min.)
98	75 minutos (1h 15 min.)
100	60 minutos (1 hora)
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Tabela 4 – Limites de exposição a ruídos contínuos e intermitentes
Fonte: (BRASIL, 2006b)

2.2.2.3.3 Efeitos psicológicos da ausência de ruído

De acordo com Almeida e Goz (1984) se uma pessoa jovem permanecer por um período de 4 (quatro) horas pesquisando em uma câmara anecóica, irá exigir longas horas de conversa e barulho, para superar a depressão do extremo silêncio. Se outras pessoas não puderem dar atenção a este jovem, isto se tornará um problema de desvio de função psicológica, o que consome algum tempo para ser recuperado e, em alguns casos, é irreparável.

Desta forma o ser humano deve estar sempre submetido ao limiar da audibilidade, que conforme Iida (2005), corresponde a 20 dB(A), para que este seja mantido em constante controle emocional.

3 METODOLOGIA

3.1 Construção de um indicador

Para construir uma escala de ruído coerente com a situação atual no Brasil, é necessário levar em conta os limites ditados pelas Normas Regulamentadoras 9 e 15 do Ministério do Trabalho, sem deixar de considerar boas práticas do prevenicionismo e o limite inferior que ao contrário do que rege o senso comum, não condiz com o silêncio absoluto.

O primeiro valor a ser atribuído é o correspondente ao limite de exposição valor teto – LE-VT, limite este que não pode ser ultrapassado em nenhum momento durante a jornada de trabalho, coincidente com 115 dB(A), sendo esta a pior situação do indicador; por conseguinte será adotado o valor de 85 dB(A), reconhecido pela norma citada como limite de exposição para uma jornada de trabalho de 8 horas, condição esta que se não atendida concede o direito ao trabalhador de um adicional de insalubridade; o limite estabelecido seguindo a ordem decrescente, é o de 80 dB(A), limite este que de acordo com o fator de troca indicado pela NR-15 (Atividades e Operações Insalubres) constitui o nível de ação mencionado na NR-09 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais), este limite representa o nível onde o ruído deve possuir atenção especial por parte dos gestores, onde conforme previsto pela NR-09 deve-se iniciar as ações preventivas minimizando assim a probabilidade de ultrapassagem dos limites definidos pela NR-15; o próximo limite a ser considerado é o limite de 75 dB limite este que será considerado pelo presente trabalho, como boas práticas de segurança e

prevencionismo; e por último o limite inferior da escala do indicador é representado pelo valor de 20 dB, que corresponde ao limiar da audição humana e de acordo com estudos, deve ser mantido inclusive por prevenção, pois abaixo deste limite os trabalhadores também podem apresentar doenças psicológicas referentes à ausência de ruído.

Desta forma a escala se apresenta graficamente conforme Figura 1.



Figura 1 – Escala de referência baseada na NR-15

Pode-se observar que os intervalos foram também divididos, em:

Excelente - intervalo que compreende a faixa de 20 dB(A) até 75 dB(A) (0 a 0,65), este intervalo não requer medidas para correção, somente para a continuidade deste nível;

Bom - intervalo que compreende a faixa de 75 dB(A) até 80 dB(A) (0,65 a 0,69), este intervalo requer somente medidas de boas práticas prevencionistas e de segurança, não sendo necessárias medidas de atendimento legal;

Aceitável - intervalo que compreende a faixa de 80 dB(A) até 85 dB(A) (0,69 a 0,74), este intervalo requer tomadas de ações e medidas de controle dos níveis de ruído e monitoramento constante, sendo necessário o atendimento legal da NR-9 (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais);

Ruim-Inaceitável – nível que compreende a faixa de 85 dB(A) até 115 dB(A) (0,74 a 1), este intervalo é considerado crítico e requer tomadas de ações imediatas e monitoramento constante, referente a eficácia das medidas tomadas.

Para uma melhor interpretação dos índices temos que para 115 dB(A) o indicador é 1,0, para 85 dB(A) temos $85/115=0,74$, e assim sucessivamente.

3.2 Indicador proposto

A partir da escala definida pela legislação foi necessária a adequação desta em uma nova escala representativa (indicador) com limites inferior e superior compreendidos pelos

números 0 e 1, respectivamente, para que permita posteriormente a normalização de diferentes pontos ou setores em um único índice.

Para tal, o valor superior da escala original 115 dB, foi considerado como 1, e os valores subseqüentes adequados à escala proporcionalmente, gerando assim a escala presente na Figura 2.



Figura 2 – Escala do Indicador Proposto

As subdivisões do indicador foram nomeadas, para que seja possível uma qualificação dentro da escala do indicador e um panorama visual facilitado.

Depois de aplicado, o indicador pode conter um índice que não corresponde aos objetivos da empresa, precisando assim de uma modificação, que por sua vez será realizada através de ações. Para que estas ações sejam acertadas tendo o efeito desejado, e ainda, possuam o menor custo possível para isto, é necessário um estudo comparativo entre o custo das soluções (ações) e seu benefício frente ao indicador proposto.

Para analisar custo e benefício, será utilizado o diagrama de Pareto, onde dentre todas as soluções indispensáveis, serão separadas as ótimas dominantes, ou seja, as soluções que melhor atenderão aos objetivos com o menor custo para esta tarefa.

Ao verificar uma solução que possua uma determinada atenuação frente ao agente ruído, será possível atribuir um *delta*, estabelecido entre a diferença do indicador antes da realização da ação, e de como ficará seu índice posteriormente. Este *delta* servirá como referência de benefício da ação, obviamente toda ação gera um custo que também será aliado na análise.

Depois de obtidos os deltas estes com seus respectivos custos devem ser colocados em um gráfico de correlação custo benefício, gerando assim uma resposta visual do menor custo aliado ao maior benefício (*delta*), configurando dentre as situações, as ótimas dominantes frente às dominadas.

3.3 Aplicação do indicador criado

O indicador criado foi testado em uma empresa de galvanoplastia.

Para realizar o levantamento foi necessário dividir a empresa em setores, uma vez que os diferentes setores da empresa podem possuir diferentes níveis de ruído. O indicador foi aplicado separadamente para cada setor, configurando assim indicadores secundários, e posteriormente foi realizada a normalização destes em um único índice representativo da empresa, o que constituiu o indicador primário.

Devido ao fato de os níveis de ruído possuir uma oscilação considerável nos locais de trabalho, e de existirem turnos de trabalho com diferentes horas, os níveis mencionados como limites devem ser obtidos a partir da dose de ruído a que o trabalhador é exposto e posteriormente deve ser calculado o nível equivalente de ruído, sendo que os limites do indicador são baseados nestes níveis.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aplicação do indicador em uma empresa

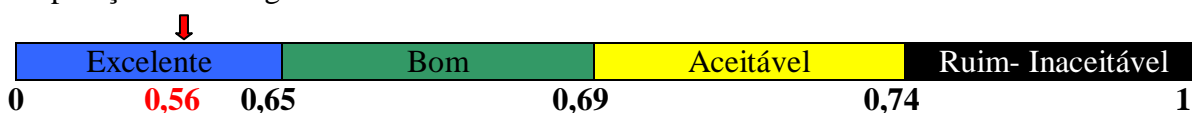
A empresa de galvanoplastia analisada é dividida nos seguintes setores:

- Expedição / Embalagem – local onde são realizadas coleta e entrega de materiais, embalagem e recebimento de produtos para cromagem;
- Polimento – local onde é realizado o lixamento dos metais antes dos banhos e polimento dos produtos após os banhos;
- Colagem – local onde é realizada a colagem de pó de óxido de alumínio, sobre o rebolo, visando aumentar sua abrasividade;
- Pintura – local onde é realizado o lixamento dos metais antes dos banhos e polimentos do produto após os banhos;
- Banho de zinco – local onde é realizado o processo de zincagem de peças;
- Banho de cromagem – local onde é realizado o processo de cromagem das peças;
- Oficina – local onde são realizados pequenos reparos em peças de clientes, quando necessário, visando manter a qualidade do produto final.

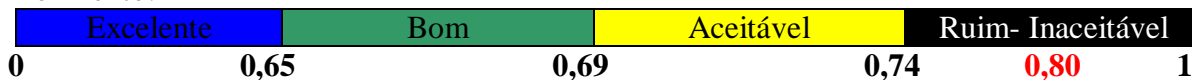
Para o levantamento realizado em campo foi utilizado um dosímetro marca Instrutherm modelo DOS 500, durante 7 dias de medição, sendo um em cada setor identificado na empresa, durante a jornada integral de trabalho por um período de 8 horas.

Os resultados das doses de ruído encontradas para cada setor foram transformados em nível equivalente e aplicados ao indicador inicialmente por setor (sub-indicadores) para que fosse possível a conseqüente normalização destes no indicador primário. Estes valores são apresentados através das setas indicativas seguidas logo abaixo pelo valor equivalente do sub-indicador por setor, conforme Figura 3.

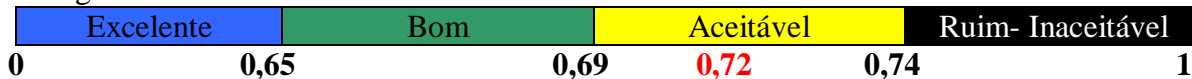
Expedição/ Embalagem:



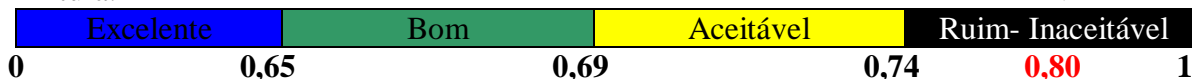
Polimento:



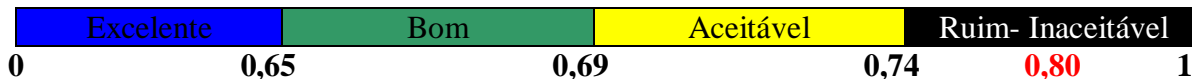
Colagem:



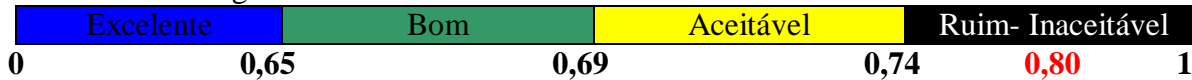
Pintura:



Banho de Zinco:



Banho de Cromagem:



Oficina:

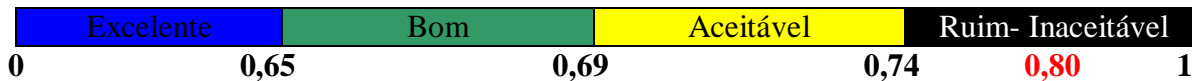


Figura 3 – Sub-indicadores por setor

Assim, com os sub-indicadores por setor normalizado, cria-se o indicador primário (IP), o qual teve um valor obtido através da média aritmética dos sub-indicadores segundo a equação 6, conforme Fig. 4.

$$IP = (0,56 + 0,80 + 0,72 + 0,80 + 0,80 + 0,80 + 0,80) / 7 = 0,75 \quad (\text{Equação 6})$$

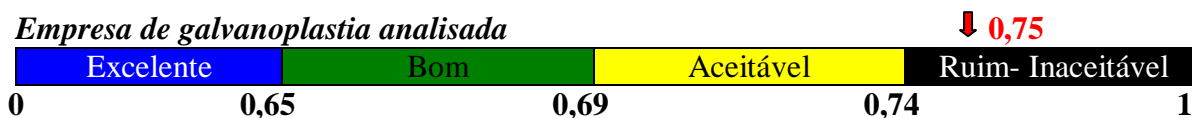


Figura 4 – Indicador primário

É importante salientar que as medidas devem ser tomadas visando os sub-indicadores, pois além de refletirem diretamente sobre o indicador primário, se ignorados correm o risco de continuar fora dos limites estabelecidos pela legislação.

Para que possuíssem um índice mínimo, mantendo uma qualidade considerada como “Bom” pelo indicador, seriam necessários os seguintes *deltas*, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Delta necessário para ação nos sub-indicadores

SETOR	VALOR DO SUB-INDICADOR	DELTA NECESSÁRIO
Expedição/Embalagem	0,56	*
Polimento	0,80	0,11
Colagem	0,72	0,03
Pintura	0,80	0,11
Banho de Zinco	0,80	0,11
Banho de Cromagem	0,80	0,11
Oficina	0,80	0,11

* Para este setor não é necessária nenhuma providência, pois o valor do sub-indicador já encontra-se em uma classificação definida como excelente.

Na Tabela 6 são listadas, a ação tomada pela empresa, às ações alternativas bem como seus respectivos custos e deltas em relação ao indicador analisado.

O delta foi calculado de acordo com a diferença que a atenuação de tais EPI's iriam causar no indicador, dB(A) e posteriormente convertido para os valores referentes à escala, configurando assim o benefício das ações.

ITEM	AÇÃO	CUSTO	DELTA (Δ)
1	Enclausuramento	Inviável*	-
2	Protetor auditivo circum-auricular (tipo concha) – 7441 (NRRsf=24dB)***	R\$ 1.260,00	0,21
3	Protetor auditivo tipo inserção moldável – 5674 (NRRsf=15dB)	R\$ 6,84	0,13
4	Protetor auditivo tipo inserção co-polímero – 10370 (NRRsf=16dB)	R\$ 7,80	0,14
5**	Protetor auditivo tipo inserção de três flanges em PVC – 14306	R\$ 8,00	0,12
6	Protetor auditivo tipo plug de três flanges – 12943 (NRRsf=11dB)	R\$ 7,50	0,09
7	Protetor circum-auricular (tipo concha) – 13004 (NRRsf=16dB)	R\$ 216,00	0,14

Tabela 6 – Ações para redução do índice de ruído

* Construção inviável devido ao fato de as máquinas possuírem partes de contato necessário com as peças, e a clausura destas inviabilizaria a realização do trabalho inerente à atividade da empresa.

** Solução adotada pela empresa.

*** NRRsf= Nível de Redução de Ruído Fornecido, representa o valor médio em decibéis de atenuação do protetor auditivo.

O custo de cada item da tabela 6 corresponde ao produto do valor unitário do protetor auditivo multiplicado por 16, que corresponde ao número de funcionários da fábrica.

Para que possa ser atenuado de uma forma geral, foi considerado o delta (Δ) necessário para a modificação do resultado do indicador primário (geral), que por sua vez corresponde ao valor de 0,06, obtido da diferença IP (0,75) menos o valor do limite de conforto (0,69).

Abaixo são relacionadas às soluções isoladas e em formas combinadas visando obter vários graus de atenuação.

ITEM	CUSTO (R\$)	DELTA
2	1.260,00	0,21
3	6,84	0,13
4	7,80	0,14
5	8,00	0,12
6	7,50	0,09
7	216,00	0,14

Tabela 07 - Soluções possíveis para a redução do índice de ruído

Após análise das dispersões observou-se que as opções que mais atendem à necessidade da empresa galvânica são as opções: 3; 4; 5 e; 6.

Assim, submetendo as opções ao gráfico de custo benefício, tem-se a Figura 3.

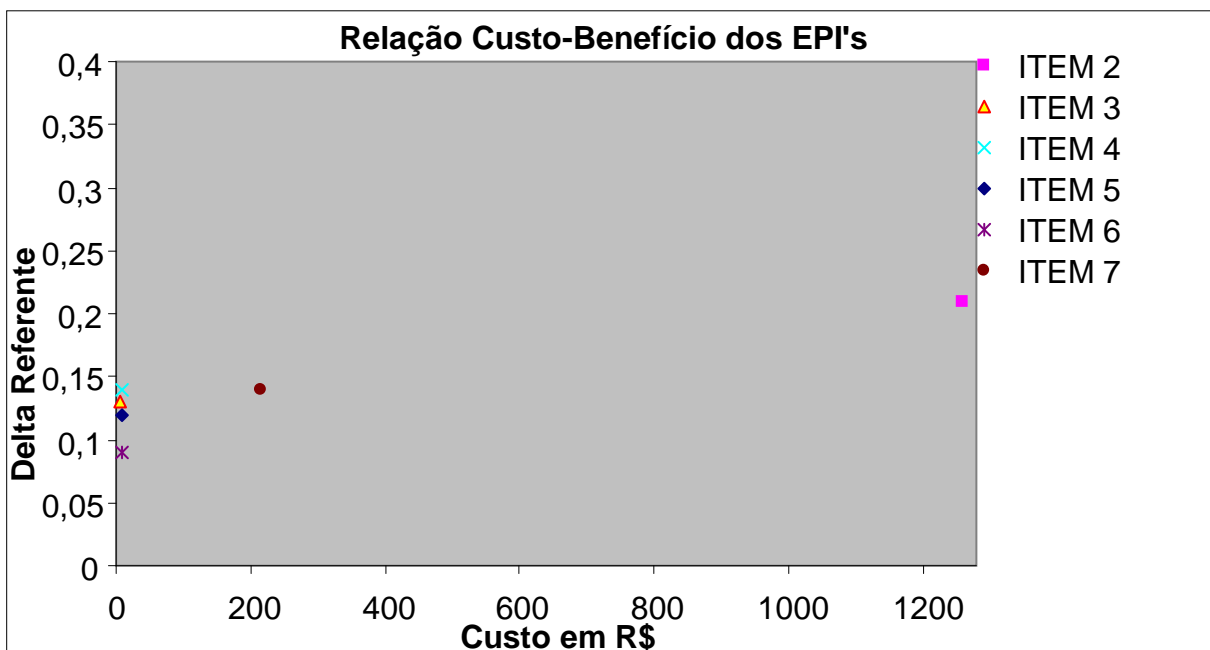


Figura 3 – Dispersão geral das soluções

Como o intervalo geral encontra-se muito abrangente, devido ao fato de as soluções possuírem uma grande diferença de custo, será escolhido o intervalo que possui a menor faixa de custo, conforme Figura 4.

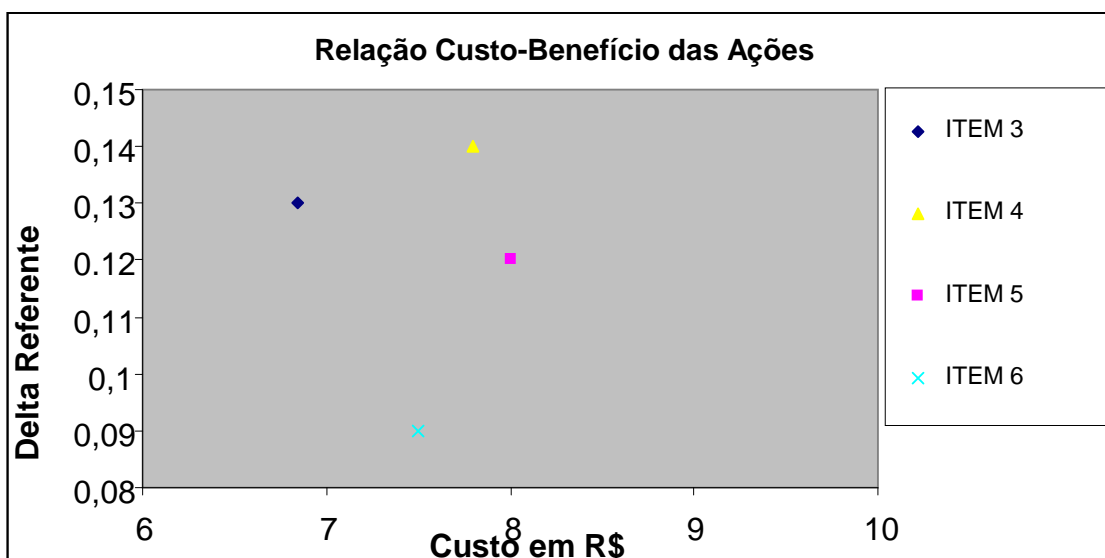


Figura 4 - Dispersão no intervalo entre R\$ 6,00 e R\$ 10,00

4.2 Análise dos resultados com a aplicação do indicador

Como foi obtido no setor Expedição/Embalagem um índice inferior, o índice geral do indicador teve um decréscimo.

O indicador foi aplicado a diferentes setores, o que permitiu uma melhor e mais afinada visualização dos problemas correlacionados a ruído contínuo e intermitente, presentes na empresa avaliada.

A empresa adotou de senso comum o item 5, que possui um benefício de delta igual a 0,12 com um custo de R\$ 8,00, enquanto que o indicador apontou como solução adequada o item 3, que possui um delta de 0,13 a um custo de R\$ 6,84.

Os itens 2 e 7 possuíram um custo muito elevado e foram desconsiderados.

Foi observado que o indicador gera possibilidades diversas como soluções, algumas destas podem ser descartadas diretamente, mediante a grande dispersão entre elas, conforme visto na Figura 3, onde os valores diferiam em demasia entre si, podendo o gestor assim realizar uma filtragem dos custos de senso comum cabendo ao indicador somente as diferenciações entre as soluções ótimas.

O indicador mostrou que embora a empresa tenha escolhido uma solução que devido a sua atenuação, atenda aos preceitos legais definidos para ruídos contínuos e intermitentes, poderia ter atenuado o ruído de forma mais eficaz tendo para tal que arcar com um custo menor que ao escolhido.

A decisão de tomar a pior situação entre os valores obtidos nos sub-indicadores como valor norteador do delta necessário garantiu uma atenuação satisfatória para o índice geral.

5 CONCLUSÕES

O indicador mostrou-se uma forma de avaliação para ações a serem tomadas por gestores de programas voltados ao controle do agente ruído.

O fator considerado como norteador da consideração do delta necessário, possibilitou a garantia de atenuação do índice geral do indicador, sem a necessidade de fórmulas matemáticas complicadas, o que facilita a execução no dia a dia atribulado das empresas.

Devido ao fato de estar compilado em uma escala normalizada o indicador possibilita a execução de futuros trabalhos voltados à área de segurança do trabalho, que podem vir a somar dando uma visão mais abrangente da gestão e por conseqüência, possibilitar decisões mais acertadas, o que resultará em uma redução geral dos custos da gestão nesta área.

Observou-se com a construção e aplicação do indicador que a empresa analisada adotou uma solução que não condiz com a melhor relação custo benefício apontada pelo indicador, embora esta empresa possua boa intenção e consciência, e dessa forma proteja seus colaboradores, as ações podem ser realizadas com uma eficácia maior tendo um custo menor, o que significa uma redução considerável dos custos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcio Tadeu; GOZ, Ricardo Damião. **Curso de Análise e Controle de Ruídos Industriais**. Itajubá, MG: FUPA – Fundação de Pesquisa e Assessoramento à Indústria, 1984.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR9**. Manual de Legislação Atlas. 59ª. Edição, 2006a.

BRASIL, Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora NR15**. Manual de Legislação Atlas. 59ª. Edição, 2006b.

CAPRA, Fritjof. **As conexões ocultas - ciência para uma vida sustentável**. 4 ed. – São Paulo, SP: Ed. Cultrix, 2005. 296 p.;

DEPONTI, Cidonea Machado; ECKERT, Córdula; AZAMBUJA, José Luiz Bertoli. **Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas**. Revista: Agroecologia. e Desenvolvimento. Rural. Sustentável. Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez, 2002;

FUNDACENTRO. **NHO-01 - Avaliação da exposição ocupacional ao ruído**. São Paulo: 1999. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/CTN/nho01.asp>> Acesso em: 01 out. 2006.

GERGES, Samir. N. Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. 2ª edição. Florianópolis: Editora Imprensa Universitária UFSC, 2000.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem; trad. João Pedro Stein** - 4 ed. - Porto Alegre, RS: Ed. Artes Médicas, 1998;

IIDA, Itiro. **Ergonomia: Projeto e Produção** – 2 ed. rev. e ampl. – São Paulo, SP: Ed. Edgard Blücher, 2005. 614 p. ISBN 85-212-0354-3;

MAIA, Paulo Alves. **Estimativa de exposições não contínuas a ruído: Desenvolvimento de um método e validação na construção civil**. Campinas: 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://www.fundacentro.gov.br/CTN/teses_conteudo.asp?retorno=137>. Acesso em: 06 set. 2006.

RIO, Rodrigo Pires do; PIRES, Lícínia. **Ergonomia: fundamentos da prática ergonômica**. 3a edição. São Paulo: LTr, 2001.

SALIBA, Tuffi Messias. **Curso Básico de Segurança e higiene Ocupacional** – São Paulo, SP: Ed. LTr, 2004. 453 p. ISBN 85-361-0516-X;