

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Engenharia de Segurança do Trabalho.

Flavia Ramiro de Oliveira

O uso da ferramenta Seis Sigma para redução de ruído em uma linha de usinagem.

**Divisão de Biblioteca da EPUSP
Biblioteca de Engenharia de Minas**

São Paulo

2008.

**EPMI
ESP/EST-2008
OL4u**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Engenharia de Segurança do Trabalho.

Flavia Ramiro de Oliveira

O uso da ferramenta Seis Sigma para redução de ruído em uma linha de usinagem.

Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

**Área de Concentração:
Engenharia de Segurança do Trabalho**

**Divisão de Biblioteca da EPUSP
Biblioteca da Engenharia de Minas**

São Paulo

2008.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu marido Nilson, que embora diante das dificuldades que enfrentamos juntos durante todo o período em que estive no curso, sempre foi fonte motivadora e de inspiração, me apoiando em todas as decisões e na busca de meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por toda a força que tive em minha vida para chegar onde estou. Sem ele, com certeza, talvez tivesse sucumbido diante das dificuldades. Também agradeço ao meu marido Nilson pela paciência e compreensão nos momentos em que tive de me dedicar a este trabalho, fase na qual ele precisou muito de mim. Agradeço, por fim, minha irmã Marina, que me incentivou a realizar este estudo até o fim.

EPÍGRAFE

“Não poríamos a mão no fogo pelas nossas opiniões: não temos assim tanta certeza delas. Mas talvez nos deixemos queimar para podermos ter e mudar as nossas opiniões.”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

Com a evolução da sociedade e a mudança nas condições de trabalho, o homem passou a preocupar-se com algo que até então não era considerado antes da Revolução Industrial, a segurança dos trabalhadores. No século XXI, eles estão cada vez mais expostos aos riscos dentro de seus ambientes de trabalho, especialmente nas fábricas das grandes indústrias. Os riscos aos quais estão expostos são variados em natureza, consequências e intensidade. Muito tem-se feito, como treinamentos, mudanças em projetos, enclausuramento de máquinas, programas de conscientização, para evitar ou amenizar os danos decorrentes de atividades laborais e as empresas, atualmente, investem em Segurança do Trabalho e consideram essa área como prioridade, para que empregados realizem suas tarefas com o mínimo de exposição ao risco e que não haja comprometimento do crescimento do negócio por conta de acidentes de trabalho. Entre as principais causas de enfermidades oriundas do ambiente de trabalho está a perda auditiva, resultado de exposição excessiva ao que se chama de ruído ocupacional. Para resolver esse problema, às vezes, é necessário muito investimento e trabalho. No entanto, por meio do uso da ferramenta Seis Sigma é possível a obtenção da redução do ruído dentro de uma linha de produção e a realização de análises estatísticas que ajudam a descobrir fontes geradoras de ruídos para minimizá-las. Isso será mostrado no "decorrer" deste trabalho, por meio de um estudo de caso em uma linha de usinagem.

Palavras chave: ruído ocupacional, seis sigma, redução de ruído.

ABSTRACT

Due to the evolution of the society and the change in the work conditions, the man started getting worried about something that until then was not considered before the Industrial Revolution, the safety of the workers. Currently, they are each time more exposed to the hazards inside the work environmental, especially in the sites of the large industries. The hazards, which they are exposed are varied in nature, consequences and intensity. Many things have being done to prevent or to liven up the damages from labor activities. Currently, the companies invest in Safety of the Work and consider this area as a priority, so the employees can perform their tasks with the minimum of hazard exposure and that it does not have commitment of the business growth because of labor accidents. Among the main causes of occupational diseases is the hearing loss, result of extreme exposure of occupational noise. To solve this problem, it is necessary much investment and work. However, with the use of the Six Sigma tool is possible to reduce the noise inside the production line and the accomplishment of statistical analyses that help to discover generating sources of noises in order to minimize them. It will be presented in this work through a case study in a machining line.

Key words: Occupational noise, Six Sigma, Noise Reduction

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 : Processo de tomada de decisão.....	35
Figura 2 : O que é Seis Sigma?.....	35
Figura 3 : Significado prático	36
Figura 4 : Nível do Sigma	36
Figura 5 : Processo Três Sigma.....	37
Figura 6 : Processo Seis Sigma	37
Figura 7 : Capacidade do processo	38
Figura 8 :O sistema de administração Seis Sigma.....	38
Figura 9 : Efeito de afunilamento para priorização dos trabalhos no projeto Seis Sigma	41
Figura 10 :Bico redutor de ruído	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Resumo de situações na escolha de projetos	46
Tabela 2 : Considerações finais da Metodologia Seis Sigma.....	47
Tabela 3 : Valores iniciais de dosimetria	50
Tabela 4 : Valores finais de dosimetria	54

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. Objetivo	14
1.2. Justificativa	14
1.3. Metodologia.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Ruído Ocupacional	17
2.1.1. Definição de Ruído	18
2.1.2. O ruído nos ambientes de trabalho.....	18
2.1.3. Os efeitos do ruído na saúde.....	19
2.1.3.1. Perda auditiva	21
2.1.3.2. Zumbidos.....	22
2.1.4. Doenças auditivas relacionadas ao trabalho	22
2.1.4.1. Otite Média Não-Supurativa (“Barotrauma do Ouvido Médio”	22
2.1.4.2. Perfuração da membrana do tímpano.....	23
2.1.4.3. Outras vertigens periféricas	25
2.1.4.4. Labirintite	26
2.1.4.5. Perda auditiva induzida pelo ruído ocupacional.....	27
2.1.4.6. Perda de audição ototóxica	29
2.1.5. Consequências e características da perda auditiva	30
2.2. Metodologia Seis Sigma.....	31
2.2.1. Definição.....	32
2.2.2. Histórico Seis Sigma	33
2.2.3. Processos de tomada de decisão	35
2.2.4. Premissas para os métodos Seis Sigma	37
2.2.5. Função das pessoas dentro do processo Seis Sigma	39
2.2.5.1. Especialistas em qualidade	39
2.2.5.2. Patrocinador.....	39
2.2.5.3. Master Black Belts	39
2.2.5.4. Black Belts	40
2.2.5.5. Green Belts.....	40
2.2.6. Como melhorar o processo	40

2.2.7. Importância da seleção dos projetos para o sucesso da implementação	41
2.2.7.1. Princípios Básicos para a Seleção de Projetos	42
2.2.8. Definição de critérios para seleção de projetos.....	43
2.2.8.1. Resultados ou benefícios da empresa.....	43
2.2.8.2. Viabilidade.....	44
2.2.8.3. Impacto Organizacional	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
3.1. Estudo de Caso.....	48
3.1.1. Dosimetrias	49
3.1.1.1. Instrumental Utilizado	49
3.1.1.2. Capabilidade Inicial	49
3.1.1.3. Multi Vari (Análise das variáveis)	51
3.1.1.4. FTA (Failure Tree Analysis) – Análise da árvore de falhas	51
3.1.1.5. Ações provenientes do FTA.....	52
3.1.2. Plano de Controle	53
3.1.3. Capabilidade Final	53
3.1.4. Conclusão do projeto	55
3.1.5. Considerações Finais.....	55
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
6. ANEXOS	60
6.1. Anexo A - Matriz Causa Efeito	60
6.2. Anexo B - Gráfico de Capabilidade Inicial	61
6.3. Anexo C - Gráfico da % de fontes com ruído superior a 85 d.....	62
6.4. Anexo D - Gráfico das fontes superiores a 85dB.....	63
6.5. Anexo E – Plano de Controle.....	64
6.6. Anexo F – Capabilidade Final	65

1. INTRODUÇÃO

Segundo Verdussen (1978), a garantia das condições de trabalho está cada vez mais acentuada nas empresas que zelam pela saúde de seus funcionários e que reconhecem a importância dos mesmos para a sua ascensão no mundo dos negócios. Hoje, segurança no trabalho é fator preponderante e representa uma das maiores preocupações dos dirigentes das grandes indústrias. Isso porque o trabalho feito com segurança representa maior lucratividade para a empresa e valorização do trabalhador perante a corporação para qual trabalha. É comum ver em grandes indústrias placas as quais informam por quantos dias suas fábricas operam sem acidentes. À medida que esse indicador aponta números elevados (quantidade de dias sem acidentes), percebe-se que as medidas adotadas para a prevenção de acidentes de trabalho mostram-se eficazes.

Campos (1998) diz que para que as fábricas operem com segurança é desde uma equipe qualificada para liderar o departamento de Segurança do Trabalho até o desenvolvimento de ferramentas para o controle e redução das causas de acidentes.

Tomando como base a história da evolução do trabalho, antigamente, não havia tanta preocupação com a garantia da integridade dos trabalhadores, pois a maioria das atividades era braçal e a economia era baseada na agricultura, ou seja, havia pouca ou quase nenhuma atividade industrial. No entanto, o homem percebeu a necessidade da industrialização e da automação da produção, o que resultou na Revolução Industrial, que ocorreu em meados do século XVIII na Inglaterra e expandiu-se para o mundo no século XIX.

De acordo com Teixeira (1990), naquela época, o trabalho antes feito pelo homem e suas mãos passou a ser realizado por máquinas, e os trabalhadores passaram de artesãos a operadores de enormes aparatos industriais e suas atividades, até então voltadas à criação e produção manual de objetos, transformaram-se em apertar botões e produção seriada. Com essa mudança radical no processo de produção, vieram os acidentes de trabalho. Operários sofriam danos físicos com muita frequência e, ao sofrerem mutilações, simplesmente perdiam seus empregos e passavam a viver à margem da sociedade. O trabalhador não era tratado como peça fundamental para o sucesso da empresa e, tampouco, reconhecido pela sua dedicação. A herança disso foi a ausência de preocupação com a garantia das condições de trabalho até pouco tempo atrás. Não havia investimento adequado em segurança e os funcionários incapacitados de trabalhar por danos causados no próprio ambiente de trabalho simplesmente aposentavam-se e tinham de se conformar com a situação de inválidos.

Esse cenário vem sofrendo significativa transformação. Há algum tempo as grandes indústrias, em especial as norte-americanas, investem em Segurança do Trabalho como um dos principais pontos para garantir o crescimento sustentável de seus negócios. Trabalhar em ambiente seguro traz inúmeros benefícios à empresa, como a redução de processos trabalhistas e de dias perdidos (o funcionário acidentado precisa afastar-se para se recuperar), ao mesmo tempo em que aumenta a credibilidade da mesma perante o mercado. Uma empresa que não tem ambiente adequado para trabalho coloca a confiança dos consumidores de seus produtos em

risco, pois fica a dúvida sobre a preocupação com a qualidade e segurança para os consumidores, quando os operários estão expostos a riscos altíssimos.

A empresa que preza pela responsabilidade espera que todos seus empregados, ao se aposentarem ou resolverem deixar a empresa, saiam com saúde igual, ou melhor, a que entraram. Um ambiente sem riscos começa por um ambiente limpo e organizado e, com o oferecimento de ferramentas adequadas para o trabalho. O resultado disso é a conscientização do funcionário. A companhia que se preocupa com segurança também estimula o funcionário a levar isso para fora dela, e com a certeza de que é reconhecido pela empresa e que a mesma se preocupa com ele.

1.1 Objetivo

Busca-se, por meio deste trabalho, mostrar que o uso da ferramenta estatística Seis Sigma possibilita a realização de análises estatísticas que ajudam a descobrir fontes geradoras de ruídos para minimizá-las.

1.2 Justificativa

Este trabalho justifica-se pela necessidade de amenizar os efeitos causados pelo ruído ocupacional nos ambientes de trabalho, a medida que geram prejuízos para as empresas e para os colaboradores. Afinal, funcionários que são acometidos de doenças ocupacionais geradas por excesso de ruído no ambiente de trabalho geram afastamentos e, conseqüentemente, prejuízos financeiros para a companhia e pessoais para o próprio colaborador. Em contrapartida, visando apenas o lucro, a produção deveria ser a maior possível, o que resultaria em excesso de ruído.

Com base na necessidade de as empresas implantarem sistemas para controle de ruído somada ao crescente número de trabalhadores expostos a esse agente, torna-se viável a implementação de sistemas ou técnicas que possam contribuir para o equilíbrio desse cenário: excesso de ruído e exposição ao mesmo. Assim, pensando em oferecer solução para esse problema enfrentado na atualidade, o trabalho a seguir foi desenvolvido.

1.3 Metodologia

Para estudar a viabilidade do uso da ferramenta Seis Sigma para redução de ruído em uma linha de usinagem serão utilizadas duas frentes de trabalho: pesquisa bibliográfica sobre ruído ocupacional e metodologia Seis Sigma e estudo de caso.

A revisão bibliográfica servirá de base para fomentar a problemática da existência do ruído ocupacional e dos danos que pode causar à saúde daqueles que estão expostos a esse agente. Será iniciado por pesquisa em literatura consagrada e existente sobre ruído, abrangendo as definições de ruído e ruído ocupacional, ruído no ambiente de trabalho, efeitos do ruído na saúde, doenças auditivas relacionada ao ruído e perda auditiva. Em seguida, será realizada pesquisa, também em literatura já existente, sobre a metodologia seis sigma, com foco em seu histórico, definição e principais conceitos.

Depois, será feito um estudo de caso em uma indústria metalúrgica de autopeças, com a intenção de levantar dados, por meio de medição na fonte de ruídos e estudos de dosimetria, para uma possível verificação da possibilidade de redução do nível de ruído, com a finalidade de evitar perda auditiva e ações trabalhistas futuras. O

nível de ruído no ambiente de trabalho ao qual as pessoas estavam expostas será o foco do estudo. O trabalho será iniciado pela medição do nível de ruído nas suas fontes geradoras, que contemplará estudo de medição de dosimetria por meio de uma empresa contratada, aplicação de matriz causa-efeito para definir a área na qual o trabalho será aplicado e uso da metodologia Seis Sigma para redução de ruído em uma linha de usinagem.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ruído Ocupacional

A audição é fundamental para o desenvolvimento cognitivo, emocional e social dos seres humanos. De acordo com Nudelmann, Costa, Ibañez e Seligman (1997), as perdas auditivas figuram entre as mais freqüentes doenças relacionadas ao trabalho e são provocadas principalmente por exposição ao ruído, agentes químicos, radiações ionizantes e acidentes com traumatismo craniano. Acometem pessoas com desenvolvimento normal que vêem suas capacidades humanas serem reduzidas progressivamente. Podem ainda fazer com que trabalhadores tenham cerceada sua ascensão hierárquica ou o acesso a um novo emprego, às vezes apenas por uma leve alteração do exame que avalia a audição.

Segundo Nudelmann, Costa, Ibañez e Seligman (1997), estima-se que mais da metade dos trabalhadores da indústria cumpre sua jornada em ambientes com a presença do ruído e de outros agentes. Não se dispõe de informações precisas acerca do número de trabalhadores acometidos do problema, mas pelas amostras de indústrias metalúrgicas que divulgam seus dados, cerca de 10 a 60% dos trabalhadores expostos a essas condições sofrem algum grau de lesão auditiva. Somado aos trabalhadores de outras atividades, como a agropecuária, o comércio e algumas outras modalidades de serviços, o número de vítimas do agravo atinge proporções preocupantes.

2.1.1 Definição de Ruído

Ruído é um termo aplicado, geralmente, para fazer referência a sons indesejáveis e, os sons presentes em grande parte das situações de trabalho (praticamente em todas) são indesejáveis. “Som é a sensação produzida no sistema auditivo; e ruído é um som sem harmonia, em geral de conotação negativa.” (BISTAFA, 2006, P. 5). Segundo o dicionário da Língua Portuguesa Michaelis, ruído é o som inarmônico produzido por corpo que cai ou estala ou estrondo, fragor ou rumor, dentre outros significados. Considerando todas essas informações, pode-se dizer que o ruído é um conjunto de sons indesejáveis e desagradáveis que podem alterar o bem-estar, de formas fisiológica e psicológica, podendo, ainda, levar a surdez e atrapalhar as boas condições de trabalho.

2.1.2 O ruído nos ambientes de trabalho

O ruído está presente na maioria dos ambientes de trabalho. No entanto, a intensidade dos sons indesejados pode variar de tolerável e inofensiva para preocupante e que demanda a adoção de medidas de prevenção e segurança com urgência. Para isso, a maioria das grandes empresas e indústrias, que contém fábricas em seus parques industriais lança mão de departamento de Segurança do Trabalho, que inclui as preocupações com a saúde dos funcionários e do meio ambiente.

Segundo Nudelmann, Costa, Ibañez e Seligman (1997), a origem do ruído pode estar em diversas situações, como barulho de máquinas, conversas, tráfego, vibrações etc. Ainda assim, independente de sua origem, o ruído é classificado de três formas distintas. Pode-se dizer que o ruído é uniforme quando o nível da pressão acústica e a

freqüência são constantes por um período de tempo considerado longo, como o barulho que se escuta em uma fábrica de soldas. Já o ruído intermitente corresponde à variação constante da pressão acústica e da freqüência, como o som oriundo de uma marcenaria. Por fim, há o ruído impulsivo, que corresponde a um nível de pressão acústica elevado, mas que dura pouco tempo, como o som emitido pelo disparo de um projétil (menos de um segundo).

2.1.3 Os efeitos do ruído na saúde

De acordo com Bistafa (2006, p.46), há dois tipos de perda de audição: a condutiva e a neurossensorial. "A perda condutiva ocorre quando uma anormalidade impede que o som chegue à orelha interna. A perda neurossensorial ocorre quando há lesões cocleares ou das fibras nervosas."(BISTAFA, 2006, p. 46).

Nudelmann, Costa, Ibañez e Seligman (1997) explicam que a perda auditiva causada pelo ruído pode ser resultado de uma única exposição a um som muito alto ou por exposição a níveis elevados de ruído por um longo período de tempo. Assim, a exposição ao ruído no ambiente de trabalho pode causar perda auditiva temporária ou permanente. Pessoas, frequentemente, sofrem de surdez temporária após saírem de um lugar muito barulhento. Apesar do fato de a audição recuperar-se em algumas horas nesses casos, isso deve ser considerado, pois é um sinal de que se houver continuidade da exposição, a audição pode ser prejudicada permanentemente. Danos auditivos permanentes são, geralmente, causados por ruídos extremamente altos, sons de explosão, de armas ou de máquinas.

No entanto, a perda auditiva geralmente é progressiva e ocorre por exposição prolongada e contínua ao ruído. Somente quando os danos causados pela exposição ao ruído por um período prolongado de tempo, combinados à perda de audição que é causada pelo envelhecimento, é que as pessoas percebem o quanto surdas tornaram-se. Isso pode ser facilmente percebido quando a família reclama do volume da televisão, ou quando a pessoa não consegue acompanhar uma conversação em grupo ou quando elas apresentam dificuldades ao usar o telefone. Eventualmente, todos os sons tornam-se abafados e as pessoas têm problemas para ouvir sons como “t”, “d” e “s”, causando, então, a confusão com palavras similares.

A perda de audição não é o único problema. As pessoas podem desenvolver um som agudo como um assobio ou zumbido nos ouvidos, uma condição desconfortável, que pode levar a um sono perturbado. Além disso, a exposição permanente a um alto nível de ruído pode contribuir para aumentar o nível de estresse no trabalho.

Níveis de ruído que chegam a interferir na comunicação no ambiente de trabalho podem causar acidentes, como avisos verbais ou alarmes que não foram eficientes porque são difíceis de ouvir. O fato de a equipe de trabalho ter de aumentar o volume de voz frequentemente para ser ouvida, ou esforçar-se para entender o que os outros falam, também contribui para o aumento de estresse no trabalho. Existe uma grande evidência de que níveis excessivos de ruído podem interferir no desempenho das tarefas, afetando a produtividade.

Em contrapartida, o nível de exposição ao ruído pode ser efetivamente reduzido por meio da adoção de medidas preventivas no design das estações de trabalho e nos

locais de trabalho, e, também, por meio da seleção de equipamentos, procedimentos e métodos para dar prioridade à redução de riscos na fonte.

2.1.3.1 Perda auditiva

A exposição ao ruído pode levar a perda de audição, conforme define Bistafa, 2006, p. 47:

“A exposição continuada a níveis elevados de pressão sonora pode causar perda da audição. Níveis elevados de pressão sonora são comumente gerados por ruídos intensos, motivo pelo qual esse tipo de deficiência auditiva é chamado de *perda de audição induzida por ruído* (Pair).”

Enquanto houver exposição contínua ao ruído, as perdas auditivas causadas por conta dos ruídos no ambiente de trabalho tendem a progredir, ou seja, quanto mais tempo de exposição, geralmente, mais severa é a perda. No início, na maioria das vezes, os trabalhadores que sofrem ou sofrerão algum dano auditivo são assintomáticos. Isso porque as lesões iniciais estão em uma área do ouvido que tem a função de reproduzir sons de alta frequência, que não estão presentes na maioria das situações cotidianas. No entanto, com a evolução da lesão para áreas auditivas mais nobres, que pode variar de pessoa para pessoa, de acordo com o grau de exposição e tipo de ruído, as pessoas lesionadas começam a perceber dificuldades para entender o que é dito em lugares movimentados (que apresentam algum tipo de poluição sonora), na televisão ou ao telefone, conforme já dito anteriormente. Nessa fase, o funcionário geralmente reclama de que pode ouvir os sons em sua intensidade, mas não consegue compreender o que é dito. Nos estágios mais avançados da perda, mesmo que de progressão lenta, a compreensão da fala fica dificultada até em ambientes silenciosos. Nessa fase, o canal auditivo já está muito comprometido e os danos são irreversíveis.

2.1.3.2 Zumbidos

O zumbido é um indicativo de dano auditivo e pode estar presente ou não, em qualquer nível de perda. O zumbido é um indicativo de perda, conforme Bistafa, 2006, p. 48:

“A sensação de zumbido é um indicativo de que a perda permanente já ocorreu. Nesse caso, o zumbido se manifesta mesmo na ausência de uma fonte sonora real, gerando esse tipo de som. É uma anomalia precariamente controlada por drogas ou cirurgia, podendo ser mascarada por ruído externo.”

Boa parte (cerca de 50%) dos funcionários que sofrem alguma perda auditiva apresenta algum tipo de zumbido nos ouvidos. Esse sintoma não é característico de alguma fase da progressão da doença, portanto, pode ser presente em qualquer um dos estágios da perda. Quando a perda auditiva é mais amena, esta é, geralmente, a primeira manifestação do problema. Por outro lado, quando o nível do zumbido é intenso e severo, o trabalhador pode tornar-se inapto a exercer suas funções por conta disso e o resultado é o afastamento definitivo de ambientes com ruído, tornando-o incapacitado para exercer as funções que exercia. Esse afastamento por conta do zumbido pode ocorrer mesmo que não haja perda auditiva severa.

2.1.4 Doenças auditivas relacionadas ao trabalho

Lopes Filho, em seu livro, “Tratado de Otorrinolaringologia”, descreve as principais doenças auditivas relacionadas ao trabalho, conforme a seguir.

2.1.4.1 Otite Média Não-Supurativa (“Barotrauma do Ouvido Médio”)

O barotrauma do ouvido médio é uma das múltiplas expressões do barotrauma, e consiste no conjunto de manifestações decorrentes de súbitas alterações da pressão

do ar ambiental, produzindo uma redução absoluta ou relativa da pressão no ouvido médio, que pode causar sangramento da mucosa do ouvido médio e da membrana timpânica e, ocasionalmente, até ruptura da membrana timpânica e da membrana da janela redonda. Isto pode ocorrer depois da descompressão ou reconversão rápida de uma câmara de alta ou baixa pressão, em mergulho rápido de uma grande altitude numa aeronave não pressurizada, ou depois de vir à tona muito rapidamente, num mergulho no mar.

A doença é causada por um fechamento súbito da trompa, que é comprimida pela rápida elevação da pressão atmosférica, ou por um aumento associado da pressão tecidual. O diagnóstico é feito pela história, e por achados otoscópicos que mostram retração da membrana timpânica.

A principal causa está no trabalho sob condições hiperbáricas, que inclui: trabalho sob ar comprimido e trabalhos submersos. Entre eles, destacam-se: mergulho civil (livre, raso, profundo) e mergulho militar (convencional, operações militares táticas); construção civil: tubulão pneumático e túnel pressurizado; medicina: recompressão terapêutica e oxigenioterapia hiperbárica.

2.1.4.2 Perfuração da membrana do tímpano

A perfuração da membrana do tímpano é uma das expressões, relativamente graves, do barotrauma do ouvido médio, decorrente de súbitas alterações da pressão ar ambiental, produzindo uma redução absoluta ou relativa da pressão no ouvido médio, que pode causar sangramento da mucosa do ouvido médio e da membrana timpânica e, ocasionalmente, até ruptura da membrana timpânica e da membrana da janela

redonda. Isto pode ocorrer depois da descompressão ou recompressão rápida de uma câmara de alta ou baixa pressão, em mergulho rápido de uma grande altitude numa aeronave não pressurizada, ou depois de vir à tona muito rapidamente, num mergulho no mar.

As perfurações timpânicas são mais comuns nos mergulhadores em meio líquido que no interior de câmaras hiperbáricas, pois nestas torna-se mais fácil interromper a compressão ao primeiro sinal de barotrauma. Por outro lado, a perfuração da membrana timpânica no interior da câmara é bem menos perigosa, por não haver o risco de o ouvido interno ser invadido pela água fria. Quando isso ocorre no mergulho, pode haver a irritação das estruturas labirínticas responsáveis pela manutenção do equilíbrio, com perda da orientação espacial, náuseas e vômitos, vertigens e, em casos mais graves, síncope. Estas manifestações são de curta duração, cessando logo que a temperatura da água retida atinja a temperatura corporal, mas podem, principalmente no mergulho livre, impedir a volta do mergulhador à superfície, levando-o à morte por afogamento.

A ruptura da membrana timpânica pode ser suspeitada indiretamente pela cessação súbita da dor, o aparecimento dos sintomas de invasão do ouvido médio pela água fria, pela ocorrência de otorragia ou expectoração sanguinolenta, ou pela saída de ar sibilante pelo ouvido, quando do ato de assoar o nariz.

Outra complicação do barotrauma do ouvido médio com ruptura do tímpano é a surdez, que pode ser de transmissão (processo de esclerose da membrana, com mobilidade reduzida, prejudicando a transmissão das vibrações à cadeia de ossículos);

surdez de percepção (pode ser seqüela de uma lesão ao nível da janela oval, do labirinto, da cóclea ou do nervo coclear, podendo a lesão tratar-se de uma esclerose nesses elementos ou de um distúrbio vascular; surdez mista.

Entre as principais da perfuração da membrana do tímpano, está o trabalho sob condições hiperbáricas, que inclui: trabalho sob ar comprimido e trabalhos submersos. Entre eles, destacam-se: mergulho civil (livre, raso, profundo) e mergulho militar (convencional, operações militares táticas); construção civil: tubulão pneumático e túnel pressurizado; medicina: recompressão terapêutica e oxigenioterapia hiperbárica.

2.1.4.3 Outras vertigens periféricas

Vertigem pode ser definida como alteração do sentido do equilíbrio, caracterizada por uma sensação de instabilidade, e de aparente movimento rotatório do corpo (vertigem subjetiva ou rotatória) ou dos objetos que o rodeiam (vertigem objetiva).

As vertigens podem resultar de lesão ou distúrbio do aparelho auditivo, do nervo auditivo, dos centros vestibulares, ou de suas conexões nervosas ao nível do cerebelo e tronco encefálico.

A investigação das causas de vertigens - centrais ou periféricas deve ser feita por especialista otoneurologista, com todos os métodos propedêuticos recomendados (estudo da marcha, do equilíbrio estático e dinâmico, da coordenação dos movimentos, e realização da eletronistagmografia).

O brometo de metila - fumigante poderoso e gás já utilizado em processos de refrigeração e como extintor de fogo - está associado à produção de multiformes quadros neurotóxicos, incluindo quadros de vertigem e labirintite e ao trabalho.

2.1.4.4 Labirintite

Labirintite é uma disfunção vestibular secundária a fatores irritantes, tóxicos, endócrinos, exócrinos, metabólicos, infecciosos ou traumáticos. A labirintite relacionada ao trabalho em ambientes hiperbáricos ou “vertigem alternobárica” é provocada pela variação de pressão atmosférica, produzida no ar do meio ambiente ou na água, e decorre da ruptura da membrana oval ou redonda, esta última, mais freqüente. A variação da pressão atmosférica produz uma assimetria de pressões no ouvido interno, provocada pela dificuldade de nivelar as pressões do ouvido médio, frente a variações barométricas bruscas.

A labirintite relacionada ao trabalho com exposição a substâncias químicas ototóxicas tem sido descrita em trabalhadores expostos ao brometo de metila, um fumigante altamente tóxico.

As principais causas de labirintite também incluem o trabalho sob condições hiperbáricas e o brometo de metila.

2.1.4.5 Perda auditiva induzida pelo ruído ocupacional

A perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) relacionada ao trabalho é perfeitamente prevenível. Seu simples diagnóstico já significa o resultado da falência de todo um sistema preventivo que deveria estar colocado à disposição do trabalhador.

Para permitir e facilitar seu diagnóstico, o Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva tornou pública, em 1994, a definição desta perda. O texto do Comitê está apresentado a seguir.

“O Comitê Nacional de Ruído e Conservação Auditiva, órgão inter-disciplinar composto por membros indicados pela Associação Nacional de Medicina do Trabalho (ANAMT) e pelas Sociedades Brasileiras de Acústica (SOBRAC), Fonoaudiologia (SBF) e Otorrinolaringologia (SBO-EL), definiu e caracterizou a perda auditiva induzida pelo ruído (PAIR) relacionada ao trabalho, com o objetivo de apresentar o posicionamento da comunidade científica brasileira sobre o assunto.

A perda auditiva induzida pelo ruído relacionada ao trabalho, diferencialmente do trauma acústico, é uma diminuição gradual da acuidade auditiva, decorrente da exposição continuada a níveis elevados de ruído.

A PAIR é sempre neurossensorial, em razão do dano causado às células do órgão de Corti.

Uma vez instalada, a PAIR é irreversível e quase sempre similar bilateralmente.

Raramente leva à perda auditiva profunda, pois geralmente não ultrapassa os 40dBNA nas baixas frequências e os 75dBNA nas frequências altas.

Manifesta-se, primeira e predominantemente, nas frequências de 6, 4 ou 3KHz e, com o agravamento da lesão, estende-se às frequências de 8, 2, 1, 0,5 e 0,25KHz, as quais levam mais tempo para serem comprometidas;

Tratando-se de uma patologia coclear, pode apresentar intolerância a sons intensos e zumbido, comprometendo a inteligibilidade da fala em prejuízo do processo de comunicação;

Não deverá haver progressão da PAIR, uma vez cessada a exposição ao ruído intenso;

A instalação da PAIR é, principalmente, influenciada pelos seguintes fatos: características físicas do ruído (tipo, espectro e nível de pressão sonora), tempo de exposição e susceptibilidade individual.

A PAIR não torna a orelha mais sensível a futuras exposições a ruídos intensos. À medida que os limiares auditivos aumentam, a progressão da perda torna-se mais lenta.

A PAIR geralmente atinge o seu nível máximo para as frequências de 3, 4 e 6KHz nos primeiros 10 a 15 anos de exposição sob condições estáveis de ruído.

O diagnóstico da PAIR só pode ser estabelecido através de um conjunto de procedimentos que envolvam anamnese clínica e ocupacional, exame físico, avaliação audiológica e, se necessário, testes complementares.

A PAIR pode acarretar ao trabalhador alterações importantes que interferem na sua qualidade de vida. São elas: a incapacidade auditiva (*hearing disability*) e a

desvantagem (*handicap*). A incapacidade auditiva refere-se aos problemas auditivos experienciados pelo indivíduo com relação à percepção da fala em ambientes ruidosos, televisão, rádio, cinema, teatro, sinais sonoros de alerta, música e sons ambientais.

A desvantagem, por sua vez, relaciona-se às conseqüências não auditivas da perda, influenciada por fatores psicossociais e ambientais.

Dentre elas destacam-se estresse, ansiedade, isolamento e baixa estima, as quais comprometem as relações do indivíduo na família, no trabalho e na sociedade, prejudicando o desempenho de suas atividades de vida diária.

2.1.4.6 Perda de audição ototóxica

Hipoacusia ototóxica ou *perda da audição ototóxica*, do tipo neurosensorial, induzida por distintas substâncias químicas, de origem endógena ou exógena. O efeito ototóxico pode alcançar, também, com freqüência, o aparelho do equilíbrio.

Os sintomas da lesão tóxica da audição e do aparelho do equilíbrio caracterizam-se por diversos sinais.

Tinido geralmente é o primeiro sintoma. A perda auditiva encontrada consiste de uma surdez neurosensorial pura progressiva. Inicialmente, a perda é para tons agudos, mas, posteriormente, há estreitamento do campo auditivo, evoluindo das freqüências altas para as médias e inferiores. A surdez é sempre bilateral e há a presença de vertigem, que é posicional e associada a náuseas. Há também distúrbios do equilíbrio, com vertigem persistente e instabilidade de marcha. Observa-se, ainda, osciloscopia, isto é, uma fraqueza de fixação, devida a um distúrbio do reflexo vestibulococlear.

As *ototoxinas endógenas* incluem toxinas bacterianas e metabólitos tóxicos de distúrbios metabólicos, tais como no diabetes e em nefropatias estão entre as principais causas dessa enfermidade. As *ototoxinas exógenas* incluem drogas, tais como aminoglicosídeos (estreptomicina, kanamicina, gentamicina, tobracinina, amicacina, etc.) e diuréticos, substâncias químicas de origem ocupacional, fumo e álcool.

Listam-se entre as muitas *substâncias químicas ototóxicas* a que se expõem os trabalhadores em seus ambientes de trabalho, as seguintes:

Arsênio e seus compostos; chumbo e seus compostos; estireno; etileno glicol; gás sulfídrico (H_2S); mercúrio e seus compostos; mistura de solventes; monóxido de carbono; organofosforados; sulfeto de Carbono; tolueno; triclouroetileno e xileno são algumas das muitas substâncias químicas ototóxicas as quais os trabalhadores estão expostos no ambiente de trabalho.

2.1.5 Conseqüências e características da perda auditiva

Simonek e Lemes (1996) estabelecem uma relação, apresentada a seguir, entre algumas características e comportamento observáveis nos indivíduos para os diferentes graus de perda auditiva.

Pessoas com dificuldade de ouvir sons baixos, como um sussurro, apresentam uma perda auditiva de grau leve. Já quando há dificuldade em ouvir sons de média intensidade, os indivíduos geralmente aumentam o volume da TV ou rádio, falam mais alto que os demais e freqüentemente pedem para repetir o que foi dito; nestes casos, pode estar presente uma perda de audição de grau moderado.

Pessoas que têm dificuldade para ouvir sons baixos e médios, que necessitam de um estímulo médio-alto para captar a mensagem, apresentam uma perda de audição acentuada; este é o caso do idoso que coloca a mão na orelha enquanto o falante grita a mensagem.

Indivíduos que apresentam uma perda auditiva de grau severo só conseguem ouvir sons de alta intensidade, como buzina ou uma porta batendo.

Há pessoas que raramente têm consciência do mundo sonoro, podendo reagir apenas para sons muitos altos, como tiro de revólver ou barulho de um avião; estes indivíduos são portadores de uma perda auditiva de grau profundo.

2.2 Metodologia Seis Sigma

As empresas brasileiras estão inseridas em um contexto global e a necessidade de ter um produto competitivo, que agregue valor ao negócio dos clientes internos e externos, exige uma eficiência operacional cada vez maior. Durante as últimas décadas, muitas metodologias e ferramentas isoladas surgiram com a finalidade de melhorar a qualidade e os processos em geral. No entanto, nenhuma delas conseguiu prover o alinhamento total com a estratégia central das empresas, ou o envolvimento total das áreas de manufatura, de suporte e comercial. A metodologia Seis Sigma é uma estratégia para maximizar a qualidade dos processos, produtos e serviços de uma empresa por meio do uso de análises quantitativas e ferramentas estatísticas na tomada de decisão, visando acelerar seu crescimento. A correta aplicação dessa metodologia gera retornos maiores do que os investimentos necessários para implementá-la. Qualquer modalidade ou tamanho de empresa que atua em qualquer

mercado pode utilizar as eficazes ferramentas de gestão para aumentar a participação no mercado, reduzir custos e melhorar seus processos. A metodologia permite às organizações incrementar seus lucros por meio da otimização das operações, melhoria da qualidade, redução de acidentes e eliminação de defeitos e erros. Esta abordagem ampla credita à metodologia Seis Sigma sua verdadeira importância na busca pela melhoria contínua e radical, e não apenas incremental. Por fim, uma unificação na comunicação entre todas as áreas em qualquer parte do mundo se torna possível com a adoção do Seis Sigma como forma única e efetiva de transferência de dados e estudos, dentro de um laboratório ou dentro de um fornecedor ou cliente. As fronteiras de aplicação da metodologia Seis Sigma são bastante amplas, atravessando qualquer barreira departamental ou empresarial. O foco no objetivo comum de melhoria une fornecedores e clientes de forma definitiva.

2.2.1 Definição

O que é Sigma? Sigma é uma letra do alfabeto grego e um símbolo que demonstra o grau de variação em um processo (desvio padrão).

A finalidade de um processo de Seis Sigma é minimizar a variação, centralizar o processo, de forma que o centro do valor distribuído seja, no mínimo, de seis desvios padrões, com base no que é considerado aceitável, acima ou abaixo das especificações dos clientes. O grau de variação aceitável em um processo depende do conhecimento da meta.

Seis Sigma, em um conceito simples, significa eliminar variações e defeitos; eliminar as oportunidades de variação e defeitos e eliminar as atividades de valores não

adicionais. Já de forma mais complexa, pode-se dizer que Seis Sigma engloba visão; métrica; referência de nível; filosofia; método; ferramenta para focar cliente, ruptura/continuidade da melhoria e pessoas envolvidas, e metas agressivas.

Seu foco é a melhoria do desempenho por meio da execução sem falhas; alcançar rapidamente a melhoria da inovação; aplicar avançadas ferramentas de inovação e proporcionar uma mudança cultural positiva e profunda, para que com tudo isso seja possível obter resultados financeiros reais.

2.2.2 Histórico Seis Sigma

Coronado (2002) reporta que a abordagem Seis Sigma foi desenvolvida pela empresa Motorola, na década de 80, com o objetivo de reduzir a taxa de falhas em seus produtos eletrônicos no processo de manufatura. Assim, a ferramenta Seis Sigma foi apresentada como uma filosofia operando segundo os princípios da Gestão da Qualidade Total, baseada na intensa utilização de métodos estatísticos e ferramentas da qualidade. O objetivo do programa era desafiar o desempenho com zero defeito, melhorando a confiabilidade do produto final e a redução de perda ou sucata. Naquela época, a Motorola fez comparações entre os resultados internos de pedidos, pagamentos de fatura e ordens de pagamento, por exemplo, com os índices de perda de bagagem aérea, de contas de restaurante e de prescrição de medicamentos. Em adição, foram pesquisadas empresas reconhecidas como de alta qualidade e níveis elevados de satisfação do cliente ("o melhor da classe") e comparadas com empresas de desempenho médio. Os dados das empresas médias foram desenhados em um gráfico e, o seu nível de falha associado a um nível sigma. As empresas médias tinham

taxas de falhas entre três mil e dez mil por milhão de oportunidades, equivalente a um nível sigma entre 3 e 4. Os resultados das melhores empresas, as tais "melhor da classe", foram próximos a 3,4 falhas por milhão, equivalente ao nível de Seis Sigma. A partir desta constatação, a Motorola estabeleceu como meta de qualidade a obtenção do Seis Sigma em 1993. Foi então que muitas outras empresas começaram a aplicar o Seis Sigma, com o objetivo de reduzir custos, como a Allied Signal e Dow Chemical.

A popularização do Seis Sigma ocorreu na década de 90 e teve como líder John F. Welch, então presidente da empresa General Electric (GE). Interessante ressaltar que até conhecer a metodologia, dizia ser apenas custo e não investimento. Segundo Welch, Seis Sigma tem sido "a mais importante iniciativa que a General Electric já empreendeu". Tanto que a partir de 1995, todo processo da GE, desde turbinas de aviões até as empresas financeiras, trabalharam para obter o desempenho Seis Sigma.

Atualmente, muitas empresas utilizam a metodologia Seis Sigma, como GE, Motorola, Allied Signal, Sony, Ford, Hitachi, Nokia, Bombardier, Toshiba e Samsung no segmento de manufatura. Já no segmento de serviço, Chase Manhattan, GE Capital, American Express, Citigroup e Carlson School of Management são usuárias da ferramenta. As indústrias químicas como Allied Signal, GE Plastics, DuPont, Dow, LG Chemical, Polaroid, FMC, OSRAM Sylvania e Johnson & Johnson também aderiram à metodologia.

2.2.3 Processos de tomada de decisão


Tomada de decisão	Tipos de problemas que
<p>caminho de crescimento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intuição, sensação, eu penso que... • Verificamos e constatamos dados brutos. • Desenvolvemos gráficos/diagramas de dados. • Usamos ferramentas estatísticas avançadas para avaliar os dados. 	<p>você normalmente resolverá</p> <p>Simples</p> 

Fig. 1 – Processo de tomada de decisão . Fonte: Apostila “Formação de Green Belts” - Cummins Inc

σ	% Não-defectivo	σ	% Não-defectivo	σ	PPM
2	95.46	2	69.1%	2	308,537
3	99.73	3	93.32%	3	66,807
4	99.9937	4	99.379%	4	6,210
5	99.999943	5	99.9767%	5	233
6	99.9999998	6	99.99966%	6	3.4

COM 1.5

Capacita-
ção do
Processo

Defeitos por
milhões de
oportunidade

Figura 2. O que é seis sigma? Fonte: Apostila “Formação de Green Belts” - Cummins Inc

99% Bom (4S)	99.99966% Bom (6S)
<u>Sistema Postal</u>	
20,000 artigos perdidos de correio/hora	7 artigos perdidos/hora
<u>Sistema Aéreo</u>	
2 aterrissagens curtas/longas/dia anos	1 aterrissagem curta/longa/5 anos
<u>Profissão médica</u>	
200,000 prescrições erradas de droga s/ano	68 prescrições erradas de drogas/ano

Figura 3. Significado prático. Fonte: Apostila "Formação de Green Belts" - Cummins Inc

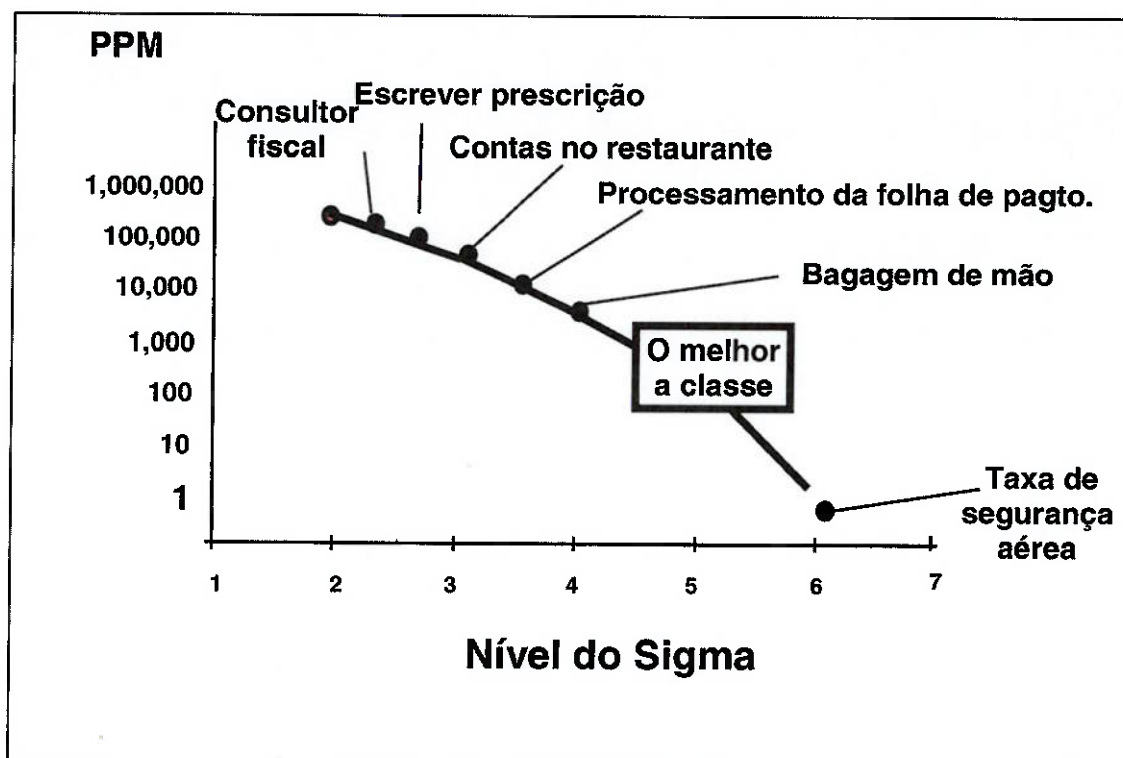


Figura 4. Nível do Sigma. Fonte: Apostila "Formação de Green Belts" - Cummins Inc

2.2.4 Premissas para os métodos Seis Sigma:

As fontes de variação podem ser identificadas, quantificadas e priorizadas e eliminadas por controle ou prevenção.

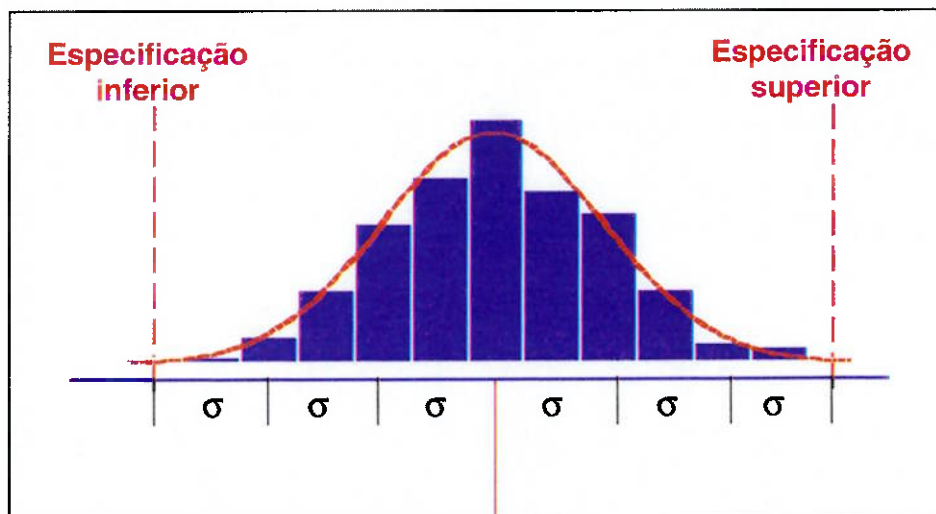


Figura 5. Processo Três Sigma. Fonte: Apostila "Formação de Green Belts" - Cummins Inc

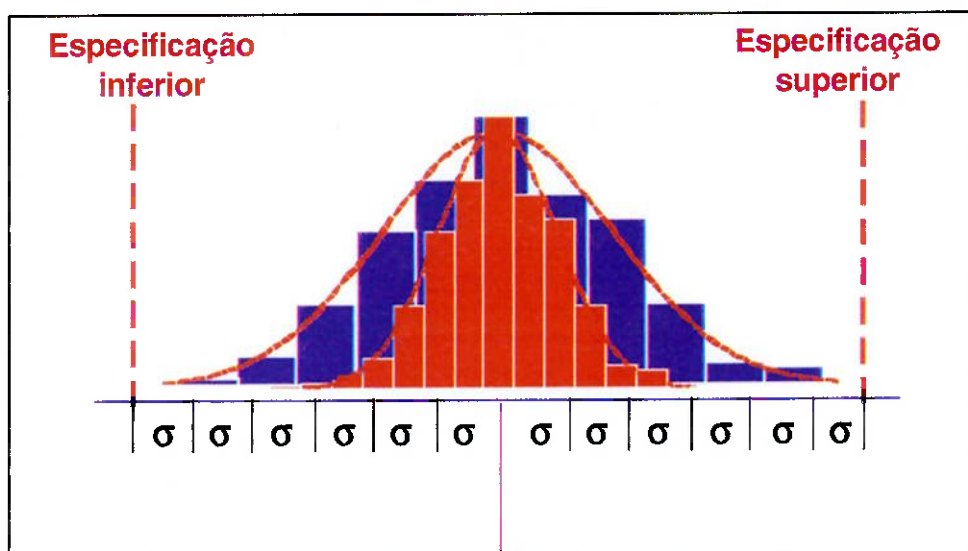


Figura 6. Processo Seis Sigma. Fonte: Apostila "Formação de Green Belts" - Cummins Inc

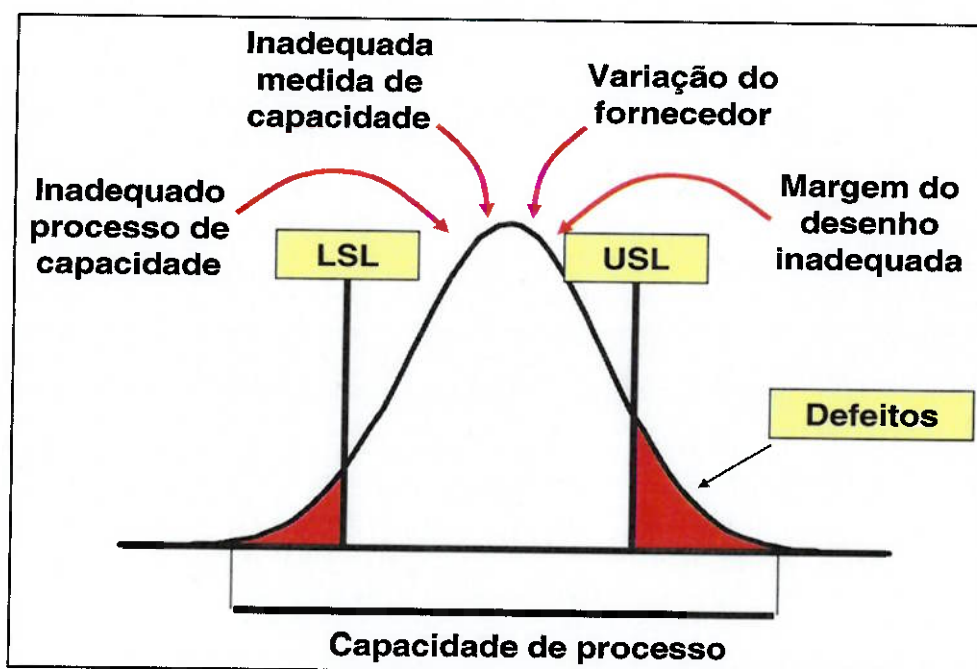


Figura 7. Capacidade do processo. Fonte: Apostila "Formação de Green Belts" - Cummins Inc

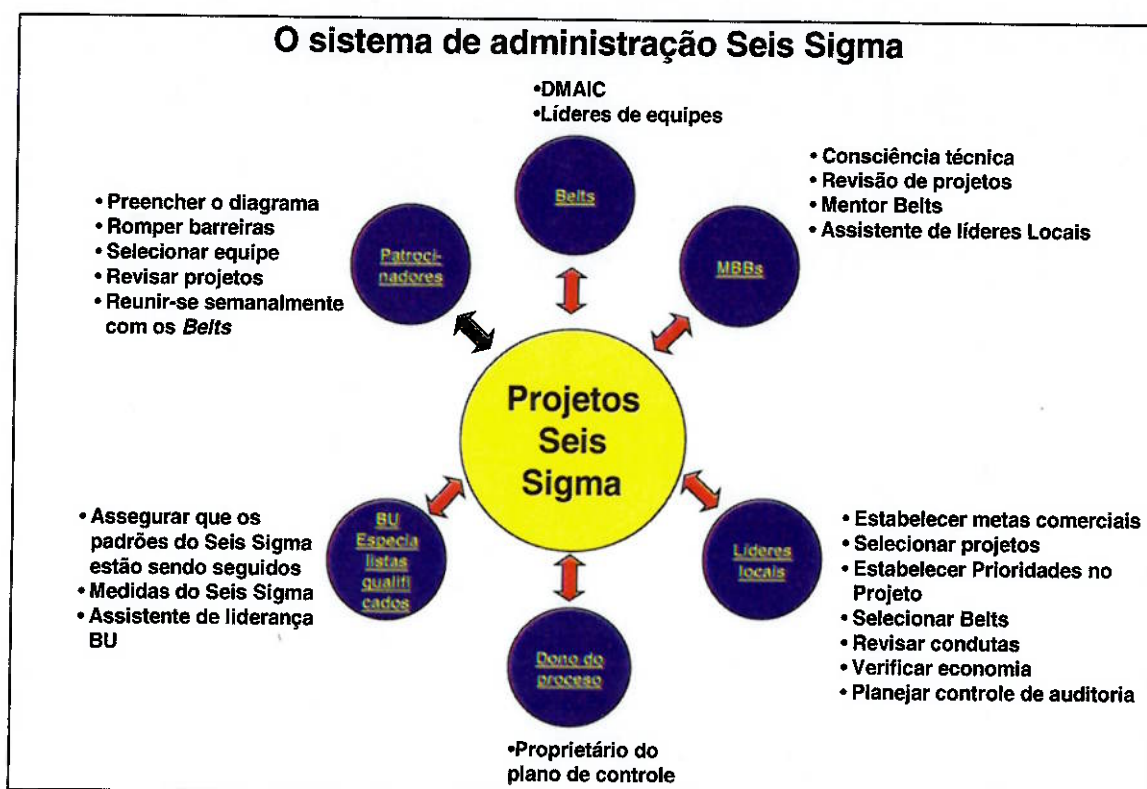


Figura 8. O sistema de administração Seis Sigma. Fonte: Apostila "Formação de Green Belts" -

2.2.5 Função das pessoas dentro do processo Seis Sigma

2.2.5.1 Especialistas em qualidade:

A função dos especialistas em qualidade resume-se em implementar o Seis Sigma dentro da unidade de negócio; acompanhar o número de belts e de projetos; seleccionar os candidatos a "Belts"; desenvolver idéias para novos projetos Seis Sigma e seleccionar os projetos a serem desenvolvidos.

2.2.5.2 Patrocinador

Cabe ao patrocinador articular as necessidades para o projeto; fornecer a liderança e a direcção ao Belt; prover a ruptura das barreiras organizacionais; envolver pessoas visando o aprimoramento e benefícios para o projeto e revisão do progresso dos projetos.

2.2.5.3 Master Black Belts

São peritos em ferramentas e metodologia Seis Sigma que asseguram a obtenção de resultados; ajudam na identificação do projeto e administração do Seis Sigma; rompem as barreiras técnicas, além de serem treinadores e mentores dos belts durante o projeto; mantêm e alteram materiais de treinamento; administram o treinamento aos Belts; contribuem para a melhoria contínua do processo e, por fim, são um caminho opcional de desenvolvimento para o Black Belt.

2.2.5.4 Black Belts

Os Black Belts são os fomentadores funcionais das equipes. Também são especialistas em aplicar ferramentas estatísticas e de qualidade; peritos em técnicas e análises e agentes de mudanças. Seu diferencial está na alta performance, pois são criadores de resultados; na liderança no desenvolvimento de recursos e na dedicação de 100% para a iniciativa do Seis Sigma.

2.2.5.5 Green Belts

A estes cabe a função de liderança no aprimoramento de projetos e trabalham dentro da sua própria área funcional e direcionam o processo de melhoramento. São, ainda, peritos em técnicas de processos; aplicadores de ferramentas estatísticas e de qualidade, agentes de mudanças e dedicam de 20 a 40% de seu tempo a projetos Seis Sigma.

2.2.6 Como melhorar o processo

Os resultados de processo (Y) são determinados pelas entradas (X's). Se o suficiente sobre os X's é conhecido, pode-se prever com precisão o Y.

Caso não haja conhecimento suficiente sobre os X's, então é preciso retirar a inspeção e o teste (operações de valores não agregados).

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_k)$$

Por conhecer e controlar os X's, reduz-se a variabilidade em Y. Assim, elimina-se inspeção, teste e re-trabalho.

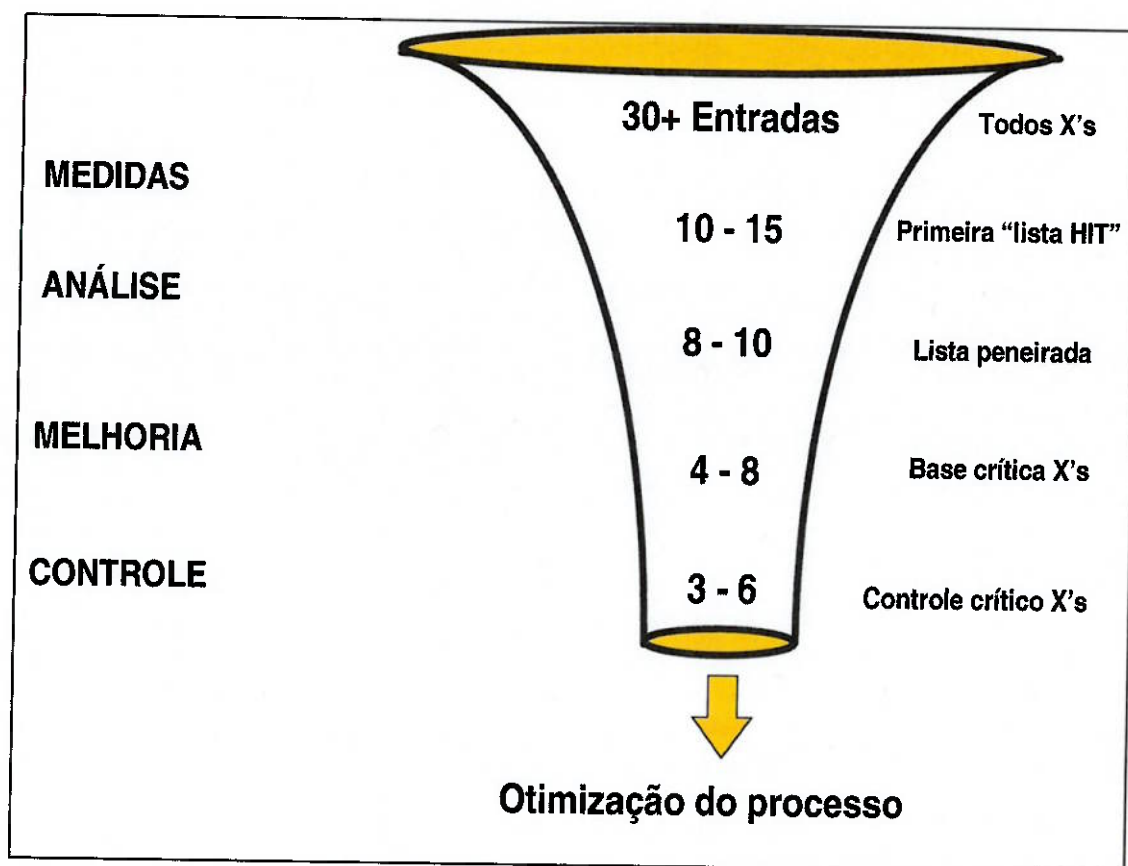


Figura 9. Efeito de afunilamento para priorização dos trabalhos nos projetos Seis Sigma

2.2.7 Importância da seleção dos projetos para o sucesso da implementação

Para Pande (2001), todas empresas que implantaram a metodologia Seis Sigma e outras iniciativas de melhoria de processos afirmam que a seleção de projetos é a atividade mais crítica e, geralmente, a mais mal planejada e executada ao lançar-se o Seis Sigma. Projetos de melhoria bem selecionados e bem definidos geram resultados melhores e mais rápidos. Por outro lado, projetos de melhoria mal selecionados e mal definidos geram resultados retardados e frustração.

2.2.7.1 Princípios Básicos para a Seleção de Projetos

Segundo Pande (2001), abaixo estão os princípios básicos para a seleção adequada de Projetos de melhoria Seis Sigma:

Treinamento de Executivos/Liderança: é muito importante ensinar à equipe sênior como escolher projetos.

Lançando um número razoável de projetos: as pessoas e as organizações só conseguem concentrar-se em um número limitado de coisas de uma só vez. Uma onda muito grande de projetos no início pode sufocar a capacidade de líderes de monitorar e orientar. Projetos em demasia dispersam a atenção das pessoas e sugam a sua capacidade de implementá-los bem. A GE admite, por exemplo, que foi um erro exigir que cada gerente que estivesse aprendendo os métodos Seis Sigma completasse um projeto de melhoria pessoal. Muitos foram improvisados, até mesmo triviais, reduzindo na essência o benefício total do esforço Seis Sigma. Outro fator importante é não deixar para fazer as tarefas na última hora porque o tempo para a tarefa é muito mais do que suficiente. O líder deve avaliar e reduzir o tempo em relação ao planejamento inicial.

Avaliação do escopo dos projetos adequadamente: o ideal é alcançar um equilíbrio entre dois critérios amplos: significativo e controlável. Isso poderá manter as tarefas pequenas e bem focalizadas.

Foco: tanto em eficiência operacional quanto em benefícios para o cliente: a meta é obter lucros grandes e rápidos. A maioria das empresas acredita que o lucro rápido somente vem através de redução de custo e melhorias na eficiência. Isso é bom,

mas deve-se balancear com atividades de muito mais potencial através de melhorias da posição competitiva e força de mercado, mesmo que o lucro leve mais tempo. O compromisso de fazer com que os clientes sejam o único foco da seleção do seu projeto é raro e requer disciplina executiva. Melhor conselho, novamente: equilibrar projetos para que eles incluam tanto oportunidades de melhorias externas quanto internas.

2.2.8 Definição de critérios para seleção de projetos

É importante concordar não somente quanto ao que fazer, mas também quanto ao que não fazer. É importante saber dizer não. A palavra-chave é: Prioridade: identificação de quais problemas ou oportunidades terão de ser resolvidos primeiramente.

Para a priorização de projetos de melhoria são definidas três categorias, conforme abaixo.

2.2.8.1 Resultados ou benefícios da empresa

Corresponde ao impacto nos clientes externos e nas necessidades. O benefício ou a importância deste problema/oportunidade para os clientes ou públicos externos chave (acionistas, reguladores, parceiros da cadeia de suprimento).

Impacto na estratégia empresarial, posição competitiva.

Impacto nas competências essenciais. Poderia envolver o reforço de uma competência essencial ou desfazer-se de uma atividade que não mais fosse vista como uma habilidade interna chave.

Impacto financeiro (redução de custos, melhoria na eficiência, aumento de vendas, ganho de fatia de mercado). É preciso cuidado para não inflar os ganhos possíveis além do que for realista.

Urgência: define tipos de prazo têm-se para resolver este problema ou capitalizar em cima desta oportunidade. Urgência é diferente de impacto; um pequeno problema pode ser urgente e um grande problema pode ter um prazo maior.

Tendência: o problema, o assunto ou a oportunidade está ficando maior ou menor com o tempo.

2.2.8.2 Viabilidade

Corresponde aos recursos necessários. Número de pessoas, tempo, dinheiro que deverá ser investido no projeto.

Também envolve habilidade disponível, tipos de conhecimento ou habilidades técnicas que serão necessários para o projeto

Complexidade. Quão difícil ou complicado estima-se que será desenvolver e implementar a solução de melhoria

Probabilidade de sucesso. É a probabilidade do projeto ser bem-sucedido dentro de um prazo razoável.

2.2.8.3 Impacto Organizacional

Trata-se dos benefícios da aprendizagem, novos conhecimentos – sobre nosso negócio, nossos clientes, processos e/ou sistemas Seis Sigma – pode-se obter com este projeto.

Benefícios transfuncionais. Até que ponto este projeto vai poder ajudar a quebrar barreiras entre grupos na organização e criar uma gerência melhor de todo o processo.

Não se deve usar todos esses fatores na seleção de projetos. Deve-se escolher entre cinco a oito itens que sejam mais relevantes para a organização atualmente. Melhor ficar com itens para os quais haja resposta factual. Quando existem muitos projetos, uma priorização com os critérios ideais, como a Matriz de Priorização que será descrita adiante, pode ajudar a estruturar a comparação de projetos.

Certo	Errado
<p>1. Calque sua seleção em critérios sólidos. Equilibre resultados, viabilidade e impacto organizacional. Boa seleção de projetos pode ser chave para um sucesso rápido.</p>	<p>1. Escolher projetos demais. Melhoria requer cuidados e alimentação por líderes e especialistas, especialmente no início. É tentador estender recursos e capacidades além dos limites usuais.</p>
<p>2. Equilibre eficiência/redução de custos com valor para clientes, focalizados externamente. O tema foco no cliente é fonte da força Seis Sigma. Colocar todas as energias em economias de curto prazo somente envia sinal errado e reduz a chance de promover satisfação e lealdade do cliente.</p>	<p>2. Criar projetos do tipo 'fome mundial'. Projetos grandes demais. Melhor fazer projetos pequenos demais rapidamente – contanto que tenham resultados significativos – do que ter projetos grandes demais se arrastando por meses.</p>
<p>3. Prepare-se para transferência eficaz à equipe de melhoria. A definição da Missão pode fornecer um bom começo para um projeto, definindo assuntos e objetivos claros.</p>	<p>3. Deixar de explicar a lógica por trás de projetos escolhidos. Todos têm problemas aparentemente de prioridade máxima. Garantir apoio para seus projetos escolhidos significa fornecer uma boa lógica para suas prioridades.</p>

Tabela 1. Resumo de situações na escolha de Projetos (Fonte: Pande, 2001)

Seis Sigma - Considerações Finais	
1	Ligações com a 'Base' Pessoal e de Negócios. DNA da empresa. Parte das responsabilidades diárias especialmente de seus gerentes operacionais. Aplicação em processos administrativos e de serviços (grande potencial de ganho).
2	Liderança na vanguarda. Paixão e crença no Seis Sigma como forma de mudança para garantir o sucesso contínuo, sem falar na sobrevivência.
3	Uma mensagem simples, mas consistentemente repetida. Definição: "O Seis Sigma é um sistema empresarial para alcançar e manter o sucesso com foco no cliente, no Gerenciamento e Melhoria de Processo e o bom uso de fatos e dados".
4	Determinar uma meta ambiciosa que faça sentido. Diferente das campanhas de zero defeito possuem uma meta desafiadora, mas crível, 6 Sigma. Além disso, define-se um sistema de medição onde as metas devem ser periodicamente revisadas.
5	Adaptar ferramentas e grau de rigor às circunstâncias. Usar ferramentas/métodos que cheguem a resultados com maior facilidade e simplicidade.
6	Prioridade em Gerenciamento de Processo com cruzamento de funções.
7	Mudança exponencial e não incremental. Tanto pequenas mudanças quanto grandes mudanças são parte essencial da sobrevivência e do sucesso das empresas do século XXI.
8	Atenção a todos os processos de negócios. Seis Sigma não só trabalha em processos de serviço ou transacionais, mas provavelmente oferece grandes oportunidades nestes processos, além da manufatura

Tabela 2. Considerações finais da Metodologia Seis Sigma (Fonte: Pande, 2001)

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Estudo de caso

O objetivo inicial do estudo era a redução do ruído em uma indústria metalúrgica, porém foi necessária a definição de um critério para estabelecer o ponto de partida.

A decisão de abrir o projeto em uma das linhas de blocos foi baseada em uma matriz causa – efeito, considerando os seguintes fatores: média de ruído, desvio padrão, quantidade de fontes de ruído, número de funcionários expostos e a dosimetria.

O grau de importância foi definido para cada uma das variáveis analisadas, conforme figura anexa. (Anexo A).

Com base no resultado da matriz, decidiu-se então começar o trabalho no Bloco C e fazer avaliação dos registros e documentos que existiam, e então definir a utilização da dosimetria como padrão para avaliar os resultados finais.

Inicialmente, os dados foram obtidos por meio da Dosimetria realizada por uma empresa contratada.

Foram considerados grupos homogêneos de exposição e as funções exercidas nas áreas de produção e manutenção. Os casos em que havia atribuições e/ou tarefas distintas, foram considerados como grupos distintos (subgrupos) para efeito de amostragem.

3.1.1 Dosimetrias

Para determinar a dose de ruído, fixou-se no trabalhador um dosímetro, devidamente calibrado, que mediu, ininterruptamente, todos os níveis de ruído a que o mesmo se expôs durante o tempo de amostragem.

Todas as medições foram realizadas observando-se a manutenção do microfone do dosímetro na altura da zona auditiva do trabalhador.

As amostragens foram realizadas, cobrindo-se no mínimo, 70% da jornada de trabalho de acordo com o NIOSH – Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. A obtenção da dose da jornada foi feita por meio de extrapolação linear simples.

3.1.1.1 Instrumental Utilizado

A seguir, a relação do instrumental utilizado para a avaliação das doses e das condições de exposição ao ruído:

A avaliação das doses e das condições de exposição ao ruído foi feita por meio de Dosímetro de Ruído marca Cirrus e Pulsar modelo Dose Badge. Cada equipamento de avaliação foi calibrado por meio de seu respectivo calibrador, antes e depois de cada grupo de medições para certificação do seu bom desempenho.

3.1.1.2 Capabilidade Inicial

O limite máximo de exposição para dosimetria é de 100% para cada grupo homogêneo, conforme NIOSH.

Sendo assim, trabalhou-se com a média dos grupos homogêneos para avaliar a capacidade inicial.

A seguir, o resultado encontrado no estudo de dosimetria, e que foi usado como base para o início do projeto.

Grupo homogêneo	Atividade	Dosimetria (%) inicial
Operador de máquina CNC	Acionamento e controle da operação	174
Inspetor de Usinagem	Inspeciona os blocos com uso de ar comprimido	394
Operador de Máquina 1	Lavagem de blocos e uso de ar comprimido para remoção de cavacos	384
Operador de Máquina 2	Operar a máquina e afiar ferramentas	137
Operador de Máquina 3	Sopragem com ar comprimido e separação de blocos para retrabalho	215
Operador de Máquina 4	Preenchimento da folha de qualidade e envio para teste tridimensional	164
Operador de Máquina 5	Remoção de resíduos de cavaco com ar comprimido e fixação de peças com máquina de torque	186
Líder de Time	Acompanhamento das atividades e participação em reuniões	129
Média		223

Tabela 3. Valores iniciais de dosimetria. Fonte: Relatório de Dosimetria - ITSEMAP

Com base nesses dados, foi realizada a capacidade inicial do projeto, conforme ilustrado no Anexo B.

3.1.1.3 Multi Vari (Análise das variáveis)

O estudo de multi vari, estudo das variáveis de um processo, foi realizado para identificar o número de fontes de ruído superiores a 85 dB (decibéis), e quais são essas fontes.

Os resultados estão apresentados nos Anexos C e D.

Com o estudo de Multi-Vari, foi concluído que 61% das fontes de ruído são superiores a 85 dB, sendo que 58% dessas são referentes ao ar comprimido e 42% provenientes das máquinas.

3.1.1.4 FTA (Failure Tree Analysis) – Análise da árvore de falhas

Para esse projeto, utilizou-se o FTA em substituição ao FMEA para identificar os principais modos de falha do processo. Foram identificados os três principais:

Ar Comprimido: uso para limpeza de blocos para suprir a ineficiência das máquinas de lavar. O estudo técnico sugeriu a utilização de escovas apropriadas em alguns estágios, instalação de reguladores de pressão, salas com isolamento acústico.

Máquinas: ruído excessivo durante o processo de usinagem. O estudo técnico sugere substituição de ferramentas e enclausuramento de algumas máquinas.

Vazamento do sistema de ar comprimido: para este problema implementou-se um plano de manutenção preventiva mais rigoroso e inspeção periódica nesses sistemas.

3.1.1.5 Ações provenientes do FTA

Ar comprimido

Quanto à questão do ar comprimido, terminados os estudos, decidiu-se manter a aplicação com ar comprimido e procurar uma solução para reduzir o ruído para esse modo de falha. Assim, testes com um bico redutor de ruído foram realizados e conseguiu-se reduzir 10dB com a implantação desse bico. O investimento para instalar o bico redutor em toda linha foi de US\$ 15.000,00.



Fig. 10 – Bico Redutor de Ruído

Máquina

Devido a estratégia de manufatura da empresa, mudanças relativas as máquinas não foram consideradas no projeto.

Vazamento de ar comprimido

Para esse modo de falha, foram definidas algumas ações, como plano de manutenção preventiva para evitar vazamentos no sistema de ar comprimido; inspeções periódicas em todas as áreas da fábrica e atualização e envio de relatórios, pelo fornecedor, sobre as manutenções e inspeções.

3.1.2 Plano de Controle

De acordo com a metodologia do Seis Sigma, após definidas as melhorias, é necessário elaborar um plano de controle para acompanhamento e efetividade das ações propostas.

Para esse caso, o plano de controle considerou o monitoramento anual da dosimetria e trimestral do uso do bico redutor de ruído, conforme Anexo E.

3.1.3 Capabilidade Final

Para o estudo da capabilidade final, utilizou-se um maior número de amostragens para ter uma melhor acuracidade de resultados e algumas operações consideradas críticas foram incluídas.

Grupo homogêneo	Atividade	Dosimetria (%) final
Operador de máquina CNC	Realiza operações 40, 50 e 60	240
Operador de máquina CNC	Acionamento e controle da operação	148
Operador de máquina CNC	Acionamento e controle da operação	119
Operador de Máquina 6	Lavagem de blocos e uso de ar comprimido para remoção de cavacos	157
Operador de Máquina 7	Operar a máquina e afiar ferramentas	262
Operador de Máquina 8	Sopragem com ar comprimido e separação de blocos para retrabalho	172
Operador de Máquina 9	Preenchimento da folha de qualidade e envio para teste tridimensional	240
Operador de Máquina 10	Remoção de resíduos de cavaco com ar comprimido e fixação de peças com máquina de torque	184
Operador de Máquina 11	Realiza operações 90 e 120	227
Líder de Time	Acompanhamento das atividades e participação em reuniões	124
Média		187

Tabela 4. Valores finais de dosimetria

No anexo F, representação gráfica da capacidade final, na qual pode-se observar uma redução da média de dosimetria.

3.1.4 Conclusão do projeto

Durante o desenvolvimento do projeto, foram analisados três modos de falha: uso de ar comprimido, máquina e vazamento no sistema de ar comprimido.

Ações quanto ao uso e vazamento de ar comprimido foram tomadas, pois as máquinas serão tratadas posteriormente por meio da Estratégia de Manufatura da empresa.

Por meio da capacidade final, foi possível constatar uma redução da média de dosimetria de 223% para 187%.

3.1.5 Considerações Finais

A aplicação do bico redutor de ruído deve ser considerada para cada operação, pois existem várias diferenças que também devem ser observadas, como o comprimento e flexibilidade do bico, fluxo de ar, manuseio, entre outras.

Esse projeto representou grande relevância, pois nos forneceu uma visão sobre as causas raízes e o potencial de falhas das fontes com ruído elevado.

Nível de ruído é um grande problema, principalmente em linhas de usinagem, porém esse projeto evidenciou, para a empresa, a importância do Seis Sigma para as questões de Segurança e Saúde Ocupacional.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo, conclui-se que o ruído está presente no cotidiano de todas as pessoas e, principalmente, nos processos industriais. É necessário o controle e monitoramento dos níveis de ruído proveniente de máquinas, equipamentos e processos, a fim de evitar prejuízos maiores às empresas e aos colaboradores. Contudo, muitas empresas sequer "cogitam" a possibilidade de redução/ melhoria desses níveis.

Muitas vezes, os próprios profissionais de segurança pensam dessa maneira e não dedicam tempo para avaliar processos individuais e implementar pequenas melhorias.

A metodologia Seis Sigma, até então, vista por muitos como uma ferramenta exclusiva para melhoria de qualidade, é de extrema importância e utilidade para melhoria das condições de segurança e saúde nas empresas.

Partiu-se de avaliação básica de dosimetria e com o auxílio do Seis Sigma, as variáveis do processo foram analisadas e conseguiu-se identificar problemas de fácil solução, com pouco investimento e com significativa melhoria do nível de ruído (redução de 10dB durante o uso de ar comprimido, somente com a instalação de um bico redutor).

Alcançou-se uma considerável redução na média de dosimetria, e isso pôde ser comprovado por meio de dados estatísticos. Assim, vê-se que existem medidas mais

simples, que demandam investimentos menores, para aprimorar processos tão importantes dentro das empresas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALESTRASSI, Pedro P. - O Sistema de Medição, In: ROTONDARO, Roberto G (Org) Seis Sigma - Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

BISTAFÁ, Sylvio R. Acústica aplicada ao controle do ruído. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

BRAZ, Moacyr A. Ferramentas e Gráficos Básicos , In: ROTONDARO, Roberto G (Org) Seis Sigma - Estratégia Gerencial para Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

CAMPOS, Armando Augusto Martins. Segurança do Trabalho com Máquinas e Equipamentos. São Paulo: Centro de Educação em Saúde - SENAC, 1998.

CORONADO, R. B.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations – *The TQM Magazine*, Vol. 14, Nº 2, 2002

CORONADO, R. B.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations – *The TQM Magazine*, Vol. 14, Nº 2, 2002.

ECKES, George. A Revolução 6 Sigma. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2001.

EHIE, I.; SHEU, C. Integrating six sigma and theory of constraints for continuous improvement: a case study – *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 16, Nº 5, 2005.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. *Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability*. New York: Quality Progress, 1998.

HUNGRIA, Helio. Otorrinolaringologia. 8ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

LOPES FILHO, Otacílio. Tratado de Otorrinolaringologia. 1ª ed. São Paulo: Roca, 1994.

NUDELMANN, Alberto Alencar; COSTA, Everardo Andrade; IBÁÑEZ, Raul Nielsen; SELIGMAN, José. (Org.). Perda auditiva induzida pelo ruído. Porto Alegre: Editora Bagagem Comunicação Ltda., 1997.

PANDE, S. P.; NEUMAN, P. R.; CAVANAGH, R. R. *Estratégia seis sigma*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001

SIGNORINI, Mario. Qualidade de Vida no Trabalho. Rio de Janeiro: Taba Cultural, 1999.

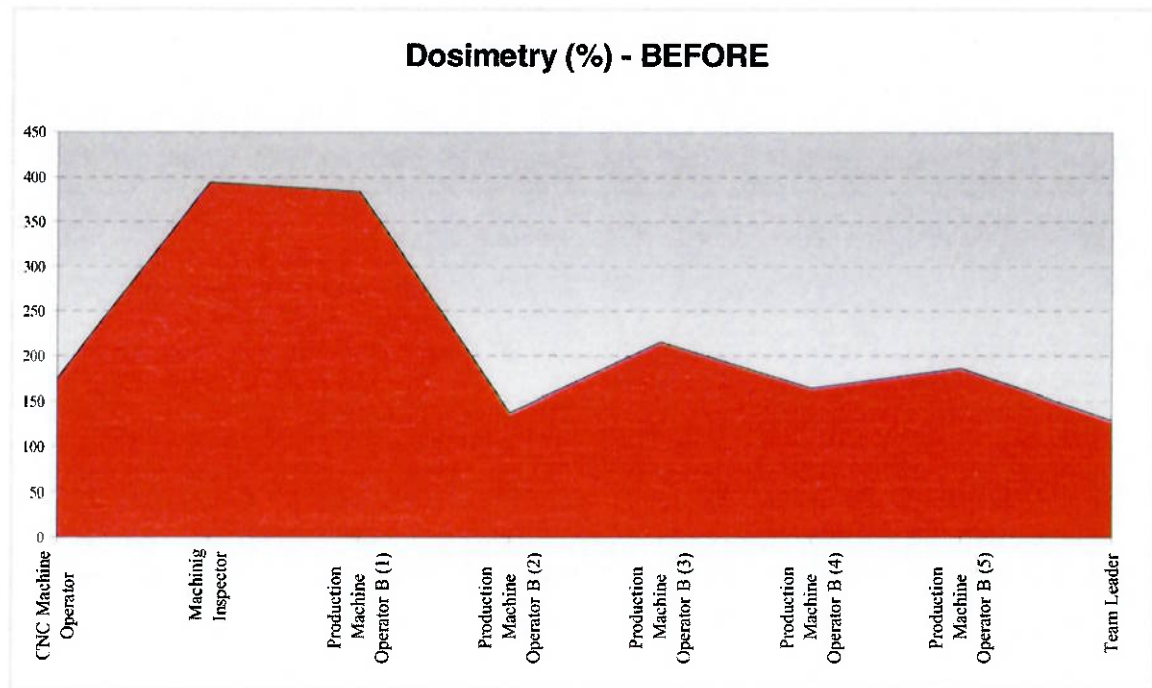
SIMONEK, M.C., LEMES, V.P. Surdez na infância- diagnóstico e terapia. Rio de Janeiro: Soluções Gráficas, 1996.

VERDUSSEN, Roberto. Ergonomia - A Racionalização Humanizada do Trabalho. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.

NIOSH – Occupational Exposure Sampling Strategy Manual

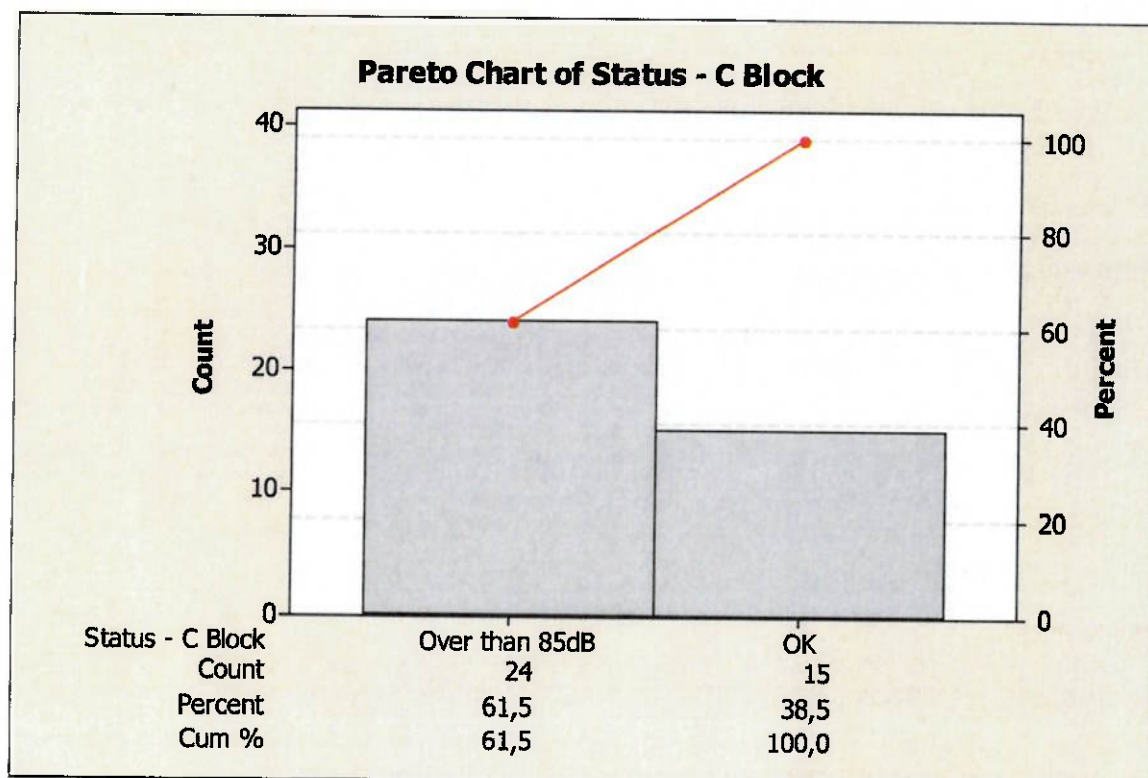
ITSEMAP – Relatório de Dosimetria, 2006 e 2007

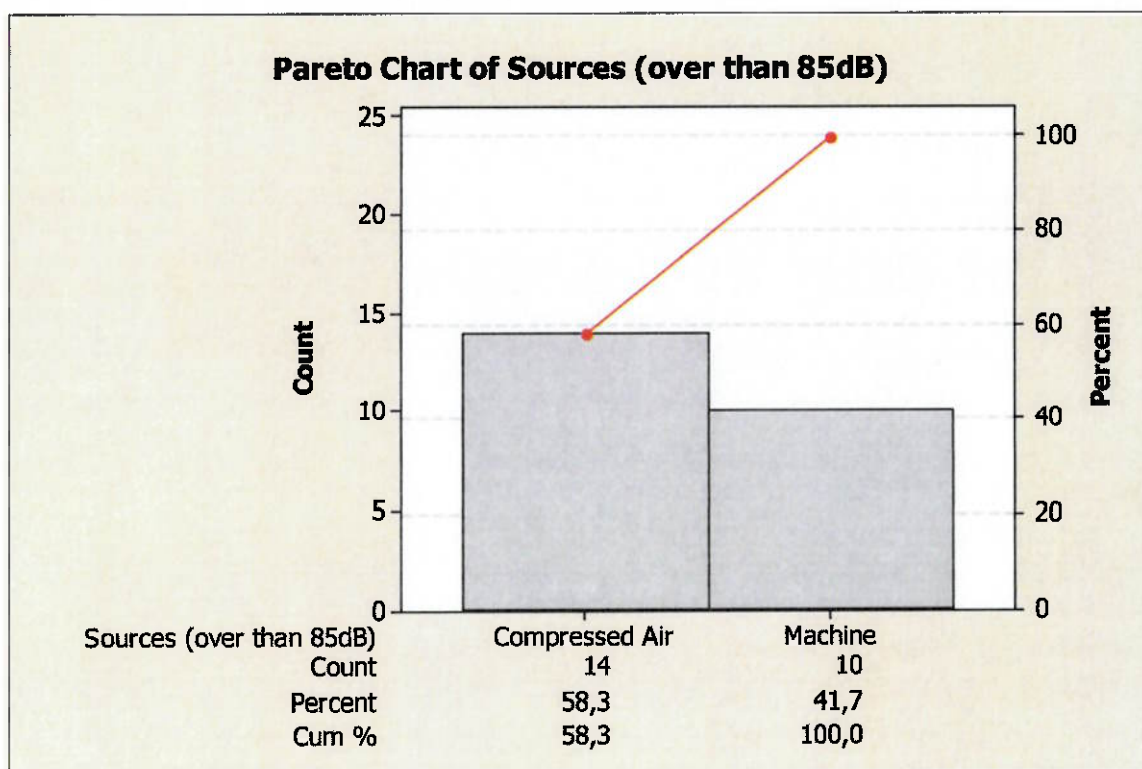
CUMMINS INC, Apostila de Treinamento “Formação de Green Belts”.

ANEXOS**ANEXO A – Matriz Causa Efeito**

ANEXO B – Gráfico de Capacidade Inicial

						SCORE PARAMETERS										
						0	1	3	9							
						Mean	< 60dB	60 < dB < 80	80 < dB < 90	> 90dB						
						StdDev	< 5	5 < Std < 11	11 < Std < 16	> 22						
						Qty sources	< 5	5 < NS < 10	10 < NS < 20	> 20						
						Employee	< 10	10 < Emp. < 20	20 < Emp. < 50	> 50						
						Dosimetry	< 100	100 < % < 150	150 < % < 200	> 200						
Measure date: June, 2006																
Rating of Importance						10	7	9	10	7						
						Mean	StdDev	Noise Sources Qty (<85dB)	Number of Employees	Dosimetry	Total					
Area						Mean	StdDev	Noise Sources Qty (>85dB)	Number of Employees	Dosimetry	Total					
1 C BLOCK LINE						94,01	11,38	16	57	223	9	3	3	9	9	291
2 K BLOCK LINE						92,99	9,53	23	21	208	9	1	9	3	9	271
3 NH BLOCK LINE						92,37	8,31	41	19	231	9	1	9	1	9	251
4 B BLOCK LINE						90,66	10,48	19	98	187	9	1	3	9	3	235
5 SUB ASSEMBLY LINE						61,23	36,96	13	181	160	1	9	3	9	3	211
6 B HEAD LINE						86,88	9,37	7	51	232	3	1	1	9	9	199
7 C CONN ROD LINE						90,84	7,63	10	25	175	9	1	3	3	3	175
8 PAINT						97,13	12,46	2	42	159	9	3	0	3	3	162
9 C HEAD LINE						89,56	7,55	12	26	211	3	1	3	3	9	157
10 PGB						110,70	*	1	20	128	9	0	0	3	1	127
11 CNC LINE - parte superior						92,76	8,14	5	9	123	9	1	1	0	1	113
12 DIESEL RECON						98,07	14,54	2	8	0	9	3	0	0	0	111
13 ASSEMBLY LINE NH/SM						90,14	10,03	5	7	0	9	1	1	0	0	106
14 TOOL GRINDING						90,38	8,77	3	0	136	9	1	0	0	1	104
15 PILOT CENTER						95,13	9,23	4	3	0	9	1	0	0	0	97
16 SERRALHERIA						103,35	9,83	2	0	0	9	1	0	0	0	97
1 4 VALVES CYLINDER HEAD						84,37	2,83	15	45	133	3	0	3	3	1	94
2 COMPRESSOR ROOM						91,00	*	1	0	0	9	0	0	0	0	90
3 MAINTENANCE						94,10	*	1	0	0	9	0	0	0	0	90
4 DINAMOMETRO						85,66	5,67	5	40	121	3	1	1	3	1	83
5 MISCELLANEOUS						88,36	9,00	13	11	136	3	1	3	1	1	81
6 SUB ASSY NH						87,58	11,68	13	2	0	3	3	3	0	0	78
7 REPAIR AREA BLOCKS						86,06	14,42	2	2	187	3	3	0	0	3	72
8 TURBO ASSY						85,14	13,25	3	13	0	3	3	0	1	0	61
9 CNC LINE - parte inferior						88,62	9,15	7	8	123	3	1	1	0	1	53
10 HOLSET AFETERMARKET						86,99	11,98	4	2	0	3	3	0	0	0	51
11 EXHAUST MANIFOLD						86,54	9,58	2	2	139	3	1	0	0	1	44
12 ROCKER LEVERS						87,05	9,66	4	5	107	3	1	0	0	1	44
13 RECEIVING INSPECTION / COR						88,68	9,42	2	4	0	3	1	0	0	0	37
14 ENGINES NEW SHIPPING AREA						78,80	*	0	2	0	1	0	0	0	0	10

ANEXO C – Gráfico da % de fontes com ruído superior a 85 dB

ANEXO D – Gráfico das fontes superiores a 85dB

ANEXO E – Plano de Controle

Operational Excellence Control Plan											
Process: Noise Reduction at C Block Line - CBL									Date (Orig):	19/05/2007	Revision 00
Core Team									Date (Rev):		
Process	Process Step	Output	Input	Process Specification (LSL, USL, Target)	Cpk /Date	Measurement Technique	Responsible	Sample Size	Sample Frequency	Control Method	Reaction Plan
To Reduce Noise	C Block Line	Dosymetry by group		LSL = 0% USL = 100%	Dosymetry average Jun06 = 223% Dosymetry average Jun07 =	Dosymetry Report from external company	José Moisés (Safety Department)	Homogeneous group, defined by external company	Yearly	Report from external company available at Safety Department	Define preventive action like IPE's usage, open Six sigma Project, change audiometry frequency, if necessary (Hearing Conservation Plan)
To Reduce Noise	C Block Line		Noise Reductor Nozzle Usage	Specification = "Nozzle in Use"		Safety & Housekeeping Audits	Facilities Department	100% of compressed air points	Quarterly	Safety & Housekeeping Audit Report (Item Ordenamento - Aspectos ambientais e de Segurança)	Audit Report is sent to audited area, asking for Action Plan. In the next Audit, the Action Plan application is checked.

ANEXO F – Capabilidade Final