

IVAN KOH TACHIBANA

**DESENVOLVIMENTO DE UM  
TREINAMENTO VIRTUAL PARA  
INSTRUMENTAÇÃO**

São Paulo, 2005

**ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MINAS E DE PETRÓLEO**

**Trabalho de Formatura em Engenharia de Minas**

**DESENVOLVIMENTO DE UM  
TREINAMENTO VIRTUAL PARA  
INSTRUMENTAÇÃO**

Aluno: Ivan Koh Tachibana

Orientador: Prof. Dr. Wilson Siguemasa Iramina

São Paulo, 2005

TF-2005

T117d

Signo 1542511

M2005C

DEDALUS - Acervo - EP-EPMI



31700005882

## FICHA CATALOGRÁFICA

**Tachibana, Ivan Koh**

**Desenvolvimento de um treinamento virtual para instrumentação / I.K. Tachibana. -- São Paulo, 2005.**

**28 p.**

**Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.**

**1.Segurança no trabalho 2.Higiene ocupacional (Instrumentação) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II.t.**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Wilson Iramina pela orientação, explicações e sugestões para a realização do trabalho e execução do software.

Ao Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston pelo apoio, incentivo e fornecimento de todo material e recursos necessários.

Ao amigo André Lomonaco Beltrame por todo o suporte e paciência na programação e aperfeiçoamento do software.

A todo o Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo da Escola Politécnica da USP que por todos os últimos anos me transmitiu importantes conhecimentos e experiências de trabalho.

Ao meu pai por ter dado a oportunidade de me manter na EPUSP e por ter ajudado na dedicação aos estudos.

À minha mãe que durante toda minha vida esteve presente e participou ativamente na melhoria e incentivo do meu aprendizado.

Ao meu irmão e minha irmã pelo apoio e suporte e a imensa ajuda que tornou realidade a minha viagem de formatura a África do Sul.

A toda equipe do LACASEMIN e do PECE pela oportunidade da participação num grande projeto, ainda em andamento, que é o EAD (Educação a Distância).

Aos meus colegas de classe pelo companheirismo, pelas viagens inesquecíveis e toda presença que proporcionaram muita diversão e crescimento humano.

## RESUMO

Diante da demanda e do grande crescimento dos cursos a distância de Engenharia de Segurança no Trabalho e Higiene Ocupacional, foi criado o “LAV - Laboratório Virtual”. Trata-se de um software destinado a demonstrar o uso de equipamentos de medição de agentes físicos através de animações feitas em Flash. Além do contato visual, o aluno poderá interagir e simular medições.

Este trabalho descreve as etapas de criação do software, desde a escolha da linguagem de programação até o produto final e sua aplicação. Todos os equipamentos presentes no programa pertencem ao LACASEMIN - Laboratório de Controle Ambiental, Higiene e Segurança na Mineração do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da USP. Estão apresentados também, os dados sobre os agentes físicos a serem estudados.

O LAV - “Laboratório Virtual” não visa substituir a atividade prática, uma aula na qual o aluno faz medições reais com os aparelhos encontrados neste software. Ele tem por objetivo proporcionar noções prévias de manipulação dos equipamentos (de modo a agilizar a compreensão dos conceitos de instrumentação de agentes físicos) a fim de dispensar a sua apresentação na data marcada para a aula prática, possibilitando um melhor aproveitamento do tempo. Além disso, o software apresenta a grande vantagem de ser acessível a qualquer momento para novas consultas e treinamentos.

Palavras-Chave: Laboratório Virtual, Segurança no Trabalho, Instrumentação, Higiene Ocupacional

## SUMÁRIO

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Introdução .....                                                      | 1  |
| 2. Objetivos .....                                                       | 3  |
| 3. Instrumentação e atividades práticas associadas .....                 | 4  |
| 3.1. Iluminação .....                                                    | 4  |
| 3.1.1. Descrição .....                                                   | 4  |
| 3.1.2. Atividade prática .....                                           | 6  |
| 3.2. Ruído .....                                                         | 7  |
| 3.2.1. Descrição .....                                                   | 7  |
| 3.2.2. Atividade prática .....                                           | 9  |
| 3.3. Ventilação .....                                                    | 10 |
| 3.3.1. Descrição .....                                                   | 10 |
| 3.3.2. Atividade prática .....                                           | 11 |
| 3.4. Gases .....                                                         | 12 |
| 3.4.1. Descrição .....                                                   | 12 |
| 3.4.2. Atividade Prática .....                                           | 13 |
| 3.5. Conforto Térmico .....                                              | 14 |
| 3.5.1. Descrição .....                                                   | 14 |
| 3.5.2. Atividade prática .....                                           | 15 |
| 3.6. Vibração de corpo humano .....                                      | 16 |
| 3.6.1. Descrição .....                                                   | 16 |
| 3.6.2. Atividade Prática .....                                           | 17 |
| 4. Elaboração do laboratório virtual .....                               | 18 |
| 4.1. Vídeo-Aula .....                                                    | 18 |
| 4.2. Tutorial .....                                                      | 18 |
| 4.3. Layout .....                                                        | 19 |
| 5. Laboratório Virtual .....                                             | 20 |
| 5.1. Iluminação .....                                                    | 20 |
| 5.2. Ruído .....                                                         | 21 |
| 5.3. Ventilação .....                                                    | 21 |
| 5.4. Gases .....                                                         | 22 |
| 5.5. Conforto Térmico .....                                              | 23 |
| 5.6. Vibração do corpo humano .....                                      | 23 |
| 6. Primeira Aplicação Prática (Piloto) do LAV e Resultados obtidos ..... | 25 |
| 7. Conclusão .....                                                       | 27 |
| 8. Bibliografia .....                                                    | 28 |

## 1. Introdução

A Segurança no Trabalho é hoje uma das grandes ferramentas para uma melhora na qualidade das condições do trabalhador. Não é de hoje que os problemas com doenças ocupacionais e acidentes de trabalho vêm acontecendo. O homem sempre sofreu ameaças contra a sua saúde, desde a época em que seus descendentes primitivos saíam à caça, pesca, guerra entre os grupos ou quando artesãos começaram a trabalhar com metais e dentro de minas para conseguir sua matéria prima.

Este problema, no entanto, se agravou após a Revolução Industrial no século XVIII, quando a humanidade sofreu grandes transformações tecnológicas e o processo fabril não se preocupava com a saúde do trabalhador, mas com a alta produção. As mudanças foram rápidas e brutais com a chegada das máquinas a vapor, e com isso velhos galpões foram transformados em fábricas com diversas máquinas em seu interior.

A improvisação destas fábricas, em conjunto com a mão de obra infantil e de mulheres, que eram mais baratas que a dos homens, contribuiu para um problema ocupacional ainda mais sério. Acidentes eram constantes, devido à falta de proteção nas máquinas, e até mortes, principalmente de crianças, eram frequentes.

Diante desta grave situação, o parlamento britânico aprovou em 1802, a primeira lei de proteção aos trabalhadores, a “Lei de Saúde e Moral dos Aprendizes” que estabelecia turno de 12 horas, proibia o trabalho noturno, obrigava os empregadores a manter uma ordem de limpeza dentro das fábricas e tornava obrigatória a ventilação dentro destes estabelecimentos. Em 1833 então, foi criado o “Factory Act”, que foi a primeira legislação eficiente no campo de proteção ao trabalhador. A partir da primeira guerra mundial iniciou-se então uma maior preocupação com os empregados, com a percepção de que ganharia a guerra quem tivesse um maior número de trabalhadores ativos.

Os primeiros passos da proteção ao trabalhador no Brasil aconteceram na década de 30 com a criação do Ministério do Trabalho. Desde 1919, o país contava com uma lei de acidentes de trabalho, mas mesmo com uma reformulação em 1934 ainda era deficiente de um aspecto prevencionista, pois contava apenas com compensações a serem feitas quando da ocorrência de um acidente. Junto com o desenvolvimento progressivo da legislação, foram criadas entidades que tinha por objetivo o ensino, divulgação e pesquisas no âmbito da segurança, higiene e medicina do trabalho. A mais importante destas entidades no Brasil é a FUNDACENTRO.

O início da década de 70 foi marcado pela grande evolução da indústria brasileira, e como consequência notou-se um crescimento acentuado dos acidentes de trabalho. Em 1972, por exemplo, 20% dos trabalhadores brasileiros haviam sofrido algum tipo de acidente. Em decorrência destes dados, foram criadas profissões como o de Engenheiro e Técnico de Segurança e Médico do Trabalho. Destaca-se que nesta época ainda não existiam cursos para formação de profissionais nesta área no país, sendo necessário um estudo no exterior.

Em 1978 foram criadas as Normas Regulamentadoras, com novidades como os Limites de Tolerância e com o objetivo de consolidar uma série de leis e portarias fragmentadas. Segundo a ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), *“Os limites de exposição referem-se a concentrações de substâncias químicas dispersas no ar (assim como a intensidades de agentes físicos de natureza acústica,*

*eletromagnética, ergonômica, mecânica e térmica) e representam condições às quais se acredita a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à saúde."*

Agentes físicos podem ser entendidos como formas de energia presentes no ambiente e que interagem com o homem em seu trabalho. O organismo fica então exposto a ondas de natureza mecânica (ruído), forças ou esforços (vibração), interações térmicas (calor e frio) ou então, interações elétricas, magnéticas e eletromagnéticas.

Nota-se que a evolução em relação à saúde e segurança dos trabalhadores foi um processo lento e que ainda continua sendo estudado. Para obter um maior êxito em qualquer programa prevencionista, devem-se conhecer muito bem as atividades executadas e os agentes presentes no ambiente e que possam oferecer riscos de acidentes ao trabalhador. Portanto a identificação, análise, avaliação e tratamento dos riscos são de extrema necessidade para a prevenção, redução ou eliminação dos acidentes (Universidade de São Paulo, 2005a).

Ligado também à Segurança no Trabalho, a Higiene do Trabalho é a ciência que objetiva o reconhecimento, a avaliação e o controle dos fatores ambientais existentes nos locais de trabalho e que podem provocar doenças, prejuízos à saúde e ao bem estar, o desconforto significativo e a ineficiência nos trabalhadores. Ela é uma ciência estruturalmente prevencionista e preocupada com a saúde do trabalhador durante toda a sua vida útil. Uma das importantes áreas dentro da Higiene do Trabalho é o levantamento das condições ambientais, cujo objetivo é o de se estabelecer relações entre o ambiente de trabalho e os possíveis danos à saúde dos trabalhadores. Este levantamento determinará os procedimentos que permitirão o controle das condições inadequadas, sendo parte fundamental de um Programa de Saúde Ocupacional.

Cabe definir aqui, o termo instrumentação. É o uso de instrumentos de medição e monitoramento de ambientes para se obter dados quantitativos dos agentes presentes para a elaboração de um plano de melhoria dos postos de trabalho. Há aqui uma necessidade de conhecimento e treinamento dos envolvidos para que se possam alcançar melhores resultados ao se realizar projetos de análise do ambiente de trabalho.

Como descrito anteriormente, a história do homem mostra que ele tem-se envolvido desde o início dos tempos com atividades que apresentam uma série de riscos potenciais e que podem ter como conseqüências lesões que afetam a sua integridade física ou a sua saúde. No caso da mineração, mais especificamente a subterrânea, estes riscos potenciais são bastante evidentes. As minas subterrâneas apresentam condições de trabalho muito mais severas do que, por exemplo, um escritório ou mesmo uma fábrica. Isto pode resultar em perdas de horas trabalhadas devido a acidentes ou doenças ocupacionais. Para a garantia da integridade física e da saúde do trabalhador, existem normas que procuram garantir condições adequadas de trabalho. As operações em minas subterrâneas apresentam fundamentalmente dois grandes aspectos de segurança. O primeiro se refere à Segurança Estrutural das aberturas, envolvendo tetos, pisos, paredes e pilares. O segundo se refere à Segurança Ambiental, ou seja, a criação e manutenção de um ambiente de trabalho confortável e adequado à execução das tarefas pertinentes ao empreendimento.

## 2. Objetivos

Para qualquer projeto que envolva uma maior segurança e conforto do trabalhador, é necessário então, que o engenheiro conheça muito bem o ambiente, os agentes físicos e químicos que possam estar tornando o ambiente insalubre.

Tanto nas aulas de graduação do curso de Engenharia de Minas e de Petróleo, como nos cursos de especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho e Higiene Ocupacional oferecidos pelo PECE (Programa de Educação Continuada), são ministradas aulas práticas onde o aluno tem contato com os equipamentos utilizados para medir iluminância, nível de ruído, velocidade e vazão de ar, concentração de gases, temperatura e umidade do ar e nível de vibração. Além de uma explicação de seu funcionamento, feito por monitores treinados, os alunos tem a oportunidade de executar tarefas práticas direcionadas ao aprendizado de uso do equipamento.

Em auxílio a estas aulas práticas, foi criado o Laboratório Virtual. Assim, antes mesmo de terem o contato real com os aparelhos, os alunos assistem primeiramente a vídeos com aulas de 5 minutos cada, onde o professor passa informações rápidas sobre determinado instrumento. Logo depois, podem ver um tutorial onde, através da própria tela do programa, o instrutor explica o funcionamento deste. Em seguida, o aluno é capaz de utilizar os recursos oferecidos pelo Laboratório Virtual, que serão mostrados mais adiante, tendo assim um conhecimento básico de como realizar medições e monitorar um ambiente industrial sem a necessidade da presença física de um professor. Poderá também realizar este treinamento no horário que lhe for mais conveniente, já que todo o programa é fornecido em um CD-ROM comum de computador pessoal.

O Laboratório Virtual não visa substituir as aulas práticas, seu objetivo é ser utilizado em conjunto com elas, para que haja um melhor aproveitamento do tempo despendido. Ou seja, o tempo que antes era utilizado para explicar o uso e funcionamento de cada instrumento, agora poderá ser utilizado para um maior número de atividades práticas e, no caso de cursos de pós-graduação, discussões sobre o cotidiano profissional (mineração, indústrias) dos alunos.

Vale lembrar que, após o término do curso, o aluno terá a sua disposição o CD-ROM, que poderá ser consultado a qualquer momento, caso haja alguma dúvida ou necessidade de se relembrar aspectos relacionados à instrumentação.

### **3. Instrumentação e atividades práticas associadas**

Neste tópico serão descritos alguns dos agentes físicos e químicos que podem ser medidos ou monitorados e em seguida serão mostradas as atividades práticas relacionadas, feitas pelos alunos de graduação e pós-graduação durante as aulas de instrumentação.

#### **3.1. Iluminação**

##### **3.1.1. Descrição**

A iluminação de um ambiente de trabalho é de extrema importância para que o funcionário possa executar suas tarefas e obrigações com maior agilidade, precisão e, também, para que não tenha no futuro, problemas com a visão, dores pelo corpo ocasionados por má postura, dores de cabeça entre outras consequências negativas que venham a surgir.

Para termos uma referência de acordo com a necessidade de cada posto de trabalho, encontramos na NBR 5413 (Iluminância de Interiores), as intensidades luminosas mínimas exigidas nestes locais. Estão separados tanto por atividade como por ambientes.

A NR-17 (Ergonomia), que trata da parte de ergonomia também apresenta normas que devem ser atendidas para que se tenha um ambiente de trabalho saudável e sem riscos para o trabalhador.

O nível de iluminação de um determinado local leva em conta, tanto a iluminação natural, como artificial. Existem inclusive procedimentos de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos, para que se possam atender as normas exigidas. Muitas vezes, no entanto, sugere-se que a medição dentro de um local seja feita à noite, para que se leve em conta apenas a iluminação artificial. Atendendo-se desta forma à norma, certamente a situação tende a melhorar se estiver em conjunto com a iluminação natural.

Deve-se ter em mente, que os valores presentes nas normas, são os níveis mínimos de iluminação. Entretanto, em um determinado ambiente, pode ocorrer eventualmente, do nível de iluminação estar muito acima do nível estabelecido. Sugere-se neste caso, que se refaça e verifique o projeto a fim de diminuir a quantidade de lâmpadas utilizadas, para que se consiga uma significativa economia no gasto de energia. Em virtude desta diminuição, muitas vezes o engenheiro pode vir a ter problemas, já que o trabalhador poderá reclamar deficiência na iluminação, uma vez que ele estava habituado à situação anterior.

O aparelho utilizado para se medir a iluminância é o luxímetro. Através de uma célula fotossensível, o luxímetro mede a intensidade luminosa que chega nele. As unidades de medida são o lux ( $\text{lumens/m}^2$ ) para o sistema internacional ou fc (foot-candles) para a medida imperial. A célula de captação pode estar tanto junto ao aparelho (Figura 1), como separado (Figura 2). Neste segundo caso, há uma grande vantagem já que poderíamos posicionar a célula exatamente no campo visual do trabalhador, sem que haja uma grande interferência do operador do luxímetro, que poderia estar formando sombra caso fosse utilizado um aparelho como o da Figura 1. (Universidade de São Paulo, 2005b)



**Figura 1.** Luxímetro com célula acoplada



**Figura 2.** Luxímetro com célula separada

A precisão na medida pode variar de acordo com o tempo de medição. Muitos dos aparelhos disponíveis no mercado possuem uma função de medida média temporal. Esta função é de grande utilidade já que, ao se efetuar uma medição, percebemos que os valores mostrados na tela do luxímetro não são constantes e variam muito com o tempo.

### 3.1.2. Atividade prática

Num primeiro momento, são efetuadas leituras de iluminação em diferentes ambientes de trabalho. Como as medições são feitas dentro do Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo, foram escolhidos o pátio interno ao lado do lago, a sala da secretaria do PECE, uma sala de aula comum, um laboratório que pode ser o LACASEMIN (Laboratório de Controle Ambiental, Higiene e Segurança na Mineração) ou o LTM (Laboratório de Tratamento de Minérios) e o estacionamento externo em frente ao prédio.

Os alunos, separados em grupos de 5 a 6 pessoas, utilizam diferentes modelos de luxímetro, uns mais simples, outros com mais funções, para terem contato com as variedades que o mercado oferece. Em uma apostila fornecida no início das atividades, o aluno preenche os dados obtidos para posteriormente comparar com as normas pertinentes. Este relatório de campo deve conter a descrição do local, data e hora do monitoramento.

A comparação com a norma é a parte em que o aluno normalmente encontra maior dificuldade. O motivo é o fato de obviamente não haver na norma o limite para o ambiente específico em que foi efetuada a medição. Assim, o aluno deve escolher na lista de ambientes presentes na norma, aquele que for mais semelhante ao local medido, tanto fisicamente como à atividade exercida.

Um importante fator que os alunos devem observar nesta atividade é o fato do tipo de luz influenciar no nível de iluminação medido. Os aparelhos mais simples não têm esta função e consideram qualquer tipo de fonte luminosa como sendo a mesma. Já os mais sofisticados possuem opções como luz solar, fluorescente, incandescente, vapor de sódio ou mercúrio.

Numa segunda atividade, eles devem medir a refletância dos ambientes. Para isso é feito uma comparação entre diferentes superfícies que possuam cores distintas. Posiciona-se então a célula fotossensível sobre a superfície, de forma que a célula fique voltada para a fonte luminosa, e efetua-se a leitura. Posteriormente, deve-se posicionar a célula a 10 centímetros da superfície e então, a 50 centímetros de distância. Em posse destes resultados é feito o cálculo do coeficiente de refletância. Ao fim desta atividade, o aluno terá noções de como as cores das paredes afetam no nível de iluminação do ambiente. (Universidade de São Paulo, 2005d)

## 3.2. Ruído

### 3.2.1. Descrição

Segundo Fantazzini (2005), o ruído é um conjunto de tons não coordenados, ou seja, as frequências componentes não guardam relação harmônica entre si. São sons “não gratos” que nos causam incômodo, desconforto e até dor. O som nada mais é que uma variação da pressão atmosférica que sensibiliza nossos ouvidos.

O ruído é um dos problemas mais frequentes em grandes indústrias e minerações. Em muitos casos, o trabalhador deve permanecer ao lado de máquinas e ambientes em que o ruído excessivo pode causar graves lesões em seu sistema auditivo. Os limites estabelecidos no Brasil encontram-se na NBR 10151 (Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas).

Os resultados das medições de ruído são expressos em dB (decibel). Não se trata de uma unidade e sim de uma comparação em relação a um parâmetro e valor de referência, como mostrado na fórmula abaixo. No caso de pressão sonora, é utilizado como base, o valor de  $10^{-6}$  Pa.

$$\text{dB} = 10 * \log (\text{Valor Medido} / \text{Valor de referência})^2$$

O ouvido humano não tem a percepção do nível sonoro constante variando-se a frequência deste som. Há então, diversas curvas de compensação que podem ser utilizadas em cada caso. No caso mais usual, utilizamos a curva de compensação A que é a que melhor mostra a resposta do ouvido humano aos ruídos. Assim, os níveis de ruído são normalmente expressos em dBA.

Para se medir a exposição do trabalhador ao ruído é utilizado um aparelho denominado dosímetro. Ele calcula, junto com alguns parâmetros, a exposição ao ruído e o nível de exposição sonora diária.

Numa jornada de trabalho, sabemos que os níveis de ruído a que o trabalhador está exposto nunca são constantes durante as 8 horas. Para isso, utiliza-se o conceito de Dose, para ponderar estas diferentes situações acústicas, ou seja, de diferentes tempos de exposição a diferentes níveis de ruído, de acordo com o tempo de exposição e o tempo máximo permitido.

Calcula-se a dose de ruído da seguinte maneira:

$$D = T_{e1} / T_{p1} + T_{e2} / T_{p2} + \dots T_{ei} / T_{pi}$$

Onde: D é a dose de ruído,  $T_{ei}$  é o tempo de exposição a um determinado nível (i) e  $T_{pi}$  é o tempo de exposição permitido pela legislação para o mesmo nível (i)

A dose nunca deve ultrapassar os 100%, que equivale a uma exposição contínua de 8 horas por dia a um nível de ruído de 85dBA. De acordo com a norma brasileira então, se o trabalhador estiver exposto, por exemplo, a um ruído de intensidade 90dBA, poderá ficar exposto apenas 4 horas por dia, para que não se ultrapasse a dose de 100%. Assim sendo, a cada incremento de 5dBA, o limite temporal de exposição cai pela metade.

Vale lembrar que caso não seja feita uma amostragem completa do período de 8 horas de trabalho, pode-se através de uma simples conta linear (regra de três), extrapolar o valor obtido para as 8 horas. Ou seja, se tomarmos uma amostra, desde que ela seja representativa, de 4 horas, por exemplo, basta multiplicarmos por 2 a dose obtida para chegarmos a um valor real.

Um exemplo que pode ser citado e de ocorrência comum, é o operador de perfuratriz pneumática ou hidráulica em pedreiras. Algumas medições mostraram níveis de ruído em torno de 110dBA, ou seja, muito acima dos 85dBA estabelecidos pela norma. Neste caso é recomendado o uso de até dois protetores auriculares, um de espuma e outro de concha, para que o trabalhador não venha a ter doenças no futuro.

Existem também limites para o ruído ambiental, aplicado aos moradores próximos das indústrias, comércios ou estabelecimentos noturnos que causem algum incomodo devido ao ruído gerado. Neste caso, é utilizado um outro equipamento denominado decibelímetro. Ele não mede mais a dose e sim o nível de ruído presente no local monitorado. Ele deve ser posicionado então, junto ao local de captação do ruído e não ao lado da fonte emissora.

Entretanto, pode-se também medir o nível de ruído da fonte emissora em casos em que se deseja estimar o valor em diversos locais sem que seja necessária a medição em cada ponto. Outro exemplo de medição na própria fonte emissora seria no caso em que se deseja projetar um módulo de enclausuramento do equipamento em questão e, posteriormente, deseja-se medir a eficiência deste projeto. (Universidade de São Paulo, 2005b)



**Figura 3. Dosímetro**



**Figura 4. Decibelímetro**

### 3.2.2. Atividade prática

Simulando a exposição de um trabalhador a um ambiente de serviço, são colocados dosímetros em alguns alunos para em seguida efetuar-se a medida dos níveis de ruído de diversos ambientes e máquinas dentro do prédio do Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo. Enquanto é feita esta atividade de medição, o dosímetro estará captando informações e calculando a dose de ruído.

Foram escolhidos locais de medição para que o aluno pudesse ter uma noção da ordem de grandeza da escala utilizada, no caso em dB. São eles: pátio interno ao lado do lago, sala de aula com música, sala de aula sem música e próximo ao moinho do LTM (Laboratório de Tratamento de Minérios). É também feita uma medição do nível de ruído de uma forte pancada que é dada em algum objeto, de preferência de material metálico.

Novamente notaremos que os valores mostrados no decibelímetro sofrem variações grandes ao longo do tempo. Sendo assim, devem-se anotar os valores médios observados. Aparelhos mais modernos e sofisticados têm a opção de monitorar o ambiente por um determinado tempo e, então, mostram diretamente a média em sua tela, facilitando assim a tarefa e, também, fornecendo um resultado mais preciso e prático.

O aluno aprende também a fazer alguns cálculos tendo em posse os dados obtidos em campo, como a soma dos níveis de ruído de diferentes fontes sonoras e também, a determinação do nível médio de ruído de um determinado local.

Ao final das medições utilizando-se o decibelímetro, o dosímetro é retirado e então, conectando-se a um computador, os resultados do monitoramento são mostrados aos alunos. Nele está contido o gráfico (ruído x tempo) que mostra a variação dos níveis de ruído ao longo do tempo de exposição e também, a dose final obtida.

Deve-se então comparar todos os valores obtidos com a norma vigente, dizendo se os limites foram excedidos ou não. (Universidade de São Paulo, 2005d)

### 3.3. Ventilação

#### 3.3.1. Descrição

A escavação subterrânea pode ser uma experiência traumática para pessoas não habituadas em função dos problemas ambientais e riscos envolvidos. Em minas subterrâneas e também em túneis sob construção, o aspecto mais crítico do ambiente a ser controlado é a atmosfera do local de trabalho. De fato, o controle da atmosfera é considerado o coração do sistema de suporte à vida do mineiro.

Por ser o principal meio de controle da quantidade e da qualidade do ar, a ventilação é um dos processos constituintes do condicionamento total do ar. Segundo HARTMAN (1991) e com base nas definições adotadas pela ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating & Air-conditioning Engineers), o condicionamento do ar é o controle simultâneo do ar, dentro dos limites prescritos de qualidade, quantidade e temperatura/umidade. Para o engenheiro de minas, a ventilação tende a ser a solução para muitos dos problemas ambientais da mina subterrânea.

A ventilação é o processo de condução de um fluxo adequado de ar fresco ao longo dos condutos e frentes de trabalho da mina. O seu principal propósito é o de prover oxigênio aos trabalhadores, mas ela tem também as seguintes atribuições:

- Diluir a concentração dos gases explosivos e tóxicos, fumos e radônio para níveis ambientalmente seguros e removê-los da mina;
- Diluir a concentração dos aerodispersóides para níveis fisiologicamente aceitáveis e removê-los da mina;
- Prover um ambiente aceitável em termos de conforto termo-corporal e remover, se necessário o calor da mina. Em zonas muito frias, pode ser necessário até mesmo aquecer o ar

Mesmo sendo parte do processo de condicionamento total do ar, a ventilação por si só não satisfaz a todos os objetivos ambientais da mina. Embora os limites de tolerância estejam baseados na segurança do ser humano, a crescente preocupação com o conforto está sendo expressa através de novos padrões, seja por motivos econômicos como a relação custo-benefício seja por razões humanitárias, o fato é que a produtividade e a satisfação com o trabalho estão correlacionadas com a qualidade ambiental. Além disso, as taxas de acidentes elevadas e as altas taxas de indenizações e compensações têm relação com a insatisfação e as condições ambientais inseguras.

Os parâmetros que serão estudados são: velocidade do ar (m/s), umidade (%), temperatura (°C), vazão de ar (m<sup>3</sup>/s) e a direção do fluxo de ar. Para isso serão utilizados o termo-higrômetro digital, o anemômetro (Figura 5) e o tubo de fumaça (Figura 6). O termo-higrômetro mede a temperatura do ar e também a sua umidade, enquanto o anemômetro, através de uma hélice rotativa, mede a velocidade do ar ou a vazão de ar, caso seja inserida a área do duto da saída desse ar. O tubo de fumaça determina então a direção do fluxo de ar.



**Figura 5. Anemômetro**



**Figura 6. Tubo de Fumaça**

### **3.3.2. Atividade prática**

Para verificarmos a direção do fluxo de ar em sistemas de ar condicionado e ventilação local de alta vazão, utilizamos o Tubo de Fumaça. O tubo possui duas substâncias que estão separadas por uma película de vidro. Depois de acoplada em um bulbo aspirador, quebra-se a película de vidro, torcendo-se o tubo, fazendo com que estas duas substâncias entrem em contato e tenham uma reação química que formará a fumaça de coloração branca. Pressionando o bulbo, o aluno poderá observar a direção do fluxo de ar formado pelo ar condicionado. Realiza-se o mesmo procedimento, só que desta vez verifica-se o fluxo de ar em uma capela de laboratório.

Com o mesmo tubo de fumaça, e com o auxílio de um captador de ar para exaustão, observa-se o comportamento da fumaça ao se afastar o tubo do captador. Percebe-se então que a partir de certa distância, a fumaça não é mais aspirada e não se consegue mais observar um fluxo de ar através do movimento da fumaça. É a chamada zona de influência de exaustão.

Em seguida, utilizando-se o anemômetro, mede-se a velocidade do ar em diversos locais, como na saída de ar condicionado, no estacionamento e pátio externo, em ventiladores colocados em salas de aula e também em locais com pouca ventilação para se verificar a sensibilidade de cada anemômetro.

Os diferentes modelos de anemômetro, além da sensibilidade, diferem-se em suas funções. Os mais sofisticados são capazes de medir uma velocidade média temporal, o que facilita e torna a leitura mais precisa, já que os valores em curtos períodos de tempo não são constantes. É possível também posicionar as hélices em pontos mais altos, através de hastes telescópicas presentes em alguns modelos. Há a opção de gravar na memória do equipamento, diversas medidas que podem ser verificadas em local mais tranquilo, assim que terminadas as medições. (Universidade de São Paulo, 2005d)

### 3.4. Gases

#### 3.4.1. Descrição

Pela maioria dos gases presentes serem incolores e inodores, é necessário a medição e monitoramento através de aparelhos especialmente destinados a isso. Existem no mercado tanto equipamentos que medem vários tipos de gases simultaneamente, como equipamentos de menor porte, que medem apenas um gás específico.

Na mineração subterrânea principalmente, a constante monitoração dos gases é de extrema importância para se evitar acidentes de maior porte ocasionados por presença acima dos limites de tolerância de gases prejudiciais à saúde e também de gases explosivos, presentes, por exemplo, em minas de carvão. Apesar de na maioria dos casos os trabalhadores não utilizarem monitores individuais, muitas minas fazem monitoramento periódico para se constatar anomalias.

Um dos equipamentos presentes no LACASEMIN, da fabricante MSA, e que mede múltiplos gases, é capaz de monitorar a presença de CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, porcentagem de oxigênio e também a quantidade de gases combustíveis presentes no ambiente. Pode-se então configurar diversos alarmes, que são disparados de acordo com os limites colocados, alertando assim o trabalhador em caso de estar em um ambiente insalubre.

A falta ou excesso de certos gases no local de trabalho podem causar consequências gravíssimas, como doenças, incapacitação ou até mesmo a morte. Utilizado basicamente em ambientes fechados, os aparelhos se destinam tanto para uma verificação da situação local, como para acompanhar o trabalhador durante toda a sua jornada de trabalho, alertando-o quando necessário.

Existem também os tubos colorimétricos. Trata-se de tubos que acoplados a uma bomba de sucção, fazem com que os gases ou vapores presentes entrem em contato com substâncias que reagem especificamente com determinado tipo de gás, mudando a sua coloração, mostrando assim a presença de tal gás e sua quantidade no ar. Para cada tipo de gás existe um tubo específico e também procedimentos particulares que devem ser seguidos segundo a bula da embalagem do produto. Estes procedimentos indicam basicamente o número de bombeadas que devem ser dadas e também como deverá ser feita a leitura dos resultados no tubo.

A unidade utilizada para leitura das medições é normalmente o ppm, exceto quando se está medindo a quantidade de gás oxigênio que é expresso em porcentagem e também no caso de gases explosivos onde os resultados são mostrados em função da porcentagem do limite de explosividade.

Abaixo se encontra o monitor múltiplo de gases (Figura 7) e o monitor individual de gás CO (figura 8).



**Figura 7. Monitor múltiplo de gases**



**Figura 8. Monitor individual de gás ( $H_2S$ )**

### 3.4.2. Atividade Prática

Na ausência de fontes reais e que retratem exatamente o que acontece em uma grande indústria, são feitas medidas dos gases em locais similares. Como fonte de monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio e de gases combustíveis, por exemplo, os alunos fazem a coleta na saída do escapamento dos automóveis. Como base de comparação, é utilizado um carro antigo e um carro de modelo mais novo. Verifica-se neste caso, como a regulagem e a idade do automóvel influem nos resultados obtidos.

É feita em seguida, medida da quantidade de monóxido de carbono presente na fumaça exalada pelo fumante após uma tragada no cigarro. Faz-se este teste em ambiente aberto e fechado, e também em diversas distâncias da fonte emissora.

As duas primeiras atividades são feitas utilizando-se os monitores múltiplo e individual de gases. Para a experiência com o tubo colorimétrico, utiliza-se apenas o tubo de detecção de  $SO_2$ . A coleta do gás é novamente feito no escapamento de um veículo.

Eventualmente, são feitas medidas extras em veículos movidos a óleo diesel, para que se possa ter uma noção da diferença dos gases emitidos por automóveis a gasolina.

Através de consulta a NR-15 (Atividades e Operações Insalubres), pode-se então fazer a comparação dos dados obtidos com a norma vigente. (Universidade de São Paulo, 2005d)

### 3.5. Conforto Térmico

#### 3.5.1. Descrição

Ambientes muito quentes ou muito frios, além de serem insalubres, fazem com que o rendimento do trabalhador caia, deixando a jornada de trabalho ineficiente. Para isso podemos utilizar parâmetros como o IBTUG (Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo) e a Temperatura Efetiva para mensurar o conforto térmico do ambiente utilizado.

Diversos instrumentos podem ser utilizados para se realizar as medições. O conjunto IBUTG ou Árvore de Calor como é usualmente chamado, consiste num conjunto composto por 3 termômetros (bulbo úmido, bulbo seco e de globo), pedestal, globo de cobre e copo de erlenmeyer que fornece parâmetros de medição do calor radiante, temperatura do ar e umidade relativa do ar. O conjunto é utilizado porque existe a necessidade de se conhecer como se processa a interação térmica entre organismo humano e o meio ambiente, conhecer seus efeitos e determinar como quantificar e controlar esta interação. De acordo com a leitura obtida dos 3 termômetros, utiliza-se as seguintes fórmulas para o cálculo do IBUTG:

Ambiente interno (sem incidência solar):

$$IBUTG = 0,7 * T_{bu} + 0,3 * T_g$$

Ambiente externo (com incidência solar):

$$IBUTG = 0,7 * T_{bu} + 0,2 * T_{bs} + 0,1 * T_g$$

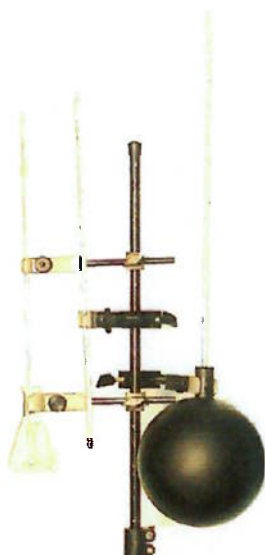
Outro instrumento que pode ser utilizado é o psicrômetro. Ele é composto por dois termômetros: um de bulbo úmido e outro de bulbo seco. Após leitura das temperaturas, utiliza-se o próprio psicrômetro para poder saber a umidade relativa do ar.

Podemos também utilizar o anemômetro, já descrito no item 3.3, para se medir a velocidade do ar e juntamente com os valores de temperatura de bulbo úmido e de bulbo seco, e um nomograma, descobrir a Temperatura Efetiva de um determinado local.

O termo-higrômetro é um aparelho analógico onde podemos fazer a leitura tanto da temperatura como da umidade relativa do ar. Uma variação dele é o termo-higrômetro digital, onde a diferença é a presença de um display digital que mostra os valores medidos.

Na NR-15 podemos encontrar tabelas que mostram os limites máximos de IBUTG de acordo com a atividade, ou seja, para atividades mais pesadas, com uma alta taxa de metabolismo, o valor de IBUTG máximo é menor. (Universidade de São Paulo, 2005c)

Nas Figuras 9, 10 e 11 são encontrados alguns dos equipamentos utilizados.



**Figura 9. Conjunto IBUTG**



**Figura 10. Psicrômetro**



**Figura 11. Termo Higrômetro**

### **3.5.2. Atividade prática**

São montados 3 conjuntos IBUTG: 2 analógicos e 1 digital. Eles são colocados então em salas com diferentes temperaturas. Para ajudar no processo, utilizando-se ar condicionado, uma sala é aquecida e a outra resfriada. A terceira sala, onde se encontra o conjunto digital, é mantida a temperatura ambiente. Efetua-se então a leitura dos 3 termômetros para que seja calculado o IBUTG. De acordo com as atividades descritas na apostila, o aluno pode então classificar o ambiente como sendo insalubre ou não.

Já em um ambiente externo, é possível se medir o conforto térmico de outras maneiras. Por exemplo, utilizando-se o psicrômetro giratório e com o auxílio do anemômetro. O aluno então gira o psicrômetro a uma velocidade constante, e após alguns minutos pode realizar a leitura de temperatura de bulbo seco e úmido. Juntamente com a velocidade do ar no local, medido com o anemômetro, e a leitura do nomograma, encontra-se a temperatura efetiva.

São feitas diversas atividades para a medição de umidade relativa do ar, com o intuito de se discutir posteriormente os diferentes resultados obtidos. Faz-se então a leitura através do psicrômetro giratório, da carta psicrométrica, do termo higrômetro analógico e digital e também de um conjunto IBUTG montado na área externa do prédio.

### 3.6. Vibração de corpo humano

#### 3.6.1. Descrição

As vibrações mecânicas transmitidas podem ser classificadas em dois grupos:

- Vibrações de corpo inteiro: transmitidos ao corpo inteiro com o indivíduo na posição sentado, em pé ou deitado.
- Vibrações localizadas: atingem certas regiões do corpo, principalmente, mãos, braços e ombros.

Podemos observar a exposição de trabalhadores às vibrações mecânicas em diversos casos: caminhões, martelos, pneumáticos, motosserras, lixadeiras, ônibus, carros, etc.

Ao analisarmos os efeitos causados ao trabalhador exposto a uma vibração mecânica, devemos levar em consideração fatores como a frequência, velocidade, amplitude, aceleração, tempo de exposição, direção da força aplicada pelo operador na máquina, área e localização da parte exposta. Com relação a frequência deve-se tomar especial cuidado com aquelas de baixo valor já que são mais prejudiciais a saúde. A aceleração pode ser medida tanto em  $\text{m/s}^2$  ou dB.

A exposição prolongada e localizada ao longo dos anos pode levar consequências como: formigamento, adormecimentos dos membros, ataques de branqueamento de dedos, tato e sensibilidade diminuídos, perda de destreza e incapacidade para realização de trabalhos finos e em casos mais graves pode-se chegar a necrose das pontas dos dedos.

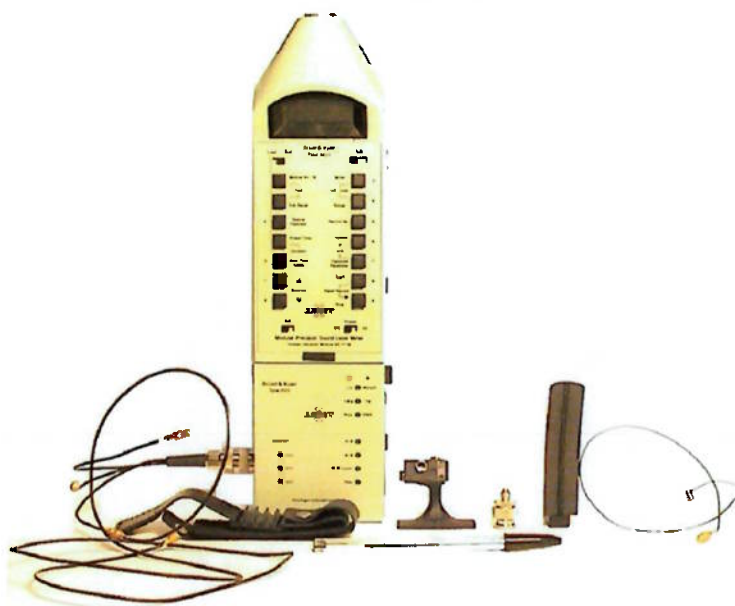
A norma ISO 5349 (Vibrações Mecânicas) apresenta procedimentos para avaliação dos níveis de vibração em mãos e braços, mas não especifica limites seguros para aceleração e exposição diária e nem os riscos que as diferentes tarefas e equipamentos podem vir a oferecer.

Para vibrações localizadas, são utilizados acelerômetros que são adaptados de acordo com o tipo de ferramenta que deseja se monitorar. E no caso de vibrações de corpo inteiro, é utilizada uma almofada que capta as vibrações nas três direções para uma melhor análise da exposição.

A montagem dos acelerômetros de forma fixa nas ferramentas pode ser feita utilizando-se braçadeiras, colas ou parafusos. Muitas vezes esta fixação pode não ser viável devido às características particulares da ferramenta e para isso são utilizados os adaptadores para mãos ou manoplas. Cada um possui uma resposta restrita a algumas frequências e por isso deve-se conhecer muito bem o funcionamento do equipamento para que se obtenham resultados mais precisos.

No caso de exposição a vibrações de corpo inteiro, o trabalhador pode vir a ter problemas na região dorsal e lombar, ter desconfortos gastrointestinais, disfunções no sistema reprodutivo, distúrbios no sistema visual e vestibular, problema nos discos intervertebrais ou degenerações da coluna vertebral. Para efeito de ordem de grandeza, temos que vibrações acima de  $10 \text{ m/s}^2$  são preocupantes e valores da ordem de  $100 \text{ m/s}^2$  podem causar até sangramentos internos.

Os limites para a exposição podem ser encontrados no manual da ACGIH no gráfico da ISO 2631 (Vibrações Mecânicas e Choque). (Universidade de São Paulo, 2005b)



**Figura 12.** Medidor de vibração localizada

### **3.6.2. Atividade Prática**

Após uma breve explicação sobre o funcionamento do equipamento, é feita uma pequena demonstração de como são feitas as medições e as leituras. Simula-se então a vibração de um automóvel, por exemplo, ligando-se um secador de ar e utilizando-se a almofada para monitorar os resultados.

Logo em seguida, os alunos são levados a campo, e são observados os dados que são obtidos quando a almofada é colocada sobre o assento do motorista do ônibus circular da USP. Como base de comparação o mesmo procedimento é realizado no assento de um veículo comum.

De posse destes valores, pode-se então calcular a aceleração resultante para que se compare com as normas vigentes. Vale lembrar, que por se tratar de um equipamento complexo e único no laboratório, esta atividade é feita com a presença de todos os alunos juntos, não sendo separado em grupos. Um instrutor treinado do LACASEMIN faz então todo o manuseio do equipamento, ficando os alunos encarregados de observar, anotar os resultados e tirar as suas dúvidas. (Universidade de São Paulo, 2005d)

#### **4. Elaboração do laboratório virtual**

Antes do início das atividades de criação do software propriamente dito, havia a necessidade de se escolher a linguagem de programação a ser utilizada. Estando diante do ambiente de Internet, já que um dos focos é o EAD, escolheu-se a linguagem Flash, já que a mesma possui uma grande versatilidade para animações e também pode ser acessado através de qualquer navegador, como o Internet Explorer, Firefox ou Mozilla, instalando-se um simples plug-in, o Flash Player, que pode ser baixado gratuitamente no site da Macromedia, proprietária do Flash ([www.macromedia.com](http://www.macromedia.com)).

O layout do programa deveria ser o mais simples e amigável possível para que o seu uso fosse de fácil aprendizado. Ao mesmo tempo deveria possuir recursos que simulassem uma medição em campo próximo do real, e que fossem similares às atividades feitas na aula prática. Assim, foram criados ambientes desde uma sala de Home Theater, até uma mina subterrânea, onde o aluno pode mover o instrumento por toda a tela como se estivesse no local.

A escolha dos equipamentos a serem mostrados no programa foi feita levando-se em conta os já existentes no LACASEMIN e também aqueles com os quais os alunos mais têm contato durante as atividades práticas. Nesta primeira versão 1.0, está disponível apenas um tipo de equipamento por atividade. Posteriormente, pretende-se incorporar uma série de outros instrumentos.

##### **4.1. Vídeo-Aula**

Assistir a vídeo-aula é a primeira atividade que o aluno deve realizar. Para cada prática, foi criado um vídeo de aproximadamente 5 minutos cada, ministradas por professores do curso presencial de Engenharia de Segurança do Trabalho. Nele são explicados e apresentados de forma sucinta a utilidade e o funcionamento do equipamento. Apesar de no software estar presentes apenas um aparelho em cada atividade de medição, na vídeo-aula são apresentados diversos equipamentos alternativos que realizam a mesma função.

Após esta primeira etapa, o aluno deverá ter um conhecimento mínimo do assunto instrumentação, do funcionamento dos equipamentos e das atividades a serem realizadas. Como as aulas de laboratório são feitas no decorrer dos cursos, tanto de graduação como de pós-graduação, o aluno já possui previamente conceitos básicos e a vídeo-aula é somente uma forma de proporcionar meios de recordação ao aluno dos pontos mais importantes.

##### **4.2. Tutorial**

O Tutorial foi criado para que não fosse preciso a leitura de manuais ou qualquer explicação por parte dos monitores. Trata-se de uma animação em que se mostra o funcionamento individual das atividades através da própria tela do software.

No Tutorial são mostradas todas as funções dos aparelhos, as variantes do ambiente e outras possibilidades de interação com o software. O Tutorial deve ser assistido logo após a vídeo-aula para que o aluno já comece a ter uma familiarização com o programa.

Havendo alterações no código do programa que altere o seu funcionamento, serão criados novos tutoriais.

### 4.3. Layout

Para cada prática foi feito um layout diferente retratando um caso em particular. Mais adiante será explicado cada um separadamente.

Em todos os casos, uma miniatura do equipamento de medição está presente na tela, de tal forma que o usuário poderá arrastá-lo, movendo-o através dos ambientes, simulando a locomoção do técnico ou engenheiro de posse do aparelho. Ele poderá então, posicionar esta miniatura em qualquer local do ambiente, interagindo assim com as variáveis presentes.

Clicando-se na Lupa, que fica no canto superior direito da tela, pode-se então ter uma imagem ampliada do equipamento. Através do mouse do computador o usuário pode clicar nos botões deste equipamento como se os tivesse pressionando realmente. Isso acionará então, funções que simulam o funcionamento do aparelho.

No canto inferior direito, pode-se clicar num botão chamado “Especificações do Equipamento” onde serão mostrados dados técnicos do equipamento em uso em uma janela no centro da tela.

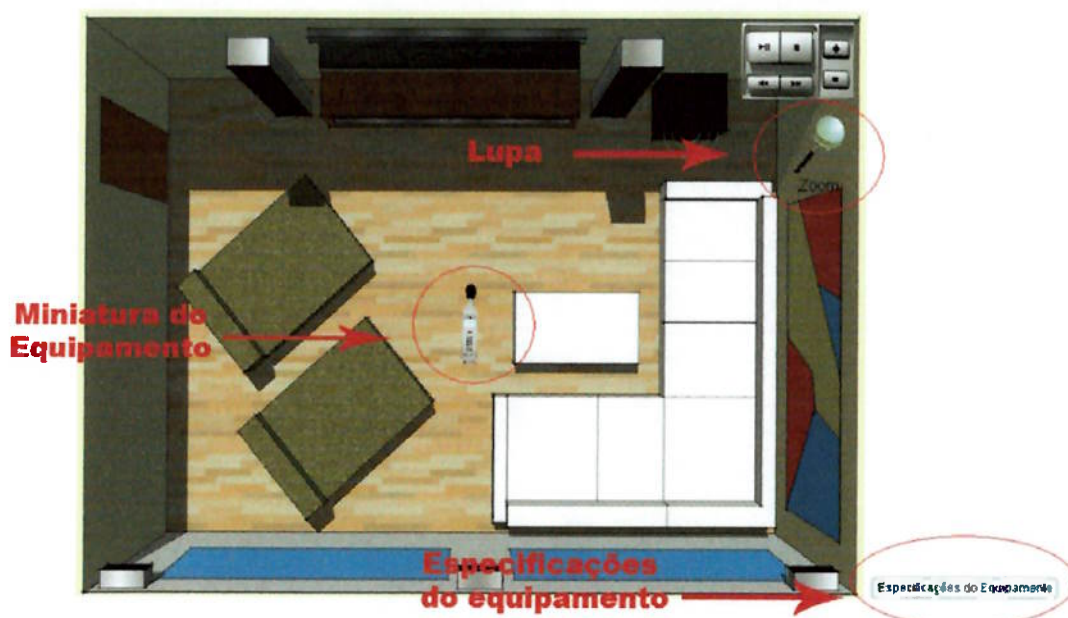


Figura 13. Layout Geral do LAV

## 5. Laboratório Virtual

Será feita a seguir, uma breve explicação sobre cada atividade presente no Laboratório Virtual, com os seus ambientes específicos, instrumentos de medição, o funcionamento e interações possíveis. Deve-se destacar aqui que não se trata de um manual e sim de uma apresentação para conhecimento.

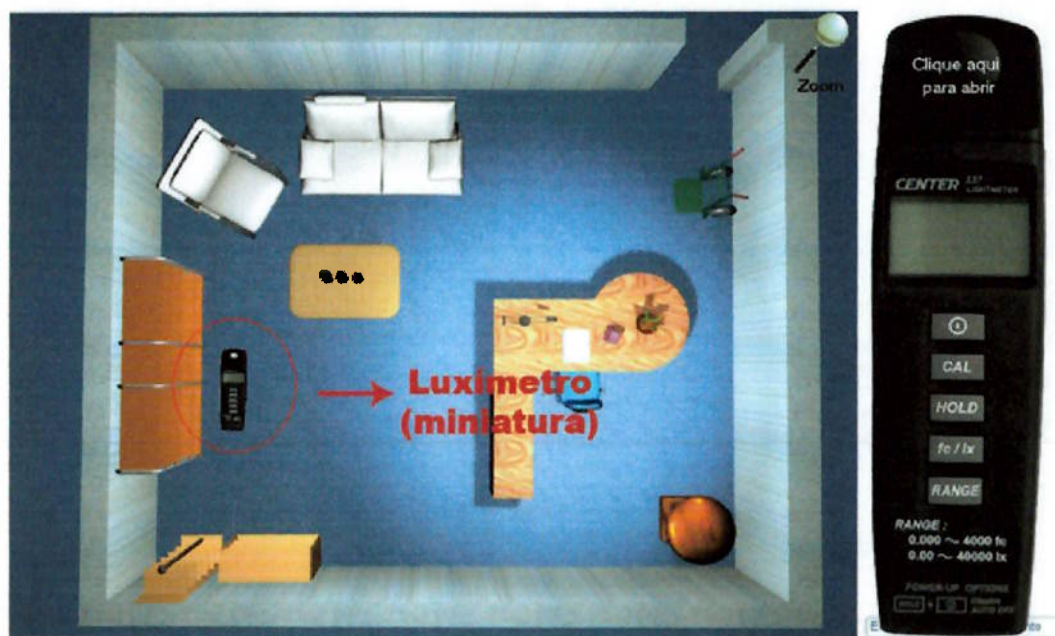
### 5.1. Iluminação

Nesta primeira atividade, o aluno deverá fazer medições de iluminância em um ambiente de escritório. Foi colocado um ponto onde a intensidade luminosa é maior, que é exatamente em cima da mesa de trabalho. Assim, ao se afastar deste ponto, os valores mostrados no luxímetro diminuem de acordo com uma função inserida no programa.

A função não foi baseada em nenhuma literatura já que há muitos fatores que podem influenciar a intensidade, como por exemplo, a forma da luminária, refletância das paredes, cores e posições dos objetos presentes no escritório, etc. Assim, foi feito apenas uma fórmula básica para mostrar didaticamente aos usuários os resultados na leitura. Entretanto, os valores lidos retratam valores reais, sendo que o aluno poderá comparar estes valores obtidos com os estabelecidos na norma.

Todas as funções do equipamento poderão ser acessadas: calibração, mudança de unidades (entre lux (SI) e fc (Imperial), mudança de fundo de escala, e a função HOLD, que trava a leitura no valor atual.

A figura 14 mostra uma imagem congelada da simulação do uso do luxímetro.



**Figura 14.** Ambiente da atividade de medição de iluminância

## 5.2. Ruído

O ambiente para esta atividade é uma sala de Home Theater. Um telão mostra um vídeo clipe musical, enquanto uma música é tocada de fundo. Há dois tipos de música: uma com tons mais graves e outra com tons mais agudos, que podem ser mudados clicando nos controles presentes na parte superior direita da tela.

Nesta atividade, o aluno poderá verificar alguns aspectos como a diferença entre os valores mostrados em dBA e dBC já que isto varia de acordo com a frequência das músicas. O equipamento mostra também valores máximos e mínimos medidos, além de possuir 3 tipos de fundo de escala.

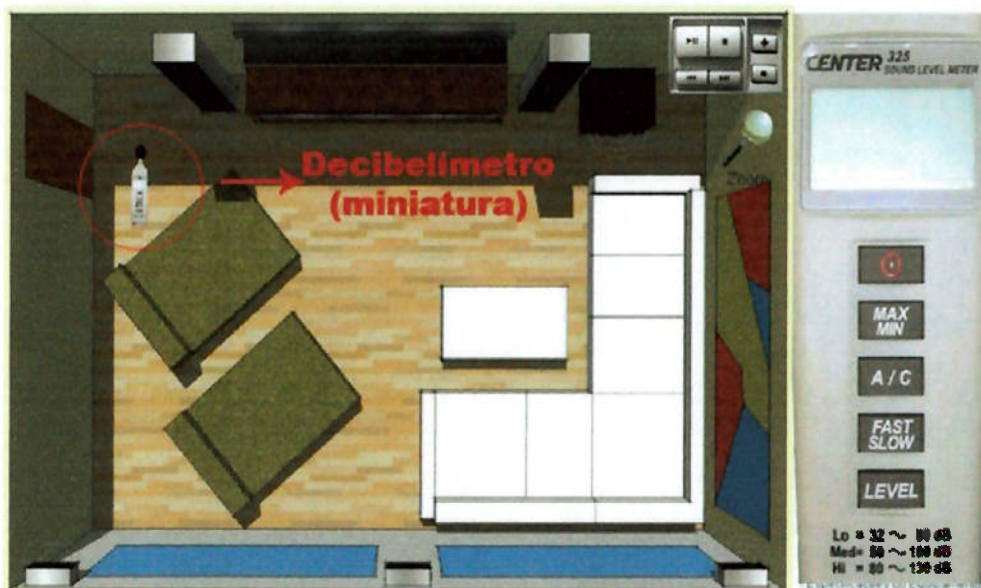


Figura 15. Ambiente da atividade de medição de ruído

## 5.3. Ventilação

Na sala, mostrada na Figura 16, o ar condicionado na parte superior, e a janela, na parte lateral, são os dois locais onde poderão ser observados valores maiores de vazão e velocidade do ar. Novamente foi inserida uma função dentro do programa, que mostra uma atenuação dos valores obtidos ao se afastar destes dois pontos.

Para a medição da vazão de ar, é preciso configurar o aparelho com a área de saída do duto (no caso o ar condicionado ou a janela), funções que poderão ser acessadas clicando-se no botão específico. As unidades podem ser alteradas: m/s, ou ft/s para velocidade do ar ou  $\text{m}^3/\text{s}$  ou  $\text{ft}^3/\text{s}$  para vazão.



**Figura 16.** Ambiente da atividade de medição de velocidade e vazão de ar

#### 5.4. Gases

Para a medição de concentração de gases, o ambiente adotado foi um estacionamento onde estão presentes duas fontes emissoras: os escapamentos de cada carro.

Com este instrumento, além das medidas instantâneas das concentrações no ar, obtêm-se os valores TWA (Média Ponderada no Tempo, 8 horas) e STEL (Média Ponderada no Tempo em 15 minutos). Ficam gravados na memória os valores máximos amostrados. Alarmes soam quando se ultrapassa limites pré-configurados. Como padrão, os valores são os estabelecidos na norma NR-15, no caso do CO, o de 39 ppm.

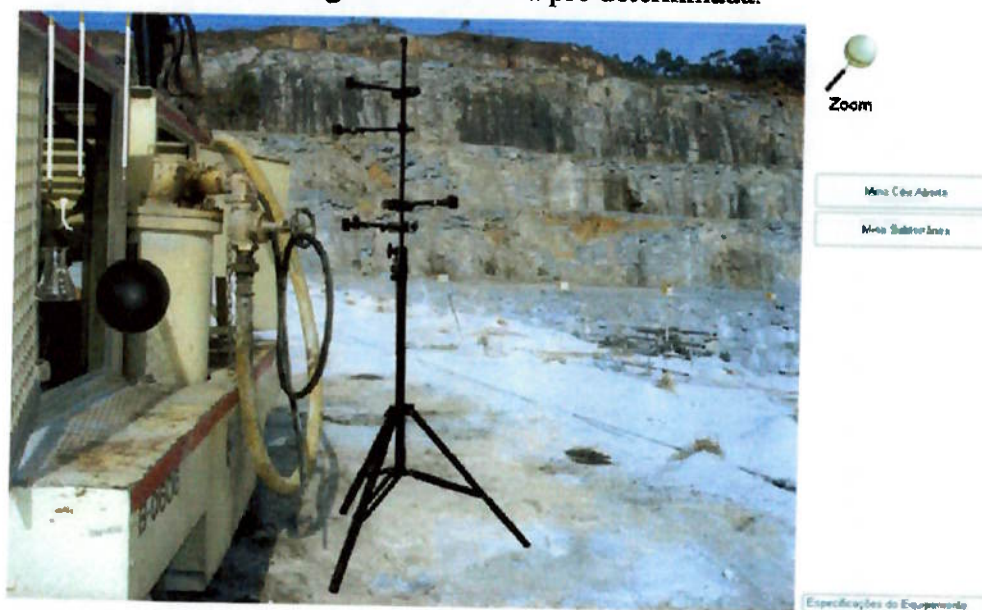


**Figura 17.** Ambiente da atividade de medição de concentração de gases

### 5.5. Conforto Térmico

Nesta atividade o ambiente mostrado é o de uma mina a céu aberto, podendo-se também escolher uma galeria de uma mina subterrânea. A diferença encontrada é na forma de se calcular o IBTUG, já que apenas no primeiro caso existe incidência solar.

Antes de se efetuar as leituras nos termômetros, deve-se montar o conjunto IBUTG. Arrastando-se os objetos presentes no canto superior esquerdo, elas devem ser encaixadas nos locais adequados. Após clicar no botão zoom, uma imagem ampliada dos termômetros serão mostrados, e com a leitura poderá ser feito o cálculo do IBTUG. Os valores mostrados a cada vez são diferentes e aleatórios segundo uma faixa pré determinada.



**Figura 18.** Ambiente da atividade de medição de conforto térmico

### 5.6. Vibração do corpo humano

Esta atividade difere um pouco das anteriores por não se ter tanta liberdade de interação e porque nem todas as funções do instrumento estão acessíveis (foram pintadas com fundo vermelho). As funções ativadas são aquelas utilizadas e mostradas na aula prática.

Ao ligar o aparelho, fica à disposição duas alternativas: Carro ou ônibus. Trata-se de dois vídeos, filmados dentro da USP. Um dentro de um veículo particular e outro dentro do ônibus circular. Durante o trajeto, as funções do equipamento podem ser acessadas. Assim, além da mudança de unidades, há a opção de se medir as vibrações em diferentes eixos (X, Y ou Z), e também há diversos parâmetros como valor máximo e mínimo, valor pico, média temporal, valores instantâneos, e a composição dos três eixos, ou seja, a vibração resultante que também pode ser calculada tendo-se os valores em cada eixo separadamente.



**Figura 19.** Ambiente da atividade de medição de vibração

## **6. Primeira Aplicação Prática (Piloto) do LAV e Resultados obtidos**

Em julho de 2005 foi realizado o encontro presencial do curso na modalidade EAD (Ensino e Aprendizado à Distância) de Engenharia de Segurança no Trabalho tanto em São Paulo como em Porto Trombetas na Mineração Rio do Norte no Estado do Pará. Foi possível então apresentar aos cerca de 70 alunos do curso, uma versão preliminar do programa, de modo a se obter um feedback inicial para a implantação de melhorias imediatas.

Os alunos utilizaram o programa durante 2 horas, sem terem visto a vídeo aula ou o tutorial, devido à falta de tempo. Com isso, foi necessário o acompanhamento de um monitor durante toda a atividade, para que as dúvidas fossem sanadas e o software fosse adequadamente utilizado. Além de responderem a um pequeno questionário relacionado a uma simulação de uma atividade prática, utilizando o software, os usuários deveriam apontar erros, problemas, dificuldades e sugestões de melhoria.

De posse destes dados, partiu-se então para a etapa seguinte de aperfeiçoamento do programa. Esta nova versão tem previsão para ser utilizada em janeiro de 2006, para a turma de Higiene Ocupacional em EAD em andamento, possibilitando assim que se repita o mesmo procedimento feito com a outra turma, a fim de sempre estar incorporando melhorias.

A receptividade dos alunos foi bastante positiva, pois eles demonstraram facilidade na compreensão e no uso dos comandos, o que proporcionou um ganho na agilização das aulas de laboratório. Foram apontadas falhas pelos alunos e outras foram descobertas pela equipe durante a aplicação, sendo que muitas delas eram de solução imediata, sem grandes dificuldades. Nesta etapa o programa não foi distribuído aos alunos, mas a maioria se mostrou bastante interessada em possuir uma versão do LAV, pois entenderam que se trata de uma ferramenta útil no seu treinamento. As melhorias tem sido implementadas ao longo do tempo, com sugestões sendo estudadas criteriosamente para manter a prioridade na facilidade de uso e melhor interatividade entre o aluno e o ambiente e agentes físicos estudados.

A presença de um instrutor ainda é fundamental na consolidação do conhecimento por parte dos alunos e entendemos que ainda pode haver uma certa resistência em aceitar novos métodos de ensino. Mas trata-se de uma questão cultural. As pessoas mais novas geralmente têm mais facilidade em se adaptar às novas tecnologias e sabem lidar com a grande carga de informações que uma ferramenta como o LAV pode oferecer. Porém, neste momento, não se trata de uma tecnologia ou metodologia se sobrepor à outra e sim de utilizar os seus melhores recursos para oferecer ao aluno melhores meios de se adquirir conhecimentos. Com esta ferramenta de apoio ao ensino parece-nos bastante razoável que todos ou quase todos os alunos sejam beneficiados nos treinamentos.

Os cursos em EAD do PECE – Programa de Educação Continuada são reconhecidos como uma referência em EAD no Brasil. Já foram apresentados trabalhos em Congressos como o da ABED (Associação Brasileira de Educação à Distância), plenárias do CREA - SP e outros encontros onde a aceitação foi muito boa e houve interesse de outras organizações. Porém, o maior reconhecimento foi o Prêmio E-Learning Brasil - Referência Nacional Gold 2005 (Figura 20) ganho pelo PECE/EPUSP pelo esforço em oferecer cursos no formato EAD aprovado pelo MEC. O Laboratório Virtual é parte integrante desta metodologia e, boa parte do sucesso do EAD/PECE se deve ao uso desta ferramenta de apoio ao ensino.



**Figura 20.** Prêmio E-Learning Brasil

## 7. Conclusão

O LAV - Laboratório Virtual é uma ferramenta que pode ser utilizada tanto em aulas (graduação e pós-graduação) como em treinamento dentro de empresas, melhorando assim a compreensão sobre os agentes físicos estudados, auxiliando no aprendizado de manuseio dos instrumentos e no entendimento dos parâmetros médios e a importância deles no impacto sobre a saúde e segurança dos trabalhadores.

Ele por si só pode ser considerado útil, mas juntamente com os conhecimentos adquiridos em livros, o interesse dos alunos sobre o assunto deverá aumentar após a realização das atividades interativas presentes no programa.

Com a utilização do Laboratório Virtual, o aluno poderá ter um maior domínio sobre a instrumentação e assim terá melhores noções sobre as reais necessidades de uma medição ou monitoramento de ambientes.

As melhorias no LAV deverão ser feitas continuamente de modo que novos agentes físicos, ambientes e equipamentos sejam incorporados e assim disponibilizar aos alunos informações importantes para a sua formação.

## **8. Bibliografia**

**ABNT. NBR 10151 Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento, 2000**

**ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Limites de exposição (TLV's) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição. Cincinnati (OH); 2003. Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais: São Paulo (SP); 2003.**

**RAMAZZINI, B. As doenças dos Trabalhadores; tradução de Raimundo Estrela. 3 ed. São Paulo; FUNDACENTRO, 2000. 325p.**

**SCHRAGE, M.W. Mapa de ruído como ferramenta de diagnóstico do conforto acústico da comunidade. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Minas, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005**

**SEGURANÇA e medicina do trabalho, São Paulo: Atlas, 2005 (Manuais de Legislação Atlas)**

**Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, PECE – Programa de Educação Continuada, eHO-001 – Introdução a Higiene Ocupacional e Legislação Ocupacional, 2005a**

**Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, PECE – Programa de Educação Continuada, eHO-002 – Agentes Físicos I, 2005b**

**Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, PECE – Programa de Educação Continuada, eHO-003 – Agentes Físicos II, 2005c**

**Universidade de São Paulo D, Escola Politécnica, PECE – Programa de Educação Continuada, eHO-007 – Instrumentação em Higiene Ocupacional, 2005d**