

### ***Uma Ferramenta Interativa para o Ensino da Metrologia***

**Sylvio Marchione Machado Jr.** – [smm@labmetro.ufsc.br](mailto:smm@labmetro.ufsc.br)

Universidade Federal de Santa Catarina – Pós-Graduação em Metrologia Científica e Industrial  
Campus da UFSC, s/nº - Setor C – Trindade  
88040-970 – Florianópolis – SC

**Resumo:** *O trabalho aqui apresentado é um curso de metrologia de apoio diferenciado pois permite interação com seus usuários. Este curso pode ser acessado pela Internet ou através de um CD compilado. O público alvo são alunos de graduação em engenharia e técnicos na área de metrologia. Partindo de experiências pessoais, tanto do orientador como do mestrando, foi decidido o conteúdo e o formato que seriam adotados no seu desenvolvimento. Este trabalho contém os tópicos história da metrologia, sistema internacional de unidades, terminologias metrológicas, tratamentos de números, medições, calibrações, noções de nanotecnologia e incerteza de medições. Definições e conceitos com assimilações mais difíceis, em todos os capítulos, foram revistos e ilustrados com animações ou exercícios interativos. O trabalho foi desenvolvido em uma ordem crescente de dificuldades, desde seu capítulo de apoio até cálculos mais complexos de propagação de incertezas de medição através de módulos. Como o computador é parte integrante deste curso e, como nem todos têm acesso as tecnologias mais avançadas, o curso foi desenvolvido para ser realizado também nos mais simples e antigos. Para utilizar este curso de maneira remota, realizar os exercícios interativos e visualizar o curso em seu formato textual, os alunos devem ter, obrigatoriamente, uma conexão remota, o Acrobat Reader® e o Microsoft Excel® instalados em seus computadores.*

**Palavras-chave:** *Metrologia, Ensino, Interativo*

## Proposta e estrutura do material instrucional

O curso interativo foi dividido em um capítulo de apoio, que contém o VIM, e mais sete outros como segue:

Capítulo 1 – Conceitos Gerais (Introdução, definição, histórico)

Capítulo 2 – Sistema Internacional de Unidades – SI (Unidades de base e suplementares, prefixos, unidades em uso com o SI)

Capítulo 3 – Tratamento de Números (Escrevendo números, notação científica, Algarismos significativos, arredondamento, operações matemáticas)

Capítulo 4 – Medições (Processos, tipos e sistema de medição, tipos de erros, parâmetros característicos dos instrumentos de medição, resultado da medição, especificação de equipamentos)

Capítulo 5 – Calibrações (Validação de instrumentos, rastreabilidade, processo de calibração, intervalos entre calibrações, curva de erros)

Capítulo 6 – Noções de Nanotecnologia (Uma visão geral, exemplos numéricos, situação atual e projeções futuras)

Capítulo 7 – Incerteza de Medição (Fontes e componentes da incerteza, incerteza tipos A e B, incerteza padrão combinada, graus de liberdade efetivos, incerteza expandida, avaliação de incertezas, grandezas de entrada estatisticamente dependentes e independentes, propagação de incertezas por módulos).

Os textos foram desenvolvidos de maneira concisa e as animações, figuras ilustrativas e interações facilitam seu entendimento. Tentamos com este trabalho proporcionar exemplos interessantes e reais de aplicações metroológicas ao aluno. O intuito foi que tanto na sua profissão como em situações reais futuras ele possa, baseado na observação e estudo destes exemplos previamente elaborados, tomar decisões apropriadas. Como complemento às aulas tradicionais de metrologia este material instrucional poderá, dependendo da necessidade do professor que o estiver utilizando, ser acessado ao final das mesmas como revisão ou ser oferecido como suporte remoto do material fornecido em salas de aula.

Como estará disponível em um servidor, seu acesso pode ser feito por alunos, técnicos e instrutores de diversos estabelecimentos de ensino, independente de sua localização geográfica. Basta para isso ter acesso a um ponto de conexão via Internet.

O curso também estará acessível por intermédio de um portal, hospedado na página principal do Labmetro, Laboratório de Metrologia e Automatização da Universidade Federal de Santa Catarina, com o título de [www.metrologia24h.br](http://www.metrologia24h.br). Neste portal o aluno obtém também acesso remoto a laboratórios de calibração nacionais, como os da Fundação CERTI, em Florianópolis, ou do TECPAR, Instituto de Tecnologia do Paraná, em Curitiba.

Caso o interesse seja em laboratórios de calibração e centros de referência de metrologia internacionais, ele poderá encontrar no portal endereços virtuais, por exemplo, do National Institute of Standards and Technology (NIST) nos Estados Unidos, do National Research Laboratory of Metrology (NRLM) no Japão ou do Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) na Alemanha.

Com este portal o aluno também pode se atualizar em notícias da metrologia nacional através dos vários *links* ali fornecidos.

## *Uma Ferramenta Interativa para o Ensino da Metrologia*

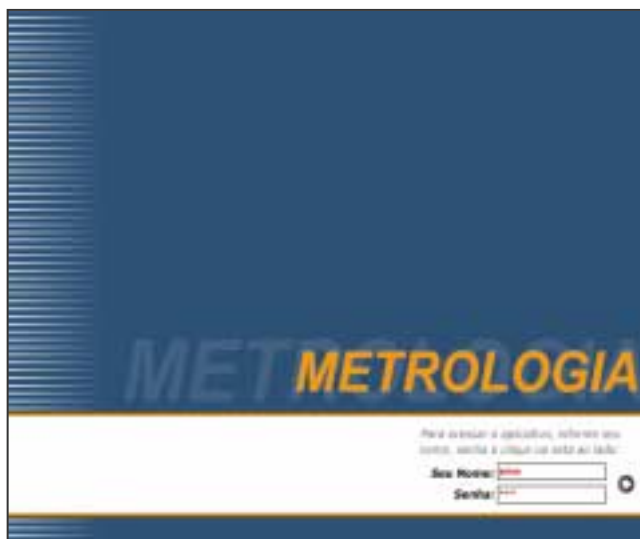
### **Acesso do curso de metrologia**

O curso para ensino a distância intitulado “Uma Ferramenta Interativa para o Ensino da Metrologia” ficará hospedado no servidor [www.labmetro.ufsc.br](http://www.labmetro.ufsc.br) e utilizará em seu contexto ferramentas de multimídia e Internet. A modalidade de ensino conhecida como *e-learning* assíncrono, na qual a comunicação entre professor e aluno não é feita em tempo real, é usada na avaliação dos conhecimentos adquiridos e no esclarecimento de possíveis dúvidas que possam surgir.

Acessando o endereço listado acima pela Internet, o aluno visualizará, entre outras opções, o acesso ao conteúdo do curso de metrologia interativa com exemplos visuais que facilitam o entendimento de vários conceitos metroológicos e ao mesmo tempo auxiliam alunos que ainda não tiveram experiências profissionais em laboratórios ou centros de metrologia. O curso procura seguir uma ordem inicial de complexidade e abrangência que cresce a cada passo estudado.

### **Seqüência para o uso do curso de metrologia**

Na primeira tela do aplicativo o aluno deve entrar com seu nome e com uma senha, que pode ser seu número de matrícula na universidade, antes de prosseguir. Note que se um destes campos não for preenchido, o aplicativo não funcionará (Figura 1).



*Figura 1 – Tela de acesso ao curso de metrologia interativo*

A segunda página do aplicativo contém a descrição dos temas que são abordados e em quais capítulos eles estão localizados. Clicando com o *mouse* na seta na parte direita inferior do monitor começa-se a navegação pelo curso, que é livre e rápida e deixa o aluno com a opção de escolher o capítulo que vai estudar (Figura 2).



Figura 2 – Tela de apresentação e de acesso aos capítulos do curso

O aluno terá mais informações ou animações sobre o assunto clicando com o *mouse* sobre o sinal (+) envolto em um círculo de cor azul, sempre que este aparecer.

O aluno tem a opção também, abrindo o *menu* no campo superior direito do monitor, de selecionar o capítulo desejado ou saltar, por exemplo, do capítulo “x” para o capítulo “y”, se assim lhe convier (Figura 3).



Figura 3 – Opção de escolha aleatória de capítulos e geração de animações

Todos os assuntos abordados nos capítulos contém uma descrição resumida do assunto proposto, mostradas na tela principal. Essas descrições podem ser mais abrangentes se o aluno usar os arquivos com extensões *pdf*, localizados e habilitados do lado direito do número de cada subitem do capítulo selecionado (Figura 4).



Figura 4 – Ícone de acesso aos arquivos com extensão “pdf”

O curso completo também está disponível em extensão *pdf*, e seu acesso também é imediato, caso seja de interesse do aluno, na primeira página do aplicativo. Este arquivo contém todo o conteúdo do curso e pode ser impresso como um material de apoio ao ensino tradicional (Figura 5).



Figura 5 – Ícone de acesso ao arquivo geral com extensão “pdf”

Além disso, em alguns capítulos, existem exercícios de fixação elaborados para serem utilizados com planilhas de cálculo do Microsoft Excel®, localizados na parte inferior direita do monitor. Os exercícios propostos estão resolvidos e têm o objetivo de auxiliar o aluno na interpretação e resolução de problemas similares. Estes exercícios estão protegidos contra alterações por senha, a não ser em campos específicos, definidos por fonte vermelha, que permitem alterações. Estas alterações têm a intenção de fazer com que o aluno perceba o que acontece no sistema como um todo quando algumas ou todas as variáveis de entrada são alteradas.

Essa percepção é muito útil, por exemplo, quando deseja-se determinar qual o componente do sistema que contribui com a maior ou menor parcela na incerteza final de medição. Esta análise facilita uma abordagem pelo aluno na identificação e substituição do componente correto caso esteja tentando minimizar a incerteza final (Figura 6).



Figura 6 – Ícone de acesso aos exercícios Excel com extensão “xls”

Na parte inferior direita estão os exercícios de revisão de cada capítulo e suas respostas podem ser visualizadas ao final, com a alternativa correta se destacando das demais por ter uma iluminação diferenciada (Figura 7).



Figura 7 – Ícone de acesso aos exercícios de revisão dos capítulos

Os exercícios do capítulo 7 apresentam versões animadas de figuras que ilustram seus objetivos que facilitam o entendimento do enunciado dos problemas. A programação na linguagem Flash<sup>®</sup> têm um bom apelo visual mas não permitem quaisquer alterações. O aluno deve usar então a planilha do Excel, que pode ser acessada logo após a visualização do problema proposto, trabalhar com os dados que permitem alterações e verificar como as alterações dos dados de entrada influenciam os resultados finais do exercício (Figura 8).



Figura 8 – Ícones de acesso aos exercícios em Excel e às animações em Flash

A Internet é utilizada quando são acionados os *links* de acesso a rede mundial de computadores, fazendo com que o aluno tenha várias opções na busca de informações complementares nos assuntos que lhe interessar. Além disso o aluno terá acesso ao curso pela Internet já que o curso estará disponível em um servidor juntamente com outros assuntos de interesse da área de metrologia. Este ponto é de fundamental importância, em especial, para alunos que estejam estudando, tanto por necessidade como por opção, longe dos locais onde são ministradas as aulas presenciais (Figura 9).



Figura 9 – “Links” para acesso a endereços na Internet

Alguns *hyperlinks* importantes estão distribuídos no conteúdo do curso. Estes *hyperlinks* têm a função de agilizar o acesso e facilitar a compreensão de alguns dos conceitos metrológicos mais usados que estão apresentados neste trabalho. Por exemplo, se o aluno estiver no capítulo 4 e ficar em dúvida quanto ao conceito de termos como “erros aleatórios” ou “repetitividade”, para citar alguns, bastará clicar com o *mouse* sobre estes termos, que estarão sublinhados e escritos com fonte vermelha, que suas definições aparecem instantaneamente na tela (Figura 10).



Figura 10 – Exemplo de acesso aos “hyperlinks” de apoio (1)

Em algumas ocasiões essas definições podem ser acessadas a partir de fluxogramas. Neste caso, os conceitos estarão sublinhados e mais visíveis quando o *mouse* passar por cima da caixa do fluxograma. Essas mesmas técnicas também são aplicadas para os capítulos 1, 5 e 7 (Figura 11).

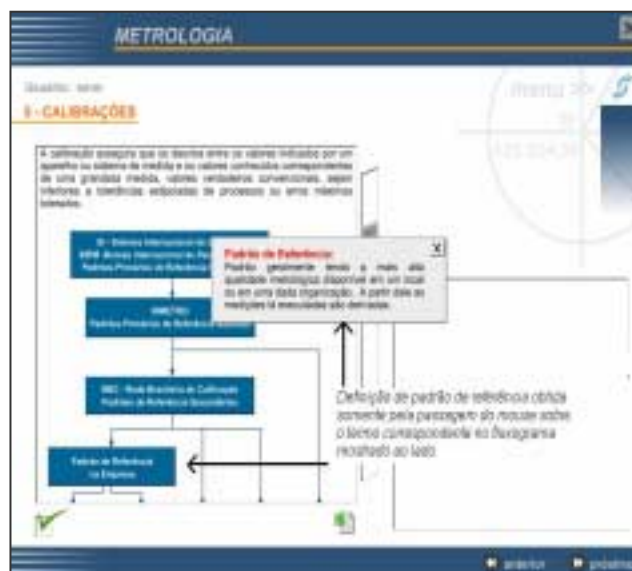


Figura 11 – Exemplo de acesso aos “hyperlinks” de apoio (2)



Além dos quarenta testes de revisão disponíveis com acesso imediato durante o curso e que devem ser utilizados para uma autoavaliação do aluno, sessenta e quatro testes complementares estão disponíveis para serem enviados, recebidos, corrigidos e graduados por *e-mail*. Estes sessenta e quatro testes suplementares foram elaborados no sistema de pontuação e correção que fazem uso do sistema binário. As alternativas de respostas oferecidas aos alunos podem solicitar a soma de alternativas corretas ou falsas ou simplesmente a marcação da resposta correta ou incorreta. Este sistema é o mesmo que vem sendo utilizado na maioria dos vestibulares. Estes testes serão enviados e recebidos pelo sistema de *e-mail*, configurando uma ferramenta de ensino assíncrona. (Figura 12).

<p><b>CAPÍTULO 2 – SI</b>  <b>Exercícios de múltipla escolha – Some os valores da(s) alternativa(s) correta(s) e indique o resultado da soma ao final</b></p>	
<p><b>1- Indique as alternativas que não contém o ano em que foi fundado o BIPM, Bureau International des Poids et Mesures:</b></p> <p>a) (1) 1 875  b) (2) 1 922  c) (4) 1 950  d) (8) 1 791</p> <p>Resultado: _____</p>	<p><i>Exemplos de exercícios complementares referente ao capítulo 2 - Sistema Internacional de Unidades - SI</i></p>
<p><b>2- Assinale a(s) alternativa(s) que contém características do SI – Sistema Internacional de Unidades:</b></p> <p>a) (1) contém sete unidades básicas e duas unidades suplementares  b) (2) contempla mais de uma unidade por grandeza  c) (4) tem suas unidades definidas, sempre que possível, em função de fenômenos físicos  d) (8) tem os múltiplos e submúltiplos definidos com ajuda de prefixos devidamente especificados</p> <p>Resultado: _____</p>	
<p><b>3- Assinalar a(s) alternativa(s) que contém somente unidades básicas do SI:</b></p> <p>a) (1) metro, quilograma, segundo e farad  b) (2) ohm, volt, metro e ampère  c) (4) kelvin, mol, candela e segundo  d) (8) metro, kelvin, volt e candela</p> <p>Resultado: _____</p>	

Figura 12 – Exemplo de exercícios complementares ao Capítulo 2

Este curso não tem a intenção de substituir as aulas presenciais. Objetiva sim tornar-se uma excelente alternativa para a complementação do ensino tradicional de uma maneira inovadora e estimulante. Para isso utiliza algumas das ferramentas de EAD já consagradas e interativas como a multimídia, a Internet e o acompanhamento do desenvolvimento do aluno através do envio e do recebimento de *e-mail*, seja para testes, seja para esclarecimento de dúvidas sobre o conteúdo do curso que possam aparecer.

Ao final do curso, espera-se que o aluno ou técnico possa, por exemplo:

- utilizar terminologias metrológicas apropriadas;
- estar ciente e procurar usar as unidades do sistema internacional de unidades;
- realizar corretamente tratamentos em números e operações matemáticas;
- ser capaz de entender os diversos tipos de medições e seus erros;
- saber utilizar conceitos e resultados de calibrações;
- classificar tipos de erros;
- estimar incertezas de medições.

### *Considerações finais*

Existe uma demanda por educação continuada por estudantes e profissionais no mercado. Esta é uma das principais funções do ensino a distância, EAD, e foi o contexto no qual este trabalho foi inserido. O curso aqui desenvolvido baseou-se no fato de que, principalmente com a recente popularização da Internet, a maior parte dos alunos viu crescer a disponibilidade de um acesso direto a uma forma diferente de atuação educacional, que aproveita novos conceitos e tecnologias de aprendizagem. Este trabalho objetivou, de um modo inovador, prender a atenção do aluno com exemplos visuais e interativos e, mesmo sem a presença física do professor, facilitou o caminho para que o aluno aprendesse, de uma maneira diferente, conceitos e aplicações metrológicas. Assim, diversificando o modo com que os alunos buscam, pesquisam e adquirem informações, este trabalho espera, de alguma forma, contribuir para esse sistema de educação diferenciado, o EAD.

Como características dominantes deste trabalho podemos citar a flexibilidade de horários proporcionada ao aluno, a facilidade de busca de informações e a desobrigação de deslocamentos de atividades cotidianas. A principal inovação que tornou possível o desenvolvimento de programas para EAD, para alunos e técnicos no Brasil inteiro, foi a massificação da Internet.

Nesta linha de pensamento, buscamos com este trabalho desenvolver o ensino de metrologia em um escopo bem abrangente, desde seu contexto histórico até a interpretação de cálculos mais elaborados de incertezas de medição.

O trabalho poderá ser acessado na Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, através de seu servidor, na página [www.labmetro.ufsc.br](http://www.labmetro.ufsc.br). Um CD com o curso interativo também pode ser compilado para pessoas que não tenham facilidade de acesso à Internet.

### ***Referências***

ANTUNES, S. Metrologia & Qualidade, Lisboa: Instituto Português da Qualidade, 1994. 163 p.

BOCCIA, S. Objetividade e timidez encontram-se em salas de e-learning, Valor Econômico, Rio de Janeiro, 11 ago. 2003

DIEGUEZ, F. O universo infinitamente pequeno. Galileu, v. 11, n. 129, p. 48-52, abr. 2002

ENSINO a distância. Disponível em: <http://ead.no.sapo.pt/framesetmundo.html>. Acesso em 26 ago. 2003

FELIX, Júlio C. A Metrologia no Brasil, Rio de Janeiro: Qualitymark. 1995, 186 p.

FIGUEIREDO, R. L. Uma nova abordagem para o ensino de Metrologia Dimensional, 2003 164 p. Dissertação (Mestrado em Metrologia para a Qualidade Industrial) – Instituto de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro

GARCIA, R. Nanotecnologia entre o bem e o mal. Galileu, ano 17, n. 146, p. 46-50, set. 2003

GONÇALVES JUNIOR, A.A. Metrologia: parte I-2001.1 Florianópolis: LABMETRO; UFSC, 2001 (Apostila)

HUDSON, R:G. Manual do Engenheiro: Matemática, Mecânica, Hidráulica, Calor , Eletricidade, Tabelas Matemáticas. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1977. 369 p.

ILOG tecnologia. Conheça o Web Ensino e a Ilog: catálogo. Curitiba, 2003

INMETRO: SOCIEDADE BRASILEIRA DE METROLOGIA. Padrões e Unidades de Medida: referências metrológicas da França e do Brasil, Rio de Janeiro : Qualitmark, 1999

INMETRO: Quadro geral de unidades de medida: resolução do CONMETRO nº 12/ 1988 2. ed. Brasília: SENAI/DN, 2000, 39 p.

INMETRO: Vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia: 2. ed. Brasília: SENAI/DN, 2000, 75 p.

INMETRO: Vocabulário de metrologia legal: 2. ed. Brasília: SENAI/DN, 2000, 27 p.

JOHNSON, R. A. Miller & Freund's: Probability and statistics for engineers, 5. ed. (S.I.): Prentice Hall, 2001. 630 p.

LINK, Walter. Tópicos avançados da Metrologia Mecânica: confiabilidade metrológica e suas aplicações. São Paulo: Mitutoyo Sul Americana; IPT; INMETRO. 2000 263 p.

METROLOGIA: Conhecendo e aplicando na sua empresa. Brasília: CNI, 2000, 99 p.

NANOTECNOLOGIA: Disponível em: <http://www.tokomaki.hpg.ig.com.br/nano.html>. Acesso em 26 ago. 2003

POTÊNCIAS de dez. Superinteressante, n. 148, p. 81-84, nov. 2000

ROZENMERG, I. M. O Sistema internacional de unidades – SI. 2 ed. São Paulo : Instituto Mauá de Tecnologia, 2002, 112 p.

SOUZA, A. F. Dossiê: Ensino a distância. Galileu v.12, n. 142, p. 39-50, maio 2003

TRACCO, M. O matemático da diversão. Superinteressante, ano 17, n. 9, p.94, set. 2003

### *Uma Ferramenta Interativa para o Ensino da Metrologia*

**Abstract:** The initial assumption when elaborating this interactive metrology project was turning it into something completely different from most projects available so far to graduating students and technicians in the metrology field. Having its initial setup based on personal experiences from the advisor and also from the student, the contents and formatting of this project were decided. The subjects contained in this project are metrology history, metrological terminology, number treatments, calibration, measurements, nanotechnology and uncertainty calculations. We were very careful not to make this project a simple transcription from texts to a computer screen, so definitions and concepts harder to understand, in all eight chapters, were reviewed and illustrated with animations or interactive exercises. This project was developed obeying a growing order of difficulties, since its support chapter until some complex calculation of uncertainty measurements. This course is hosted at the Labmetro website to allow students to access it from remote locations. From evaluations performed with students and technicians we conclude that we achieved our goals, which were being innovative and becoming a reference material for metrology supporting and researching.

**Key-words:** Metrology, Interactive, Continuing Education