

DESENVOLVIMENTO DE MODELOS VIRTUAIS TRIDIMENSIONAIS PARA APOIO AO ENSINO DE METROLOGIA

Madson Germano Unias e Silva, madson.br@gmail.com

Luiz Soares Júnior, lsj@ufc.br

Antonio Salvador da Rocha, salvador@secrel.com.br

^{1,2,3} UFC, Campus Universitário do Pici Bloco 714, Fortaleza - CE - Brasil Cep: 60455-970

Resumo: *Entre os desafios de lecionar a disciplina de metrologia nos cursos de graduação de Engenharia Mecânica e Produção Mecânica, destaca-se o ensino dos conceitos relativos aos princípios de funcionamento dos diversos instrumentos de medição e a realização das práticas no laboratório. Nas duas situações, surgem as limitações da quantidade de instrumentos disponíveis para demonstração, associado à falta de espaço físico no laboratório para acomodar as turmas numerosas, tipicamente com 55 alunos. Para minimizar essa deficiência e ampliar o acesso dos alunos ao conteúdo, estão sendo desenvolvidos modelos virtuais tridimensionais de instrumentos de medição. Dessa forma, o aluno pode, em qualquer tempo, acessar o material didático e interagir com o instrumento de medição, simulando seu funcionamento, possíveis erros e resolvendo exercícios propostos. Os modelos tridimensionais estão sendo desenvolvidos no programa computacional livre Blender que permite modelagem 3D e animações com vídeo, largamente aplicados para conteúdo interativo como jogos, passeios virtuais, etc. Outra vantagem do Blender é que pode operar em diversos sistemas operacionais tais como, Linux, MacOS, Windows, Solaris, etc. Os arquivos e conteúdo educacional que estão sendo gerados são gratuitos e passíveis de serem aprimorados por outros alunos interessados no projeto de monitoria. Outra característica em estudo é a integração do material didático ao novo Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA). Atualmente estão em desenvolvimento as animações para o uso do paquímetro universal e da máquina de medição por três coordenadas.*

Palavras-chave: metrologia, modelos virtuais, ensino.

1. INTRODUÇÃO

Dentro do processo de ensino universitário, mais precisamente dentro do processo de ensino das disciplinas relacionadas aos cursos de engenharia, é amplamente reconhecido que fazer medições para adquirir dados e projetar instrumentos e sistemas de medição estão entre os campos de atuação. Para tanto, faz-se necessário não apenas professores gabaritados para o ensino e desenvolvimento de competências que os estudantes precisam adquirir, mas também dos instrumentais necessários dentro de aulas práticas, possibilitando os primeiros manuseios.

Entre os principais objetivos da prática de utilização de instrumentos de medição estão: a familiarização e a utilização de instrumentos básicos de medição, a verificação das incertezas dos elementos e a comparação das medidas realizadas entre os diversos instrumentos básicos. A familiarização do aluno com os instrumentos pressupõe uma aprendizagem através de tentativas de acertos e erros. No entanto, a compra de materiais apropriados gera grandes custos a universidade assim como a manutenção, que, neste caso, levando em consideração a insuficiente experiência de quem o manuseia, deve ser dada com maior frequência. Aliado a tais fatores, deve-se considerar o grande dinamismo da área, provocado por avanços constantes em componentes, dispositivos, técnicas e procedimentos, o que faz que a compra e manutenção de instrumentos para ensino e aprendizagem estão se tornando cada vez mais dispendiosas e, ao mesmo tempo, uma necessidade devido aos altos custos para suprir em quantidade e qualidade as demandas advindas dos cursos e áreas de interesse.

Apesar dos altos custos para as universidades, o livre manuseio destes instrumentos é imprescindível dentro das disciplinas específicas, pois uma aula exclusivamente teórica limitaria as possibilidades de aprendizagem, tornando os alunos pouco familiarizados, logo, despreparados para um futuro profissional que exigirá amplas competências dentro da área requisitada. Vygotsky, psicólogo russo e estudioso dos processos de ensino e aprendizagem em seres humanos, teorizava que a aprendizagem do indivíduo se dava através de ZPD's ou Zonas de Desenvolvimentos Proximais, concebido mediador entre o nível atual de desenvolvimento do indivíduo, determinado pela sua capacidade atual de

resolver problemas individualmente e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de problemas sob a orientação de um agente facilitador. Tal matriz teórica aplicada dentro das disciplinas relacionadas à metrologia coloca o professor como o agente facilitador, apresentando ao aluno toda a teoria que envolve o ensino de metrologia levando em consideração o conceito histórico dentro do processo evolutivo dos instrumentos de metrologia bem como a apresentação dos próprios instrumentos, criando uma ZPD, processo de apropriação do conhecimento, que se dá nas relações reais do sujeito com o mundo. (PALANGANA, 1994)

Pensando em uma maneira de conciliar a necessidade de uma aprendizagem de qualidade, permitindo ao sujeito manusear os instrumentos dentro de todas as possibilidades e, ao mesmo tempo, reduzir custos da universidade com a compra e a manutenção dos mesmos, o Laboratório de Metrologia Mecânica está desenvolvendo uma pesquisa maior denominada “Desenvolvimento de um Ambiente Virtual de Apoio ao Ensino de Metrologia”. Este, como o nome indica, objetiva desenvolver um ambiente virtual tridimensional, acessível a qualquer aluno. O desenvolvimento de um ambiente virtual para o ensino e a prática de metrologia beneficia a universidade com a diminuição de custos para a manutenção das máquinas ou a compra de novas para substituição das danificadas. Com a possibilidade da prática em um ambiente virtual, os instrumentos reais podem ser utilizados apenas após um tempo prévio de familiarização e aprendizagem mediada pelo professor através do ambiente virtual, preservando os instrumentos. Outra vantagem é a fácil acessibilidade, permitindo ao aluno estudar e manusear os instrumentais além-muros universidade, de forma gratuita, pois o ambiente virtual pode ser acessado de qualquer computador, a qualquer momento em que o aluno necessite.

Dessa forma, o presente artigo pretende abordar as etapas iniciais desse projeto, ainda em estado de construção. Descrevendo tais etapas, tanto no que está relacionado à elaboração, planejamento e execução e mostrar a criação de um ambiente virtual como uma proposta viável, diminuindo custos e aumentando a qualidade de ensino.

2. ESCOLHA DO SOFTWARE

Para iniciar o projeto, a etapa inicial consistia na escolha do software. Tarefa esta que se mostrou capciosa, dado o grande número de softwares de modelagem existentes no mercado. Fez-se necessário, então, um refinamento da lista de opções, através da diferenciação das opções de acordo com o custo e recursos oferecidos. Alguns critérios foram estabelecidos. Por ser um projeto que almeja a futura participação dos estudantes, um destes requisitos iniciais seria o baixo custo. No mercado atual, pode-se encontrar uma vasta gama de opções de ferramentas de modelagem tridimensional, desde a programação bruta, até bibliotecas completas de modelos e animações. A diferença está no fator custo. Criar modelos tridimensionais a partir de linguagem de programação básica (Java seria uma candidata com peso) teria um baixo custo, mas pecaria ao excluir futuros alunos interessados ao exigir dos mesmos conhecimentos avançados em linguagem de programação. No outro extremo, programas computacionais com interface bastante intuitiva e com altas curvas de aprendizagem, mas com custo proibitivo, mesmo com patrocínio privado. Encontrar um ponto de equilíbrio entre estas e demais características exigiu alguma pesquisa tanto em sites de desenvolvedores de software como, especialmente, em sítios de usuários amadores aficionados pelo desenho digital.

A saber, os softwares de modelagem se dividem em três tipos, de acordo com os princípios básicos utilizados para a criação dos modelos:

Modelagem Paramétrica: É a forma utilizada em muitos dos programas de CAD voltados para áreas técnicas e de engenharia. Este tipo de modelagem baseia-se nas dimensões dos objetos representados e nas relações geométricas existentes/desejadas entre superfícies, retas, curvas, vértices, etc. É, portanto, a mais apropriada para projetos de elementos sólidos.

Modelagem Poligonal: Empregada principalmente na indústria de jogos e cinematográfica, esta forma de modelagem abre mão da precisão dimensional em troca de um resultado estético de maior qualidade, melhor processamento computacional e facilidade de modelagem por parte do usuário.

Modelagem NURBS: É uma representação tridimensional baseada em modelos matemáticos para gerar diversos tipos de curvas e superfícies. Utiliza os mesmos princípios matemáticos da paramétrica, mas é diferente no que tange ao uso por parte do desenhista. Empregada principalmente no setor de design de produtos, desde joias até aplicações na indústria naval.

Como o presente projeto visa à criação de ambientes virtuais interativos voltados para visualização e aprendizado, optou-se pela criação de modelos utilizando uma ferramenta de modelagem do tipo poligonal. Esta escolha refinou amplamente a lista de opções de softwares disponíveis. Entretanto este projeto necessitava não apenas de um software de modelagem, mas também de uma *Game Engine*, ou motor de jogo. Um motor de jogo é um recurso utilizado para simplificar o processo de criação e desenvolvimento de jogos eletrônicos, através de abstrações visuais da linguagem de programação. Isto seria necessário para permitir a criação de um ambiente tridimensional interativo sem que fossem necessários conhecimentos profundos em uma dada linguagem de programação. O objetivo era facilitar o desenvolvimento do ambiente tanto por parte dos desenvolvedores iniciais como também daqueles que futuramente estivessem envolvidos com o projeto.

Abaixo são apresentadas tabelas comparativas entre alguns dos softwares de modelagem e motores de jogo candidatos a uso para a execução do projeto, bem como alguns dos recursos por eles oferecidos.

Inicialmente por questões práticas, cogitou-se a possibilidade do uso do software Autodesk® Maya®, uma vez que o bolsista encarregado da modelagem já dispunha de conhecimento do mesmo. Entretanto esta opção mostrou-se inviável, pois outros critérios eram o baixo custo de aquisição e a facilidade de uso, importante para a continuidade do

programa pelas gerações seguintes de alunos bolsistas. A solução mais viável foi a adoção do software de modelagem poligonal Blender, por melhor se adequar às características desejadas.

Tabela 1. Softwares analisados para uso no projeto

Nome	Modelagem 3D	Game Engine	Plataforma	Licença
Maya	✓	✗	Windows, MacOS, Linux	Paga
Cinema 4D	✓	✗	Windows, MacOS, Linux, Amiga OS	Paga
3DStudio Max	✓	✗	Windows	Paga
Blender	✓	✓	Windows, MacOS, Linux, Solaris, BSD	Gratuita
SoftImage	✓	✗	Windows, Linux	Paga
ZBrush	✓	✗	Windows, MacOS	Paga
LightWave 3D	✓	✗	Windows, MacOS, Amiga OS	Paga
Modo	✓	✗	Windows, MacOS	Paga
Env3D	✗	✓	Multi-plataforma	Gratuita
Ogre	✗	✓	Multi-plataforma	Gratuita
Panda3D	✗	✓	Multi-plataforma	Gratuita
Quake Engine	✗	✓	Multi-plataforma	Gratuita
UDK	✗	✓	Multi-plataforma	Gratuita
Unity 3D	✗	✓	Web, Windows, MacOS	Gratuita

2.1. Blender

Desenvolvido pelo estúdio de animação holandesa NeoGeo, inicialmente era destinado a ser um aplicativo de animação caseiro de pequeno porte. Seu desenvolvimento teve início em 1995. Mas apenas nos últimos anos ganhou popularidade, após passar por diversas modificações que impactaram em grandes melhorias em sua interface e facilidade de uso. Antes disso, apresentava uma baixa curva de aprendizagem por possuir uma interface confusa e pouco amigável.

Em 13 de outubro de 2002, o Blender foi lançado no mercado sob os termos da GPL, do inglês *General Public License*, ou licença geral pública, tornando-o um software genuinamente gratuito. Esta mostrou ser uma de suas maiores vantagens. Isto é raro, uma vez que os aplicativos destinados à modelagem são bastante caros e de difícil acesso para o usuário comum. Também há o fato de ser um software notavelmente pequeno e leve, especialmente se comparado com os demais softwares do mesmo gênero.

Era de se esperar que tais características resultassem em uma ferramenta bastante limitada, sem tantos recursos quanto um programa pago certamente ofereceria. A realidade encontrada, no entanto, foi outra. As mesmas funções e recursos necessários para geração de modelos de qualidade analisados foram encontrados no Blender.

Até o presente momento da elaboração desse texto, a versão mais recente do software é a 2.62.0 r44136. Entretanto o início deu-se em uma versão anterior, que passou por diversas modificações. Felizmente, nada que comprometesse radicalmente o andamento do projeto.

A maior dificuldade inicial no tocante ao uso deste software foi a aquisição de material didático na internet. Nas fases iniciais do projeto, o Blender passava por uma significativa transformação. A atualização da versão 2.49 para 2.50 trouxe notáveis transformações na interface e nas principais funções de modelagem. Até então havia uma grande quantidade de material disponível para o aprendizado da versão 2.49 e anteriores, bastante similares. Mas, com a nova versão, os usuários ainda encontravam-se ainda em processo de adaptação. Dominar o software apresentou-se, então, como uma dificuldade extra para a execução deste trabalho.

3. METODOLOGIA E ELABORAÇÃO DO CONTEÚDO

3.1. Modelagem do Ambiente

Para apresentar os instrumentos, era recomendável a elaboração de um espaço que ambientasse o usuário no campo da metrologia. Escolheu-se uma das salas do Laboratório de Metrologia, destinada a acomodar e climatizar os instrumentos de calibração e medição. Um projeto anterior envolvia a criação de uma planta baixa em CAD da mesma sala. O arquivo foi cedido pela Instituição, facilitando a obtenção das medidas necessárias.

Dezenas de fotos de referências do ambiente foram tiradas para uso durante o processo de modelagem. Algumas delas foram até mesmo necessárias para a aplicação das texturas dos objetos virtuais. A texturização direta utilizando imagens de quadros e painéis reais melhorou sensivelmente a qualidade final estética do ambiente.

Os objetos tridimensionais, uma vez modelados, tiveram dois usos de acordo com a natureza do conteúdo didático: uso no ambiente virtual interativo (baixa resolução) e uso na produção de vídeos e imagens (alta resolução).

3.2. Ambiente Virtual Interativo

Atualmente existem poucos trabalhos disponíveis que se propõem a integrar ferramentas de modelagem virtual no ensino de manipulação de instrumentos. O desafio surge, portanto, na elaboração do conteúdo didático a ser abordado dentro do ambiente virtual. Optou-se por seguir a linha tradicionalmente seguida nos principais livros de introdução à metrologia. Cada instrumento será abordado independentemente e as funções de controle no teclado do computador serão diferentes para cada tópico. O objetivo disto é facilitar o aprendizado, evitando que o usuário necessite lidar com um grande número de teclas.

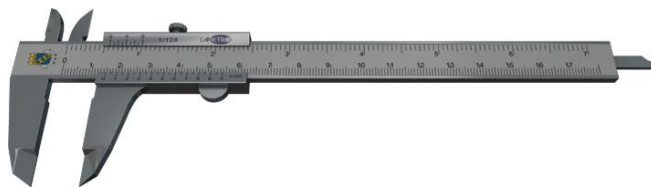


Figura 1. Paquímetro desenhado em três dimensões

Para exemplificar como isto se dá, considere-se um paquímetro como o representado acima. Manipular o mesmo com as mãos é uma tarefa realizada de maneira intuitiva, podendo-se girá-lo em 360° em qualquer um dos eixos do espaço cartesiano, além de abrir e fechar a parte móvel. No entanto, para abstrair estes quatro graus de liberdade em um ambiente virtual, seriam necessárias oito teclas. Para instrumentos mais complexos, com mais graus de liberdade, este número iria aumentar significativamente. Tal grau de dificuldade levaria o aluno a diminuir sua curva de aprendizagem, uma vez que o mesmo seria distraído do objetivo central: aprender sobre o instrumento, somente para aprender as funções do ambiente virtual. Algo indesejado.

Para criar uma atmosfera confortável, a tela inicial do Ambiente foi mantida tão simples e limpa quanto possível. Além disso, durante o passeio pelo ambiente virtual do laboratório de metrologia, o aluno irá dispor de telas de ajuda, acessíveis a qualquer momento, para trazer de volta à memória as teclas utilizadas e suas respectivas funções.



Figura 2. Tela inicial do Ambiente Virtual

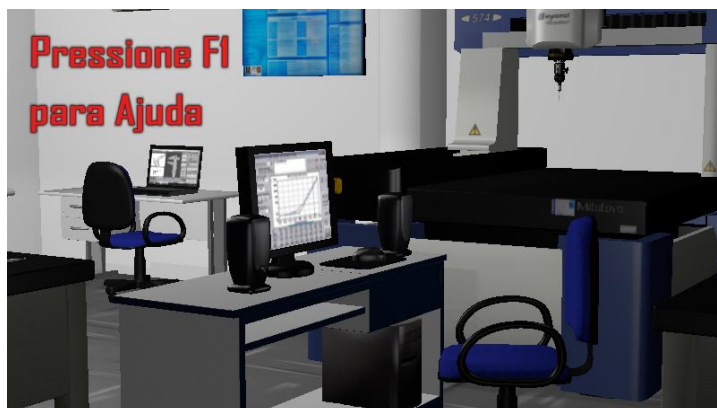


Figura 3. Mensagens auxiliares surgindo durante o passeio do usuário

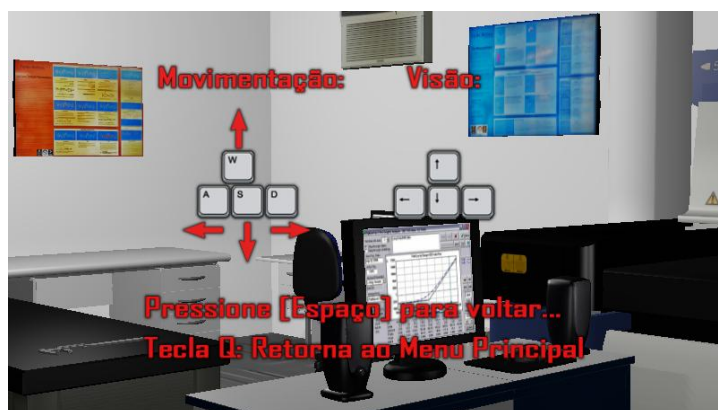


Figura 4. Captura de tela durante o passeio pelo ambiente no instante do surgimento do Menu de Ajuda

3.3. Produção de Imagens e Vídeos

O segundo uso destinado aos modelos digitais produzidos foi a criação de vídeos com animações e imagens de alta resolução. Objetiva-se utilizar estes vídeos como material de apoio multimídia em sala de aula e textos complementares como apostilas e outros textos de referência. A meta é integrar esse material aos ambientes virtuais, já existentes na Universidade, destinados principalmente a promover maior integração entre professor e aluno e, em certos casos, facilitar a ministração de cursos semipresenciais ou à distância.

O exemplo abaixo ilustra o uso deste recurso. No tópico referente aos erros de medição encontrados no uso do paquímetro, explica-se que dois erros comuns são os erros por folga, no contato entre parte móvel e régua fixa, e por deformação do instrumento, geralmente provocado por mau uso do operador. As folgas e deformações sendo propositalmente exageradas para facilitar a visualização.

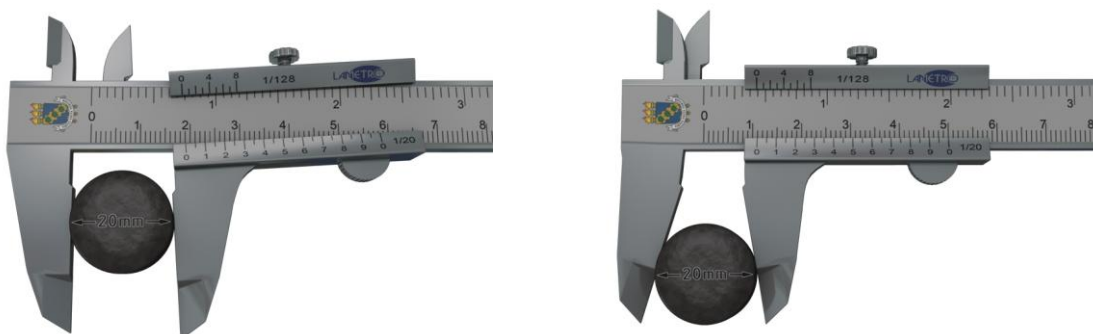


Figura 5. Erros de medição no paquímetro: Por folga (esquerda) e por deformação (direita).

Diversos objetos foram criados com esta finalidade. Seguindo o roteiro de metrologia básica, alguns dos instrumentos mais comumente encontrados além do paquímetro são o micrômetro e o relógio comparador. Estes instrumentos foram incluídos, então, por fazer parte dos conhecimentos básicos que é esperado para os alunos de graduação nos cursos de engenharia.



Figura 6. Outros instrumentos modelados: Micrômetro (esquerda) e Relógio Comparador (direita)

Na Figura (7) pode ser vista uma imagem de alta resolução do efeito da textura aplicada ao ambiente. Esta imagem foi “renderizada” (processada digitalmente, a fim de se obter o produto final com qualidade realista) utilizando-se um método conhecido como *Ray Tracing*, onde é simulada uma grande quantidade de raios de luz e o modo como estes raios se comportariam em um ambiente real ao atingir diferentes superfícies. Este método não é indicado para a simulação de um ambiente virtual interativo, pois exige grande esforço computacional. Todavia, por gerar imagens de alta qualidade, torna-se ideal para a produção final de imagens e vídeos.



Figura 7. Resultado obtido após texturização dos objetos em 3D no software de modelagem e animação Blender.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aqueles que optam por cursar engenharia e seguir a carreira de engenheiro frequentemente têm como ambição estar na vanguarda do desenvolvimento tecnológico ou do aperfeiçoamento do uso das tecnologias já existentes. A modelagem tridimensional tem diversas aplicações em pedagogia pouco exploradas. São raros os projetos que fazem uso deste tipo de ferramenta para facilitar o aprendizado.

Nas páginas anteriores foram expressas as etapas da execução de um projeto que tem como pretensão ser expandido para tornar-se algo maior. Com algum esforço e dedicação, acredita-se que haja potencial para mesmo vir a ser incorporado na didática de diversas faculdades de engenharia do País. Os autores deste texto estão cientes de que o mesmo carece de mais informações técnicas. Mas isso não deixa de ser proposital, uma vez que o projeto ainda encontra-se em fase inicial e ainda há muito pelo qual trabalhar.

Vale ressaltar que o projeto é um trabalho bastante extenso que deve ser aprimorado ao longo do tempo por outros estudantes, mediante o interesse na área através do estímulo do uso de suas capacidades criativas no aprimoramento constante do ambiente virtual, fazendo que estes participem como sujeitos ativos dentro de seus próprios processos de aprendizagem em metrologia.

5. AGRADECIMENTOS

Fica aqui registrado o agradecimento ao apoio dado pela Universidade à realização deste projeto, e ao esforço da equipe empenhada na execução do mesmo. Sinceros agradecimentos também aos colegas de trabalho do Laboratório de Metrologia, assim como aos parentes e amigos, que incentivaram o andamento dos trabalhos, sempre contribuindo com sugestões e críticas construtivas.

6. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- Dotson, C., Harlow, R., Thompson, R.L., 2003, “Fundamentals of Dimensional Metrology”, 4th Ed., Thomson Learning.
- Palangana, I.C., 1994, “Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vygotsky: A relevância do social”, Plexus, São Paulo.
- Chronister, J., 2011, “Blender Basics: Classroom Tutorial Book”, 4th Ed., Central Dauphin High School, Pennsylvania.
- González, C.G.; Vázquez, J.R.Z., 1995, “Metrología”, McGraw Hill Interamericana de México.

DEVELOPMENT OF VIRTUAL MODELS IN THREE DIMENSIONS TO AID METROLOGY TEACHING

Madson Germano Unias e Silva, madson.br@gmail.com

Luiz Soares Júnior, lsj@ufc.br

Antonio Salvador da Rocha, salvador@secrel.com.br

^{1,2,3} UFC, Campus Universitário do Pici Bloco 714, Fortaleza - CE - Brasil Cep: 60455-970

Abstract: Among the challenges of teaching the subject of Metrology in the courses of graduation in Mechanical Engineering and Mechanical Production, one could highlight teaching the concepts related to operating principles of many measuring instruments and the practices in laboratory. In both situations rises the limitation of number of instruments available for demonstration, associated to the lack of physical space in the lab to have room for the large classes, usually with 55 students. In order to minimize this deficiency and improve the access to the contents by the students, three dimensional models of measuring instruments are being developed. This way, the student can at any time, have access to courseware and interact with the measuring instruments, simulating their functioning, possible errors and solving proposed exercises. Three dimensional models are being developed with the open source computer software Blender, which allows 3D modeling, animation and video making, broadly used for interactive content such as games, virtual walkthrough, etc. Another advantage offered by Blender is its capability of working in many operating systems, like Linux, MacOS, Windows, Solaris, etc. All the files and educational content being created are free and able to be distributed and improved by other students interested in this monitoring project. Other feature in study is integrating the courseware with the new Integrated System of Academic Activities Management (SIGAA). Currently the animations are being made in the use of the universal caliper rule and the three coordinates measuring machine.

Keywords: metrology, virtual models, teaching.