

MÓDULO EXPOSITIVO E INTERACTIVO SOBRE FENÓMENOS ÓPTICOS

Rogério Pais Dionísio

Escola Superior de Tecnologia - Instituto Politécnico de Castelo Branco

rdionisio@ieee.org

RESUMO: As experiências interactivas são um veículo atractivo de disseminação do conhecimento, em particular no domínio da óptica e das suas aplicações. Este artigo descreve um módulo expositivo e interactivo, destinado a explicar os fenómenos físicos relacionados com a luz. O sistema assemelha-se a uma máquina de jogos, que tem no topo um conjunto de seis experiências e vem equipado com um sistema com informação visual e auditiva. Permite ao utilizador escolher qual a experiência que irá decorrer, criando um ambiente multimédia motivador para demonstrar efeitos ópticos. Pode ser utilizado tanto em ambiente de aula, como em eventos científicos ou culturais abertos à comunidade em geral. O resultado final é um módulo didáctico fiável e robusto, que integra diversas experiências e inclui soluções de hardware e software numa solução integrada.

Palavras Chave: física, fenómenos ópticos, ensino, interactividade, demonstração, multidisciplinaridade

INTRODUÇÃO

O estudo da luz e dos fenómenos ópticos associados é um campo do conhecimento fundamental para a compreensão dos sistemas de comunicação baseados em fibra óptica. Os conceitos fundamentais sobre o tema da luz são abordados no 3º ciclo do ensino básico [1] e no ensino secundário [2; 3]. Os cursos do ensino superior que aprofundam esta temática, fazem-no essencialmente sob a forma de aulas teóricas com a realização de demonstrações, ou através de sessões experimentais em laboratório [4].

Uma forma de motivar os estudantes desta área, recorre às demonstrações físicas com experiências sobre o tema da luz. As demonstrações interactivas, com a participação activa dos estudantes, reforçam as suas capacidades de observação, e estimulam-nos a questionarem conceitos e a debaterem ideias novas [5; 6]. Uma demonstração pode ser usada por professores, para complementar uma aula expositiva, ou ser um meio de suporte interactivo autónomo, onde os estudantes experimentam e são depois questionados sobre os fenómenos analisados [5].

Com base nestas premissas, foi projectada e construída uma estrutura modular, que suporta um conjunto de seis experiências prontas a usar, relacionadas com os fenómenos da luz. Permite ao utilizador interagir com o sistema e familiarizar-se com os conceitos da óptica.

Este artigo descreve o módulo expositivo e interactivo desenvolvido, evidenciando os aspectos construtivos, o equipamento electrónico

produzido e utilizado, assim como as ferramentas de programação adoptadas. Faz-se inicialmente uma descrição das experiências escolhidas para demonstrar alguns fenómenos ópticos, e no final apresentam-se as conclusões.

EXPERIÊNCIAS DE FÍSICA SOBRE A LUZ

São muitas as experiências de óptica interessantes que poderiam ser mostradas. A escolha foi condicionada em função de três parâmetros:

- O espaço destinado a cada demonstração, limitado a $30 \times 30 \times 15$ cm.
- A potência útil fornecida pela fonte de alimentação, que suporta os gastos energéticos necessários à realização das experiências.
- O conteúdo das demonstrações ser adequado, quer para os programas de ensino que abordam os fenómenos ópticos, como para uma utilização pela população em geral, fora do âmbito escolar.

Dispersão da luz

Esta experiência explica o fenómeno da dispersão da luz [7]. A Fig. 1 mostra a disposição dos vários elementos. Uma fonte de luz branca envia um feixe de luz sobre a face lateral de um prisma de vidro, com índice de refração igual a 1.33. Para ser possível visualizar a separação de cores, é colocado um espelho na parede oposta à fonte de luz, para reflectir o feixe que atravessou o prisma e aumentar desta forma a distância percorrida.

Assim, as limitações físicas do espaço destinado à experiência são eliminadas, permitindo distinguir as várias componentes de cor, separadas no espaço.

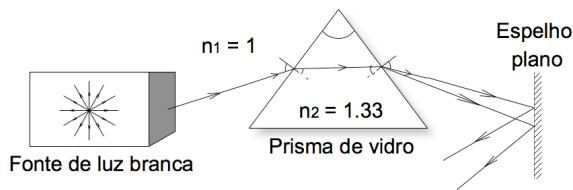


Fig. 1. Esquema da experiência sobre a dispersão da luz. O feixe proveniente da fonte de luz branca, passa pelo prisma e sofre uma separação espectral no espaço. O espelho permite o prolongamento espacial das várias cores com maior abertura.

Mistura de cores

Nesta experiência é abordada a composição da luz [8]. As cores vermelha, azul e verde são obtidas usando três díodos emissores de luz (LEDs) de elevado brilho. Combinando uma destas cores com outra, com a mesma intensidade, obtém-se um segundo conjunto de cores. Este é um processo de reprodução de cores aditivo, ao contrário da reprodução de cores com base em tintas ou pigmentos, que é substractivo.

Quando se sobrepõem as cores primárias duas a duas, obtém-se outras três cores:

- verde + vermelho = amarelo;
- azul + vermelho = magenta;
- verde + azul = azul ciano.

Ao sobrepor as três cores, obtém-se o branco.

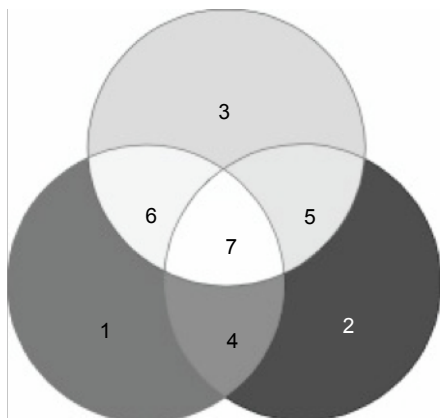


Fig. 2. Mistura de cores aditivas produzidas por três LEDs: verde (1), vermelho (2) e azul (3). A soma de cores aos pares produz o amarelo (4), o magenta (5) e o ciano (6). O branco (7) resulta da soma de todas as cores.

Devido ao elevado consumo de energia (correspondendo a uma corrente elevada), foi necessário acoplar termicamente a pastilha de

LEDs a um dissipador metálico e usar ventilação forçada. A forte intensidade luminosa produzida na direcção dos utilizadores poderia ofuscá-los no decorrer da experiência, o que obrigou o uso de uma superfície opaca para o fenómeno ser visualizado sem incómodo.

Ângulo crítico, reflexão e refacção da luz

Nesta experiência será demonstrado o fenómeno da refacção e reflexão da luz [7], através da montagem esquematizada na Fig. 3. A demonstração envolve um servo motor, um laser e uma lente semicircular transparente, que tem a particularidade de permitir ver o rasto de luz [9] ao longo do seu percurso.

Assim, quando o servomotor é activado, a lente entra em movimento de rotação, o que permite ver a variação angular dos feixes refractado e reflectido, até que a situação de reflexão total é atingida.

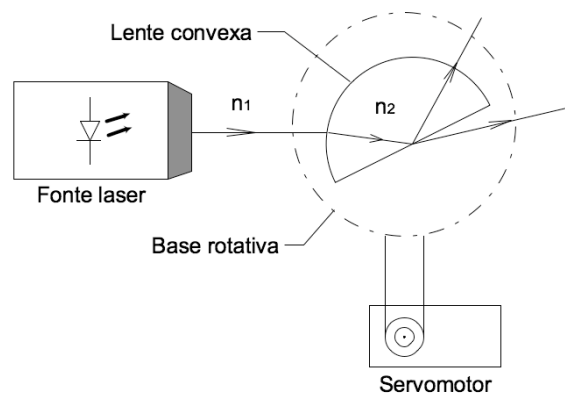


Fig. 3. Esquema da experiência. Um servomotor faz girar uma lente convexa ($n_2 = 1.49$), onde um feixe laser ($n_2 = 1$) incide e é depois reflectido e refractado.

O ângulo crítico pode então ser medido, através de uma escala graduada colocada em redor da base rotativa.

Lentes côncavas e convexas

As lentes são materiais homogéneos e transparentes, em que pelo menos uma face deve apresentar uma curvatura. Existem lentes convexas e lentes côncavas, que provocam, respectivamente, a convergência e a divergência da luz.

Para demonstrar este fenómeno, foram usadas duas lentes, uma côncava e outra convexa, alinhadas com uma fonte com três lasers vermelhos, tal como vem ilustrado na Fig. 4. As lentes são produzidas por um material que dispersa parcialmente a luz, possibilitando assim ver o percurso dos feixes ópticos coerentes no interior das lentes [9].

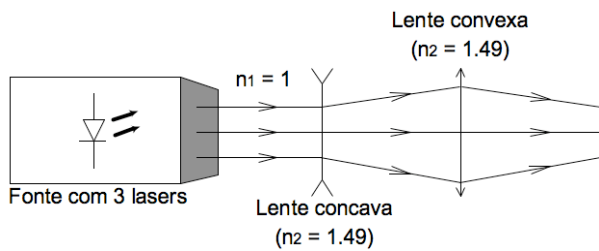


Fig. 4. Esquema da experiência com lentes. Três feixes luminosos paralelos ($n_1=1$) divergem ao atravessar uma lente côncava ($n_2=1.49$); A seguir, convergem num único ponto depois de passarem por uma lente convexa ($n_2=1.49$).

Disco de Newton

Uma demonstração que combina o efeito aditivo das cores, com as particularidades da visão humana, é o chamado disco de Newton [10]. Trata-se de um disco segmentado onde estão representadas sete cores na seguinte ordem: vermelho, alaranjado, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

O disco é acoplado ao eixo de um motor. Quando é dada a ordem para a demonstração ter início, o motor começa a girar e quando atinge a velocidade máxima, o disco torna-se branco.

Reflexão interna total

Esta experiência examina o princípio de funcionamento de um guia de onda óptico [11]. A luz pode ser guiada num meio rodeado por material com um índice de refração inferior. É o princípio usado pelas fibras ópticas. A montagem está representada na Fig. 5.

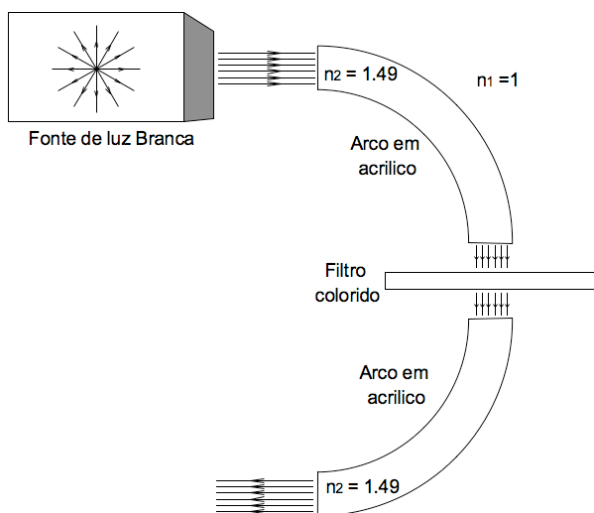


Fig. 5. Esquema da experiência sobre reflexão interna total. Dois arcos em acrílico ($n_2=1.49$) formam um semicírculo no qual incide um feixe de luz branca ($n_1=1$). O filtro colorido funciona como filtro óptico, permitindo a passagem de apenas uma cor.

Dois arcos em acrílico servem de guia óptico. Estão separados por um filtro óptico de cor, também em acrílico. A luz proveniente da fonte de luz branca é guiada no interior do primeiro arco, atravessa o filtro e continua a ser propagada no arco seguinte, mas apenas com a componente de cor não filtrada.

DESCRIÇÃO DO MÓDULO

Um sistema interactivo deve satisfazer os seguintes critérios [12]:

- Utilização por um público diversificado, incluindo crianças e adultos.
- Deslocação para qualquer lugar, sem ser necessário montar ou desmontar equipamento.
- Robustez, para garantir a segurança dos utilizadores.
- Simplicidade na utilização, sem necessitar de um manual de instrução.
- Descrição clara e objectiva de cada experiência de óptica, quando estas estiverem a decorrer.

Todas as condições acima descritas foram tidas em consideração, durante a produção do módulo expositivo e interactivo.

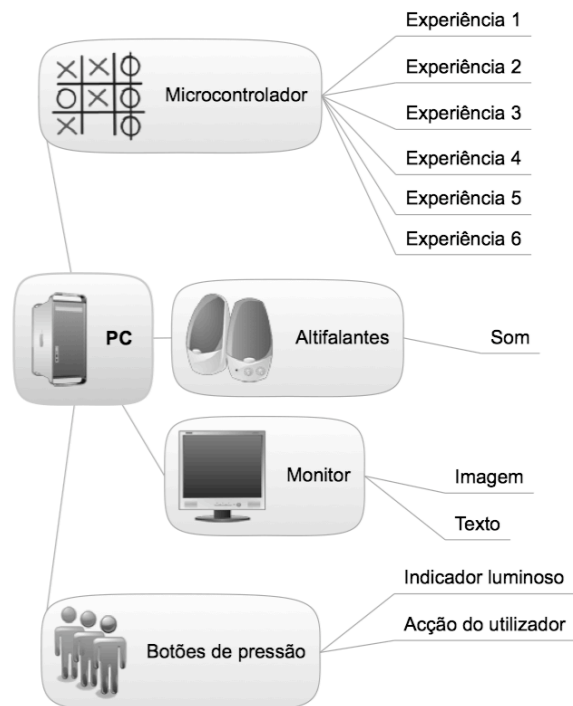


Fig. 6. Esquema geral do projecto. O computador pessoal é o elemento central do projecto; recebe os comandos dos utilizadores (botões de pressão) e transmite essa informação para um conjunto de sistemas (altifalantes, monitor e microcontrolador).

A solução proposta na Fig. 6 é baseada num computador pessoal (PC), dotado de uma placa de entradas e saídas digitais [13]. As escolhas do utilizador são obtidas recorrendo a botões de pressão iluminados [14], num total de 7: um para cada experiência, e outro botão adicional que serve para terminar previamente uma experiência e voltar ao estado inicial. O microcontrolador produz e gere todos os sinais de controlo necessários para cada experiência. O monitor ligado ao PC fornece informação gráfica e textual durante a realização de uma experiência, complementada com uma descrição áudio proveniente dos altifalantes.

Hardware

O hardware do sistema está organizado em dois grupos principais:

a) Electrónica

A Fig. 7 mostra um esquema da electrónica utilizada no módulo. A Placa digital I/O [13] tem três portas bidireccionais de 8 bits com níveis lógicos TTL e fornece uma alimentação DC de 5V. Um dos portos é destinado a receber a informação sobre qual dos botões de pressão foi premido. Os outros dois portos são destinados por um lado, a activar a iluminação do botão de pressão premido, e por outro a enviar comandos ao microcontrolador sobre qual a experiência escolhida.

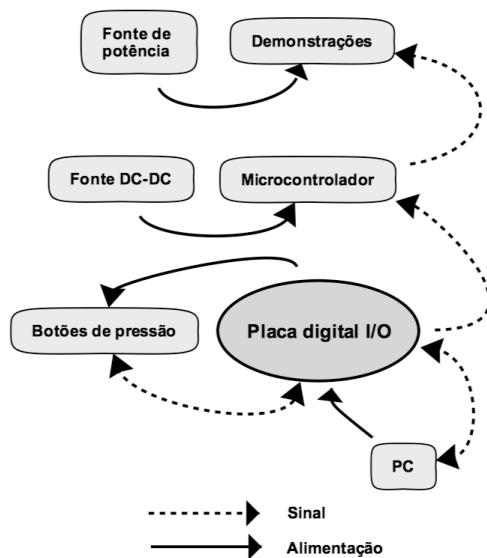


Fig. 7. Esquema geral do hardware electrónico utilizado ou produzido.

A placa do microcontrolador foi produzida para o efeito. Tem um banco de relés para activar ou desactivar as experiências. Algumas demonstrações necessitam de sinais mais complexos, como um sinal PWM para o

servomotor da experiência sobre reflexão e refração da luz. A demonstração sobre a mistura de cores necessita de uma ligação sequencial de três relés, para uma combinação de cores aos pares. Embora todas estas tarefas pudessem ser programadas em linguagem de alto nível, o objectivo foi distribuir tarefas, que deixam assim de estar centralizadas no programa do PC.

O microcontrolador utiliza uma fonte de alimentação estabilizada, baseada num conversor DC-DC, para que a tensão de alimentação seja imune às flutuações de corrente, provocadas pelo funcionamento do equipamento eléctrico.

A fonte de alimentação para o funcionamento das experiências requer uma potência que não pode ser fornecida pelo PC. A solução foi utilizar uma fonte de computador independente, com tensões e correntes de saída adequados.

Um pormenor muito importante está em ligar a massa (ou terra) de todos os sistemas electrónicos a um ponto comum, para o correcto funcionamento do módulo.

b) Estrutura Mecânica

A construção do suporte físico foi realizada com base em barras metálicas perfuradas, permitindo uma montagem rápida recorrendo à fixação com porcas e parafusos. A Fig. 8 mostra o resultado desse trabalho. A secção inferior serve para alojar o equipamento eléctrico, o monitor é fixado na parte central, numa posição horizontal, e as experiências de óptica ficam localizadas no topo da estrutura, numa posição vertical.

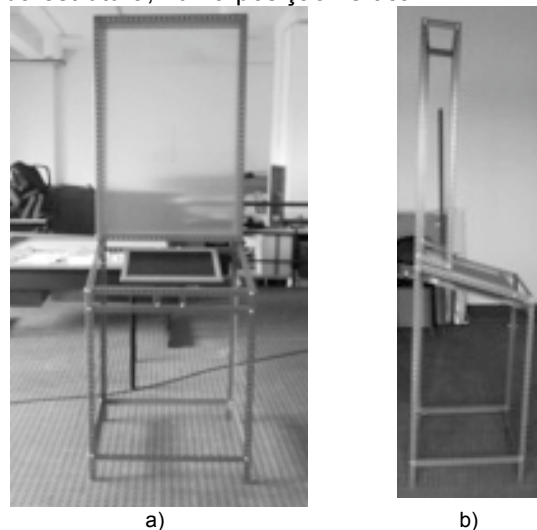


Fig. 8. Estrutura física metálica, vista de frente a) e de lado b). A localização do monitor teve em consideração as diferenças de altura dos utilizadores (crianças e adultos). A área destinada às experiências de física estão protegidas por uma superfície em acrílico transparente, para evitar o contacto dos utilizadores com peças móveis ou cortantes.

O perfil em forma de 'L' das barras metálicas facilitou a colocação das placas de revestimento. As placas de madeira servem para proteger o equipamento instalado, e as placas de acrílico transparente permitem ver o monitor e visualizar as experiências em segurança.

Software

O LabVIEW [15] foi a ferramenta de desenvolvimento utilizada para o módulo. Uma das razões da sua popularidade está na facilidade em produzir interfaces gráficas. Além disso, a programação é baseada em objectos gráficos, o que dispensa o programador de se concentrar sobre detalhes de sintaxe, tal como acontece em programação baseada em texto, como o C.

Por outro lado, O programa LabVIEW faculta um conjunto de funcionalidade que facilitam a interacção com o hardware, em particular com a placa de aquisição de dados adoptada e descrita na secção anterior. Uma destas funcionalidades é o *DAC Assistant* [16]. Trata-se de um assistente à programação de um ou vários portos digitais. Deve ser acoplado com um bloco de escrita ou leitura de dados e uma variável de 8 bits, que fornece uma indicação do estado do porto, como ilustra a Fig. 9.

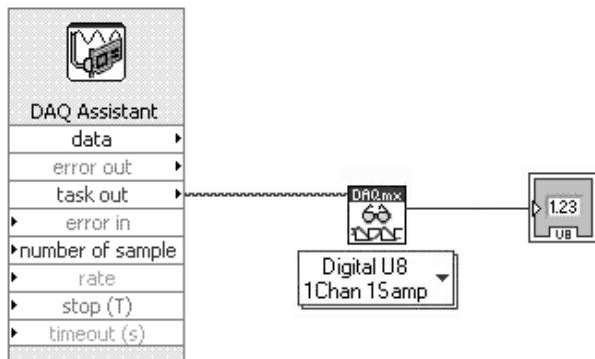


Fig. 9. Blocos para configuração de um porto da placa de entradas e saídas digitais.

Das muitas funcionalidades do LabVIEW, algumas são fundamentais para tornar o módulo um sistema informativo. Destacam-se a capacidade de decifrar ficheiros de imagem, de texto e de áudio digital.

O software desenvolvido contém três partes:

- O painel frontal cria uma interface gráfica atractiva e intuitiva. Contém apenas elementos de informação, pois o controlo do módulo é realizado pressionando os botões de pressão.
- Os diagramas de blocos são o equivalente ao código fonte. Os blocos estão interligados por fios que indicam a transferência de dados. O objectivo é controlar todo o equipamento

electrónico para que o módulo funcione de acordo com uma sequência de acções pré-definida.

- Os sub-Vis são estruturas análogas às subrotinas nas linguagens de programação convencionais.

Para evitar a instalação de uma licença para LabVIEW, foi criado um programa executável, que corre assim que o PC é ligado. Deste modo, o arranque do módulo é feito sem necessitar de periféricos (teclado ou rato). A estrutura do programa está sintetizada no diagrama de fluxo da Fig. 10.

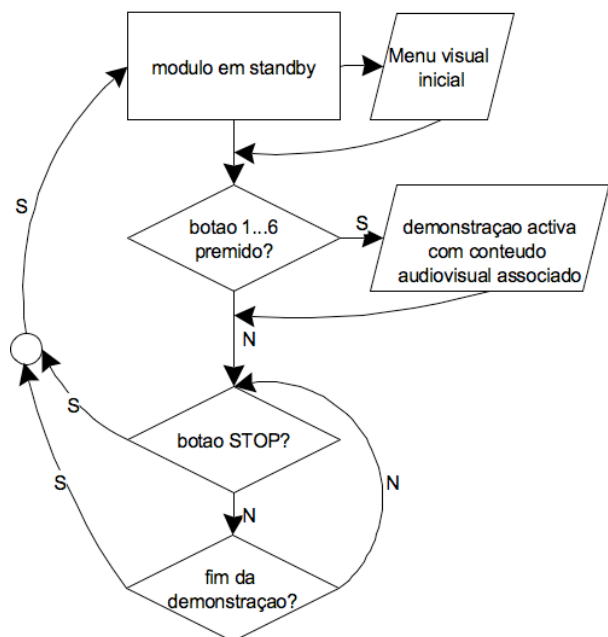


Fig. 10. Diagrama de fluxo do programa principal.

RESULTADOS

O aspecto exterior do módulo está representado na Fig. 11. Foi testado por estudantes do ensino superior em ambiente de aula, por alunos do ensino básico e secundário, no decorrer de visitas de estudo, e em eventos académicos abertos ao público em geral. O interesse pelos conteúdos e pela forma como as demonstrações são apresentadas tem sido generalizado. O módulo tem marcado presença em feiras de ciência internacionais [17], chamando principalmente a atenção das crianças, devido provavelmente à sua semelhança com uma máquina de jogos.



Fig. 11. Aspecto final do módulo expositivo e interativo. É visível a secção superior, com seis experiências; O monitor e o conjunto de botões de controlo ficam na zona central. O PC, as colunas de som e as fontes de alimentação ficam resguardados na zona inferior.

CONCLUSÕES

A ideia de produzir um dispositivo autónomo para demonstrar um conjunto de fenómenos ópticos, esteve na origem de um projecto de final de curso, do qual resultou o módulo descrito.

O sistema produzido permite a visualização de algumas experiências relacionadas com a óptica, apoiadas por uma interface gráfica descritiva e uma gravação sonora. A sua utilização é simplificada pela utilização de botões de pressão como elementos de controlo, permitindo o seu uso por crianças. A robustez mecânica do sistema permite que seja movimentado sem restrições.

Em particular, a resposta dos alunos tem sido favorável, principalmente para aqueles que estudam pela primeira vez os conceitos de física, relacionados com a luz e a óptica.

Uma das sugestões mais frequentemente apontada pelos utilizadores, no sentido de melhorar a interacção homem-máquina, passa pela utilização de um ecrã táctil, que poderá substituir a interface actual, constituída por botões de pressão e um monitor LCD.

AGRADECIMENTOS

O projecto "Módulo Expositivo e Interactivo sobre Luz e Visão", POCTI/DIV/2005/000138, foi co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do Programa Operacional Ciência e Inovação 2010 (POCI-2010), integrado no III Quadro Comunitário de Apoio (QCA III).

REFERÊNCIAS

- [1] Galvão, C. (2001). Ciências Físicas e Naturais - Orientações Curriculares 3º Ciclo. Retrieved February 21, 2009, from <http://www.dgicd.min-edu.pt>
- [2] Fiolhais, M. (2004). Programa de Física 12º Ano. *Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias* Retrieved February 21, 2009, from <http://www.dgicd.min-edu.pt>
- [3] Caldeira, H. (2003). Programa de Física e Química A - 11º ou 12º anos. *Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias* Retrieved February 21, 2009, from <http://www.dgicd.min-edu.pt>
- [4] Maneira, M., & Ribeiro, P. (2006). Óptica Aplicada. Retrieved April 10, 2009, from <https://www.fct.unl.pt/universalidade-dos-saberes/area-da-fisica/optica/documentos/Informacoes.pdf>
- [5] Moore, C. B. (1997). Science Teaching Reconsidered - A handbook. In C. o. U. S. Education. (Ed.). Washington, D.C.: National Academy Press.
- [6] Sokoloff, D. R., and Thornton, R. K. (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment. *Phys. Teacher*, 35, 340.
- [7] Alonso, M., Finn, E. (1981). *Física - um curso universitário* (edição estudantil ed. Vol. II). São Paulo.
- [8] Guedes, F. (Ed.) (2004) A enciclopédia (Vols. 6). Lisboa: Jornal Público.
- [9] "Visible Ray" Optics Set. (1996). Retrieved February 21, 2009, from <http://store.pasco.com>
- [10] Newton, S. I. (2007). *Opticks: Or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*.
- [11] Agrawal, G. P. (2004). *Lightwave Technology: Components and Devices* (illustrated ed.): Wiley-IEEE.
- [12] Kroumov, V., Shibayama, K., & Inoue, A. (2003). *Interactive learning tools for enhancing the education in control systems*. Paper presented at the Frontiers in Education, 2003. FIE 2003. 33rd Annual.
- [13] NI PCI-6503. (2005). Retrieved February 19, 2009, from http://www.ni.com/pdf/products/us/4daqsc379-384_374-376.pdf
- [14] Illuminated Vandal Resistant Switches. (2009). Retrieved February 21, 2009, from <http://www.bulgin.co.uk/Products/Switches/Illuminated.html>
- [15] LabVIEW Homepage. (2009). Retrieved February 21, 2009, from <http://www.ni.com/labview>
- [16] Using the DAQ Assistant to Automatically Generate LabVIEW Code. (2009). Retrieved February 21, 2009, from <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4656>
- [17] Ciencia en Accion. (2007). Retrieved February 21, 2009, from <http://www.cienciaenaccion.org/>