

TICAI 2011

TICs para el Aprendizaje de la Ingeniería

Editores:
Paula Escudeiro
Rosa Vicari
Juan M. Santos

Introdução dos Editores

TICAI 2011 é o sexto volume de uma série que compila as contribuições mais significativas dos melhores congressos de língua Portuguesa e Espanhola no âmbito da Sociedade de Educação do IEEE. Este volume, correspondente aos eventos realizados no ano de 2011, é promovido pelos Capítulos Português e Espanhol desta Sociedade (no caso espanhol, através do CTAE - Comité Técnico de Acreditação e Avaliação).

Como nos volumes anteriores, o TICAI 2011 centra-se na investigação na área da tecnologia na educação, englobando o estudo de métodos pedagógicos, técnicas, ferramentas e materiais que facilitem o processo de ensino/aprendizagem e a sua aplicação em casos concretos. Em particular, este sexto volume da série TICAI foca-se no ensino/aprendizagem das disciplinas próprias do IEEE, fundamentalmente nas áreas da Engenharia Electrotécnica, Tecnologia Electrónica, Engenharia de Telecomunicações e Engenharia Informática.

Os capítulos deste livro passaram pelo crivo apertado de duas revisões: numa primeira fase foram sujeitos ao processo de submissão e revisão dos próprios congressos e, numa segunda fase, uma seleção dos melhores artigos de cada congresso foram sujeitos a um segundo processo de revisão da responsabilidade do corpo editorial do TICAI 2011. Para este processo, contámos com membros destacados de cada um dos Comitês de Organização ou de Programa dos respectivos congressos.

Os trabalhos aqui compilados foram selecionados dos seguintes congressos:

- CHALLENGES 2011, VII Conferência Internacional de TIC na Educação, Perspectivas de Inovação, Universidade do Minho, em Braga.
- CISTI 2011, the 6th Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, in Chaves, Portugal
- CPNTE 2011, XVII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação
- CPNTE 2011, XVIII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação.
- EIC 2011, conferência 1stExperiment@international Conference, Calouste Gulbenkian Foundation, Lisbon
- FINTEI 2011, II Conferencia Internacional en Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería
- ieTIC 2011, al CONGRESO
- SIBIE 2011, XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação.

Esperamos assim que, através da Sociedade de Educação do IEEE, e concretamente através dos Capítulos Português e Espanhol, a compilação destes excelentes trabalhos, possa contribuir para um melhor conhecimento por parte da comunidade ibero-americana dos recentes avanços da aplicação da tecnologia no ensino/aprendizagem da Engenharia, e, em consequência, um aumento geral da qualidade das publicações nos respectivos congressos.

Paula Escudeiro (Capítulo Português da Sociedade de Educação do IEEE)
Rosa Vicari (Capítulo Brasileiro da Sociedade de Educação do IEEE)
Juan M. Santos (Capítulo Espanhol da Sociedade de Educação do IEEE)

Editores de TICA1 2011

Capítulo 1

MobiLE: Um ambiente Multiagente de Aprendizagem Móvel para Apoiar a Recomendação Sensível ao Contexto de Objetos de Aprendizagem

Luiz Cláudio Nogueira da Silva, Francisco Milton Mendes Neto & Luiz Jácome Jr.

Title— *MobiLE: A Multi-agent Environment of Mobile Learning to Support Context Sensitive Recommendation of Learning Objects.*

Abstract—A mobile learning environment provides students with a teaching method that would be not possible to be performed in a conventional web-based course. The use of Learning Objects (LOs) in a standard way consists of an effective way to allow, among other features, content reuse and interoperability between different Learning Management Systems. However, a problem that occurs frequently is the unsuitability of the content being learned to the context in which the student is inserted. A context-aware mobile learning support environment allows to solve this problem. Thus, this paper presents an agent-based approach to context-aware recommendation of LOs in order to enhance the teaching process in mobile learning.

Keywords—Mobile, Learning, Agent, Context-aware.

Resumo—Um ambiente de aprendizagem móvel provê aos estudantes uma forma de ensino não possível de ser realizada em um curso convencional baseado na web. O uso de Objetos de Aprendizagem (OAs) em um formato padrão consiste em uma forma efetiva de permitir, entre outras características, o reuso e a interoperabilidade de conteúdo entre diferentes Sistemas de Gestão de Aprendizagem. No entanto, um problema que ocorre frequentemente é a inadequação do conteúdo sendo aprendido ao contexto do usuário. Um ambiente de suporte à aprendizagem móvel sensível ao contexto pode resolver esse problema. Desta

Este trabalho foi apresentado originalmente no XXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE).

L. C. N. da Silva is with the Rural Federal University of the Semi-Arid - UFERSA, Mossoró - RN, Brazil (e-mail: luizclaudio@ufersa.edu.br).

F. M. Mendes Neto is with the Rural Federal University of the Semi-Arid - UFERSA, Mossoró - RN, Brazil (e-mail: miltonmendes@ufersa.edu.br).

L. Jácome Jr is with the Rural Federal University of the Semi-Arid - UFERSA, Mossoró - RN, Brazil (e-mail: luizjunior05@gmail.com).

forma, este artigo apresenta uma abordagem baseada em agentes para recomendação sensível ao contexto de OAs a fim de aperfeiçoar o processo de ensino na aprendizagem móvel.

Palavras-chave— Móvel, Aprendizagem, Agente, Sensível ao contexto.

I. INTRODUÇÃO

A Educação a Distância (EaD) é uma modalidade de ensino e aprendizagem que vem crescendo há alguns anos. De acordo com pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Ensino à Distância (ABED) e pelo Ministério da Educação (MEC), a demanda em cursos de especialização a distância aumentou 60% de 2008 a 2010 [1].

Uma das formas de se prover a EaD é através do uso de dispositivos móveis, modalidade esta conhecida como Aprendizagem Móvel, do inglês *Mobile Learning* ou *m-learning*. Este meio de oferecer ensino permite que estudantes e professores possam tirar vantagens dos recursos oferecidos pelas tecnologias móveis, dentre os quais destaca-se a possibilidade de acessar, visualizar e prover conteúdo independentemente do horário e a partir de qualquer localidade [2].

Contudo, para melhorar a eficácia da absorção de conhecimento pelos estudantes na aprendizagem móvel, deve-se levar em consideração as características particulares de cada estudante. Isso é necessário não apenas para fornecer um conteúdo que atenda às características cognitivas dos estudantes, mas também para prover conteúdos de forma adequada às restrições dos seus dispositivos móveis, uma vez que os mesmos possuem recursos distintos e limitados (com restrições). Surge então o conceito de ambientes sensíveis ao contexto (*context-aware environments*). Esse tipo de ambiente se adéqua ao perfil do usuário, levando em consideração

informações fornecidas pelo próprio usuário, além daquelas captadas dinamicamente a partir de sua interação com os dispositivos computacionais [3].

A fim de desenvolver ambientes de aprendizagem que sejam sensíveis ao contexto do estudante, é fundamental que os conteúdos educacionais sejam criados de maneira padronizada. Desta forma, é possível que um ambiente de suporte à aprendizagem exiba o conteúdo de forma adequada e reutilize conteúdos em diferentes contextos e a partir de diversos repositórios. Além disso, é possível combinar conteúdos distintos, o que, por sua vez, melhora o processo de produção de conteúdo e, como consequência, reduz os seus custos [4]. Um modo eficaz de padronizar conteúdos educacionais é através do uso de Objetos de Aprendizagem (OAs), os quais consistem em pequenas unidades de conteúdo que podem ser usadas, reutilizadas e referenciadas durante um processo de aprendizagem [5].

Este artigo apresenta um ambiente de aprendizagem móvel que, através do uso de objetos de aprendizagem, ontologias e agentes de software, se adequa às necessidades dos estudantes, de acordo com características do contexto no qual os mesmos se encontram.

II. SISTEMAS MULTIAGENTE

De acordo com [6], agentes são entidades de software autônomas que percebem seu ambiente por meio de sensores e que atuam sobre esse ambiente através de atuadores, processando informação e conhecimento. Um Sistema Multiagente (SMA), por sua vez, consiste de um conjunto de agentes autônomos que colaboram para resolver um problema o qual seria impossível solucionar com apenas um agente.

Agentes podem ser construídos de várias formas. Podem ser agentes de software ou hardware, estáticos ou móveis, persistentes ou não-persistentes, reativos ou cognitivos (inteligentes) [7] [8]. De acordo com [7], uma das classificações mais importantes de agentes é em relação a eles serem reativos ou cognitivos.

Agentes reativos são agentes que selecionam ações a serem executadas com base exclusivamente na percepção atual, não levando em consideração o histórico de percepções. Uma vez que não possuem memória, são incapazes de planejar ações futuras [6] [7].

Por outro lado, os agentes cognitivos são mais complexos, pois possuem uma representação explícita tanto do ambiente quanto de outros agentes. Este tipo de agente possui uma memória interna, o que possibilita planejar ações futuras baseando-se em situações que ocorrem anteriormente [6] [7].

Agentes de software podem realizar diversas tarefas em ambientes de aprendizagem, tais como monitorar as atividades do estudante no ambiente de aprendizagem, capturar de forma automática as informações de contexto dinâmico do estudante, recomendar conteúdos de interesse deste, entre outras. Diante do aumento no número de estudantes que interagem com os

sistemas de suporte à aprendizagem, o uso de agentes para realizar estas tarefas torna-se extremamente importante, principalmente devido ao fato de serem tarefas complexas para os facilitadores gerenciarem a distância.

III. OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Um conceito relevante quanto ao conteúdo didático utilizado em EaD é o de Objeto de Aprendizagem (OA). Segundo o Comitê de Padronização de Tecnologias de Aprendizagem (LTSC - *Learning Technology Standard Committee*), do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), um OA é uma entidade material educacional, digital ou não, que pode ser usada para aprendizagem, educação ou treinamento [5]. Dessa forma, podem ser elencadas quatro propriedades principais dos OAs: reusabilidade, acessibilidade, interoperabilidade e durabilidade [9].

Em resumo, a idéia central do conceito de OAs é permitir que os projetistas educacionais construam componentes educativos relativamente pequenos que possam ser usados em diferentes contextos de aprendizagem. Ou seja, são conteúdos digitais que, além de permitir alcançar um objetivo educacional, promovem a reusabilidade dos conteúdos utilizados no processo de ensino-aprendizagem.

No entanto, para garantir os benefícios em se utilizar OAs, há de se considerar certas características na criação de OAs digitais, como, por exemplo: (i) definição da estrutura de navegação; (ii) adequação do conteúdo de uma mídia escrita para uma mídia eletrônica; (iii) atendimento aos aspectos pedagógicos de ensino; e (iv) integração do OA com diferentes tipos de ambientes de EaD [4]. Nesse sentido, utiliza-se padrões de desenvolvimento de OAs para que estes possam garantir as quatro propriedades citadas anteriormente [10].

A. Padrões de Objetos de Aprendizagem

Segundo [10], padrões de OAs constituem um meio de organizar os dados de um OA para prover comunicação entre diferentes ambientes computacionais, bem como garantir seu acesso e usabilidade, além de prover interoperabilidade. Os autores relatam que esses padrões são divididos, de acordo com suas funcionalidades, em: padrões de metadados, de empacotamento, de interface e comunicação e de integração.

Para o presente trabalho, é importante descrever as características dos padrões de integração. Esse tipo de padrão, como o próprio nome indica, unifica em um modelo de referência diferentes tipos de padrões, tais como padrões de metadados, empacotamento, interface e comunicação, desenvolvidos por outras organizações [10]. O padrão de integração SCORM (*Sharabale Content Object Reference Model*), desenvolvido pela ADL (*Advanced Distributed Learning*) [9], integra um conjunto de padrões técnicos, especificações e orientações designadas a atender os requisitos de alto nível do SCORM – sistemas e conteúdo acessíveis, interoperáveis, duráveis e reutilizáveis. O conteúdo no padrão

SCORM pode ser distribuído para os estudantes através de qualquer Sistema Gestão de Aprendizagem (LMS – *Learning Management System*), que seja compatível com o SCORM e que use a mesma versão deste [9].

Neste trabalho utilizaremos OAs desenvolvidos segundo o padrão SCORM, tanto pelo fato de ser um padrão amplamente difundido, como também por ser composto de um conjunto de outros padrões. Desta forma, podemos usufruir das melhores características de cada padrão.

IV. SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO

Uma solução para a escolha de um conteúdo dentre várias possibilidades é o uso de Sistemas de Recomendação (SRs). SRs auxiliam no processo de indicar ou receber indicação de materiais que possam, de alguma forma, ser úteis para um usuário ou um grupo de usuários. Desta forma, SRs podem utilizar diferentes técnicas e estratégias, de modo a recomendar conteúdos apropriados para alunos de diferentes cursos e níveis de conhecimento, desde que tomadas algumas precauções [11].

De uma forma geral, os SRs são divididos em três categorias: Sistemas de Recomendação Colaborativa (SRC), os quais realizam o processo de recomendação considerando a similaridade de preferências entre os usuários; Sistemas de Recomendação Baseada em Conteúdo (SRBC), que buscam a adequação dos objetos a serem recomendados às informações do perfil do usuário; Sistemas de Recomendação Híbrida (SRH), que buscam, através de técnicas específicas, mesclar as técnicas utilizadas pelos SRCs e SRBCs [11].

V. AMBIENTES SENSÍVEIS AO CONTEXTO

Sensibilidade ao contexto descreve um paradigma no qual o contexto de um usuário é levado em consideração para definir o seu perfil. Não existe um consenso a respeito da definição de “contexto”, sendo este específico da aplicação e da intenção desejadas, requerendo a identificação das funções e propriedades dos domínios dos indivíduos [9] [12].

O contexto pode ser definido de acordo com informações relativas a propriedades que se combinam para descrever e caracterizar uma entidade e seu papel de uma forma legível pelo computador [9] [12]. A localização do estudante, por exemplo, é uma característica importante para a definição do seu contexto em um ambiente para aprendizagem móvel. Entretanto, o contexto inclui mais do que apenas a localização. De fato, quase todas as informações disponíveis no momento da interação podem ser vistas como informações contextuais, dentre as quais destacam-se [9] [13]: i) as diversas tarefas exigidas dos usuários; ii) a variada gama de dispositivos que se combinam para criar sistemas móveis, com a infraestrutura de serviços associada; iii) disponibilidade de recursos (ex. condição da bateria, tamanho de tela, etc.); iv) situação física (ex. nível de ruído, temperatura, nível de luminosidade etc.);

vi) informação espacial (ex. localização, velocidade, orientação etc.); e vii) informação temporal (ex. hora do dia, data etc.).

Esta lista, embora não contenha exatamente todas as informações que podem ser consideradas, serve para demonstrar a complexidade inerente ao contexto, sua natureza de domínio específico e a dificuldade em defini-lo e medi-lo [9]. Na tentativa de facilitar a compreensão sobre o contexto, a referência [12] define dois tipos gerais de contexto: estático (denominado *customização*) e dinâmico (denominado *personalização*). O primeiro diz respeito à situação na qual um perfil de usuário é criado manualmente, estando o usuário ativamente envolvido no processo e tendo um elemento de controle. Já o contexto dinâmico refere-se à situação na qual o usuário é visto como sendo passivo, ou pelo menos com um pouco menos de controle no processo de criação de seu perfil. Nesse caso, o sistema monitora, analisa e reage dinamicamente ao comportamento do usuário e ao perfil identificado.

Algumas aplicações de aprendizagem móvel sensíveis ao contexto utilizam contextos de aprendizagem a fim de adaptar ou sugerir apropriadamente atividades e conteúdos [2]. Entretanto, os trabalhos encontrados na literatura não levam em consideração os recursos físicos dos dispositivos móveis, o que compromete uma definição mais precisa do contexto dos estudantes e, conseqüentemente, o acesso e navegação adequados nos conteúdos recomendados, uma vez que isto é diretamente influenciado pelas características dos dispositivos móveis utilizados pelos estudantes.

VI. TRABALHOS RELACIONADOS

A utilização de SR em ambientes educacionais não é nenhuma novidade. Em [11] é apresentado um modelo para a recomendação de conteúdos educacionais descritos através de metadados. Esse modelo considera perfis de usuários e interoperabilidade entre aplicações educacionais, além de aspectos cognitivos de aprendizado. Esse trabalho também apresenta como conteúdos educacionais podem ser descritos através de ontologias, o que facilita também a inferência dos conteúdos apropriados aos perfis dos usuários.

Em [14] é apresentada a MILOS (*Multiagent Infrastructure for Learning Object Support*), uma infraestrutura, combinando ontologias e agentes, que implementa as funcionalidades necessárias aos processos de autoria, gerência, busca e disponibilização de OAs compatíveis com a proposta de padrão de metadados de OAs OBAA (Objetos de Aprendizagem Baseados em Agentes).

A referência [2] propõe uma arquitetura de aprendizagem móvel sensível ao contexto composta por três componentes principais: o perfil do estudante, um mecanismo de personalização e um repositório de OAs. O perfil do estudante serve para armazenar suas preferências de aprendizagem móvel, capturadas através de um questionário respondido pelo estudante. O mecanismo de personalização recebe esse perfil e

combina as informações dele com aquelas obtidas dinamicamente através de sua interação com o ambiente. Em seguida, o mecanismo de personalização compara todas as informações obtidas com os metadados dos OAs disponíveis no repositório. O sistema então recomenda OAs adequados aos estudantes de acordo com as características do seu contexto.

O presente trabalho reúne as principais características dos trabalhos citados anteriormente. Porém, o fator que difere o presente trabalho dos demais é o fato dele considerar os recursos dos dispositivos móveis, os quais podem constituir um fator limitante na aprendizagem do estudante no momento da recomendação dos OAs. Pelo fato de ser projetado para dispositivos móveis, o ambiente provê ao estudante flexibilidade quanto às opções de estudo. Utilizando agentes de software em combinação com as ontologias de descrição dos perfis (estático e dinâmico) dos estudantes, o ambiente recomenda, de maneira autônoma, conteúdos educacionais adequados às características pessoais e cognitivas dos estudantes.

VII. ABORDAGEM BASEADA EM AGENTES PARA RECOMENDAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM SENSÍVEL AO CONTEXTO

A arquitetura do ambiente proposto é apresentada na Fig. 1. Como pode ser visto na figura, os estudantes devem, inicialmente, se autenticar no LMS e acessar algum dos cursos nos quais esteja matriculado. Para isto, eles precisam realizar um cadastro no qual irão informar algumas características de seu perfil, como, por exemplo, local e hora do dia preferidos para o estudo, sua área de interesse, entre outros. Essas informações servirão para a criação de um componente essencial da arquitetura, que é a ontologia de contexto estático dos estudantes.

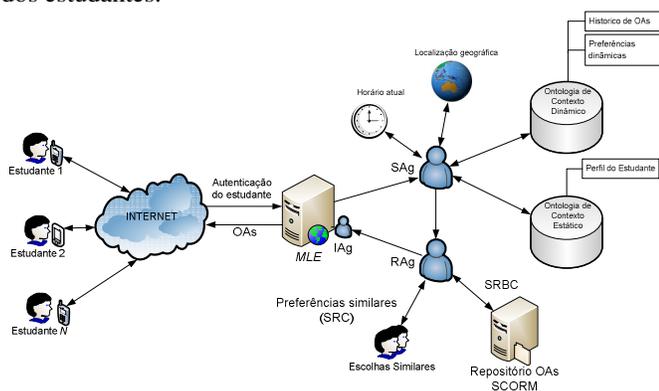


Fig. 1. Arquitetura da solução proposta.

Os agentes descritos nesta abordagem foram desenvolvidos utilizando o JADE (*Java Agent Development Framework*), que consiste em uma plataforma completa para desenvolvimento e execução de sistemas multiagente [15]. Também foi utilizado o framework de desenvolvimento de aplicações MLE (*Mobile Learning Engine*) [16] para a

construção do ambiente.

Outro componente de extrema relevância é o repositório de OAs. Para que o mecanismo de recomendação funcione, é necessário que estes OAs estejam em conformidade com o padrão SCORM. Através dos metadados descritos nesse padrão, o agente será capaz de comparar as informações dos OAs com os perfis dos estudantes e realizar a recomendação de OAs de maneira adequada.

O sistema de recomendação implementado é baseado em um SRH, visto que considera não apenas o conteúdo dos OAs em relação ao perfil do estudante (SRBC), como também a comparação de estudantes com preferências semelhantes (SRC).

A. Agentes de Software

Na abordagem proposta foram implementados três tipos de agentes: Agente Estudante (SAG - *Student Agent*), Agente Recomendador (RAG - *Recommender Agent*) e Agente de Interface (IAG - *Interface Agent*).

Os SAGs são responsáveis por monitorar as atividades dos estudantes e recuperar, das ontologias de contexto estático e dinâmico, as preferências de aprendizagem que compõem os perfis dos estudantes e os seus respectivos históricos de escolha de OAs. Com base no histórico de escolha, o SAG encontra outros estudantes que possuem, em seus históricos, escolhas similares. Os SAGs também capturam as informações do contexto dinâmico do estudante, além de sua localização geográfica e o horário atual. O SAG realiza o seu comportamento no momento em que o estudante se autentica na aplicação. Em seguida, todas essas informações são enviadas para o RAG.

O RAG tem o intuito de detectar OAs adequados ao contexto do estudante, de acordo com as informações providas pelos SAGs e as informações obtidas dos OAs disponíveis no repositório. O RAG encontra, inicialmente, o OA que seria mais adequado de acordo com a Recomendação Baseada em Conteúdo. Esse mecanismo é apresentado na Subseção B. Em seguida, com base nessas informações, o RAG considera quais desses OAs foram aceitos também pelos estudantes que possuem gostos similares ao estudante em questão, o que caracteriza a Recomendação Colaborativa. Dessa forma, a taxa de acerto no momento da recomendação dos objetos de aprendizagem tende a aumentar. Após identificar OAs adequados, o RAG informa ao IAG quais são os possíveis OAs a serem sugeridos. A Fig. 2 mostra a interface principal do ambiente e uma mensagem de recomendação de OAs efetuada pelo RAG.



Fig. 2. Tela inicial do ambiente e sugestão de OAs.

O IAg é responsável principalmente por verificar a adequação do OA a ser recomendado às características do dispositivo móvel do estudante e adequar a apresentação do conteúdo ao dispositivo móvel, quando apropriado. Caso o OA não seja possível de ser adequado, o IAg rejeita a recomendação. Além disso, o IAg tem a responsabilidade de informar ao instrutor o conteúdo que foi sugerido. O diagrama de seqüência da Fig. 3 mostra o fluxo de troca de mensagens entre esses agentes através do modelo de interação

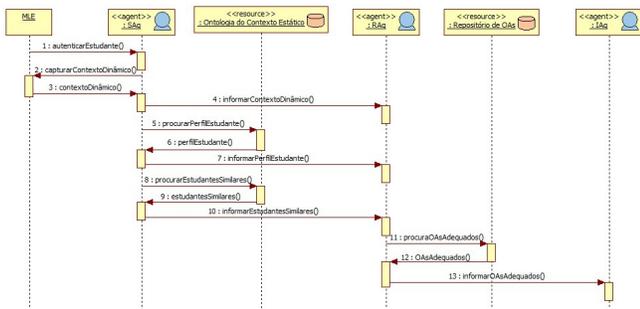


Fig. 3. Modelo de Interação dos Agentes.

B. Mecanismo de Recomendação Baseada em Conteúdo

O mecanismo de recomendação baseada em conteúdo considera as informações de local e horário preferidos de estudo e área de interesse do estudante, as quais estão contidas na ontologia de contexto estático. Essas informações são ponderadas de acordo com o nível de influência que cada uma exerce no modelo de aprendizagem do estudante. A estratégia para identificar os OAs adequados ao contexto do estudante é realizada de acordo com (1).

$$FR = ((AI * 5) + (LP * 3) + (HP * 2))/10 - FA \quad (1)$$

O Fator de Recomendação (FR), o qual é determinado pelo RAg, é influenciado, principalmente, pela Área de Interesse (AI) do estudante, tendo, portanto, peso 5. Já o Local Preferido

(LP) de estudo, por apresentar uma grande influência na capacidade de concentração do estudante, recebe peso 3. Por fim, o Horário Preferido (HR) de estudo também é de interesse pelo fato de poder exercer influência no nível de concentração e, conseqüentemente, influenciar positiva ou negativamente a recomendação de um OA. Já o Fator de Ajuste (FA) diz respeito a um fator que pode ser estabelecido pelo instrutor a fim de aumentar (quando o FA for menor) ou diminuir (FA maior) o impacto que o contexto do usuário exerce para a recomendação de OAs. Os valores numéricos de AI, LP e HP são obtidos com base nos valores capturados dinamicamente e naqueles previamente definidos na ontologia de contexto estático dos estudantes.

Para definir, de forma dinâmica, o valor que representa o quão adequado determinado OA é em relação à área de interesse de um estudante, são consideradas três características do OA: descrição, título e palavras-chave. O RAg, por sua vez, verifica a incidência de palavras de interesse do estudante, contidas na ontologia de contexto estático, nessas três características do OA. Em seguida, esses valores são ponderados pelo RAg conforme (2).

$$AI = ((PC * 3) + (D * 2) + (T * 1))/6 \quad (2)$$

A Equação (2) mostra que o maior peso é dado às Palavras-Chaves (PC), visto que representam melhor os assuntos tratados no OA. A Descrição (D) do OA nos fornece uma visão geral de como os seus diversos assuntos estão integrados. Por fim, o Título (T) representa uma influência menor, dentre as três características, por não conter uma gama de palavras relacionadas ao OA tão abrangente quanto às PCs.

Para a definição dinâmica do fator LP, foi implementada uma extensão ao MLE. Foi adicionada a esse framework uma classe responsável por capturar a localização geográfica do estudante a partir de uma API (Application Programming Interface) integrada ao GPS (Global Positioning System) do dispositivo móvel. Dessa forma, é possível obter a latitude e a longitude do dispositivo móvel. Essa informação é, então, enviada pela aplicação cliente do dispositivo móvel ao SAg, e este, por sua vez, realiza a geocodificação reversa das informações antes de enviá-las ao RAg.

Por último, a captura dinâmica do horário atual é feita pelo SAg no momento de autenticação do estudante no sistema. Essa informação servirá para que o RAg defina o valor numérico atribuído ao fator HP.

VIII. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Neste artigo, foi descrita a implementação de uma abordagem baseada em agentes para recomendação de OAs em um ambiente de aprendizagem móvel sensível ao contexto. A solução proposta objetiva tornar a aprendizagem móvel adequada às necessidades dos estudantes. Ela pode ser aplicada a qualquer sistema de gestão de aprendizagem.

Como trabalhos futuros, pretende-se testar o ambiente desenvolvido em um contexto real, utilizando os principais repositórios de conteúdos educacionais (OAs). Além disso, objetiva-se mensurar o quanto este melhora a precisão de uma recomendação sob o aspecto de utilidade para o processo de ensino-aprendizagem. Com esse intuito, objetiva-se realizar um estudo de caso com uma turma de um curso de ensino a distância para verificar o impacto da abordagem proposta na adequação do conteúdo.

Objetiva-se também considerar na recomendação baseada em conteúdo palavras que sejam sinônimos daquelas que estão na ontologia de contexto estático. Desta forma, será possível considerar a relação semântica entre as palavras no momento da recomendação.

Por fim, porém não menos importante, como trabalho futuro, pretende-se identificar e classificar os estilos cognitivos dos estudantes de acordo com uma teoria já consolidada na literatura, provavelmente a Teoria da Carga Cognitiva [17], para que seja possível aperfeiçoar o processo de ensino-aprendizagem do estudante. O presente trabalho não se baseou em nenhuma teoria divulgada na literatura.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido da CAPES na forma de bolsa de mestrado para L. C. N. da Silva.

REFERÊNCIAS

- [1] N. Maia. (2011, Out.). “Ensino a distância cresce no país”. Disponível em: www.opovo.com.br/app/opovo/empregos/2011/10/01/noticiaempregosjornal.2307499/ensino-a-distancia-cresce-no-pais.shtml
- [2] J. -K. Yau, “A context-aware personalized m-learning application based on m-learning preferences,” in *Proc. 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE)*, Conventry, UK, 2010, pp. 11–18.
- [3] P. Moore, B. Hu, M. Jackson & J. Wan, “Intelligent context for personalized m-learning” in *Proc. International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems*, Birmingham, 2009, pp. 247–254.
- [4] E. R. Rodolpho, “Convergência digital de objetos de aprendizagem SCORM”, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), São José do Rio Preto, Brasil, 2009.
- [5] *Draft Standard for Learning Object Metadata*, IEEE Standard 1484.12.1, 2002.
- [6] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence, A Modern Approach 2nd Edition*. Prentice Hall, 2002.
- [7] A. A. A. Pontes, “Uma Arquitetura de Agentes para Suporte à Colaboração na Aprendizagem Baseada em Problemas em Ambientes Virtuais de Aprendizagem”, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, Brasil, 2010.
- [8] A. A. A. Pontes, F. M. Mendes Neto & G. A. L. de Campos, “Multiagent System for Detecting Passive Students in Problem-Based Learning”, *Advances in Intelligent and Soft Computing*, vol. 71, pp. 165-172, 2010.
- [9] *Advanced Distributed Learning*, ADL, 2011. Disponível em: www.adlnet.org
- [10] C. C. L. Dias, A. Karczinski, S. V. d. S. Lucena, J. Ferlin & M. d. S. Hounsell, “Padrões abertos: aplicabilidade em Objetos de Aprendizagem

(OAs)”, in *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, Florianópolis, SC, Brasil, 2009.

- [11] T. T. Primo, R. M. Vicari & J. M. C. d. Silva, “Rumo ao Uso de Metadados Educacionais em Sistemas de Recomendação”, In *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, João Pessoa, PB, Brasil, 2010.
- [12] P. Moore, B. Hu & J. Wan, “A Context Ontology for Pervasive Mobile Computing”, *The Computer Journal*, vol. 53, pp. 191-207, 2010.
- [13] B. Schilit, N. Adams & R. Want, “Context-Aware Computing Applications”, in *Proc. IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (WMCSA)*, Nova York, 1994, pp. 85-90.
- [14] J. C. Gluz & R. M. Vicari, “MILOS: Infraestrutura de Agentes para Suporte a Objetos de Aprendizagem OBAA”, in *Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, João Pessoa, PB, Brasil, 2010.
- [15] *Java development framework: an open-source platform for peer-to-peer agent based applications*, JADE, 2011. Disponível em: <http://jade.tilab.com/>
- [16] *Mobile Learning Engine*, MLE, 2011. Disponível em: <http://mle.sourceforge.net/mle/index.php>
- [17] L. M. A. Santos, E. Reategui & L. Tarouco. “A Inserção de um Agente Conversacional Animado em um Ambiente Virtual de Aprendizagem a partir da Teoria da Carga Cognitiva”, in *Anais do XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, Florianópolis, SC, Brasil, 2009.



Luiz Cláudio Nogueira da Silva possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Possui o título de Mestre em Sistemas Computacionais pelo Programa de Mestrado em Ciência da Computação (PPgCC) pela UERN/UFERSA, durante o qual foi bolsista do programa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Tem formação técnica no curso de Operação e Manutenção da Produção de Petróleo e Gás Natural (O.M.P.P.G.) pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). É pesquisador do Núcleo Tecnológico em Engenharia de Software (NTES) e é membro integrante do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software (GPES) da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Atualmente pesquisa na área de Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino a distância, aprendizagem colaborativa com suporte de computador, engenharia do conhecimento, gestão do conhecimento e sistemas multiagentes.



Francisco Milton Mendes Neto possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Ceará (1997), mestrado em Informática pela Universidade Federal de Campina Grande (2000) e doutorado em Engenharia Elétrica, na área de Processamento da Informação, pela Universidade Federal de Campina Grande (2005). Trabalhou, durante oito anos, como Analista de Sistemas no Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO), obtendo experiência em gerência de grandes projetos de software. Atualmente é professor adjunto 3 dos cursos de graduação e de pós-graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), sendo o atual coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: ensino a distância, aprendizagem colaborativa com suporte de computador, engenharia do conhecimento, gestão do conhecimento e sistemas multiagentes.

Luiz Jácome Júnior é graduado em Ciência da Computação pela UFRSA (2010). Atualmente é mestrando em Sistemas Computacionais pelo programa de pós-graduação em Ciência da Computação - UFRSA/UERN. Membro do Grupo de Pesquisa em Engenharia de Software - GPES, onde trabalha como voluntário em projetos de pesquisa na área de Ensino a Distância. Possui conhecimento técnico em: programação web, desktop e mobile na linguagem de programação java; desenvolvimento para a plataforma Android (Google); desenvolvimento web para arquitetura do Google App Engine; operação, manutenção e configuração de computadores e redes de computadores (Windows/Linux).

Capítulo 2

Celular como Ferramenta de Apoio Pedagógico ao Cálculo

Silvia Cristina F. Batista, Patricia Alejandra Behar, Liliana Maria Passerino, Alex Botelho Mamari

Mobile Phone as a Support Tool for Teaching Calculus

Abstract — The popularization of mobile phones and the technological advances associated have aroused interest in these devices for educational purposes. In particular, in this study we consider that they might contribute to the learning of Differential and Integral Calculus, expanding opportunities for access to educational materials and helping to analyze and reflect. This chapter aims at describing educational resources for mobile phones used in Calculus I classes, and discuss the difficulties and the favorable points observed. For that, initially, we present the resources used (MLE-Moodle, MyMLE and applications). This is followed by an overview of the subject Calculus I, and of the methodology used in its teaching. The chapter closes with an analysis of aspects of the experience described, which was considered a positive one.

Keywords — Calculus, Learning Resources, Mobile Learning, Mobile Phones

Resumo — Com a popularização dos celulares e os avanços tecnológicos associados aos mesmos, esses dispositivos estão sendo considerados para fins educacionais. Em particular, neste estudo entende-se que os mesmos podem colaborar para a aprendizagem de Cálculo Diferencial e Integral, ampliando possibilidades de acesso a materiais didáticos e contribuindo para reflexões. Nesse contexto, este capítulo tem por objetivo apresentar recursos pedagógicos para celulares utilizados em uma disciplina de Cálculo I e discutir dificuldades e potencialidades observadas. Para tanto, inicialmente, são apresentados os recursos utilizados

Este trabalho foi apresentado originalmente no XVII CICLO DE PALESTRAS NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, em 2011.

Silvia Cristina F. Batista, professora de Matemática, Coordenação de Ensino Superior, Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, CEP 28030-130, Brasil (telefone: 00-55-22-27262800; fax: 00-55-22-27333079; e-mail: silviac@iff.edu.br).

Patricia A. Behar, professora do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, CEP 90040-060, Brasil (e-mail: patricia.behar@ufrgs.br).

Liliana M. Passerino, professora do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, CEP 90040-060, Brasil (e-mail: liliana@cinted.ufrgs.br).

Alex Botelho Mamari, Graduado em Sistemas de Informação, Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, CEP 28030-130, Brasil (e-mail: alex.mamari@gmail.com).

(MLE-Moodle, MyMLE e aplicativos). A seguir, traça-se um panorama da disciplina em questão e da metodologia adotada na mesma. Finalizando, são destacados aspectos sobre a experiência promovida, que se mostrou positiva.

Palavras-Chave — Cálculo, Celulares, Mobile Learning Recursos Pedagógicos

I. INTRODUÇÃO

NA sociedade contemporânea, os dispositivos móveis estão cada vez mais presentes no cotidiano das pessoas. *Mobile learning (m-learning)* é o campo de pesquisa que busca analisar como esses dispositivos podem colaborar para a aprendizagem. Do ponto de vista pedagógico, *m-learning* pode abrir uma nova dimensão de apoio aos processos formais e informais de ensino [1]

A popularização dos celulares e a evolução de tecnologias relacionadas aos mesmos têm destacado estes dispositivos em ações de *m-learning* [2]–[3]–[4]. Nesse sentido, diversos estudos sobre o desenvolvimento de recursos pedagógicos para celulares têm sido realizados [5]–[6]–[7].

Porém, é preciso promover a aproximação entre as pesquisas envolvendo celulares e as práticas educacionais efetivas, de modo a ir além das situações apenas experimentais. Nesse contexto, recursos pedagógicos para celulares foram utilizados no primeiro semestre de 2011, na disciplina de Cálculo I, em duas turmas do Ensino Superior do Instituto Federal Fluminense (cursos presenciais). Destaca-se, no entanto, que o uso pedagógico de celulares não foi exclusivo, sendo também utilizados diversos outros recursos tecnológicos.

Assim, este capítulo tem por objetivo apresentar os recursos pedagógicos para celulares utilizados na referida disciplina e discutir dificuldades e potencialidades identificadas nesse processo. Tendo em vista os objetivos propostos, são apresentados, na seção 2, alguns recursos do MLE-Moodle (um *plug-in* que permite estender, para celulares, as funcionalidades do ambiente Moodle) e do MyMLE (um *software* para computador que possibilita criar materiais para celular). Além disso, são caracterizados dois aplicativos para celular que possibilitam análises gráficas de funções. Na seção

3, traça-se um panorama da disciplina em questão e da metodologia adotada na mesma. Na seção 4, relata-se a experiência de uso desses recursos, apontando dificuldades e pontos favoráveis observados. Finalizando, na seção 5, são apresentadas considerações sobre o trabalho promovido.

II. RECURSOS PEDAGÓGICOS PARA CELULAR

Os dispositivos móveis, na sociedade contemporânea, fazem parte da vida dos jovens, que lidam com os mesmos com muita naturalidade. Presnky [8] afirma que esses jovens estão conectados ao mundo e aos colegas de uma forma totalmente diferente das gerações anteriores. Para Veen e Vrakking [9], trata-se de uma geração de “Homo Zappiens¹”, pessoas que nasceram em plena cultura cibernética global, sustentada pela multimídia. Entende-se, então, que é importante que essas tecnologias sejam consideradas também em termos educacionais.

A. MLE-Moodle

Entre as diversas ferramentas desenvolvidas para o Moodle, encontra-se o MLE-Moodle (*Mobile Learning Engine - Moodle*). O projeto *Mobile Learning Engine* (MLE) teve início em 2003, com os estudos de doutorado² de Matthias Meisenberger, sob a orientação do Dr. Alexander K. Nischelwitzer [10]. Por meio deste projeto foi, posteriormente, desenvolvido o MLE-Moodle, um *plug-in* que possibilita estender, para o celular, as funcionalidades do ambiente Moodle. O MLE-Moodle tem código-fonte livre e é totalmente gratuito e personalizável [10].

Qualquer alteração efetuada no Moodle é, automaticamente, convertida para o MLE. Para utilizar o MLE é preciso que o *plug-in* tenha sido instalado no servidor no qual se encontra o ambiente Moodle, porém, no *site*³ desta ferramenta também existe a possibilidade de apenas testar os recursos da mesma. O acesso ao MLE-Moodle, pelo celular, pode ser realizado de duas formas: por meio do navegador do dispositivo ou usando o MLE Client, um módulo especial, a ser instalado no celular. As Figs. 1 e 2 mostram o ambiente MLE nas duas situações.



Fig. 1. Ambiente MLE-Moodle no navegador do celular.

¹ Estes jovens "zapeiam" entre as diversas informações que consideram interessantes ou necessárias, da mesma forma como mudam de canal no aparelho de televisão [9].

² FH Joanneum - University of Applied Sciences, Graz, Austria.

³ <<http://mle.sourceforge.net/mlemoodle/index.php?lang=en>>.

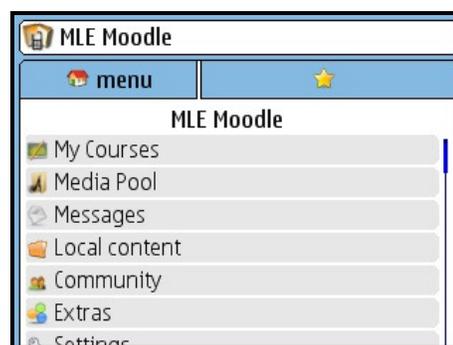


Fig. 2. Ambiente MLE-Moodle no aplicativo MLE Client.

Ao instalar o *plug-in* MLE, é possível disponibilizar essas duas opções para todos os cursos abertos no Moodle correspondente. Ambas requerem conexão Internet, porém, instalando o aplicativo MLE Client, o usuário pode fazer o *download*, para o celular, de alguns recursos e, posteriormente, acessá-los sem necessitar de conexão. Por sua vez, acessar o MLE direto pelo navegador do celular é mais prático e rápido, mas exigirá sempre conexão Internet.

Quando o Moodle tem o *plug-in* MLE instalado, fica disponível para os professores um editor para criação de materiais pedagógicos próprios para o MLE-Moodle. Esse editor funciona dentro do próprio Moodle e permite elaborar, por exemplo, testes (*quizzes*) ou pequenos textos. Há, inclusive, possibilidade de inclusão de páginas, além de áudio e vídeo. Como exemplo, a Fig. 3 apresenta um *quiz* sobre Limites, no referido editor.

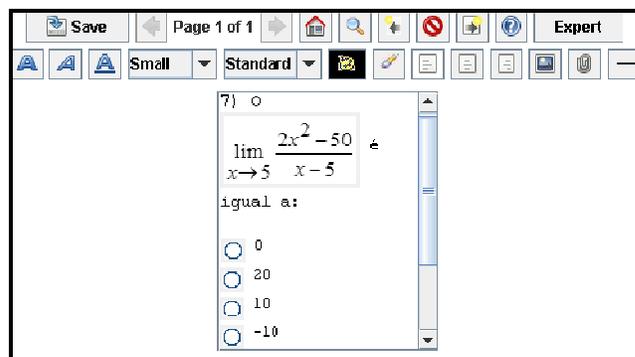


Fig. 3. Exemplo de um *quiz* no editor MLE-Moodle.

O *quiz* é salvo diretamente no tópico em que o professor o criou. A partir disto, o objeto criado pode ser visualizado e respondido no MLE (via navegador ou aplicativo) e, também, no Moodle tradicional. As Figs. 4 e 5 mostram o *quiz* apresentado na Fig. 3, visto no celular (na Fig. 4, diretamente pelo navegador e na 5, via aplicativo MLE Client). Ressalta-se que a ordem das alternativas pode mudar a cada entrada, caso a opção randômica seja escolhida, ao elaborar a questão. Por isso, na Fig. 4, as alternativas não estão na mesma ordem da Fig. 5. Além do formato utilizado no *quiz* da Fig. 3 (uma única alternativa correta), também é possível criar questões de múltipla escolha, verdadeiro ou falso, com lacunas a serem preenchidas, entre outras.

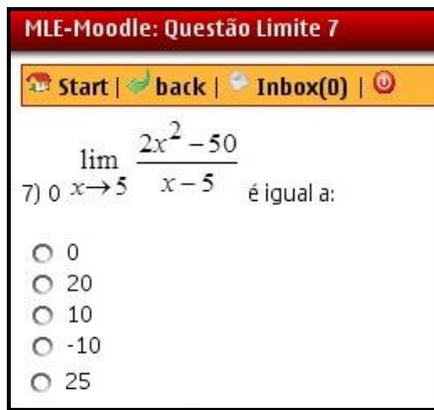


Fig. 4. Quiz da Fig. 3 no MLE-Moodle - navegador do celular.

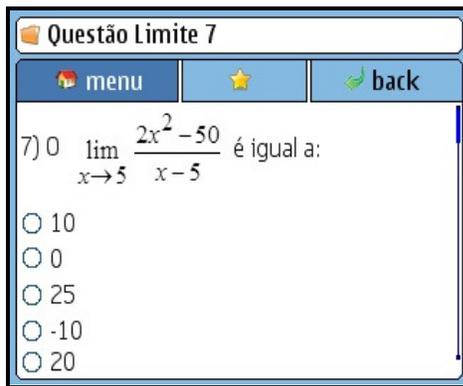


Fig. 5. Quiz da Fig. 3 no aplicativo MLE Client.

No Moodle, também é possível gerar, facilmente, *mobile tags*, que são códigos 2D (semelhantes aos códigos de barras, mas com duas dimensões). Esses códigos permitem que um endereço da Internet possa ser acessado, rapidamente, pelo celular, dispensando o teclado como recurso de entrada (o celular deve ter um leitor apropriado para isto, mas o mesmo pode ser gratuitamente obtido na Internet). O Moodle gera as *mobile tags* e as disponibiliza nos tópicos em que foram solicitadas. A Fig. 6 mostra uma *mobile tag* gerada no Moodle, contendo o endereço exibido acima do código⁴.



Fig. 6. Mobile Tag

Um aspecto interessante das *mobile tags* é que as mesmas funcionam mesmo impressas, o que facilita o acesso a um endereço eletrônico em livros, revistas, entre outros materiais.

⁴ O endereço eletrônico mostrado na Fig. 6 é do site do projeto de pesquisa Aprendizagem com Dispositivos Móveis, desenvolvido no Instituto Federal Fluminense.

Além de apresentar recursos específicos para *m-learning*, diversos outros recursos do Moodle também ficam acessíveis no MLE-Moodle. Por exemplo, é possível ler e responder aos fóruns e, além disso, é possível anexar arquivos à discussão. A Fig. 7 mostra a tela de um fórum visto no MLE, diretamente no navegador, e a Fig. 8 apresenta uma tela relativa ao envio de mensagens e arquivos.

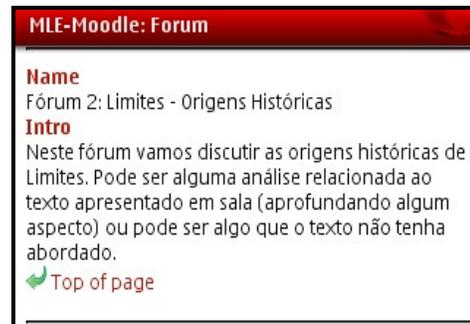


Fig. 7. Fórum visto no MLE-Moodle – navegador do celular.

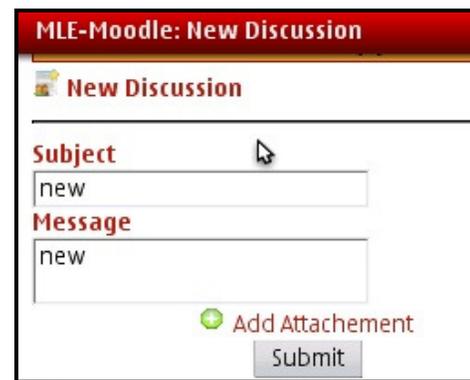


Fig. 8. Envio de mensagens e arquivos no fórum pelo MLE-Moodle – navegador do celular.

Observa-se, assim, que o ambiente virtual de aprendizagem Moodle, com o *plug-in* MLE-Moodle, amplia a possibilidade de acesso aos materiais do curso e contribui, portanto, para melhor aproveitamento do tempo dos alunos. Porém, trata-se de uma ferramenta que requer conexão Internet. Assim, na subseção seguinte é apresentada uma ferramenta mais simples, quando comparada ao MLE-Moodle, mas que possibilita criar recursos que podem ser acessados sem requerer conexão.

B. MyMLE

O software MyMLE⁵ é um programa para computador que permite criar *quizzes* e outros materiais pedagógicos para celulares com plataforma Java ME⁶. Depois de elaborados, os materiais são enviados para o celular, juntamente com o ambiente MyMLE (Fig. 9), por *Bluetooth*, por exemplo. Uma vez no celular, os mesmos podem ser utilizados sem requerer conexão Internet.

⁵ Software livre, disponível para *download* em: <http://mle.sourceforge.net/myml/index.php?lang=en&page=download.php>. O principal desenvolvedor do mesmo é Matthias Meisenberger.

⁶ Java Plataforma, Micro Edition - Plataforma Java para dispositivos móveis.

A interface do MyMLE, no computador, é a mesma do editor do MLE-Moodle e os recursos para criação dos *quizzes* e de outros materiais também são os mesmos. Porém, o MyMLE funciona fora do Moodle e, portanto, o processo final da elaboração dos materiais é diferente. É preciso salvá-los e, posteriormente, transformá-los em um “pacote”, para que os mesmos possam ser enviados para o celular. O MyMLE tem recurso próprio para esse “empacotamento”. No processo final, o programa gera, automaticamente, três pastas, permitindo compatibilidade com diferentes tipos de celular. Após serem transferidos para o celular, os arquivos precisam ser instalados.



Fig. 9. Interface do ambiente MyMLE no celular.

C. Aplicativos

Além das ferramentas descritas, dois aplicativos para celulares foram utilizados na disciplina de Cálculo I: o Graphing Calculator⁷ (versão 0.97) e o Graph2Go (versão 0.84). Ambos eram gratuitos e requeriam a plataforma Java ME. O Graphing Calculator⁷ (Fig. 10) é uma calculadora científica gráfica que permite traçar o gráfico de até três funções, simultaneamente (em 2D). Possibilita, também, traçar o gráfico de funções definidas por duas sentenças.

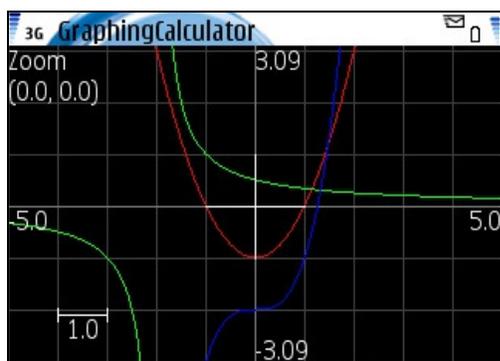


Fig. 10. Graphing Calculator – versão 0.97.

O Graph2Go⁸ (Fig. 11) também opera como uma calculadora gráfica, para um dado conjunto de funções, permitindo estabelecer conexões entre representações gráficas

(em 2D) e algébricas, por meio de transformações dinâmicas. A proposta do Graph2Go é diferente da do Graphing Calculator, uma vez que possibilita alterar coeficientes e, assim, analisar alterações nas curvas. O Graph2Go permite, também, o traçado do gráfico da função derivada e o cálculo do valor da área sob uma curva, em determinado intervalo.

Foram priorizados aplicativos em Java ME, pois estes funcionam em vários modelos de celular (desde que possuam a referida plataforma). No entanto, os alunos tinham liberdade para optar por outros aplicativos, semelhantes aos adotados, que fossem mais adequados aos seus aparelhos.

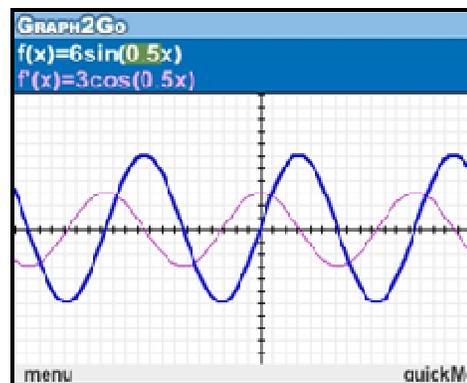


Fig. 11. Graph2Go - versão 0.84.

III. DISCIPLINA DE CÁLCULO I: PROPOSTA METODOLÓGICA

As disciplinas de Cálculo Diferencial e Integral presentes em inúmeros cursos, como Engenharia, Agronomia, Administração, Biologia, entre muitos outros, são, em geral, consideradas pelos alunos como sendo de extrema dificuldade [11]. De acordo com os referidos autores, nessas disciplinas o número de reprovações é, em geral, elevado e uma das principais dificuldades é a necessidade de uma significativa quantidade de pré-requisitos. Além disso, o Cálculo exige abstrações que não são facilmente alcançadas pelos alunos. Nesse contexto, entende-se que propostas metodológicas, direcionadas à aprendizagem dessas disciplinas, são fundamentais.

Como mencionado na introdução, na disciplina de Cálculo I (1º semestre de 2011) de duas turmas do Instituto Federal Fluminense Campus Campos Centro foi experimentada uma proposta metodológica que incluiu o uso de celular (do próprio aluno). As turmas em questão foram: 1º período do Bacharelado em Sistemas de Informação (curso diurno) e 1º período do Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (curso noturno). Ambos são cursos presenciais e possuem a mesma carga horária (80 h/aula) e ementa (Limite e Continuidade; Derivadas; Integrais) na disciplina de Cálculo I.

Para a coleta de dados do estudo promovido, utilizou-se observação participante e questionários. Adotou-se uma pesquisa de abordagem mista, com enfoques quantitativos e qualitativos, em função da natureza dos dados coletados. No entanto, destaca-se que na análise quantitativa promovida foram utilizadas apenas técnicas da Estatística Descritiva.

⁷ Desenvolvido por Anthony Rich. Disponível em: <<http://www.getjar.com/mobile/36442/graphing-Calculator/>>.

⁸ Desenvolvido pelo projeto Math4Mobile. Disponível em: <<http://www.math4mobile.com/download>>.

A proposta metodológica adotada foi baseada nas orientações do M-learnMat⁹ [12]. O M-learnMat é um modelo pedagógico para atividades de *m-learning* em Matemática, fundamentado pela Teoria da Atividade¹⁰ e direcionado ao Ensino Superior.

Diversos aspectos foram comuns às duas turmas consideradas. Assim, foi possível organizar uma série de estratégias metodológicas comuns aos dois cursos, tais como: i) adoção da TA como aporte teórico; ii) uso do Moodle como ambiente de aprendizagem, com o *plug-in* MLE-Moodle; iii) uso de *softwares* matemáticos para computador e aplicativos para celulares; iv) desenvolvimento de *quizzes* para celulares; v) atividades em grupo, baseadas em resolução de problemas; vi) discussão de cada tópico (Limites, Derivadas e Integrais) em termos de origens históricas; vii) incentivo às generalizações, tendo em vista o desenvolvimento do pensamento matemático; viii) entendimento de que o aluno é agente do seu processo de aprendizagem, o professor é mediador do processo e a troca de conhecimentos entre colegas é fundamental.

No início do semestre letivo, os alunos responderam a um questionário. O mesmo continha perguntas relacionadas ao celular, ao uso de recursos, à habilidade de uso do teclado e ao uso de dispositivos móveis na educação, entre outros tópicos. Na turma do Bacharelado foram respondidos 27 questionários e na do Tecnólogo¹¹, 41. Os dados foram analisados e orientaram a condução de diversas ações da disciplina. Foi possível verificar que: i) a média de idade dos alunos do Bacharelado era de 20 anos e no Tecnólogo, 23; ii) todos os alunos possuíam celular, comum ou smartphone, mas com forte predominância do celular comum (aproximadamente 26% dos alunos do Bacharelado e 17% do alunos do Tecnólogo tinham smartphone); iii) cerca de 70% dos celulares dos alunos do Bacharelado possuíam Java ME. No caso do Tecnólogo, esse percentual era de, aproximadamente, 61%; iv) respectivamente, 59% e 76% (valores aproximados) dos celulares dos alunos do Bacharelado e do Tecnólogo tinham a tecnologia *Bluetooth*; v) em relação ao teclado do celular, nenhum estudante considerou como “Muito ruim” a sua habilidade de uso e apenas um aluno considerou como “Ruim”; vi) todos foram favoráveis ao uso de dispositivos móveis em educação, mas é importante ressaltar que 54 dos 68 alunos (cerca de 79%) afirmaram nunca ter usado *software* no estudo de Matemática (mesmo que em computador).

A mobilidade, na disciplina descrita, foi considerada no uso:

⁹ <<http://plataforma.nie.iff.edu.br/projetomlearning/index.php?m-learnmat.html>>.

¹⁰ Os princípios da Teoria da Atividade foram estabelecidos, principalmente, por Leontiev, tendo como foco as atividades que os indivíduos desenvolvem e as relações diversas que decorrem destas. Na base da referida teoria encontram-se princípios vygotksyanos.

¹¹ Por simplificação, adota-se, neste capítulo, o termo “Tecnólogo” para indicar o Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, assim como, utiliza-se “Bacharelado” para indicar Bacharelado em Sistemas de Informação.

i) dos recursos do MLE-Moodle, que permitem acesso ao curso, a qualquer tempo e lugar; ii) de aplicativos para celulares, o que ocorria em sala de aula ou não; iii) de *quizzes*, que, assim como os aplicativos, podiam ser acessados, mesmo sem requerer conexão Internet, onde o aluno estivesse. Cada tópico aberto no curso de Cálculo I, no Moodle, era sempre encerrado com uma série de *quizzes* (Fig. 12) para que os alunos pudessem verificar seus conhecimentos.

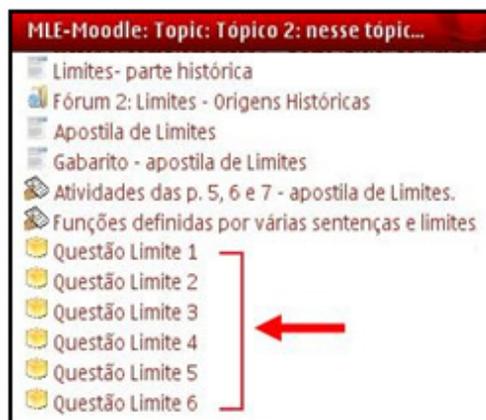


Fig. 12. Tópico do Moodle visto no MLE-Moodle - navegador do celular.

No Moodle foram disponibilizadas orientações de uso dos aplicativos Graphing Calculator e Graph2Go. Além disso, foram elaboradas *mobile tags* relativas aos endereços eletrônicos dos mesmos, visando facilitar o acesso de quem podia usar a Internet no celular. Os que não podiam, transferiam os aplicativos para o computador e, então, enviavam os mesmos para o celular, por *Bluetooth* ou cabo USB, por exemplo. Os aplicativos apoiavam à resolução de situações-problema, como a apresentada na Fig. 13.

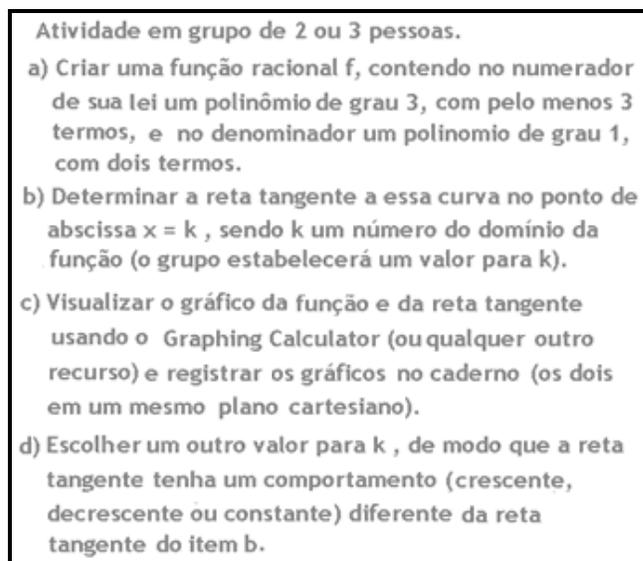


Fig. 13. Exemplo de questão proposta como situação-problema - extraída do Moodle.

IV. USO DOS RECURSOS: DIFICULDADES E POTENCIALIDADES

Cálculo I é uma disciplina ministrada no 1º período dos cursos considerados. Dessa forma, a maioria dos alunos estava ingressando no Ensino Superior. Os conteúdos de Cálculo, por requererem inúmeros pré-requisitos e diversas abstrações, por si só já eram diferentes. Assim, no início do semestre, foi preciso que os alunos se familiarizassem com a proposta do Cálculo e, também, com a metodologia adotada, que era fortemente apoiada no uso de recursos tecnológicos.

Como a maioria não tinha experiência de uso de *software* para estudo de Matemática, também a forma de digitar as funções no aplicativo Graphing Calculator era novidade para a maioria dos alunos (embora a mesma seja semelhante à da maioria dos programas matemáticos para computador).

Além disso, como mencionado, nem todos os celulares possuíam a plataforma Java ME, necessária para os recursos pedagógicos. Alunos sem a referida plataforma trabalhavam, em sala de aula, em grupo com colegas que a possuíam, de forma que também participassem das discussões apoiadas pelos aplicativos. Quanto aos *quizzes*, essas pessoas podiam responder no ambiente Moodle tradicional. Inclusive, essa opção era aberta a todos, mas os que tinham possibilidade de respondê-los pelo celular eram incentivados a fazê-lo, devido à questão do aproveitamento de tempo.

No entanto, o uso dos *quizzes* no celular, embora considerado importante pelos alunos, não era um processo prático para quem não tinha facilidade de acesso à Internet. Era preciso fazer a transferência e instalação de cada série de *quiz* no aparelho. Assim, em geral, os alunos transferiam algumas séries disponibilizadas, mas não todas. Para os que podiam acessar a Internet pelo celular, o processo era muito mais simples, usando o MLE-Moodle. Estes podiam ter acesso, pelo celular, não só aos *quizzes*, mas também a diversos recursos disponibilizados no Moodle.

É importante relatar que mesmo em relação ao computador foi preciso um período inicial de adaptação, ao longo do primeiro mês letivo. O hábito de freqüentar o ambiente Moodle foi sendo construído. A participação nos fóruns requereu um pouco mais de tempo, cerca de um mês e meio. Alguns apresentaram grande resistência inicial em relação aos fóruns, apresentando justificativas variadas, tais como falta de tempo, dificuldades para se expressar, problemas associados à tecnologia, entre outros. Ressalta-se que a instituição de ensino considerada disponibiliza laboratórios de informática para os alunos, de maneira geral, e, além disso, existem os laboratórios específicos dos cursos de Informática. Assim, não ter computador ou Internet em casa não era uma forte justificativa para deixar de participar das atividades.

Porém, passada a fase de adaptação, foi possível observar que as estratégias adotadas foram sendo desenvolvidas de forma natural. Os alunos passaram a lidar com as diversas tecnologias com mais familiaridade. As situações-problema foram sendo entendidas mais facilmente e os aplicativos para celulares, em geral, apoiaram a resolução das mesmas.

Assim, analisando a evolução das atividades, foi possível

registrar uma boa aceitação, por parte dos alunos, da proposta de uso dos recursos tecnológicos. Os alunos, em geral, tiveram posturas responsáveis e participativas, utilizando tais recursos como instrumentos mediadores da aprendizagem.

Visando obter outros dados sobre a metodologia adotada, foi aplicado outro questionário, ao final do semestre. O mesmo foi respondido por 13 alunos do Bacharelado e 26 do Tecnólogo (número¹² de alunos que concluíram a disciplina) e foi composto de 17 afirmativas, diante das quais cada aluno deveria se posicionar em uma das opções dadas: *Concordo Plenamente, Concordo, Não Concordo Nem Discordo, Discordo, Discordo Plenamente, Não se Aplica*. Esclarece-se que a opção “Não se Aplica” (NA) é justificada pelo fato de que nem todos os alunos participavam de todas as ações da disciplina. Assim, a opção “Não se Aplica” não tinha o mesmo significado de “Não Concordo nem Discordo”, sendo essa última entendida como uma alternativa para alguém que tinha condições de avaliar, mas que manteve a opinião neutra sobre o assunto. Isso foi esclarecido aos alunos antes do preenchimento do questionário.

Apresentam-se, a seguir, os dados relacionados a quatro afirmativas, consideradas mais significativas para o contexto deste capítulo, sempre tendo em vista que 100% dos pesquisados correspondem a 13 alunos, no caso do Bacharelado, e a 26 no Tecnólogo.

Diante da afirmativa “O uso dos diversos recursos tecnológicos no apoio à disciplina contribuiu para a aprendizagem”, os alunos se posicionaram conforme os percentuais da Tabela I.

TABELA I
IMPORTÂNCIA DOS DIVERSOS RECURSOS TECNOLÓGICOS

	Bacharelado (%)	Tecnólogo (%)
Concordo Plenamente	38,46	76,92
Concordo	53,85	19,23
Não Concordo Nem Discordo	7,69	0
Discordo	0	0
Discordo Plenamente	0	3,85
NA	0	0

Atribui-se a melhor aceitação por parte dos alunos do Tecnólogo (curso noturno) ao fato de que os mesmos tinham pouco tempo para estudar e, assim, o apoio tecnológico assumia maior importância.

Em relação aos aplicativos, o questionário final apresentou a seguinte afirmativa: “*Em particular, os aplicativos para celulares foram recursos importantes para a resolução das situações-problema*”. A Tabela II apresenta os resultados. Entende-se que o percentual de concordância obtido sofreu influência do fato de que nem todos tinham condições de usar os aplicativos em seus celulares.

¹² Os cursos de Informática, no Ensino Superior, da Instituição em questão, sofrem, de maneira geral, com o problema de evasão, independente de disciplina analisada.

TABELA II
IMPORTÂNCIA DOS APLICATIVOS PARA CELULAR

	Bacharelado (%)	Tecnólogo (%)
Concordo Plenamente	30,77	30,77
Concordo	38,46	19,23
Não Concordo Nem Discordo	7,69	15,38
Discordo	23,08	3,85
Discordo Plenamente	0	0
NA	0	30,77

Considerando-se, conjuntamente, as opções “Concordo Plenamente” e “Concordo”, tem-se 69,23% no Bacharelado e 50% no Tecnólogo. A melhor avaliação por parte do Bacharelado provavelmente está relacionada ao fato de que estes alunos se envolveram mais na resolução das situações-problema, que eram apoiadas pelos aplicativos.

No entanto, se a análise for feita pelo percentual de discordância, observa-se que apenas 3,85% dos alunos do Tecnólogo e 23,08% dos alunos do Bacharelado discordaram. Portanto, de maneira geral, analisa-se positivamente os percentuais apresentados na Tabela II. Os mesmos são considerados coerentes com a realidade observada.

Com relação aos *quizzes* foi proposta a seguinte afirmativa: “Os *quizzes* foram recursos importantes para a aprendizagem dos conteúdos”. A Tabela III apresenta os resultados.

TABELA III
IMPORTÂNCIA DOS QUIZZES

	Bacharelado (%)	Tecnólogo (%)
Concordo Plenamente	0	15,38
Concordo	30,77	34,62
Não Concordo Nem Discordo	61,54	15,38
Discordo	7,69	3,85
Discordo Plenamente	0	3,85
NA	0	26,92

Os *quizzes* também requeriam a plataforma Java ME, que não era possuída por todos. Além disso, embora esses recursos pudessem ser acessados a qualquer tempo e lugar, para muitos, exigia um processo de transferência dos mesmos para o celular. A evolução tecnológica tende a minimizar os problemas técnicos, mas a importância dos *quizzes* para a aprendizagem deve ser sempre refletida, uma vez que os mesmos apresentam baixa interatividade e refletem pouco o potencial das tecnologias móveis.

Na Tabela III, os percentuais mostram que, para os alunos do Tecnólogo, esses recursos foram mais importantes do que para os do Bacharelado. Atribui-se esse fato ao próprio contexto da turma do Tecnólogo, que possuía um maior número de alunos em dependência, que se sentiam mais confortáveis diante de uma proposta mais convencional, como a dos *quizzes* (aplicação direta dos conteúdos trabalhados).

Buscando-se uma visão global sobre o uso pedagógico dos celulares, foi proposta a afirmativa: “A proposta de uso de celulares, de maneira geral, foi importante para a disciplina”. A Tabela IV mostra os percentuais obtidos.

TABELA IV
IMPORTÂNCIA DOS CELULARES

	Bacharelado (%)	Tecnólogo (%)
Concordo Plenamente	30,77	34,61
Concordo	30,77	30,77
Não Concordo Nem Discordo	7,70	19,23
Discordo	15,38	0
Discordo Plenamente	15,38	3,85
NA	0	11,54

Entende-se, diante do contexto das turmas consideradas, que o percentual de aceitação da Tabela IV, considerando-se, conjuntamente, as opções “Concordo Plenamente” e “Concordo” (61,54% no Bacharelado e 65,38%) foi um bom índice de aceitação. Como a tecnologia de muitos celulares não contribuía para o uso pedagógico dos mesmos e, assim, também os percentuais de discordância são compreensíveis.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de celulares na disciplina de Cálculo I foi considerado como uma estratégia para ampliar as possibilidades de acesso a materiais do curso e, também, para permitir um suporte tecnológico mais prático, que colaborasse para análises e reflexões. Entende-se, no entanto, que o uso desses dispositivos deve ser uma estratégia associada a diversas outras. Além disso, é importante destacar que as tecnologias digitais devem ter sempre um papel bem definido no contexto educacional. Na experiência relatada, esses recursos eram vistos como instrumentos mediadores entre o sujeito e o objeto de conhecimento.

Foi possível observar que, mesmo em cursos relacionados à Informática, o uso de tecnologias digitais para apoio à aprendizagem requereu um período de adaptação. Provavelmente, isso é decorrente do fato dessa prática ainda não ser muito comum nas instituições de ensino.

A popularização dos *smartphones* deverá tornar mais prático o uso pedagógico desse dos celulares. Aparelhos com muitas limitações tecnológicas restringem, ou até mesmo inviabilizam, o referido uso. Porém, é importante destacar que a escolha de aplicativos exigiria cuidados ainda que todos possuíssem *smartphones* na experiência relatada. Alguns aplicativos são específicos para certos sistemas operacionais, não funcionando em outros.

Apesar das dificuldades, o estudo promovido apontou vantagens no uso pedagógico de celulares, na educação formal: i) praticidade nas investigações matemáticas, o que colabora para reflexões, individuais e em grupo, sobre os conceitos abordados; ii) autonomia na exploração de conceitos, o que contribui para que o aluno assuma um papel mais ativo na sua aprendizagem e melhore a sua relação com a Matemática; iii) aproveitamento de tempo. Porém, não se deve perder de vista que algumas potencialidades estão, diretamente, relacionadas às estratégias adotadas pelo professor.

REFERÊNCIAS

[1] R. Tesoriero, H. Fardoun, J. Gallud, M. Lozano, and V. Penichet, "Interactive learning panels," in *Human-Computer Interaction*, part IV, HCII, LNCS, v. 5613, J. A. Jacko, Ed. Berlin/Heidelberg, Germany: Springer, 2009, pp. 236–245. DOI: [10.1007/978-3-642-02583-9_27](https://doi.org/10.1007/978-3-642-02583-9_27)

[2] N. Baya'a and W. Daher, "Students' perceptions of Mathematics learning using mobile phones," in *Proceedings of the 4th International Conference on Mobile and Computer Aided Learning*, Amman, Jordan, Apr. 22-24, 2009, pp. 1–9. Available: http://users.qsm.ac.il/cellmath/Material/Conferences/IMCL2009/student_s_perceptions_of_mathemat.pdf

[3] T. Menkhoff and M. L. Bengtsson, "Engaging Students in Higher Education through Mobile Learning," in *Organizational, Business, and Technological Aspects of the Knowledge Society*, M. D. Lytras, P. Ordonez de Pablos, A. Ziderman, A. Roulstone, H. Maurer, and J. B. Imber, Eds. Heidelberg, Berlin: Springer, 2010, pp. 471–487. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-16324-1_56](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16324-1_56)

[4] G. Schmiedl, T. Grechenig, and B. Schmiedl, "Mobile enabling of virtual teams in school: an observational study on smart phone application in secondary education," in *Proceedings of the 2th International Conference on Education Technology and Computer*, Shanghai, China, June 22-24, 2010, pp. 74–79. DOI: [10.1109/ICETC.2010.5529432](https://doi.org/10.1109/ICETC.2010.5529432)

[5] A. Holzinger, A. Nischelwitzer, and M. Meisenberger, "Mobile Phones as a Challenge for m-Learning: examples for mobile interactive learning objects (MILOs)," in *Proceedings of the 3th International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, Kauai Island, Hawaii, Mar. 08-12, 2005, pp. 307–311. DOI: [http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/PERCOMW.2005.59](https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/PERCOMW.2005.59)

[6] G. Botzer and M. Yerushalmy, "Mobile application for mobile learning," in *Proceedings of the International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age*, Algarve, Portugal, December 7-9, 2007. Available: http://www.iadis.net/dl/final_uploads/200714C043.pdf.

[7] S. Wendeson, W. F. W. Ahmad, and N. S. Haron, "Development of Mobile Learning Tool," in *Proceedings of the International Symposium on Information Technology*, Kuala Lumpur, Malaysia, June 15-17, 2010, pp. 139–144. DOI: [10.1109/ITSIM.2010.5561408](https://doi.org/10.1109/ITSIM.2010.5561408)

[8] M. Prensky, *Teaching Digital Natives: partnering for real learning*. California, USA: Corwin Press, 2010.

[9] W. Veen and B. Vrakking, *Homo Zappiens: Educando na era digital*. Tradução de Vinícius Figueira. Porto Alegre, Brasil: Artmed, 2009.

[10] MLE-Moodle – End Users. "MLE-Moodle". 2009. Available: <http://mle.sourceforge.net/mlemoodle/index.php?lang=en>.

[11] C. R. J. de Azambuja, F. A. R. Silveira, e N. S. Gonçalves, "Tecnologias síncronas e assíncronas no ensino de cálculo diferencial e integral," in *Disciplinas Matemáticas em Cursos Superiores: reflexões, relatos, propostas*, H. N. Cury, Org. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004, pp. 225–243.

[12] S. C. F. Batista, "M-LearnMat: Modelo Pedagógico para Atividades de M-learning em Matemática," Tese (doutorado em Informática na Educação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2011.



Silvia Cristina Freitas Batista. Nascida em Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. Possui graduação em Ciências - Habilitação em Matemática - (1984-1987) pela Faculdade de Filosofia de Campos. É Mestre em Ciências de Engenharia, foco em Engenharia de Produção (2002-2004) pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Rio de Janeiro. Doutora em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2008-2012).

Atua como Professora, desde 1993, no Instituto Federal Fluminense Campus Campos-Centro. Tem experiência na área de Matemática, com ênfase em Cálculo Diferencial e Integral. Desde 2003 é uma das coordenadoras do projeto de pesquisa "Tecnologias de Informação e

Comunicação no Processo de Ensino e Aprendizagem de Matemática" e, desde 2010, é uma das coordenadoras do projeto "Aprendizagem com Dispositivos Móveis", ambos vinculados ao IF Fluminense. No âmbito do referidos projetos, atua principalmente nos seguintes temas: qualidade de softwares educacionais para Matemática, desenvolvimento de recursos pedagógicos, formação de professores, uso pedagógico de dispositivos móveis na Matemática e desenvolvimento de modelo pedagógico para atividades envolvendo m-learning.



Patricia Alejandra Behar. Nascida em Buenos Aires, Argentina, cursou o Bacharelado em Informática (1986–1990) na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUCRS, Brasil. É Mestre (1991-1993) e Doutora (1994-1998) em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

Professora Associada 3 da Faculdade de Educação e dos Cursos de Pós Graduação em Educação (PPGEdu) e em Informática na

Educação (PPGIE) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico e Expansão Inovadora (DT), nível I. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação a Distância (EAD) e Informática na Educação. Atua, principalmente, nos seguintes temas: desenvolvimento de ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs), produção e avaliação de materiais educacionais digitais, arquiteturas pedagógicas, modelos pedagógicos para EAD, construção do conhecimento em AVAs, formação de professores em AVAs. Coordena o Núcleo de Tecnologia Digital aplicada à Educação (NUTED) da Faculdade de Educação (FACED) e vinculado ao Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED). Desenvolveu o ambiente virtual ROODA, utilizado como uma das plataformas de EAD da UFRGS em cursos presencias, semi e totalmente a distância, por mais de 48 000 usuários.

Membro do comitê IFIP (International Federation for Information Processing) WG 3.8 - Lifelong Learning. Autora do Livro Modelos Pedagógicos em Educação a Distância. ArtMed: Porto Alegre, 2009.



Liliana Maria Passerino. Nascida em Rosario, Argentina, onde se formou como Analista Universitária de Sistemas em 1987 pela Universidad Tecnológica Nacional (UNR) Facultad Regional de Rosario (FRR). Realizou seu mestrado em Ciência da Computação pelo Instituto de Informática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em 1992. Posteriormente, se doutorou pelo Programa de Informática na Educação (PGIE) da mesma universidade (UFRGS).

Atua, desde 1992, como Professora e Pesquisadora sobre cognição humana e seu desenvolvimento mediado pelo uso de tecnologias da informação e comunicação, em diferentes campos de aplicação. Coordenadora da Área de Tecnologias na Educação pela Faculdade de Educação/UFRGS, é bolsista produtividade do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq)-Brasil. Atualmente atua no CINTED - Centro Interdisciplinar de Tecnologias na Educação/UFRGS, no qual coordena o Grupo de Investigação TEIAS- Tecnologias na Educação para Inclusão e Aprendizagem em Sociedade. (liliana@cinted.ufrgs.br).



Alex Botelho Mamari. Nascido em Bom Jesus do Itabapoana, Rio de Janeiro, Brasil. Possui graduação em Sistemas de Informação (2008-2012) pelo Instituto Federal Fluminense Campus Campos-Centro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

Atuou como bolsista de Apoio e Desenvolvimento Tecnológico nas áreas de Manutenção de Computadores e Redes e Infraestrutura, no período de 2008 a 2010. De

2010 a 2012, atuou como bolsista de Iniciação Científica pelo CNPq, no projeto "Aprendizagem com Dispositivos Móveis", orientado pela Professora Dr.ª Silvia Cristina F. Batista, vinculado ao IFF Fluminense.

Capítulo 3

Knowledge management and innovation of educational-social networks: REDDOLAC Case

Ingrid del Valle García Carreño

Abstract—There exists now a social and educational growing net worldwide. Teachers have been integrated these media which are driven by new technologies. However, not all the networks emerge with the same speed of action. This paper presents theoretical framework in a relation with social and educational E-learning 2.0 theory and educational networks. We have tried to analyze a social network REDOLAC. Where we evaluate the management of an On-line social networking as particle in following two ways. (1) Does there exist a construction of knowledge through Web 2.0 between all the members? (2) Further, we will analyze, Does a part of Web 2.0 benefit? Finally, we have shown the interest in contribution of Web 2.0 and Social Media in education, how they are implemented using Web 2.0, and functionalities to improve the efficiency of social collaborations.

Keywords—Applications 2.0, Knowledge Management, Network Theory, REDDOLAC.

Resumen—Existe actualmente un crecimiento de las redes sociales y educativas a nivel mundial. Los docentes se han ido integrando a estos medios, motivados por las nuevas tecnologías. No todas las redes de este tipo emergen o surgen con la misma velocidad de acción. En esta investigación se trata en primer lugar de exponer el marco teórico de la teoría de redes y luego se explican las redes sociales y educativas elearning 2.0. En segundo lugar, se evalúa la gestión de una edured en particular (REDDOLAC) así como la construcción del conocimiento a través de los diversos grupos ya que intervienen 23 países. Se evalúa la red de dos formas: (1) Si existe la construcción del conocimiento usando las herramientas de Web 2.0 (2) Forma parte del análisis las bondades de la Web 2.0. Por último si esto mejora el trabajo colaborativo.

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO VII CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE TIC NA EDUCAÇÃO CHALLENGES 2011 PERSPECTIVAS DE INOVAÇÃO. Centro de Competência da Universidade do Minho Braga, Portugal. I.V. García pertenece al doctorado de la Universidad Autónoma de Madrid Facultad de Formación de Profesorado y Educación. Programa de Doctorado: Innovación al Profesorado, Madrid, Spain. (Phone: 34-915-333328; e-mail: 5133871@gmail.com).

Keywords— Aplicaciones 2.0., Gestión del conocimiento. Reddolac, Teoría de redes, redes educativas.

I. INTRODUCTION

EXISTIMOS en un mundo donde todas las relaciones están sufriendo un profundo cambio por las redes sociales. Gracias a las redes sociales como Facebook, podemos encontrar nuestros amigos del colegio o ex compañeros de trabajo. El mundo de la educación tema de esta comunicación no ha quedado ajeno ante el fenómeno de las redes y un buen número de profesores ya están usando su poder de comunicación y cohesión como una herramienta más de apoyo a sus clases y sus investigaciones.

Ahora bien todas las redes producen o generan conocimiento, gestionan la investigación de una manera distribuida o solo se quedan en la Chat y formación de foros. Es de este planteamiento que me motive a estudiar a fondo la red REDDOLAC, con el fin de evaluar la gestión del conocimiento.

II. ANTECEDENTES DE LA TEORÍA DE REDES

Analizar los inicios de la teoría de redes implica remontarse a los años treinta. Se inicia con la Gestalt dentro de esta concepción la percepción de un objeto se realiza dentro de una totalidad conceptual compleja y organizada, totalidad que posee propiedades específicas diferentes de la simple adición de las propiedades de las partes. La teoría de Kurt Lewin destaca el hecho de que la percepción y el comportamiento de los individuos de un grupo, estas relaciones pueden ser analizadas formalmente por procedimientos matemáticos.

[1] se interesó por la estructura de los grupos por razones terapéuticas y se considera uno de los fundadores de la teoría de redes bajo el nombre de sociometría. L. Warner y E. Mayo

en los años treinta y cuarenta: otro de los orígenes de las redes proviene del estructural-funcionalismo antropológico desarrollado en Harvard a través de sus investigaciones sobre la estructura de los subgrupos en sus trabajos en la Hawthorne, factoría eléctrica de Chicago. Los análisis de los grupos y subgrupos a partir de la utilización de sociogramas jugaron un papel importante. Warner trabajó en un en N. England, sobre una base antropológica: observación, entrevistas y documentos históricos [2].

En la línea del estructural-funcionalismo, conocida como la escuela de Manchester con Max Gluckman, se pueden resumir en dos aspectos: primero, en la insistencia en el conflicto más que en la cohesión como factor del mantenimiento y la transformación del grupo y, segundo, y en consecuencia la visión de la estructura como redes relacionales analizables por técnicas específica y como conceptos sociológicos basados en la teoría del conflicto [3].

[4]. encuentra que las aproximaciones de la tradición antropológica a las organizaciones sociales no son suficientemente ricas en las sociedades complejas. Se necesitan pues nuevos conceptos para cuantificar las relaciones en el trabajo de campo, conceptos como apertura, conectividad, círculo social, densidad, etc. aplicables a las situaciones sociales estudiadas

[5]. representa la convergencia de ambas escuelas, la que viene del estructural-funcionalismo antropológico a través de Warner, Gluckman hasta Barnes, Bott y Nadel y la que proviene de la teoría de grafos, Koenig, Cartwright, Zander, Harary, Norman y Bavelas poniendo las bases sistemáticas para el análisis social de las redes.

Las redes sociales tienen pues una rica tradición en la antropología cultural. Los cincuenta y sesenta no son de excesiva dedicación de los sociólogos a las redes sociales. Se hacen también progresos decisivos sobre todo en el campo de los métodos y de la conceptualización matemática. Pero, de todas formas, la teoría de redes sociales no acaba de entrar dentro de la sociología ortodoxa [6].

Al final de los sesenta se da una ruptura importante con las corrientes mencionadas anteriormente a partir del llamado estructuralismo de Harvard, llegando a esta concepción a partir de modelos algebraicos, la teoría White establece el análisis de las redes como un método de análisis estructural de grafos y el desarrollo de técnicas como la escala multidimensional [3].

[7]. aunque algo aparte de las primeras discusiones de la escuela de Harvard, realizan estudios que, sin ser explícitamente algebraicos tienen una importancia decisiva. Analiza la forma de transmisión de la información en la búsqueda de trabajo y sobre todo, los lazos que se establecen.

Antes de los setenta se realizaron numerosas tentativas para desafiar métodos, estudiar minuciosamente las relaciones sociales y descubrir sus pautas aunque muchos de estos intentos fueran relativamente rudimentarios y no condujeran a métodos suficientemente atractivos y de sencilla comprensión para los investigadores. En buena medida todo cambia en los

últimos sesenta y en los setenta con un mayor desarrollo de la base matemática, concretamente de la teoría de grafos.

La llegada de los algoritmos de computación hace además posible su implantación práctica. Los desafíos de los setenta marcan así un gran momento de crecimiento de la teoría de redes: nacimiento de la INSA en el 78, de la revista Social Networks así como muchas investigaciones y su bibliografía correspondiente. Se puede decir que en estos años adquiere la teoría de la redes su mayoría de edad. Los científicos sociales se ven también atraídos por un tipo de análisis que presenta aspectos de la estructura social que quedaban un tanto abstractos en otras perspectivas.

Las innovaciones más importantes de los ochenta se llevan a cabo en los campos metodológico, teórico y conceptual, por un lado, en el de los métodos, algoritmos y técnicas, por otro, y, por último en la recogida de datos y del muestreo [6].

III. EL SURGIMIENTO DE LAS REDES SOCIALES EN INTERNET

Las redes sociales en Internet son un fenómeno que cada vez está creciendo de una manera vertiginosa. Este tipo de redes representa una forma de interacción social, entendida como una interacción dinámica entre personas, grupos e instituciones en contextos de complejidad. Un sistema abierto y en construcción permanente que involucra a conjuntos que se identifican con las mismas necesidades y problemáticas y que se organizan para potenciar sus recursos.

Posibilitan interactuar con otros iguales aunque no se les conozca, el sistema es abierto y se va construyendo obviamente con lo que cada sujeto aporta. La participación en este tipo de redes comienza por encontrar a otros con quien compartir nuestras inquietudes. Pero aunque no fuera así, el hecho de integrarse a la red constituye por sí mismo un rompimiento al aislamiento que suele aquejar a muchas personas. Las habilidades para interactuar en el nuevo entorno virtual es otro reto que ha de conseguirse gradualmente. Ejemplos de este tipo de redes sociales son: myspace.com, youtube.com, secondlife.com o facebook.com [8].

III.A Redes sociales destinadas a fines educativos

Las redes sociales educativas responden a necesidades sumamente diversas en el imaginario de la educación. A partir de las revoluciones digitales, en años recientes las instituciones educativas han perdido buena parte del control que venían ejerciendo sobre la producción y circulación del saber y el conocimiento.

Virtualmente, cualquier elemento que se pueda registrar o experimentar puede convertirse en un nodo. Pensamientos, sentimientos, interacciones con otros y nuevos datos e información pueden verse como tales. La agregación de estos nodos da como resultado una red. Las redes pueden combinarse para formar otras más amplias (cada nodo de una red más amplia puede ser por sí mismo una red de nodos). Una

comunidad, por ejemplo, es una sustanciosa red de aprendizaje formada por individuos, que por ellos mismos se pueden convertir en una red de aprendizaje completa (sin tecnología), cuya unidad mínima de aprendizaje es el aula [9].

El objetivo de una teoría de redes de aprendizaje es describir la forma en la que están organizados los recursos y servicios en orden a ofrecer oportunidades de aprendizaje en un entorno de red. En consecuencia, las redes de aprendizaje no son un principio pedagógico, sino más bien una descripción de un entorno pensado para dar apoyo a una pedagogía particular.

Una de las clave del aprendizaje en red es la capacidad de establecer conexiones, sobre todo, cuando la infraestructura de red está bien diseñada y planificada y se activa por medio de un facilitador. Por medio del pertinente software social, se establece un flujo de procesos de interacción y de comunicaciones; así, el conocimiento se incrusta en ese engranaje de conexiones para que esos flujos conversacionales y de enlaces significativos hagan posible el aprendizaje en red [9].

Los servicios de redes sociales son generalistas en sus objetivos, ya que su misión es acercar a las personas a través de sus servicios, dejando totalmente abiertas lo que se haga con ellas. Sin embargo, son especialistas inigualables en conseguir esta comunicación. De ahí que las redes sociales educativas o *eduredes* puedan ser utilizadas de una forma muy amplia y de diferentes maneras, según las necesidades, la creatividad del docente y la práctica cotidiana de sus usuarios (Tabla I) [11].

TABLA I
REDES SOCIALES EDUCATIVAS
ABIERTA Y CERRADA

Redes sociales abiertas	Redes sociales cerradas
<p>Son redes donde no hay aislamiento entre sus miembros. Así, cualquiera que pertenezca a una de estas redes puede hacer "amistad" libremente entre sus miles de miembros, en el sentido con el que se entiende la amistad en las redes sociales. En este grupo podemos incluir <i>Twitter</i>, <i>Tuenti</i>, <i>MySpace</i> o <i>Facebook</i>. Para la educación escolar presenta el inconveniente del "ruido" que tienen. La libre circulación de mensajes y de todo tipo de objetos digitales, hace que sea muy fácil dispersarse y cueste encontrar la concentración virtual necesaria para poder llevar a cabo la labor docente. Este tipo de redes son interesantes, sobre todo, para fomentar el debate y la comunicación en la formación de adultos. En el caso de <i>Twitter</i> se han hecho algunas experiencias que se refieren, sobre todo, a trabajos escolares puntuales, como la elaboración de microcuentos de forma colaborativa entre los alumnos, actividades de</p>	<p>Aquí se incluyen los servicios de redes sociales que permiten un aislamiento del resto de miembros del servicio. Pertenecen a este tipo Ning (http://www.ning.com), Grou.ps (http://grou.ps), Elgg (http://www.elgg.org) y algunas de las redes sociales de microblogging (son redes basadas en mensajes cortos, al estilo de <i>Twitter</i>) como Shoutem (http://www.shoutem.com), Edmodo (http://www.edmodo.com), esta red es exclusivamente educativa), Blellow (http://blellow.com/), etc. Puede verse una lista más extensa de servicios para microblogging en la wiki <i>EduTwitter</i>. Ning es el servicio que presenta mayores prestaciones de cara a la educación. En <i>Grou.ps</i> no se pueden establecer grupos de alumnos dentro de la red social, de forma que su utilidad se limita a clases individuales. Elgg es de las pocas redes sociales de software libre y ha sido diseñado de forma específica</p>

preguntas y respuestas breves, definiciones, etc. En la wiki *EduTwitter* (<http://edutwitter.wikispaces.com>) se pueden encontrar algunas experiencias de este tipo.

para la educación, aunque carece de muchos de los mecanismos para poner en contacto a sus miembros que tienen otras redes y debe ser instalado en los propios servidores, con los problemas de mantenimiento que ello lleva. En cuanto al microblogging, como ya se ha dicho antes, tiene una aplicación limitada sólo a determinadas actividades educativas.

[9].una red social necesita unas normas de convivencia ya que la interacción entre sus miembros es continua, esto ayuda a que aprendan a conocer los límites en las relaciones virtuales y sólo por esto ya merecería la pena su uso como un medio educativo social. Otra ventaja es que las redes sociales facilitan enormemente la comunicación con el profesor. Disponer en un único espacio a todos los alumnos de cada asignatura, hace más sencillo establecer el contacto con ellos.

Una de las cosas más interesantes es la creación de grupos dentro de las redes sociales. De este modo se pueden crear grupos de aprendizaje. Estos grupos pueden ser de muy distinta índole. Por ejemplo, se pueden utilizar para que los alumnos hagan trabajos en grupo, creando ellos mismos el suyo propio, para colocar allí la documentación que necesitan, enlaces, mantener un intercambio de opiniones, etc. Del mismo modo, cada asignatura puede tener su propio grupo, de forma que el profesor puede pedir trabajos, poner los deberes del día, hacer foros de consultas sobre la materia, etc. Se pueden hacer también grupos interdisciplinares, como los de tutoría, o creados para tareas específicas, como la creación de una revista escolar.

Las posibilidades son muchas ya que a las herramientas que nos ofrecen las redes (blogs, foros, sonido, imagen, vídeo, etc.) podemos añadir elementos externos, bien sea mediante documentos o páginas incrustadas en los grupos o bien mediante enlaces a los recursos que usamos habitualmente.

La red social se presenta como una plataforma base sobre la que ir añadiendo todos los recursos que utilizamos en nuestras clases. Exactamente igual que sucede con la clase física y presencial. A continuación se observa la relación entre la actividad docente y la meramente social en el interior de una red educativa:

- Relaciones docentes/ Aprendizaje formal. Blog, discusiones, comentarios, mensajes privados, Aplicaciones externas, Enlaces, *Podcast*.
- Relaciones sociales/ Aprendizaje informal. Música, Perfil, Fotos, Comentarios, chat.

IV. CASO DE ESTUDIO LA REDDOLAC Y SUS APLICACIONES A WEB 2.0

REDDOLAC fue creada en el año 2009, en Perú por el Profesor Henry Alberto Chero en un primer momento como una iniciativa de integración tecnológica. Existe presencia de

23 países de la América Latina y el Caribe así como de España, Portugal y otros países. En pocos meses llego a contar con la participación de 2.917 miembros y en el 2011 su población ascendía a 6.509 participantes. (Figura 1)

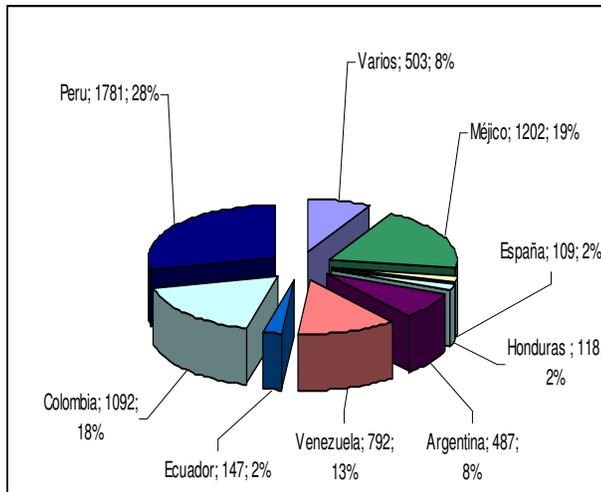


Fig. 1. Distribución de los miembros de la en América Latina (Total de 6231 miembros)

En su creación se formaron grupos categorizados por profesiones, luego se han interconectando en un espacio para docentes y profesionales interesados en las TIC con deseos de compartir investigaciones, trabajos colectivos y formación.

Si bien es cierto que en un primer momento la red fue temática hoy por hoy se han superado las fronteras geográficas y espacios a través de la red. Aun cuando los países con mayor participación son latinos, se evidenció la presencia de otros países tales como Portugal, Francia, Canadá y Norteamérica, por lo que la red no se limito a la región sino tiene una proyección global. En la red también se expone y planifican Congresos Virtuales a nivel Internacional caso DIM Madrid, DIM Barcelona, RUTE, REDU, CLEAD 2010 entre otros.

Uno de los puntos relevantes de la red en estudio es que si bien en un primer momento se creo por profesiones, esto ha ido evolucionando de grupos de interés a países. Lo interesante de la agrupación por países es que están los especialistas de cada país y en un futuro tal y como expone Henry Chero creador y administrador de la red [12].

Se nombrara un coordinador por país y se institucionalizara de manera ordenada la red combinando de esta forma los saberes de cada profesional, también se va hacia la publicación de libros, asesoría y la especialidad. Creación congresos presenciales.

En esta parte se trata de analizar el uso de las aplicaciones de Web. 2.0, basándonos en las características de la educación 2.0. En la tabla II se resumen estas:

TABLA II. RESUMEN DE LAS APLICACIONES DE WEB. 2.0

Actitudes	Capacidades	Competencias
• Altruismo. Para ser	• Gestionar el propio	• Investigar, evaluar y

capaces de contribuir a la generación de conocimiento y ponerlo a disposición de los demás.	de la generación de conocimiento y ponerlo a disposición de los demás.	conocimiento, marcar los propios objetivos y manejar los procesos y el contenido de lo que se aprende.	seleccionar las fuentes de información, planificar estrategias para la investigación, procesar los datos y generar resultados.
• Colaboración. La Sociedad del Conocimiento la crean personas que, junto con otras, construyen y elaboran el conocimiento mediante procesos continuos y muy veloces de retroalimentación.	La Sociedad del Conocimiento la crean personas que, junto con otras, construyen y elaboran el conocimiento mediante procesos continuos y muy veloces de retroalimentación.	Tener pensamiento creativo para construir conocimiento y desarrollar productos innovadores y originales.	• Conocer los medios para colaborar con otros y que varían en función de la situación de cada momento. Wikis, comentarios en blogs, redes sociales, grupos de correo, documentos compartidos por varias personas, etc.
• Respeto. Para poder conducirse en la Sociedad del Conocimiento, reconocer y respetar el trabajo ajeno, no apropiándose sino edificando y construyendo a partir de él.	Para poder conducirse en la Sociedad del Conocimiento, reconocer y respetar el trabajo ajeno, no apropiándose sino edificando y construyendo a partir de él.	Aplicación del pensamiento crítico para resolver problemas, planificar proyectos, investigaciones y llevarlas a cabo.	• Producir objetos digitales de diversa índole y darles forma para presentarlos ante los demás. No únicamente texto descriptivo e imagen sino otras formas que surgen a partir de la remezcla (<i>mashup</i>) de distintos medios.
			• Comunicarse con otros para poder estar informado y crear conocimiento conjunto. Es imprescindible saber dónde acudir para poder estar en contacto con otros.

En la red sujeta a estudio se observa que las actitudes como son altruismo, colaboración y respeto se cumplen en un 100%. Por otra parte las competencias se tienen en investigar, colaborar, producir y comunicarse, en esta parte se tratan 89 grupos y un dato importante es que los grupos se forman por temáticas y por países:

Docentes por países. Este grupo permite contactar docentes del país en cuestión para congresos, conferencias, trabajos colaborativos e investigaciones. [11].

En el caso de las Web 2.0 existen cerca de 3.000 aplicaciones. Algunas de las características de dichas aplicaciones son:

- Admiten la participación colectiva, permitiendo:
- Compartir información entre los usuarios.
- Interactuar unas personas con otras.
- Colaboración entre usuarios. La información compartida unida a la interacción entre los usuarios debe permitir la creación conjunta de contenidos.
- Algunos recursos son gratuitos.

La información se puede recuperar mediante suscripción (sindicación) al que se puede añadir el etiquetado

(folcsonomía), esto es un tipo de sistema de clasificación distribuida. Generalmente es creada por un grupo de individuos, típicamente los usuarios de recursos. Los usuarios agregan tags (etiquetas) a los ítems online, tales como imágenes, videos, marcadores y texto. Esos tags son entonces compartidos y algunas veces refinados.

Las aplicaciones 2.0 se pueden clasificar, según la función que desempeñan. Prácticamente todas estas aplicaciones tienen características propias de las redes sociales, en mayor o menor grado, permitiendo la comunicación y colaboración entre personas (Tabla III) [11].

TABLA III
REDES SOCIALES EDUCATIVAS
ABIERTA Y CERRADA

Herramientas para generar contenidos.	Generación y publicación de contenidos.	Recuperación de la información
Con ellas la información, proveniente en diferentes formatos, se presenta de numerosas formas y serán incluidas en el proceso final de generación de contenidos. Pueden ser líneas temporales, imágenes, sonidos, presentaciones, etc.	Son las herramientas encargadas de proporcionar los contenidos en su forma final. Fundamentalmente son los blogs, wikis y sistemas específicos para crear sitios web, como Google Sites. Estos contenidos suelen incluir numerosos elementos que provienen de otras herramientas especificadas en el apartado anterior.	Son los sistemas que permiten obtener la información de una manera eficiente y automática o semiautomática, teniendo en cuenta el medio hiperinformativo en el que nos movemos.

En la Figura 2 se exponen los 89 grupos desarrollados y multidisciplinares, es aquí donde se genera el fenómeno de redes y nodos así como la conectividad al respecto vale la pena mencionar los siguientes :

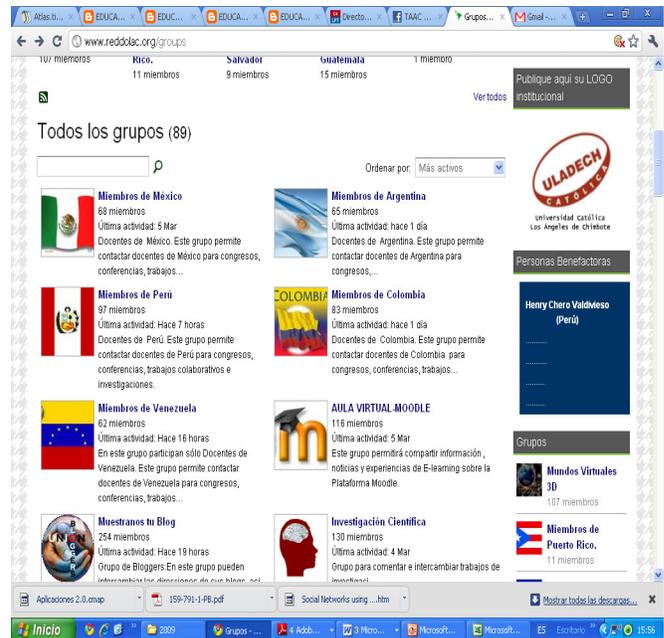


Fig. 2. Grupos de la REDDOLAC

En la Figura 3 a continuación los foros desarrollados en la REDDOLAC:



Fig. 3. Foros de la REDDOLAC

En la Figura 4 se analiza el contenido de la red REDDOLAC el cual no es tarea fácil es un trabajo metódico, para lo cual se ha diseñado la figura siguiente:

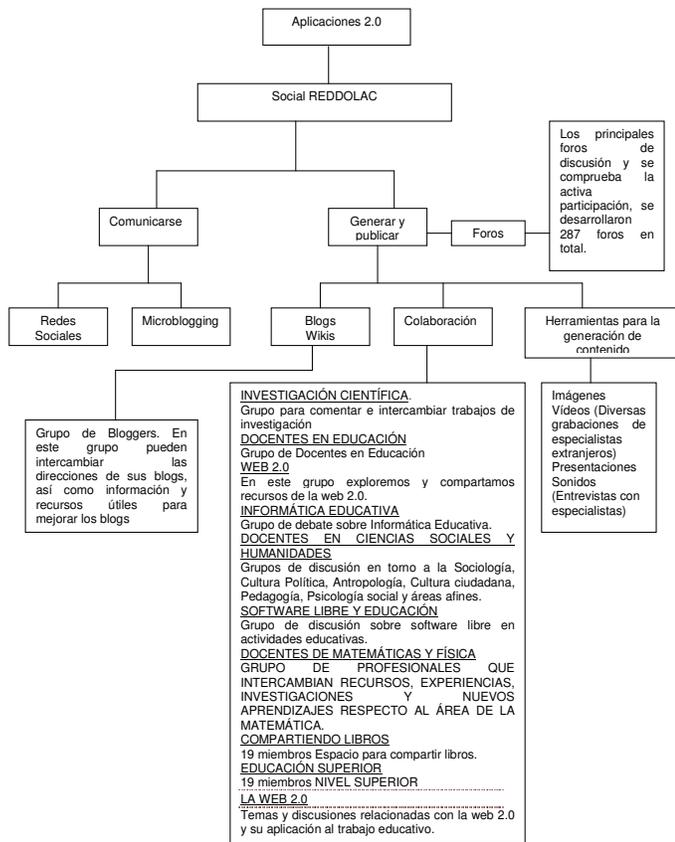


Fig. 4. Análisis del contenido de aplicaciones Web 2.0 de REDDOLAC.

V. CONCLUSIONES

La intención de este trabajo es dar a conocer las herramientas Web 2.0 y el análisis de la red REDDOLAC que nos permiten analizar y hacer un seguimiento de la naturaleza de la comunidad virtual activa. Con este tipo de análisis se pueden entender las debilidades y las fortalezas de las acciones de interactividad y con ello intentar mejorar dicha comunidad. Y para que los propios miembros de la Comunidad puedan conocer a la comunidad de la que forman parte.

Del análisis se desprende que la Red ha crecido exponencialmente desde su creación hoy somos 6500 miembros, se observa que los usuarios han aumentado considerablemente. Se trata de una comunidad de carácter multinacional. y por tanto el más numeroso, destacan la presencia de argentinos, mexicanos, venezolanos, colombianos; y en Europa, los españoles.

Si bien al principio la organización era temática hoy en día se proyecta por países y hacia una clara institucionalización. La REDDOLAC presenta claramente las actitudes de Altruismo. Colaboración y Respeto.

Las redes sociales son un medio “exigente” para las instituciones que dispongan de ellos. El crecimiento de

seguidores obliga a una labor continua de generación de contenido, tal y como se demostró esto no ha sido problema para la red, se han usado todos los medios de comunicación interactiva Web 2.0.

Esta red en particular se destaca por su número de foros (287), grupos (89), actualización de fuentes y sobre todo la generación de conocimiento.

REFERENCES

- [1] J.L. Moreno. “Who Shall Survive?” Washington, DC: Nervous and Mental Disease.1934
- [2] L.C. Freeman. *El Desarrollo del análisis de Redes Sociales.: Un Estudio de Sociología.* Publishing Company.G. O. Young, “Synthetic structure of industrial plastics (Book style with paper title and editor),” in *Plastics*, 2nd ed. vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
- [3] C. Lozano. La teoría de redes sociales. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Sociologia. 08 193 Bellaterra (Barcelona). Spain. Papers 48, 1996 103-126
- [4] J.A. Barnes. “Genealogies”. In A.L. Epstein, (ed.) *The Cm/t of Smal Anthropology*, London: Tavistock, 1997.
- [5] J.C. Mitchell. “The concept and use of social networks”. In J.C. Mitchell (ed.) *Social Networks in Urban Situations*. Manchester: Manchester University Press. 1969.
- [6] P. Levinson. *The soft age a natural history and future of the information revolution.* London: Routledge. 1997.
- [7] M. Granovetter. “The Strenght of Weak Ties: A Network Theory Revisited” en, Marsden P.V., Lind N. (Ed), 1982.
- [8] Al, Piscitelli, I, Adame y I, Binder. *El Proyecto Facebook y la posuniversidad. Sistemas operativos sociales y entornos abiertos de aprendizaje.* Compiladores, En: Editada por Ariel y Fundación Telefónica y en colaboración con Editorial Planeta. Primera edición: abril de 2010
[Online]. Available: <http://www.proyctofacebook.com>.
- [9] IV, García. Teoría de la conectividad como solución emergente a las estrategias de aprendizaje innovadoras. En REDHECS: Revista electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social, Año 4, Nº. 6, págs. 1-25. [Online]. Available: www.urbe.edu/publicaciones/redhecs/.../1-1-investigacion-ingrid-garcia.pdf. 2009.
- [10] IV García. La teoría de la conectividad como solución emergente a las estrategias de aprendizaje innovadoras (e_learning). Localización: Innovación educativa para la educación superior: hacia el proceso de la convergencia / coord. por Jesús Alberto Messía de la Cerda Ballesteros, Eugenio Fernández Vicente, 2009, págs. 269-296. Recoge los contenidos presentados a: Congreso internacional sobre investigación educativa (I. 2008. Madrid)
- [11] J. De Haro. *Redes sociales para la educación. Manuales imprescindibles.* Editada por Rústica Hilo. Primera edición: septiembre 2010.
- [12] RED DE DOCENTES DE AMÉRICA LATINA Y DEL CARIBE (REDDOLAC, 2010). www.reddolac.org



Ingrid del Valle García Carreño nació en Caracas (Venezuela). Es Licenciada en Contaduría Pública y Licenciada en Administración Comercial, Especialista en Administración y Master en Administración por la Universidad

Católica Andrés Bello de Caracas, Venezuela. Especialista en Educación Superior por la Universidad Gran Mariscal de Ayacucho de Puerto Ordaz, Venezuela. Posee ocho años de experiencia en docencia por la Universidad Gran Mariscal de Ayacucho en Puerto Ordaz, Venezuela de varias materias tales como Finanzas, Finanzas Internacionales, Matemáticas Financieras, Contabilidad y desde sus comienzos como profesora, ha participado como tutora y en los tribunales de evaluación en las asignaturas de Trabajo de Fin de Grado. Doctoranda en Finanzas, DEA finalizado por la Complutense de

Madrid. Actualmente Doctoranda en Educación, tesis inscrita por la Universidad Autónoma de Madrid. Ha publicado varios trabajos de investigación en conferencias nacionales e internacionales dedicados a innovación docente y el e-Learning. Su área de investigación es el Liderazgo Educativo de Organizaciones Escolares específicamente el Liderazgo Distribuido. Sus intereses concretos se centran en la innovación educativa mediante nuevas tecnologías, e-Learning, así como en la integración de este tipo de actividades con la educación. Recientemente con la elaboración del material digital de formación didáctica: Técnicas para promover el aprendizaje colaborativo. Certificado por la Universidad de Salamanca. Es Miembro del DIM, Madrid de a UAM.

Capítulo 4

Análise Comparativa de Mundos Virtuais

R. Reis, *Member, IEEE*. B. Fonseca, P. Escudeiro *Member, IEEE*

Title—Comparative analysis of virtual worlds

Abstract—This paper presents a comparative analysis between a set of virtual worlds in order to facilitate the process of selecting a virtual world to serve as a platform for application development. Based on exhaustive research in the area, we selected a set of criteria, based on the work of Mannien in 2004 and Robbins in 2009. After this identification we applied the Quantitative Evaluation Framework (QEF) developed by Squire in 2007 with the aim of assessing quantitatively the platforms under consideration. The results showed that Second Life, OpenSim and Active Worlds are platforms that offer more services and tools for developing applications with quality.

Keywords—social virtual worlds, MMGOs, Quality, Scorm

Abstract—Neste artigo apresenta-se uma análise comparativa entre um conjunto de mundos virtuais, com o objectivo de facilitar o processo de selecção de um mundo virtual que sirva de plataforma de desenvolvimento de aplicações. Com base numa pesquisa exaustiva na área, foram seleccionados um conjunto de critérios, assentes no trabalho desenvolvido por Mannien em 2004 e Robbins em 2009. Após esta identificação aplicou-se o Quantitative Evaluation Framework (QEF) desenvolvido por Escudeiro em 2007, com o objectivo de se avaliar quantitativamente as plataformas em estudo. Os resultados permitiram concluir que o Second Life, OpenSim e Active Worlds são as plataformas que oferecem maiores serviços e ferramentas para o desenvolvimento de aplicações com qualidade.

This work has been originally presented at the 6th Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação CISTI 2011, in Chaves, Portugal.

Rosa Reis is with the Instituto Superior de Engenharia do Porto, Rua Dr António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal and with the *GILT* - Graphics, Interaction and Learning Technologies, Rua Dr António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, e-mail: rnr@isep.ipp.pt.

Benjamin Fonseca is with the Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal, and with the CITAB, Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Biológicas Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados, Apartado 1013, 5001-801 Vila Real, Portugal (e-mail: benjaf@utad.pt).

Paula Escudeiro is with the Instituto Superior de Engenharia do Porto, Rua Dr António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal and with the *GILT* - Graphics, Interaction and Learning Technologies, Rua Dr António Bernardino de Almeida, 431, 4200-072 Porto, Portugal (e-mail: pmo@isep.ipp.pt).

Keywords— *Mundos Virtuai Sociais; MMGOs; Qualidade; Scorm*

I. INTRODUÇÃO

Com o aumento da popularidade dos serviços de Internet, juntamente com o seu elevado potencial para atingir um grande número de utilizadores, uma nova geração de aplicações surgiu na Web, os chamados mundos virtuais. Os mundos virtuais são colocados no contexto da realidade virtual, a qual é definida como um "ambiente simulado por computador, em que o ambiente é uma simulação do mundo real ou de um mundo imaginário" [1]. Segundo Tiffin e Rajasingham [2], este ambiente fornece algum tipo de imersão que envolve o utilizador numa fantasia só possível graças a tecnologia 3D digital. Esses mundos permitem que vários utilizadores o habitem e interajam uns com os outros. O fluxo das interações são mantidas quer graficamente, por meio do próprio mundo, ou sob a forma de movimento evidenciando as ações do avatar. Segundo Edward Castronova [15], mundos virtuais podem ser divididos em espaços de jogos e extensões do mundo real. Mais propriamente, divididos em Massive Multiplayer Online Games (MMOGs) e mundos sociais virtuais. Os MMOGs distinguem-se por terem a estrutura básica dos vídeo jogos, com obstáculos a serem superados e com funções especialmente visíveis, que combinam com a necessidade de socialização, para alcançar alguns objetivos. São mundos centrados num só tema, são persistentes, progredem através de uma narrativa aberta, onde os seus jogadores podem agir livremente, conversando, trocando informações e ultrapassando obstáculos, etc. Os mundos virtuais sociais apresentam experiências mais realísticas. O objetivo do utilizador não é necessariamente vencer ou jogar um jogo, mas socializar-se com outros utilizadores. Tendem a ser mundos menos estruturados, fornecendo um ajuste do tema de acordo com a realidade, ferramentas básicas para a construção do ambiente e possibilidade de hospedarem atividades e eventos. Em linhas gerais, os mundos funcionam mais como comunidades e usam elementos de jogo.

Neste contexto, o artigo visa contribuir para uma crescente utilização desses ambientes, que podem estimular a aquisição de conhecimentos, pois "proporcionam interatividade em alto nível, proporcionando a troca de informações, experiências e a

necessária validação do conhecimento até mesmo em nível espacial, ou seja, através de uma nova metáfora que permita o relacionamento espacial da informação e do conhecimento” [11]. Por isso, este trabalho reflete o estudo comparativo entre alguns mundos virtuais, considerados de sociais: *Second Life*, *Active Worlds*, *There*, *Croquet*, *Wonderland* e *OpenSim*. Esta comparação baseia-se num conjunto de critérios definidos por Mannien em 2004 [5] e Robbins em 2009 [3], onde posteriormente, é aplicado o *Quantitative Evaluation Framework* (QEF) desenvolvido por Escudeiro em 2007 [4]. O trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta uma visão dos mundos virtuais como plataformas de desenvolvimento; a seção 3 faz uma análise comparativa entre os mundos virtuais e, finalmente, na seção 4 são apresentadas as conclusões.

II. MUNDOS VIRTUAIS COMO PLATAFORMAS DE DESENVOLVIMENTO

Novas tecnologias têm vindo a ser desenvolvidas para dar suporte à construção de mundos virtuais, de uma forma mais simples e eficaz. Destas tecnologias, existem várias plataformas para a construção de mundos virtuais que preveem o suporte para a modelação 3D, com capacidade de pré-programar os comportamentos dos objetos. Nestas plataformas, os objetos são descritos através de uma linguagem de *scripting* ou usando uma linguagem de programação suportada pela própria plataforma. Estes comportamentos tendem a ser ações pré-definidas que são iniciadas pelo próprio utilizador através dos dispositivos de entrada. Do vasto conjunto de mundos virtuais disponíveis no mercado, selecionámos os que considerámos ser mais (recentemente descontinuado, mas ainda disponível aquando da realização deste estudo), *OpenSim*, *Wonderland* and *Croquet*. As razões dessa seleção foram as seguintes:

- terem como objetivo a criação de mundos e a comunicação com outros indivíduos. Embora os jogos suportem a interação social e serem de fácil utilização, têm como objetivo jogar, enquanto os mundos virtuais selecionados vão mais além, convidando os utilizadores a socializar, colaborar, desenvolver as suas próprias criações, etc.

- sentir que é o início da maior transformação na forma como as pessoas, num futuro próximo, irão interagir com a Web. A Internet 3D não será um único mundo virtual mas vários – uma rede interligada de espaços virtuais, onde podemos navegar com o nosso avatar único, numa interface comum, como um simples browser a aceder a vários websites [14];

- criarem oportunidades de novos negócios, onde os clientes podem socializar, colaborar, formar, efectuar compras, etc [12];

- serem úteis para uma colaboração mais flexível na partilha das aplicações pela equipa de desenvolvimento. “Utilizando geralmente regras definidas de conduta, há nestes ambientes trabalho colaborativo, entretenimento de origem variada, construção de objetos e espaços próprios.” [12];

- terem um grande potencial para integrar diferentes tecnologias, permitindo a apresentação de materiais de e-learning e e-conteúdos, narrativas com base em interações sociais, partilha de documentos e arquivos, realização de reuniões e eventos, e proporcionar espaços de partilha de resultados de pesquisas e reuniões com colegas nacionais e internacionais [13];

- darem aos utilizadores a capacidade de desenvolverem experiências que podem ser difíceis no mundo real;

- serem lugares onde os alunos aprendem fazendo, podendo trabalhar em colaboração com outros indivíduos – formação de equipas [12]. A capacidade de interagirem uns com os outros simultaneamente, proporciona aos alunos a oportunidade de aprenderem conceitos que não são facilmente tiradas de um livro;

- incentivarem os alunos a participar com um elevado nível de pensamento cognitivo, como por exemplo, interpretar, analisar e descobrir [13];

III. COMPARAÇÃO DE MUNDOS VIRTUAIS

Os mundos virtuais são aplicações complexas. Para compreendermos a forma como trabalham, decidimos analisar as características de design que disponibilizam para desenvolver um mundo virtual de determinado domínio específico e para desenvolver pequenos objetos.

Partindo desta base, efetuámos uma comparação apoiada nas diversas características de design e ferramentas de comunicação existentes no *Active Worlds*, *Second Life*, *There*, *Croquet*, *Wonderland* e *OpenSim*. No entanto as diferenças e as similaridades são muitas vezes difíceis de se identificar, todos partilham os mesmos atributos base: são virtuais, representam um mundo ou parte dele, e têm muitos participantes em simultâneo. Desta análise inicial encontramos algumas características diferenciadoras, como por exemplo:

- a criação das personagens individualizadas – possibilidade de parametrizar a representação do utilizador;

- a forma de comunicação entre os utilizadores – a interação mediada por mecanismos de Chat e VoIP; ·

- as possibilidades de disponibilizar vários serviços para diferentes áreas económicas e sociais: educação, comércio, etc; ·

- a organização de eventos pelos utilizadores – facilidade de promover encontros temáticos virtuais;

- a forma de comunicação com mundos externos.

Como o nosso objetivo principal era avaliar quantitativamente as diversas plataformas estudadas, aplicouse o Quantitative Evaluation Framework (QEF) desenvolvido por Paula Escudeiro [4]. Esta Framework adopta as normas SCORM (Sharable Content Object Reference Model) e tem como referência o standard ISO 9126, e avalia a qualidade dos sistemas de e-learning num espaço tridimensional ortogonal, agregando a cada uma das dimensões um conjunto de fatores relativamente aos quais interessa determinar o grau de desempenho do sistema em estudo. Para medir a qualidade é necessário avaliar quais as importâncias relativa de cada dimensão no e para o ambiente que se vai explorar ou seja, a qualidade é medida em função do enquadramento, do contexto e da finalidade do sistema.

É esta finalidade que determina quais os vetores sobre os quais interessa avaliar o desempenho. A maior ou a menor distância entre aquilo que o sistema faz e o que supostamente deverá permitir fazer, medida no nosso espaço de qualidade, permite-nos avaliar a sua qualidade. A qualidade é medida quantitativamente, medindo a percentagem de cumprimento dos critérios definidos para um hipotético sistema ideal representado num espaço tridimensional de qualidade, representado pelas coordenadas (1,1,1). A qualidade de um sistema é a medida, da distância entre o sistema projetado, ou ideal, e o sistema produzido, ou real. [4].

Esta framework apesar de possuir um conjunto de critérios definidos para sistemas de e-learning, dá liberdade total do avaliador poder definir o conjunto de critérios que melhor se adapta ao desenvolvimento do seu sistema, quer seja ele educacional, de gestão ou outro.

Este processo de comparação foi desenvolvido em quatro fases principais: a primeira consistiu na identificação e validação de critérios; a segunda na classificação de cada factor; a terceira no cálculo da qualidade dos mundos virtuais; e finalmente, a quarta fase na avaliação dos resultados.

A. Fase 1- Identificação e validação de critérios

Para comparar os mundos virtuais anteriormente descritos começou-se por definir um conjunto de critérios que serviram de base a todo este processo, fundamentado através de alguns requisitos definidos por Tony Mannien[5] e Sarah Robbins [3], sempre atendendo ao impacto que provocará no ambiente final a ser utilizado. Estes critérios foram agrupados em 7 fatores principais: realismo do mundo, a interface do utilizador, comunicação, características do avatar, escalabilidade, segurança e participantes. Cada um destes fatores agrupa um determinado número de critérios como poderemos observar na Tabela I.

Estes critérios têm como objetivo avaliar aspetos importantes para a qualidade de um mundo virtual:

- a usabilidade da interface com o utilizador. A usabilidade permite que o utilizador esteja envolvido no ambiente virtual. Maida em 1997 [6] sugere que o envolvimento do utilizador está relacionado com a interação, com a reação sólida do sistema às ações do utilizador e a motivação que os utilizadores têm em continuar a interagir com o sistema. Assim, o envolvimento está relacionado tanto com a participação orientada para o utilizador – presença - como com o envolvimento no sistema – imersão [7]. Embora ambos os fatores possam contribuir para que os utilizadores façam parte do ambiente (envolvimento), a imersão é uma característica que pode ser quantificada e avaliada de acordo com a eficácia da execução do software. Por exemplo, a imersão pode ser prejudicada se a exibição da representação do mundo não permitir interação direta e intuitiva [8];

- a interatividade do ambiente. Esta interatividade vista sob três perspetivas. A primeira relativa à importância dos avatares. A sua personalização permite de tal forma que os utilizadores se identifiquem com a representação escolhida dos seus avatares e facilmente se possa distinguir outros participantes do ambiente. Esta personalização influencia a sensação de presença e permite que os utilizadores possam ser informados sobre o que está a acontecer aos objetos que lhe são importantes, quais as ações que estão a ser tomadas para investigar ou modificá-los, onde está centrado o interesse da pessoa, qual a pessoa que o está a fazer e quem está a levar a cabo tais ações. A distinção de quais são os verdadeiros utilizadores do sistema é minimizada; A segunda relativa à importância do realismo do mundo virtual. Usando modelos tridimensionais é possível representar objetos visuais com um grande realismo, permitindo desta forma uma presença mais forte do utilizador no ambiente e o desenvolvimento de situações que são impossíveis de reproduzir facilmente no mundo real.

No entanto, à medida que as pessoas passam mais tempo nos mundos virtuais, cresce também o interesse em encontrar formas de trazer os objetos criados on-line para o mundo real; Finalmente, a terceira relativa à importância da comunicação. Com a comunicação constrói-se e mantêm-se relações entre as pessoas, transmite-se emoções e ajuda-nos a compreender os significados das palavras. Os diferentes tipos de comunicação (verbal, não-verbal) fomentam a partilha dos saberes e de conteúdos, levando os utilizadores a um maior envolvimento com o ambiente, estimulando-os a vivenciarem uma dada experiência. Potencia-se assim a formação de comunidades [9];

- a eficiência do sistema. Porque os mundos virtuais deverão estar disponíveis a todos os níveis, eles devem requerer plataformas altamente confiáveis e seguras quer ao nível de requisitos técnicos quer ao nível de conteúdos;

- a deteção e correção de falhas que eventualmente ocorram ao longo do ciclo de desenvolvimento dos mundos virtuais.

TABELA I
CRITÉRIOS DEFINIDOS POR MANNIEN [5] E ROBBINS [3]

1. Realismo do mundo	2. Interface utilizador	3. Comunicação
<ul style="list-style-type: none"> • Interação online • Existência de objectos interactivos • Modelos físicos • Velocidade dinâmica de objectos e do mundo • Cenários dinâmicos • IA no mundo • Evolução autónoma • Presença da sociabilidade • Semelhança com o mundo real 	<ul style="list-style-type: none"> • Navegação e controlo • Controlo com o rato • Suporte de som 	<ul style="list-style-type: none"> • Áudio • Vídeo • Texto
	Avatar	Segurança
	<ul style="list-style-type: none"> • Complexo • Configurável • Desenvolvimento • Interação • Linguagem corporal 	<ul style="list-style-type: none"> • Direito sobre criações digitais • Segurança para o avatar
Escalabilidade	. Participantes	
<ul style="list-style-type: none"> • Distribuído por vários servidores • Limite de criação de objectos por utilizador • Limites no espaço do mundo • Criação de utilizadores • Limitação de línguas faladas • Possibilidade de ligações externas 	<ul style="list-style-type: none"> • Identidade do utilizador • Relacionamento com os outros (colaborativo, antagonismo, condicional) • Relacionamento com o ambiente (colaborativo, antagonismo, condicional) 	

Após a identificação dos critérios, o QEF obriga a definir dimensões. Decidimos então, definir três dimensões: funcionalidade, eficiência e adaptabilidade, as quais estão baseadas na norma ISO 9126. Cada uma destas dimensões agregará um conjunto de factores, elementos caracterizadores de cada dimensão, como poderemos observar na figura 1, relativamente aos quais interessa determinar o grau de desempenho do nosso sistema.

FUNCIONALIDADE	
F1. Realismo do Mundo <ul style="list-style-type: none"> • Interação online • Existência de objectos interactivos • Modelos físicos • Velocidade dinâmica de objectos e do mundo • Cenários dinâmicos • IA no mundo • Evolução autónoma • Presença da sociabilidade • Semelhança com o mundo real 	F2. Interface Utilizador <ul style="list-style-type: none"> • Navegação e controlo • Controlo com o rato • Suporte de som
	F3. Comunicação <ul style="list-style-type: none"> • Áudio • Vídeo • Texto
	F4. Avatar <ul style="list-style-type: none"> • Complexo • Configurável • Desenvolvimento • Interação • Linguagem corporal •

EFICIÊNCIA
F5. Segurança <ul style="list-style-type: none"> • Direito sobre criações digitais • Segurança para o avatar
F6. Escalabilidade <ul style="list-style-type: none"> • Distribuído por vários servidores • Limite de criação de objectos por utilizador • Limites no espaço do mundo • Criação de utilizadores • Limitação de línguas faladas • Possibilidade de ligações externas
ADAPTABILIDADE
F7. Participantes <ul style="list-style-type: none"> • Identidade do utilizador • Relacionamento com os outros (colaborativo, antagonismo, condicional) • Relacionamento com o ambiente (colaborativo, antagonismo, condicional)

Figura 1. Dimensões definidas para o processo de avaliação das plataformas

A dimensão funcionalidade representa o conjunto de características que incidem sobre o que o software faz para satisfazer as necessidades explícitas ou implícitas. Incidem sobre a existência de um conjunto de funções e suas propriedades específicas. A dimensão eficiência reflete o conjunto de atributos que estão relacionados entre o nível de desempenho do software e a quantidade de recursos utilizados. A última dimensão, a adaptabilidade, está relacionada com a vida do sistema, com a sua sobrevivência a necessidades de expansão, portabilidade e introdução de pequenas mudanças. É uma dimensão importante na medida em que permite-nos desenvolver sistemas com a capacidade de alterar o ambiente virtual em função das ações do utilizador sobre os objetos deste. Temos um ambiente com cenários que se modificam em tempo real à medida que os utilizadores vão interagindo com ele.

A dimensão funcionalidade representa o conjunto de características que incidem sobre o que o software faz para satisfazer as necessidades explícitas ou implícitas. Incidem sobre a existência de um conjunto de funções e suas propriedades específicas. A dimensão eficiência reflete o conjunto de atributos que estão relacionados entre o nível de desempenho do software e a quantidade de recursos utilizados. A última dimensão, a adaptabilidade, está relacionada com a vida do sistema, com a sua sobrevivência a necessidades de expansão, portabilidade e introdução de pequenas mudanças. É uma dimensão importante na medida em que permite-nos desenvolver sistemas com a capacidade de alterar o ambiente virtual em função das ações do utilizador sobre os objetos deste. Temos um ambiente com cenários que se modificam em tempo real à medida que os utilizadores vão interagindo com ele.

B. Fase 2 – Classificação de cada factor

Numa fase inicial e atendendo ao Quantitative Evaluation Framework (QEF) é necessário classificar os critérios, com um peso entre 0 e 10, de acordo com a sua relevância para cada uma das dimensões. Este pesos podem ser definidos, por:

10-fundamental; 8- muito importante; 6- importante; 4-necessário; 2- opcional; 0- irrelevante.

Queremos com isto dizer que ao definirmos os critérios devemos além disso especificar qual a relevância para o nosso sistema, atribuindo-lhe um peso. Por exemplo, se estivermos a considerar que a comunicação é de extrema relevância para o sistema, atribuímos o peso de 10 a todos os critérios que compõem este fator. No entanto, outros critérios podem ter diferentes valores. Isto depende da intenção do avaliador do sistema. O objetivo deste processo é definirmos o nosso sistema ideal. “O nosso sistema ideal, possuirá um conjunto de critérios (necessidades) que nos indicam aquilo que o nosso sistema deverá estar apto a fazer” [4].

TABELA II
MATRIZ RELATIVA AO VALOR RELEVANTE ATRIBUÍDO A CADA MUNDO VIRTUAL

CRITÉRIOS	AW	SL	CROQ	WOND	OpenS
1. Realismo do mundo					
Interacção online	75	100	75	75	100
Existência de objectos interactivos	100	100	75	75	100
Modelos físicos	75	100	75	25	75
Velocidade dinâmica de objectos e do mundo	25	75	75	75	75
Cenários dinâmicos	75	75	25	25	75
IA no mundo	0	50	0	0	25
Evolução autónoma	75	75	75	75	75
Presença da sociabilidade	100	100	25	75	75
Semelhança com o mundo real	75	100	25	75	75
2. Interface utilizador					
Navegação e controlo	75	75	75	75	75
Controlo como rato	75	75	75	75	75
Suporte som	100	100	75	75	75
3. Comunicação					
Áudio	100	100	75	75	75
Vídeo	100	100	75	75	75
Texto	100	100	100	100	100
4. Avatar					
Complexo	75	100	75	75	75
Configurável	100	100	50	75	75
Desenvolvimento	100	100	50	75	75
Interacção	75	100	75	75	75
Linguagem corporal	100	100	100	100	100
5. Escalabilidade					
Distribuído por vários servidores	25	75	25	75	75
Limite de criação de objectos por utilizador	25	100	25	25	75
Limites no espaço do mundo	75	75	25	25	75
Criação de utilizadores	100	100	75	75	100
Limitação de línguas faladas	75	75	25	25	50
Possibilidade de ligações externas	75	100	25	25	25
6. Segurança					
Direito sobre criações digitais	75	100	100	75	100
Segurança para o avatar	75	75	75	75	75
7. Participantes					
Identidade do utilizador	100	100	100	100	100
Relacionamento com os outros	75	75	50	75	75
Relacionamento com o ambiente(colaborativo,	75	75	50	75	75

Como as coordenadas da qualidade serão implementadas como a média dos fatores que contribuíram para a respetiva dimensão da qualidade, decidimos atribuir o mesmo peso a todos os fatores para simplificar o processo da qualidade, significando que todos os requisitos têm uma relevância máxima para a dimensão a que pertencem. Neste caso atribuímos o peso de 10 (fundamental).

Após a atribuição dos pesos aos critérios, começámos por analisar cada mundo virtual e preenchemos a matriz de comparação com os valores obtidos para a percentagem de cumprimento de cada critério, como poderemos observar na tabela II.

Estas percentagens foram obtidas através da observação efetuadas por nós em termos de disponibilidades e criação de pequenos objetos nos mundos. Utilizou-se uma faixa de 0 a 100 pontos percentuais, onde foram definidas faixas (ou categorias), normalmente de 20 pontos percentuais, cujos limites foram considerados como padrões de referência. São eles: 100-80 altamente disponível; 80-60 bastante disponível; 60-40 razoavelmente disponível; 40-20 fracamente disponível; 20-0 baixa disponibilidade;

Uma vez preenchida procedemos ao cálculo do desempenho atingido de cada mundo virtual em relação a cada dimensão. Este desempenho é obtido através dos fatores de cada dimensão e é calculado a partir da seguinte fórmula:

$$Factor_n = \frac{1}{\sum_m pr_m} \times \sum_m (pr_m \times pc_m) \quad (1)$$

onde,

- m – número de critérios para o fator
- pr_m – peso do critério m (neste caso 10)
- pc_m - percentagem de cumprimento do critério

E pelo desempenho das dimensões calculado através:

$$Dimensão = \sum_n (p_n \times factor) \sum_n (p_n) \text{ and } p_n = (0,1) \quad (2)$$

Como exemplo ilustrativo, iremos calcular o desempenho de cada dimensão para a plataforma Active Worlds.

Dimensão Funcionalidade

- Cálculo do desempenho de cada fator:

$$F1. \text{ Realismo do mundo} = 1/90 * (0,75 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10 + 0 * 10 + 0,75 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10) = 75 \%$$

$$F2. \text{ Interface Utilizador} = 1/30 * (0,75 * 10 + 0,75 * 10 + 1 * 10) = 83,3 \%$$

$$F3. \text{ Comunicação} = 1/30 * (1 * 10 + 1 * 10 + 1 * 10) = 100 \%$$

$$F4. \text{ Avatar} = 1/50 * (0,75 * 10 + 1 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10 + 0,1 * 10) = 90 \%$$

- Cálculo do desempenho da dimensão funcionalidade:

$$DFuncionalidade = F1 * 0,25 + F2 * 0,25 + F3 * 0,25 + F4 * 0,25$$

onde 0,25 indica a relevância do fator para a dimensão em causa.

$$DFuncionalidade = 66,6 * 0,25 + 83,3 * 0,25 + 100 * 0,25 + 85 * 0,25 = 87,1 \%$$

Dimensão Eficiência

- Cálculo do desempenho de cada factor:

$$F5. \text{ Segurança} = 1/20 * (0,90 * 10 + 0,75 * 10) = 82,5 \%$$

$$F6. \text{ Escalabilidade} = 1/60 * (0,25 * 10 + 0,25 * 10 + 0,75 * 10 + 1 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10) = 62,5 \%$$

- Cálculo do desempenho da dimensão eficiência:

$$DEficiência = F5 * 0,50 + F6 * 0,50,$$

onde 0,50 indica a relevância do fator para a dimensão em causa.

$$DEficiência = 75 * 0,50 + 62,5 * 0,50 = 74,58 \%$$

Dimensão Adaptabilidade

- Cálculo do desempenho de cada fator:

$$F7. \text{ Participantes} = 1/30 * (1 * 10 + 0,75 * 10 + 0,75 * 10) = 83,3 \%$$

- Cálculo do desempenho da dimensão adaptabilidade:

$$DAdaptabilidade = F7 * 1 = 83,3 \%$$

De acordo com os resultados acima apresentados, a percentagem de desempenho de cada dimensão para o Active Worlds e os restantes mundos analisados é mostrada na tabela III.

TABELA III
PERCENTAGEM DE DESEMPENHO DE CADA DIMENSÃO PARA OS MUNDOS VIRTUAIS EM ESTUDO

Dimensões	Funcionalidade	Eficiência	Adaptabilidade
Active Worlds	85 %	68,8 %	83,3%
Second Life	92,4%	87,5%	83,3%
There	81,3%	54,2%	75%
Croquet	70,8%	60,4%	66,7%
Wonderland	74,31%	58,3%	83,3%
OpenSim	79,2%	77,1%	83,3%

C. Fase 3 – Cálculo da qualidade dos mundos virtuais.

Uma vez calcula a percentagem de desempenho de cada dimensão para todas as plataformas é necessário calcular a qualidade dos mundos virtuais, cujo objectivo nos permitirá obter resultados para a escolha da (s) plataforma (s).

Aplicando o QEF a qualidade do sistema é calculada por:

$$\text{Qualidade} = 1 - \frac{D}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

onde D, representa o desvio global do sistema (distância euclidiana) relativamente ao sistema ideal, sendo obtido pela seguinte formula:

$$D = \sqrt{\sum_j \left(1 - \frac{DIM_j}{100}\right)^2} \quad (4)$$

Calculemos, então a percentagem da qualidade da plataforma Active Worlds:

$$\text{Qualidade} = 1 - (0,38/\text{Sqr}(3)) = 77,8 \% \quad (6)$$

A partir da tabela IV podemos observar o valor da qualidade dos diferentes mundos virtuais, pela aplicação do método QEF. Este valor indica que o sistema avaliado cumpre em Q% o fim para o qual foi desenvolvido.

TABELA IV
PERCENTAGEM DE QUE O SISTEMA CUMPRE PARA O FIM A QUE FOI DESENVOLVIDO

	AW %	SL %	TH. %	CROQ %	WD %	OpS %
Qualidade	77,8	87,2	68,0	65,7	70,1	79,7

D. Fase 4 – Avaliação dos resultados

Para uma melhor visualização e análise dos resultados obtidos elaborou-se o gráfico que se encontra representado na figura 2.

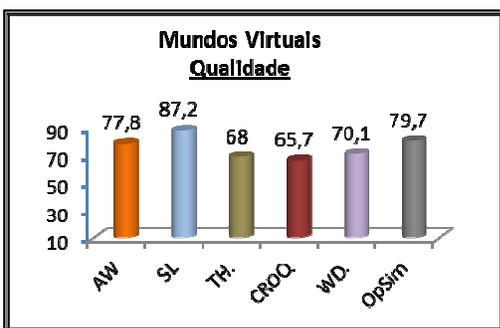


Figura2. Percentagem obtida a nível da qualidade para os mundos estudados.

A análise dos resultados globais do estudo realizado revela que não há uma solução que satisfaça todos os critérios, no entanto, para um produto ser aceitável, “deve ter pelo menos 80% de resultados satisfatórios nas avaliações, sendo definida pelo examinador de acordo com sua necessidade” [10]. Assim sendo, iremos seleccionar as plataformas Second Life, OpenSim e Active Worlds, pois podemos observar na figura 3, que são as que possuem uma maior percentagem de qualidade para o fim que foram desenvolvidas.

Não é possível dizer que uma é melhor que a outra, porque depende das intenções e expectativas do utilizador. Por exemplo, o Second Life tem mais sucesso do que o Active Worlds, talvez porque hoje há uma maior consciência da formação de comunidades que quando o Active Worlds apareceu. Quando o Active Worlds foi desenvolvido a notícia espalhou-se por e-mail, páginas web estáticas, o Second Life surgiu no momento em que as pessoas estavam, e estão, mais estreitamente interligadas através de blogs e redes sociais. Por outro lado, uma outra razão do sucesso que o SL atinge hoje em dia, deve-se ao interesse de um grande número de pessoas bem-sucedidas, empresas com renome no mercado financeiro, tais como, IBM, McDonald’s e Coca-Cola e algumas Universidades, têm demonstrado ao longo de vários anos.

O método QEF não só nos permite avaliar a qualidade do sistema mas também, dá-nos a possibilidade de avaliar o desempenho de cada dimensão. Assim, tendo em consideração os valores obtidos de cada uma das dimensões para as diferentes plataformas, podemos afirmar que todas as plataformas apresentam uma grande uniformidade ao nível da comunicação e interface. Este facto deve-se ao carácter de socialização e aos problemas que ainda existem ao nível da usabilidade. Todos os três mundos visualizaram fraquezas ao nível da escalabilidade, devido à limitação do espaço e objectos para a criação do mundo, e da linguagem script, o que implica que o mundo criado pelo utilizador (avatar) não seja o mais real possível; e ao nível da segurança, factor este que ainda se encontra a ser testado.

II. CONCLUSÃO

O presente artigo apresentou um estudo comparativo entre mundos virtuais. Avaliou quantitativamente estes mundos numa perspectiva de utilização como plataformas de desenvolvimento.

Esta avaliação permitiu demonstrar que a maior parte destes ambientes disponibilizam ferramentas e serviços que facilitam o trabalho a desenvolver por uma equipa de desenvolvimento.

No entanto, a partir dos resultados obtidos poderemos identificar algumas lacunas ainda existentes nestes ambientes virtuais 3D, permitindo assim, dependendo do contexto no qual vão ser utilizados, reduzir o risco de não se abordar questões chave no desenvolvimento deste tipo de ambientes.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Isdale, “What is virtual Reality”, September 1998; vr.isdale.com/WhatIsVR/.../WhatIsVR4.1.htm

- [2] C. Tiffin, L. Rajasinghan, "In Search of the Virtual Class: Education In an Information Society", London: Routledge, 1995.
- [3] Robbins, S, <http://spreadsheets.google.com/pub?key=pgKqGR6eOiPOKjMG9f856Sw>,
<http://spreadsheets.google.com/pub?key=pgKqGR6eOiPOKjMG9f856Sw>
- [4] Escudeiro, " X-Tec Model and QEF Model: A case study". In T. Bastiaens & S. Carliner (Eds.), Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education 2007 (pp. 258-265). Chesapeake, VA: AACE
- [5] T. Manniem, "Rich Interaction Model for Game and Virtual Environment Design.", PhD Thesis. Oulu University Press, Oulu, Finland, 2004.
- [6] J. Maida & J. Novak, "Effects of lighting on human performance in training". In M- Smith, G. Salvendy, & R. Koubek (Eds.), Design of computing systems: Social and ergonomic considerations(pp- 877-880). Amsterdã: Elvevier, 1997.
- [7] Sadowski, W., & Stanney, K.M, "Presence in virtual environment"s. In K. M. Stanney (Eds.). Handbook of virtual environments : Design, implementation and applications (pp. 791-806). Mahwah : IEA, 2002.
- [8] D.P.W. Ellis, "Prediction-driven computational auditory scene analysis for dense sound mixtures" Proc. ESCA Workshop on the Auditory Basis of Speech Perception, Keele, July 1996. (6pp)
- [9] Gerhard, M., Moore, D.J., Hobbs, D. J. (2002) "An Experimental Study of the Effect of Presence in Collaborative Virtual Environments", in Intelligent Agents for Mobile and Virtual Media, Earnshaw, R., Vince, J. (Eds), Springer, Berlin, German, 2002
- [10] C. Ondrejka, "Education Unleashed: Participatory Culture, Education, and Innovation in Second Life". Chapter of book The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning. MIT Press, p. 229-252, 200
- [11] Dalton Lopes Martins, "Uso do Collaborative Virtual Environment (CVE) na aprendizagem Colaborativa" , <http://xuti.net/2002/10/25/uso-do-collaborative-virtual-environment-cve-na-aprendizagem-colaborativa>
- [12] Amaral, I, "A @migração para o Ciberespaço: a Dimensão Social dos Mundos Virtuais ", Instituto Superior Miguel Torga, Portugal, Observatorio (OBS*) Journal, 5 (2008), 325-344 1646-5954/ERC123483/2008 325
- [13] T. Bettencourt, A. Abade, "Mundos Virtuais de Aprendizagem e de Ensino –uma caracterização inicial", Revista Iberoamericana de Informática Educativa, Numero 7/8 ,Dezembro, 2008, pp 3-16
- [14] John Helmer and Learning Ligh, "Second Life and irtual Worlds", Learning light Limited, Published October 2000
- [15] Castronova, E. ""Synthetic Worlds". The University of Chicago Press, Chicago, 2004.



Rosa Reis leciona no Departamento de Engenharia Informática no Instituto Superior de Engenharia do Porto. Tem o Mestrado em Sistemas de Informação na Educação, área de especialização em Tecnologias da Informação na Educação, da Universidade de Coimbra, Portugal. Atualmente é aluna de Doutoramento na UTAD- Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real. Exerce atividades de Investigação no GILT-Graphic Interaction &

Learning Technologies e a sua área de investigação está relacionada com a aplicação de técnicas da engenharia de software na conceção de ambientes virtuais colaborativos educacionais.



Benjamin Fonseca é Professor Auxiliar na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), em Portugal, e investigador do Laboratório Associado INESC TEC. Os seus principais interesses de investigação são as áreas dos sistemas colaborativos, do uso de mundos virtuais como suporte à aprendizagem colaborativa e a acessibilidade móvel. Nestas áreas possui dezenas de publicações científicas em livros, revistas e conferências internacionais com arbitragem científica. Tem ainda participado na organização de diversos livros, revistas e conferências internacionais, como organizador, presidindo a sessões e como membro de comités científicos.



Paula Escudeiro teaches at IPP-ISEP in the Computer Engineering Department. Doutorada em Engenharia Informática/Sistemas e Tecnologias da Informação na Educação/Sistemas Multimédia, Professora Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto, no Departamento de Engenharia Informática, onde lecciona regularmente as disciplinas de Sistemas Multimédia em Aprendizagem; Aplicações Gráficas Avançadas (Mestrado Eng^a Informática – Ramo Sistemas Gráficos e Multimédia) e Engenharia de Software (Licenciatura Eng^a Informática). Sub-directora do Departamento de Engenharia Informática, Directora do Laboratório de Multimédia do Departamento de Engenharia Informática, exerceu cargo/funções de elemento da Comissão Directiva do Departamento de Engenharia Informática, Directora de Sistemas de Informação do Instituto para o Desenvolvimento Tecnológico, Vice-Presidente do Conselho Pedagógico, Directora do Núcleo de Desenvolvimento de Produtos Multimédia para o Instituto Nacional de Administração, Elemento da Subcomissão de Avaliação da Qualidade para o Instituto Superior de Engenharia do Porto. Exerce atividades de Investigação no GILT-Graphic Interaction & Learning Technologies, colabora em ações Formativas e de Extensão em Instituições Nacionais e Internacionais.

Capítulo 5

Os Motores de Busca e a Inteligência Coletiva: Um estudo exploratório com alunos do 3º ciclo do Ensino Básico

José C. Ferreira, Lia R. Oliveira

Title— Search Engines and Collective Intelligence: an exploratory study with 8th grade students.

Abstract— Collective intelligence has been following the cultural development of humanity since its first demonstrations in tribal societies, in context of collective coordination in hunting situations, to the contemporary complex societies, in the creation of knowledge, in the construction of huge aircrafts and proliferation of access networks to a new frontier – the cyberspace. To access the vast and versatile library stored in the servers’ global network, search engines have emerged. The artificial intelligence of these tools was tested according to the obtained answers by surfers on the relevance and personalization. By far, Google stands out among the competition. Its secret, is quite simple: collective intelligence. In this exploratory study we would like to identify the processes of collective cooperation that are used in problems resolution, with Google’s search engine as the tool to access the information. The results point to a very basic pattern of use of the engine and a need for teaching and learning research techniques and information management.

Keywords— Collective Intelligence, search engines, Google, cyberspace

Abstract—A Inteligência Coletiva tem acompanhado o desenvolvimento cultural da humanidade desde as suas primeiras manifestações nas sociedades tribais, em contextos de coordenação coletiva em situações de caça, até às complexas sociedades contemporâneas, na criação de conhecimento, construção de grandes aeronaves e proliferação de redes de acesso a uma nova fronteira, o ciberespaço, mapeada pelos motores de busca. A inteligência artificial destas ferramentas foi testada pelos cibercibernetas e de longe o motor de busca Google destacou-se da concorrência, sendo o seu segredo simples: a Inteligência

Coletiva. Neste estudo exploratório pretendemos identificar padrões de utilização desta ferramenta, em adolescentes, bem como os processos de colaboração empregues na resolução de problemas. Os resultados apontam para um padrão muito elementar de utilização do motor e para uma necessidade de ensino e aprendizagem de técnicas de pesquisa e gestão da informação.

Keywords—Inteligência Coletiva, Motores de Busca, Google, Ciberespaço.

I. INTELIGÊNCIA COLETIVA

A Inteligência coletiva, ou como identifica Surowiecki “sabedoria das multidões” [1], “é uma inteligência distribuída por toda a parte, incessantemente valorizada, coordenada em tempo real, que resulta em uma mobilização efetiva das competências” [2], tendo esta como “base e objetivo (...) o reconhecimento e o enriquecimento das pessoas” [2]. Tapscott e Williams [3] expõem que inteligência coletiva é “a capacidade de conjugar o conhecimento de milhões de utilizadores [do ciberespaço] de uma forma auto-organizada”.

A Internet já não é apenas uma ligação online, um repositório de páginas de texto ligadas entre si ou uma coleção de fotografias ou vídeos. “A nova arte e ciência da colaboração (...) é mais do que software aberto [ou] ligação social em rede” [3]. É um novo modo de produção “baseado em novos princípios competitivos como, por exemplo, a abertura, o trabalho de pares, a partilha e ação global” [3]. Este modelo, fazendo uso da Inteligência Coletiva, tem com objectivo encontrar soluções para problemas extremamente complexos da humanidade. Eric Schmidt [3], CEO da Google, afirma que “a nova promessa de colaboração significa que através da produção com os pares conseguiremos dominar a capacidade, o engenho e a inteligência humanos com mais eficiência e eficácia do que qualquer outra coisa anteriormente usada”.

Este trabalho foi apresentado originalmente na Conferência Challenges 2011, na Universidade do Minho, em Braga.

José C. Ferreira é professor na Escola Básica 2, 3 de Pedrouços, Maia (e-mail: jcferreira12@gmail.com).

Lia R. Oliveira é Professora no Instituto de Educação da Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga Portugal (tel.: 253-604-240; fax: 253-601-201; e-mail: lia@ie.uminho.pt).

Com a explosão da Web 2.0, um grande número de pessoas usando um computador, uma ligação à rede, alguma iniciativa e criatividade, está a formar comunidades e a inovar colaborativamente. Tapscott e Williams [3] denominam de wikinomia a esta nova arte e ciência de colaboração. No entanto a wikinomia tem seguramente os seus detratores. Nicholas Carr, um antigo editor da Harvard Business Review, escreveu um artigo intitulado ‘A Ignorância das Multidões’ [4], defendendo que a produção com os pares é encarada mais como um meio de melhorar o que é antigo do que criar algo novo; é um modelo de otimização mais do que um modelo de invenção. Conclui que só um grupo relativamente pequeno e formalmente organizado de profissionais talentosos poderá produzir avanços. Pierre Lévy menciona que o contexto tecnológico onde se tem atualmente desenvolvido a inteligência coletiva aparece “como solução parcial dos problemas da época precedente, mas constitui ela própria um imenso campo de problemas e de conflitos para os quais não se desenha ainda claramente nenhuma perspectiva de resolução global” [5] e da qual a maioria da população mundial está excluída [5]. No entanto, nenhum destes factos constitui um argumento contra este contexto tecnológico, mas incita-nos, pelo contrário, a desenvolver a educação básica e as redes de comunicação [5].

II. O MOTOR DE BUSCA “GOOGLE”

Segundo dados compilados por Adam Singer [6], foram indexados pela Google aproximadamente um trilião de URLs e realizadas em média, neste motor de busca, dois mil milhões de pesquisas diárias. Pela disponibilização da funcionalidade ‘Sinto-me com sorte’, a Google perdeu por ano cento e dez milhões de dólares e a palavra-chave ‘Google’ foi usada sessenta e oito milhões de vezes no motor de busca com o mesmo nome. O Google Adwords permitiu saber que foram feitas dezasseis milhões de pesquisas mensais globais com as palavras-chave ‘Cristiano Ronaldo’ e sessenta mil pesquisas com as palavras-chave ‘Universidade do Minho’. São dados com este volume que permitem nomear o Google como o líder incontestado na sua área de atuação, apresentando 86% do share dos motores de busca [7].

O Google é o líder destacado nos motores de busca porque conhece as considerações coletivas das pessoas que navegam na Rede. A tecnologia PageRank possibilita encontrar informação relevante dando prioridade aos resultados da busca não pelas características de um documento, mas pelo número de sítios que estão ligados a ele [3].

Para Surowiecki [1] “quanto mais pessoas [se ligarem] a uma página, mais influência esta adquire na decisão final. O voto definitivo é uma ‘média ponderada’ (...) e não uma média simples”. Todavia, “os grandes sites que têm mais influência sobre o veredicto final da multidão apenas a possuem devido ao grande número de votos que os sites mais pequenos lhe atribuíram. [Se estes] concedessem uma grande influência aos sites errados, os resultados da busca do Google

não seriam tão exatos” [1]. Ou seja, a última palavra continua a ser da multidão.

Todos os dias milhões e milhões de pessoas debruçam-se sobre os ecrãs dos seus computadores e lançam os seus desejos, receios e intenções sobre as cores simples no brilhante fundo branco do Google. O que estamos a criar, de intenção simples a intenção simples, quando dizemos ao mundo o que queremos?

Link por link, clique por clique, a busca está a criar o mais duradouro, importante e significativo apetrecho cultural na história da humanidade, a Base de Dados de Intenções, ou seja, os resultados agregados de todas as pesquisas até agora realizadas, todas as listas de resultados até agora obtidos e todas as pistas seguidas em consequência disso. Esta informação, reunida grandemente nos servidores da AOL, Google, MSN e Yahoo, representa a história em tempo real da cultura pós-Web. É interessante observar os dados que são disponibilizados pela Google [8] nos seus relatórios anuais sobre as pesquisas efetuadas ao longo de um determinado período temporal. “Praticamente qualquer questão que se queira colocar pode ser respondida de uma maneira ou de outra garimpando a Base de Dados de Intenções que está a ser construída [coletivamente] segundo a segundo através da Internet” [9].

III. O ESTUDO E AS OPÇÕES METODOLÓGICAS

Segundo Kincheloe [10], “o objectivo da educação é produzir um tipo de pensamento que vê para além das aparências superficiais, que se concentra na resolução de problemas e em idealizar problemas indefinidos para resolver”. Tomando como modelo esta perspectiva de investigação, desenhou-se um plano de estudo exploratório, pretendendo-se observar e analisar as estratégias adotadas, por adolescentes, para aceder e obter informação relevante na Internet mediante o uso do motor de busca Google. Ou seja, a nossa questão de investigação é a seguinte: “Como usam os adolescentes o motor de busca Google para aceder a informação relevante na Internet?”

Na medida em que não encontramos estudos sobre este tema, pretendeu-se com esta investigação compreender o fenómeno através da implementação, descrição e análise de uma experiência realizada em contexto educativo, de forma a identificar eventuais comportamentos padrão. Assim, perseguimos os seguintes objetivos:

1) Identificar os procedimentos que estes alunos utilizam para procurar informação na Internet, recorrendo a um motor de busca e identificar a presença/ausência de padrões de pesquisa (atividade realizada em pares).

2) Identificar formas de coordenação entre os alunos para a realização de uma tarefa comum.

3) Com vista à obtenção de dados passíveis de serem analisados e tratados qualitativamente e quantitativamente, foram usadas várias técnicas e diversos instrumentos de recolha de dados que passamos a enunciar:

4) Inquérito por questionário inicial de caracterização dos sujeitos, constituído por uma sequência de quinze perguntas de escolha simples, múltipla e aberta para a caracterização do grupo relativamente à idade e sexo e ao domínio e uso que os alunos têm e fazem do ciberespaço.

5) Análise dos documentos suscitados: por registo automático/electrónico - screencast, em formato de vídeo capturado em tempo real, contendo todos os procedimentos que cada par de alunos realizou na sua estação de trabalho e objeto de análise qualitativa e quantitativa das ocorrências significativas; por Registo no Google Docs, permitindo a visualização e análise qualitativa e quantitativa de todas as edições feitas pelos diferentes editores do documento.

6) Inquérito por questionário final de avaliação de atividade aos alunos, a fim de conhecer as dificuldades sentidas e o tipo de aprendizagens realizadas durante a tarefa, objeto de análise quantitativa e qualitativa do número de respostas por categoria.

A atividade “Berlim”, planificação de uma visita de estudo, que designamos de Google Quest, consistiu numa pesquisa efectuada, através do motor de busca Google, para a organização de uma hipotética visita de estudo. Esta actividade, de dificuldade média/elevada e com a duração máxima de 90 minutos, visava colocar os alunos numa situação de vida real, onde o universo de soluções possíveis é imenso, colocando aos alunos um tipo de desafio para o qual eles não tinham respostas prévias, imediatas nem preparação anterior. A concretização/sucesso da actividade seria positiva, mas não determinante relativamente aos objectivos do estudo, ou seja, o sucesso ou insucesso da actividade constituiriam resultados a considerar na análise.

Como forma de organizar e coordenar o desenvolvimento do trabalho, a actividade foi estruturada num documento de texto partilhado do Google Docs, admitindo esta ferramenta a edição simultânea a um máximo de dez utilizadores [11].

Os participantes nesta investigação foram alunos do 8º ano de uma turma do ano lectivo 2009/2010 de uma Escola Básica do concelho da Maia. Por conveniência de estudo apenas participaram dez alunos, organizados em pares.

IV. OS RESULTADOS

A. Pesquisa de informação

Como os motores de busca actuais tem um funcionamento baseado em texto, a necessidade de encontrar palavras-chave adequadas é uma competência fundamental. Os alunos recorreram a várias estratégias usando frases completas e palavras-chave, predominando o uso de expressões com duas e três palavras, recorrendo essencialmente à ferramenta de pesquisa geral. Crispen [12] refere que quando se digita um conjunto de palavras no campo de pesquisa do motor de busca, este procura na sua base de dados todas as referências onde se pode encontrar pelo menos uma das palavras digitadas. Convém, segundo Crispen [12], usar entre cinco a seis

palavras relacionadas com o assunto a fim de obter nas primeiras dez entradas informação relevante e adequada à nossa pesquisa.

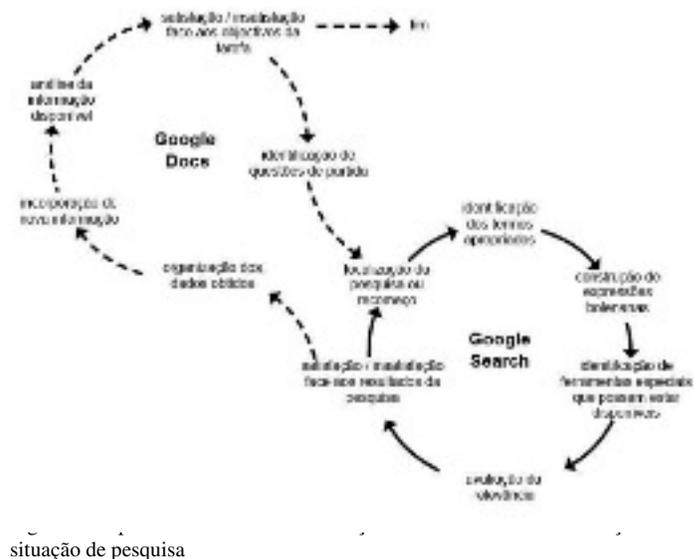
Dos resultados devolvidos considerados relevantes pelos alunos deste estudo, 80% das hiperligações de primeira escolha encontravam-se entre os três primeiros resultados. Identificou-se uma zona de observação preferencial que compreende a zona central superior do ecrã do computador. Jakob Nielsen [13], no estudo sobre padrões de leitura de conteúdos em páginas Web, identificou um padrão de leitura dominante em F, ou seja, depois da leitura das duas primeiras linhas de um texto ou de duas zonas superiores em movimento horizontal de uma página, os olhos dos utilizadores desciam até ao final dessa mesma página.

B. Formas de Coordenação

A ferramenta Google Docs possui a funcionalidade ‘Revisões’ que permitiu o registo das sucessivas edições do documento. Foram identificadas 300 intervenções de nove utilizadores registados. Verificou-se que os alunos contribuíram com 41% (124 revisões) das participações totais na construção do documento. Todos os alunos iniciaram o seu trabalho a partir da estrutura inicial produzida pelo investigador e proprietário do documento. A informação obtida pela pesquisa de cada um dos editores e disponibilizada ao grupo foi vital na alimentação do processo de construção do documento. As contribuições dos alunos tiveram taxas de participação diversas que variaram entre os 14% e os 30%.

C. Resultado da actividade Google Quest

Jonassen [14] refere que “o aluno, quando utiliza o motor de busca, tem de avaliar e refletir constantemente sobre aquilo que procura e sobre a forma como a informação é avaliada”. Uma pesquisa com êxito pode “envolver vários circuitos ao longo de cada ciclo de pesquisa” [14].



Segundo o modelo de trabalho adoptado pela generalidade

dos elementos dos pares de trabalho, todas as pesquisas partem de necessidades criadas a partir do documento de trabalho (Google Docs). Os dados recolhidos são organizados e incorporados no documento como nova informação disponível, sendo analisada pelo grupo de trabalho que decide pela sua validação, alimentando ou terminando assim o ciclo de produção colectiva.

Para uma compreensão mais fácil dos mecanismos envolvidos na consecução desta actividade, sugerimos a integração do ciclo de pesquisa de Jonassen com a nossa proposta de ciclo de construção colaborativa de informação. Identificamos o primeiro momento em que as pesquisas partem da análise do documento de trabalho (Google Docs), elaboradas questões de pesquisa e organizado um conjunto de palavras-chave para uso no motor de busca (Google Search). Obtém-se um conjunto de respostas que são analisadas pelo utilizador relativamente à relevância da informação e que decide pela validação ou rejeição da informação.

Quando a informação é validada, o utilizador procede ao tratamento e inclusão no documento de trabalho, ficando como disponível ao grupo como nova informação e consequente alimentação do processo de nova pesquisa. Quando a informação é rejeitada, inicia-se uma nova pesquisa (figura 1).

De acordo com os processos descritos anteriormente, analisamos a produtividade nos dois momentos de produção identificados.

O primeiro momento de produção, identificado como Google Search, é entendido como o trabalho que os alunos realizam no motor de busca Google, na pesquisa de informação relevante sobre necessidades identificadas para a realização da tarefa. A partir de palavras-chave seleccionadas, os alunos realizaram um total de oitenta e uma pesquisas com apenas quinze respostas usadas com informação relevante para o trabalho ou seja, uma taxa média de produtividade de 19%. Pelo desconhecimento de estudos anteriores sobre esta temática não temos elementos de comparação que nos permitam aferir e afirmar se este valor é um resultado normalizado. Apontamos, no entanto, alguns factores que poderiam influenciar a qualidade dos resultados obtidos: conhecimento e utilização de operadores booleanos; definição de estratégias de pesquisa pelo uso criterioso de palavras-chave; uso de ferramentas específicas de pesquisa.

O segundo momento de produção, identificado por Google Docs, é entendido como o desenvolvimento da actividade na aplicação de processamento de texto Google Docs. Pela análise do documento, verificou-se que das trezentas edições constantes na ferramenta “revisões” desta aplicação, cento e vinte e quatro edições são provenientes dos editores alunos com um resultado de treze contribuições válidas. Obteve-se, assim, uma taxa de produtividade de 11%. Desconhecendo também estudos anteriores desta natureza, não temos elementos que nos permitam aferir este resultado e fazer um juízo de valor sobre o mesmo. Apontamos, no entanto, que o pouco uso deste tipo de actividade em contexto educativo pode ter condicionado os resultados obtidos.

V. CONCLUSÕES

Organizamos as nossas conclusões em função da nossa questão de investigação, ou seja, “como usam os adolescentes o motor de busca Google para aceder a informação relevante na Internet?” De acordo com os objetivos organizadores da nossa investigação, verificamos que existe um padrão de utilização dos motores de busca neste grupo de estudo: a utilização predominante de duas ou três palavras organizadas em expressões e frases completas, leitura dos resultados obtidos localizados na zona superior do ecrã do computador e uma posterior leitura rápida vertical, ou seja, uma leitura de padrão F.

Analisando o tipo de interações registadas, à luz dos pressupostos de Surowiecki [1] e de Tapscott e Williams [3], podemos concluir que a tarefa planificada foi realizada de forma colaborativa.

Este grupo estudado revela facilidade na manipulação de dispositivos digitais, capacidade de leitura gráfica sobre a leitura textual, conforto no trabalho com informação apresentada aleatoriamente, características identificadas por Prensky [15], Tapscott [16] e Veens [17] nesta geração, mas acusam alguma imaturidade no uso de ferramentas digitais, nomeadamente, no uso de motores de busca.

Ainda que tivessem expressado a sua satisfação por estratégias de trabalho colaborativo, esta actividade revelou a sua pouca experiência na resolução de problemas usando esta metodologia. Embora a ferramenta Google Docs permitisse vários tipos de interação entre os diferentes colaboradores, estes alunos limitaram-se a utilizar a informação diretamente disponibilizada no texto principal para se coordenarem.

Estando a produção de informação no documento de trabalho relacionada com a pesquisa e tratamento de informação obtida no motor de busca, avaliámos a situação de pesquisa e tratamento da informação nas situações denominadas anteriormente de Google Docs e Google Search. Como forma de compreender os dados obtidos, observou-se o percurso curricular destes adolescentes, cruzando com as experiências de pesquisa realizadas anteriormente com os motores de busca (conhecimentos prévios) e com a introdução à actividade de pesquisa para este estudo realizada pelo professor/investigador. Verificou-se que estes jovens nunca tiveram uma instrução formal e organizada sobre a utilização dos motores de busca e das ferramentas colaborativas, ou seja, a utilização que este grupo de estudo fez destas ferramentas foi resultado de uma utilização intuitiva, fruto de uma descoberta e uso pessoal. Um estudo sobre os processos construtivistas [18] refere que as abordagens instrucionais não dirigidas ou minimamente guiadas, embora sejam muito populares e intuitivamente atraentes, na realidade ignoram as estruturas que constituem a arquitetura cognitiva humana. Os autores deste estudo referem ainda que a instrução mínima é menos eficaz e eficiente que as abordagens de ensino que colocam uma forte ênfase na orientação do processo de aprendizagem.

A vantagem de um processo de ensino mais dirigido começa a recuar apenas quando os alunos têm conhecimentos prévios suficientes para que possam continuar de forma autónoma o processo de aprendizagem. Embora este estudo se centrasse na análise dos processos envolvidos na utilização dos motores de busca pelos adolescentes deste grupo de trabalho, não podemos deixar de referir que existem deficiências na forma como estes são utilizados e que as atribuímos à ausência de uma aprendizagem estruturada e formal. Esta situação repercutiu-se na ineficiência do uso das ferramentas utilizadas neste estudo.

Nicholas Carr afirma que as inovações da Google beneficiaram os seus fundadores e investidores, mas os maiores beneficiados foram os usuários da Web [19]. Acrescenta ainda que a Google, como fornecedor das principais ferramentas de navegação Web, também constrói a nossa relação com o conteúdo que põe à disposição. As tecnologias intelectuais em que foi pioneira promovem uma leitura rápida da informação, desencorajando um prolongado compromisso com um único argumento, ideia ou narrativa (Id. *ibid.*). A última coisa que esta empresa quer é incentivar a leitura de lazer, lenta e concentrada. A Google está, literalmente, no negócio da distração [19].

Será que Nicholas Carr tem razão? Só no futuro, quando crescerem os nossos filhos, poderemos olhar esta questão com mais certezas e menos dúvidas.

REFERENCES

- [1] J. Surowiecki, *A Sabedoria das Multidões*, 2005. Porto: Lua de Papel.
- [2] P. Lévy, *A Inteligência Colectiva*. São Paulo: Edições Loyola, 1994.
- [3] D. Tapscott & A. Williams, *Wikinomics - A Nova Economia das Multidões Inteligentes*, 2008. Matosinhos: Quidnovi.
- [4] N. Carr (2007, maio, 29). *The Ignorance of Crowds* [online] Disponível em <http://www.strategy-business.com/article/07204>.
- [5] P. Lévy, *Cibercultura*. Lisboa: Instituto Piaget, 1997.
- [6] A. Singer (2010, junho, 11). *Social Media, Web 2.0 And Internet Stats* [online]. Disponível em: <http://thefuturebuzz.com/2009/01/12/social-media-web-20-internet-numbers-stats/>.
- [7] NetMarketShare (2010, junho, 30). *Top Browser Share Trend* [online]. Disponível em: <http://www.netmarketshare.com/browser-market-share.aspx?qprid=3&sample=21>.
- [8] Google (2009, dezembro, 28). *Google Zeitgeist 2009* [online] Disponível em: http://www.google.com/intl/pt-BR_br/press/zeitgeist2009/index.html.
- [9] Battelle, J. *The Search*. Cruz Quebrada: Casa das Letras, 2005.
- [10] J. L. Kincheloe, "Os Objectivos da Investigação Crítica: O Conceito de Racionalidade Instrumental", in *Currículo e Tecnologia Educativa*, J. M. Paraskeva & L. R. Oliveira, Eds. Mangualde: Edições Pedagogo, 2008, pp. 47-86.
- [11] Google (2010, maio, 12). *Ganhe dinheiro com anúncios relevantes no seu site* [online]. Disponível em: https://www.google.com/adsense/login/pt_BR/.
- [12] P. Crispen (2004, setembro, 17). *Introduction to Internet Searching* [online]. Disponível em: <http://www.lynda.com/home/DisplayCourse.aspx?lpk2=108#>.
- [13] J. Nielsen (2010, setembro, 20). *F-Shaped Pattern For Reading Web Content* [online]. Disponível em: http://www.useit.com/alertbox/reading_pattern.html.
- [14] D. Jonassen. *Computadores, Ferramentas Cognitivas*. Porto: Porto Editora, 2000.
- [15] M. Prensky (2010, junho, 29). *Digital Natives, Digital Immigrants* [online]. Disponível em:

- <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>.
- [16] D. Tapscott (2010, junho, 29). *TEDxToronto* [online]. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=NebH50yjUYE>.
- [17] W. Veen, *Homo Zappiens, educando na era digital*, 2009. Porto Alegre: Artmed.
- [18] K. Paul, S. John & C. Richard (2010, setembro, 3). *Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching* [online]. Disponível em: http://www.cogtech.usc.edu/publications/kirschner_Sweller_Clark.pdf.
- [19] N. Carr. *The Shallows: What the Internet is doing to our brains*. New York: W.W. Norton & Company, inc, 2010.



José C. Ferreira

O autor estudou no Conservatório de Música do Porto onde concluiu o Curso Complementar de Piano e Composição (1991). Licenciou-se em Ensino Básico, variante de Educação Musical, na Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto (2008) e concluiu o mestrado em educação, área de especialização em tecnologia educativa, no Instituto de Educação da

Universidade do Minho (2011).

É professor na Escola Básica 2, 3 de Pedrouços, Maia desde 2001 e doutorando na Faculdade de Ciências da Educação da Universidade de Cádiz, Espanha. É co-autor de artigos sobre a utilização dos motores de busca da Internet em contexto educativo.



Lia R. Oliveira

A autora é doutorada e mestre em educação, na especialidade de tecnologia educativa (Universidade do Minho, Portugal, 1997, 2004), especializada em comunicação educacional multimédia (Instituto Politécnico de Santarém, Portugal, 1993) e licenciada em ensino de

português e francês (Universidade do Minho, 1983).

É Professora no departamento de Estudos Curriculares e Tecnologia Educativa do Instituto de Educação da Universidade do Minho e Investigadora do CIEd, Centro de Investigação em Educação. Co-editou com João Paraskeva os livros *Currículo e Tecnologia Educativa Volume 1* (2006) e *Volume 2* (2008). Mangualde: Edições Pedagogo e é autora do livro *A Comunicação Educativa em Ambientes Virtuais*. Braga: CIEd. Desenvolveu trabalho no âmbito de processos, ambientes e objetos de aprendizagem bem como de e-portefólios e video educativo. Interessa-se por conteúdos educativos e literacias.

Capítulo 6

Aplicações multimédia e jogos para música: potencial e limitações em Educação Musical

Rui Rolo e José Bidarra, *Universidade Aberta, Portugal*

Title—Musical Games and Multimedia Applications: Potential and constraints for Music Education.

Abstract— This study focus on the analysis of commercial multimedia applications and games that may be used in educational settings, in order to understand if they can play a role in musical learning in the classroom. The objective of this preliminary study is to analyze which resources, games, and multimedia applications, can promote musical learning in secondary education. The research sought to also examine the expectations related to the educational context, to verify the acceptance of the idea that games can contribute to musical practice, considering that the integration of these features is now a way to increase the effectiveness of educational models in line with the needs of today's society.

Keywords— musical games, musical applications, motivation, learning, music education

Abstract— O presente estudo faz a análise de uma nova conjuntura em que alguns jogos e aplicações multimédia comerciais podem ser usados no ensino, no sentido de compreender se podem ter um papel a desempenhar na aprendizagem musical em sala de aula. O objetivo deste estudo preliminar é analisar quais, e através de que meios, os jogos e as aplicações multimédia ditas “musicais” podem promover a aprendizagem da música no ensino secundário. A investigação procurou também analisar as expectativas inerentes ao contexto educacional, para verificar a aceitação da ideia de que os jogos podem contribuir para a prática musical, considerando que a integração desses recursos é hoje uma via para aumentar a eficácia de modelos pedagógicos que estejam em consonância com as necessidades da sociedade atual.

Keywords— jogos musicais, aplicações musicais, motivação, aprendizagem, educação musical

Este trabajo fue presentado originalmente al Congreso Challenges 2011, Braga, Portugal.

Rui Rolo is a music teacher and researcher at Universidade Aberta, the Portuguese Open University (rolorui@gmail.com).

José Bidarra is Assistant Professor at Universidade Aberta, the Portuguese Open University (bidarra@uab.pt).

I. INTRODUÇÃO

A ideia de que as tecnologias multimédia podem provocar mudanças radicais nos métodos pedagógicos e nos processos de comunicação educacional reflete uma mudança de paradigma que acreditamos ser decisiva. A relação entre tecnologia e pedagogia mudou substancialmente e deve ser considerada à luz dos últimos desenvolvimentos em tecnologias educativas, que permitem quebrar com a tradição de um ensino diretivo baseado no "manual recomendado", na dominância do professor como "fonte do saber" e na observância de um curriculum pré-determinado. Nos últimos anos, a necessidade de reformular os programas de aprendizagem e de fazer a reengenharia das instituições de ensino tornou-se uma realidade e existe, finalmente, a perceção de que a aplicação das tecnologias digitais começa a traduzir-se em resultados efetivos e globais [1].

Estamos atualmente numa nova era, em que o clássico “recetor passivo” da comunicação se tornou afinal num interlocutor capaz de mediatizar, de expressar uma opinião crítica sobre o que vê, de escolher o que pretende para si, e de criar os seus próprios conteúdos, conforme está demonstrado nos mais diversos blogues, e em sites como o *YouTube* ou o *Facebook*. Estas são inovações que resultam do aparecimento de uma nova sociedade, interligada em rede, em interação constante, rápida nas decisões, globalmente informada e baseada na integração de vários media digitais. Por isso, faz sentido hoje considerar na Educação a integração de dispositivos de aprendizagem que são geridos pelos estudantes, permitindo-lhes definir objetivos pessoais, controlar os conteúdos e comunicar uns com os outros [2]. Importa, também, realçar que estamos perante uma nova conjuntura geracional, a geração dos jogos digitais e das redes sociais [3]. Assim, não podemos ignorar que os atuais estudantes já não são os mesmos para os quais o sistema de ensino foi pensado há umas décadas atrás, pois os alunos cresceram num novo ambiente tecnológico, com uma cultura própria, e irão viver as suas vidas num contexto mais exigente, competitivo e complexo.

Apesar das atuais possibilidades tecnológicas, a investigação em tecnologias educativas precisa de ir muito além da aprendizagem multimédia para reconhecer o papel de novas experiências de aprendizagem, por exemplo aquela que os jogos e as simulações podem revelar, e compreender as suas consequências nos atos de pensar, agir, jogar e aprender [4]. O modelo de aprendizagem que designamos de lúdico - baseado no jogo - pode ser utilizado na educação formal ou informal, em faixas etárias bem definidas, e pode ser introduzido em muitos domínios científicos. Mas como definimos jogo? Para os nossos propósitos educacionais uma definição operacional pode ser aquela proposta por Klopfer [5]: um jogo é uma atividade orientada por objetivos, baseada em regras definidas, que os jogadores percebem como agradável. No contexto educacional, onde “lúdico” não é geralmente uma característica prioritária da maioria das atividades, esta definição pode parecer ingénua mas na realidade é o elemento motivador que falta em muitos recursos de aprendizagem.

Neste estudo são analisados aspetos educacionais dos jogos e software multimédia dito “musical”, em muitos casos trata-se de software de entretenimento, procurando identificar as funcionalidades que são de interesse para aplicação educacional. Foram também analisadas as expectativas inerentes ao contexto educacional para verificar a aceitação da ideia de que os jogos podem contribuir para a prática musical em ambiente de sala de aula, mas também com a finalidade de vir a desenvolver um modelo interativo para plataformas móveis (*iPad*).

II. COMPETIR, DIVERTIR E EVOLUIR

O fator **competição** nem sempre é tido em consideração, nomeadamente em educação, mas a associação do termo com a prática musical parece-nos ser importante. Conhecemos da história de muitas bandas de rock e de intérpretes famosos, a existência de grande competição com vista à conquista de feitos inigualáveis, eventualmente para ocupar o lugar de topo. Os músicos estão, desde há muito, associados a um certo virtuosismo, ou seja, à noção de interpretar melhor através de muito trabalho árduo, empenho, dedicação, mas também de muita competição! A prática musical liga-se à competição através da qualidade do desempenho para superar outros. A observação desses processos em ambiente sala de aula mostra que têm uma importância crucial na capacidade de os alunos melhorarem os seus próprios resultados. Bem ou mal, um aluno tenta, aula após aula, superar-se a si próprio, aumentar os momentos de concentração, e procurar vencer o outro. No final, obtém-se geralmente um nível de aprendizagem mais elevado, a par de um grau de exigência bem maior. Muitos filmes, séries e programas de TV mostram o fator “competição” em funcionamento (*Fame, Ídolos, A Voz de*

Portugal, etc.)

Ao contrário da competição, a **diversão** está em princípio mais ligada a momentos de relaxe e descontração. Para muitos professores de música coloca-se a questão: podemos aliar divertimento à prática musical e à educação musical? Aparentemente, novas tendências da investigação apontam neste sentido, com base em evidência que mostra que o jogo e as aplicações multimédia podem ser uma parte fundamental no **processo evolutivo** do aluno. Fonterrada [6] analisou as diferenças em práticas pedagógicas utilizadas pelos professores e no relacionamento que mantinham com os seus alunos. Considerou dois modelos, um tradicional que privilegia a transmissão de conteúdos de modo sequencial; neste modelo os professores acreditam que o rigor metodológico é a única forma de transmitir o conhecimento, para além de combater a falta de interesse, a baixa capacidade de concentração e a superficialidade dos alunos. O outro modelo, apoiado numa nova perspetiva lúdica, numa variedade mais ampla de recursos multimédia, propiciando experiências enriquecidas e variadas, traz a vantagem de ir ao encontro das experiências do aluno na sociedade em que este se insere. A possibilidade de integração dos jogos nas práticas letivas é indicada de forma clara por diversos autores [7]-[14], reconhecendo que a sua utilização pode potenciar uma aprendizagem mais significativa, com assimilação de novas aprendizagens. Neste sentido, argumentamos que o modelo de Educação Musical tradicional deveria ser substituído por um novo modelo pedagógico (fig. 1), mais próximo da realidade do aluno, integrando o uso de jogos e simulações, convergindo com novos modos de criar e fruir a música.

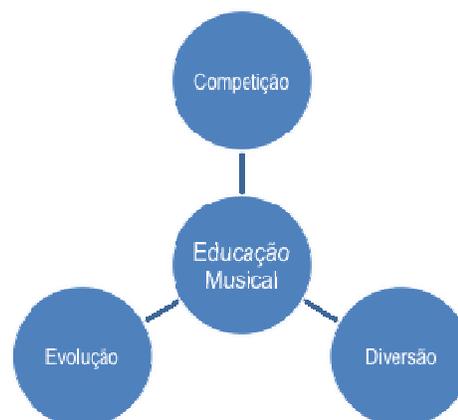


Fig. 1. Modelo pedagógico para Educação Musical

III. JOGOS E APLICAÇÕES EM EDUCAÇÃO MUSICAL

É hoje possível envolver os estudantes no estudo de uma determinada matéria, com a certeza de se obterem resultados mais eficazes ao nível da retenção e da compreensão, de acordo com diversa literatura científica na área dos jogos

educativos, como vimos acima. Muitos desses autores descobriram também o valor de uma convergência entre as matérias pedagógicas e os elementos presentes nos jogos, referindo que o uso de ambientes interativos, tais como aqueles analisados neste trabalho, promove a sedimentação do conhecimento com base num aumento da motivação intrínseca.

Perante uma quantidade apreciável de jogos e simuladores musicais à venda nas lojas e supermercados, para muitos pais de alunos e docentes de Educação Musical surge a dúvida: que jogos ou simulações podemos associar ao estudo e à prática musical? Para encontrar respostas, efetuámos uma avaliação preliminar de muitos produtos existentes no mercado tendo aplicado uma grelha de análise com os seguintes indicadores: adequação da imagem, qualidade do som, jogabilidade, relevância da informação, interface tátil e possibilidade de autoavaliação (quiz).

Jogo Singstar – Apresenta-se como um jogo associado à prática vocal. Forte dinâmica motivacional agregada ao fator competitivo. É um jogo em forma de *karaoke* onde os jogadores cantam canções que aparecem em forma de vídeo de forma a ganharem pontos. A interação é feita através de microfones USB, enquanto o vídeo passa no ecrã com a letra da música, a duração das notas e a altura das mesmas. O jogo estabelece uma relação entre a voz do jogador à voz da canção original, concedendo pontos consoante a precisão do jogador. Pode ser jogado em três níveis de dificuldade, fácil, médio e difícil.

Jogo Guitar Hero – Jogo de prática musical associado à prática de guitarra. Apresenta um controlador de jogo em forma de guitarra (semelhante a uma miniatura de guitarra normal) em que o jogador a usa para simular a reprodução da música. A jogabilidade ocorre quando o jogador pressiona os botões do controlador com notas musicais na hora em que o vídeo se desenvolve no ecrã. O jogo apresenta inúmeras canções populares de *pop* e *rock*.

Jogo Band Hero – Apresenta-se como uma expansão da série de jogos musicais *Guitar Hero*. Os comandos relativos ao jogo são similares aos do *Guitar Hero*. Também é compatível com outros instrumentos (guitarra, baixo, bateria e voz).

Jogo Wii Music – Jogo associado à prática de conceitos musicais e instrumentos, no qual são simulados instrumentos musicais usando o comando. Possui 4 tipos de mini-jogos: *Drums*: simulação de Bateria. *Mii Maestro* assumir o lugar de um maestro, utilizando o comando como batuta. *Handbell Harmony*: tocar os sinos na hora correta, de acordo com as indicações. *Pitch Perfect*: testes envolvendo conhecimento musical, reconhecimento de notas e outros.

Jogo Buzz The Music Quiz – Jogo associado à prática de conceitos musicais, no formato de *quiz* musical. São utilizadas campainhas, designadas de *buzzers*, para jogar. O jogo apresenta-se como um programa de televisão em forma de *quiz* com apresentadores e até público que reage consoante as respostas dadas.

Aplicação Discover Musical Instruments – Aplicação que oferece uma coleção de imagens e sons de 44 instrumentos musicais. Existe uma combinação entre a identificação do instrumento musical, do seu nome, aspeto e sonoridade. Disponível em Inglês e Francês.

Aplicação Musical Instruments – LAZ Reader – Dirigido essencialmente para os primeiros anos de ensino, nomeadamente a pré-primária e o primeiro ciclo, esta aplicação aborda essencialmente os instrumentos musicais num âmbito de A até Z. Existe uma forte componente de reconhecimento de instrumentos e na aprendizagem de novo vocabulário. Forte ligação entre nomes e figuras de instrumentos musicais.

Aplicação Pianos – Esta aplicação ilustra um grande número de fotografias de pianos. As fotografias ilustram a evolução e a variedade de pianos existentes.

Aplicação Grand Piano 3D – Esta aplicação tem como principal característica a prática musical num piano virtual.

Aplicação Ikeys for iPad - Esta aplicação tem também como principal característica a prática musical num piano virtual. Possui vários formatos, um ou dois teclados e a possibilidade de apresentar um teclado com as teclas aumentadas.

Aplicação Fish Flute - Esta aplicação tem como principal atributo a prática musical num piano virtual mas com sons de vários formatos, de um piano, a um violino, etc. Possibilidade de gravação de músicas e da sua posterior reprodução. Possui vários formatos, um ou dois teclados.

Aplicação Voice Music (Piano) - Esta aplicação tem como principal característica a prática musical num piano virtual mas com sons de flautas. Possui vários formatos, um ou dois teclados.

Aplicação Autoharp - Esta aplicação tem como principal atributo a prática musical numa harpa virtual.

Aplicação Dulcimer HD - Esta aplicação tem como principal característica a prática musical num saltério virtual.

Aplicação Drum Star - Esta aplicação tem como principal característica a prática musical numa bateria virtual.

Aplicação Isnare Practise Pad - Esta aplicação tem como principal característica a prática musical numa tarola/caixa de rufo virtual.

Aplicação Kids Can Match - Esta aplicação tem como principal distintivo os jogos de memória. Está elaborado para crianças de todas as idades e baseia-se na memorização de imagens e sons de instrumentos musicais dispostos em cartões.

Aplicação Sound Effets Quiz - Esta aplicação tem como principal característica o jogos de memória sonora. Baseia-se na memorização de sons de várias proveniências e da sua correspondência com uma imagem apresentada.

Aplicação Sons du Monde - Esta aplicação tem como principal particularidade a relação do nome, som e com a imagem. Baseia-se na memorização de sons, imagens e nomes.

Aplicação Baby Music HD - Esta aplicação tem como principal característica instrumentos virtuais para crianças, tais como piano, djembe, xilofone e harpa.

Aplicação *HDmusicr* - Esta aplicação tem como principal característica o facto de ser uma enciclopédia musical. Está elaborada em vinte um tópicos que vão desde a evolução da música, da notação musical, da ópera Italiana até a uma lista pormenorizada de compositores da música clássica.

O quadro 1 resume de forma sistemática as principais características das várias aplicações e jogos analisados, que julgamos ter algum potencial didático ao nível da educação musical.

Jogo/ App	Image m	So m	Jogab .	Inform .	Táctil	Quiz
<i>Singstar</i>	√	√	√			
<i>Guitar Hero</i>	√	√	√			
<i>Band Hero</i>	√	√	√			
<i>Wii Music</i>	√	√	√	√		
<i>Buzz Music Quiz</i>	√	√	√	√		√
<i>Discover Musical Instruments</i>	√	√	√	√	√	
<i>Musical Instruments – LAZ Reader</i>	√	√	√	√	√	
<i>Pianos</i>	√			√	√	
<i>Grand Piano 3D</i>	√	√	√		√	
<i>Ikeys</i>	√	√	√		√	
<i>Fish Flute</i>	√	√	√		√	
<i>Voice Music</i>	√	√	√		√	
<i>Autoharp</i>	√	√	√		√	
<i>Dulcimer</i>	√	√	√		√	
<i>Drum Star</i>	√	√	√		√	
<i>Isnare Practise Pad</i>	√	√	√		√	
<i>Kids Can Match</i>	√	√	√		√	√
<i>Sound Effets Quiz</i>	√	√	√		√	√
<i>Sons du Monde</i>	√	√	√		√	√
<i>Baby Music</i>	√	√	√		√	
<i>HDmusicr</i>	√	√		√	√	

Quadro 1. Lista de jogos/aplicações e as suas características.

Convém referir que, num ambiente tecnológico em constante evolução, com lançamentos novos no Mercado diariamente, os produtos escolhidos foram aqueles mais divulgados e mais vendidos nas lojas à data da investigação. De igual modo, não foram analisadas quaisquer qualidades ou defeitos ao nível das diversas consolas, *tablets* ou outros dispositivos técnicos disponíveis no mercado, apenas foram avaliados os jogos e as aplicações destinados às várias plataformas existentes.

Por outro lado, utilizando uma técnica de amostragem por

conveniência, recolhemos dados exploratórios através de entrevistas a pais, professores e alunos, bem como através da observação direta do uso de alguns destes produtos na sala de aula, que revelaram como é complexo e difícil a utilização educacional de jogos e aplicações multimédia, nomeadamente:

- Os custos do software e hardware de qualidade são elevados e podem ser impraticáveis para muitas pessoas;
- As instituições resistem à adoção de inovações e não querem fazer alterações desnecessárias e dispendiosas, nomeadamente na utilização de novas tecnologias destinadas à aprendizagem;
- Existe da parte dos docentes, das instituições e dos editores, a vontade de não substituir livros didáticos por jogos educativos;
- Os valores educativos específicos das inovações (jogos, simulações, etc.) não foram comprovados através de investigação aprofundada;
- Alguns pais e professores têm preconceitos e atitudes muito negativas sobre o uso dos videojogos na sala de aula;
- Os jogos são especialmente adequados para ensinar competências de ordem superior que não são normalmente avaliadas através de exames (multitarefa, tomada de decisões, visão estratégica, etc.);
- O acesso fácil a computadores e à internet pode não ser um dado adquirido em muitas instituições de ensino.

Finalmente, o estudo exploratório mostrou que, apesar da existência de muitos produtos candidatos no mercado, não basta fornecer aos estudantes aplicações multimédia, jogos e simulações. A tentativa comum de usar os jogos com o mero objetivo de tornar a aprendizagem mais “atraente” está votada ao fracasso. Torna-se necessário recorrer a um modelo pedagógico que possa assegurar a eficácia dos processos cognitivos, que permita uma melhor compreensão das matérias e, simultaneamente, proporcione uma grande satisfação aos aprendentes. Paralelamente, é importante a resolução de dificuldades inerentes ao contexto de aplicação, nomeadamente, no que respeita à mudança de valores e mentalidades num sistema de ensino que não acompanhou suficientemente a sociedade em redor.

IV. CONCLUSÃO

Neste estudo procurámos compreender o potencial didático emergente nos jogos eletrónicos e nas aplicações multimédia mais comerciais, com vista à possibilidade da sua integração num ambiente de sala de aula convencional. Pretendeu-se, igualmente, determinar a utilidade destas novas tecnologias na Educação Musical, primeiro com base nas características dos produtos, mas também olhando para as particularidades do contexto de utilização.

Considerando que a prática musical está tradicionalmente associada a trabalho árduo, sacrifício, autossuperação e competição, foi traçado um paralelo com a característica lúdica e divertida dos jogos e aplicações multimédia, no sentido de aproveitar essas duas vertentes na aprendizagem musical. Este paradoxo significa que a vida de um jovem estudante de música não é fácil, envolta em momentos de solidão e empenho, mas onde também existe o elemento lúdico e o divertimento. É, pois, importante estabelecer um enquadramento prático para a aprendizagem musical onde esses elementos, aparentemente antagónicos, têm um papel a desempenhar. Acreditamos que a superação dos limites que está na base de um modelo pedagógico assente na utilização de jogos e aplicações, associada a uma vontade de melhor desempenho, torna os alunos mais competentes e permite obter melhores resultados em Educação Musical. Mas este não era, contudo, o objetivo desta investigação preliminar. Perante a questão inicial - haverá jogos e aplicações com potencial para a educação musical? - surge uma resposta clara; sem dúvida que existem muitos produtos comerciais no mercado com características interessantes, por exemplo, destinam-se a diversos níveis de aquisição de conhecimentos e tanto podem estar só associados à voz como também representar os mais variados instrumentos, no entanto, é necessário considerar as suas valências de acordo com os objetivos e o currículo.

Partindo desta base, a investigação futura irá incidir sobre o desenvolvimento de uma aplicação para aprendizagem de instrumentos musicais, nomeadamente, investigar quais os benefícios do seu uso em sala de aula. É importante considerar que os atuais dispositivos móveis (*tablets, iPad, smartphones*) incentivam a aprendizagem através de uma grande facilidade de acesso à informação e da enorme capacidade para transportar e gerir conteúdos muito diversificados (texto, imagem, áudio, vídeo, animação, etc.). A integração de jogos e aplicações multimédia em dispositivos portáteis é uma via para aumentar a eficácia de modelos pedagógicos que estejam em consonância com as necessidades da sociedade atual.

REFERÊNCIAS

- [1] J. Bidarra, N. Guimarães, e P. Kommers, "Hypermedia Complexity: Fractal Hyperscapes and Mind Mapping". In *Cognitive Support for Learning: Imagining the Unknown*, P. Kommers (ed.), IOS Press, Amsterdão, pp. 201-206, 2004.
- [2] J. Bidarra, A. M. Sousa, F. Grazina, P. Simões e P. Azevedo, "Personal Learning Environments no contexto virtual de um mestrado em Comunicação Educacional Multimédia". In *TICAI 2010*, Rodriguez, M. C., Silveira, R. A., Escudeiro, P. (Eds), IEEE, Sociedad de Educación, Capítulos Español, Portugués y Colombiano, 2010.
- [3] J. Bidarra, M. Rothschild e K. Squire, "Games and Simulations in Distance Learning: The AIDLET Model". In *Business, Technological and Social Dimensions of Computer Games*, Cruz-Cunha, M. M., Carvalho, V.H. e Tavares, P. (Eds), Hershey, PA: IGI Global, 2011.
- [4] D. W. Shaffer, K. Squire, R. Halverson e J. P. Gee, "Video games and the future of learning" (*WCER Working Paper No. 2005-4*). URL: http://www.wcer.wisc.edu/publications/workingPapers/Working_Paper_No_2005_4.pdf, 2005.
- [5] E. Klopfer, *Augmented Learning*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2008.

- [6] M. Fonterrada, "A linha e a rede". *Simpósio Paranaense de Educação Musical*, Londrina, 1997.
- [7] J. P. Gee, *Good video games + good learning: Collected essays on video games, learning and literacy*. New York: Peter Lang, 2007.
- [8] J. P. Gee, *What Video Games Have to Teach Us about Learning and Literacy*. New York: Palgrave Macmillan, 2003.
- [9] S. Johnson, *Everything bad is good for you: How today's popular culture is actually making us smarter*. New York: Riverhead Books, 2005.
- [10] J. Kirriemur e A. McFarlane, "Literature review in games and learning", *NESTA Futurelab Series*. Bristol: NESTA Futurelab, 2004.
- [11] D. Lewis, Video Games 'Valid learning Tools' – *BBC report of Sony Research*, 2000.
- [12] T. W. Malone, "What makes computer games fun?", *BYTE*, December, 258-277, 1981.
- [13] M. Prensky, *Digital game-based learning*. New York: McGraw Hill, 2001.
- [14] K. Squire e H. Jenkins, "Harnessing the power of games in education", *InSight 3*, no. 1, 7-33, 2003.



Rui Rolo nasceu em 20 de Outubro de 1974. É professor de Educação e Musical, músico e formador. Possui o grau de mestre em Comunicação Educacional Multimédia pela Universidade Aberta. Investiga as Tecnologias de Informação e Comunicação no processo de Ensino-Aprendizagem da música, estando a frequentar o doutoramento em Informática, ramo de Sistemas Multimédia, na Universidade Aberta.



José Bidarra nasceu em Lisboa, em 20 de Fevereiro de 1959. Tem um doutoramento em comunicação educacional pela Universidade Aberta, onde lecionou unidades curriculares nas áreas da comunicação multimédia e do ensino a distância, no Departamento de Ciências e Tecnologia. Foi igualmente coordenador de dois mestrados em regime *online*, em Comunicação Educacional Multimédia e em Expressão Gráfica e Audiovisual. Em 2009 teve um *Honorary Fellowship* a convite da Universidade de Wisconsin, EUA, em período de

licença sabática.

Atualmente é Professor Auxiliar Convidado na Universidade do Algarve, em Faro, onde leciona nas áreas do Ensino a Distância e das Tecnologias Educativas, na Faculdade de Ciências Humanas e Sociais (FCHS). É igualmente responsável pelo Grupo de Missão para o Ensino a Distância na Universidade do Algarve.

As suas atividades de investigação estão centradas nas áreas da comunicação educacional multimédia e do *e-learning*, tendo a seu cargo a orientação de diversas teses de mestrado e de doutoramento. Colabora frequentemente em projetos transnacionais e presta regularmente serviços de consultoria junto de diversas organizações.

Capítulo 7

AlgoWeb: Um Ambiente Baseado na Web para Aprendizado de Algoritmos

Ricardo Vargas Dorneles, Delcino Picinin Jr., e André Gustavo Adami, *Member, IEEE*

Title—AlgoWeb: a Web-Based Tool for Learning Algorithms.

Abstract—This paper describes a web environment named AlgoWeb for learning introductory programming. AlgoWeb has a syntax highlighting editor for structured Portuguese, performs step-by-step processing, and provides support for breakpoints and monitoring variable values. In addition, AlgoWeb has a set of algorithmic problems that encompasses the concepts and techniques taught in introductory programming courses. AlgoWeb can also check the correctness of the solution (with respect to previously defined input and output data) submitted by its users for the problems available in the environment. All the interactions between the users and the environment are registered, providing a valuable tool to evaluate the progress of each student or class.

Keywords—Introductory programming, algorithms, learning tools, web-based learning

Resumo—Esse artigo descreve o AlgoWeb, uma ferramenta para o suporte ao aprendizado de algoritmos. O Algoweb consiste em um editor de algoritmos em português estruturado orientado à sintaxe, com recursos para execução direta, passo a passo ou temporizada, monitoração de variáveis e definição de pontos de parada. O Algoweb também possui um banco de problemas cobrindo todo o conteúdo normalmente visto no ensino de algoritmos, e efetua a verificação automática da correção dos algoritmos submetidos para cada problema. Ele também mantém registro dos algoritmos desenvolvidos pelos alunos, permitindo um acompanhamento da evolução de cada aluno ou turma.

Palavras-Chave—Introdução a Programação, algoritmos, ferramentas de aprendizagem, aprendizagem baseada na web

Este trabalho foi apresentado originalmente no XVIII Ciclo de Palestras Novas Tecnologias na Educação e publicado em Inglês na Revista Novas Tecnologias na Educação, Vol. 9, No 2 (2011), ISSN 1679-1916.

R. V. Dorneles é professor do Centro de Computação e Tecnologia da Informação da Universidade de Caxias do Sul, Brasil (e-mail: rvdornel@ucs.br).

D. Picinin Jr. é professor do Centro de Computação e Tecnologia da Informação da Universidade de Caxias do Sul, Brasil (e-mail: dpicini@ucs.br).

A. G. Adami é professor do Centro de Computação e Tecnologia da Informação da Universidade de Caxias do Sul, Brasil (e-mail: agadami@ucs.br).

I. INTRODUÇÃO

A escolha de uma linguagem para ensinar os primeiros passos em programação ainda é uma questão em aberto [1]. É comum no Brasil, nos cursos de graduação, o uso de Português Estruturado para o ensino de introdução à programação, ao invés de linguagens de programação regulares como C ou Pascal. Português Estruturado é uma versão simplificada de uma linguagem de programação, com poucos tipos de dados e estruturas de controle, e utiliza comandos em português, de fácil memorização. Utilizando termos familiares o estudante pode se focar mais na análise do problema e na identificação da solução do que nos detalhes da sintaxe de uma determinada linguagem para descrever a solução. Além disso, nos cursos de programação os alunos tendem a ficar um tempo considerável corrigindo erros de sintaxe ou tentando entender as mensagens de erro do compilador quando utilizam linguagens de programação regulares.

Durante o período em que vimos ministrando disciplinas de algoritmos, período esse que se estende a mais de 20 anos, identificamos diversas dificuldades dos alunos, dificuldades essas identificadas também por outros autores (e por todos os professores de algoritmos, após algum tempo):

1. Os alunos não conseguem entender o problema;
2. Os alunos conseguem entender o problema, mas não sabem sua solução;
3. Os alunos conseguem entender o problema e sabem sua solução, mas não conseguem identificar com clareza os passos envolvidos na solução;
4. Os alunos conseguem identificar os passos da solução, mas não conseguem formalizá-los em um algoritmo;
5. Os alunos podem escrever o algoritmo, mas não são capazes de testá-lo.

Cada uma das dificuldades listadas corresponde a um dos passos para a solução de problemas descrita por Winslow [2].

As dificuldades enfrentadas pelos alunos no início do aprendizado de programação os desmotivam, e aparentemente são uma das causas do alto índice de evasão no início dos cursos de informática. Outra consequência de tais dificuldades

é a alta taxa de reprovação nessas disciplinas [3]. Nesse contexto, é imperativo desenvolver ferramentas e metodologias que possam auxiliar os estudantes a programar.

Neste artigo, nós descrevemos um ambiente para aprendizado de algoritmos baseado na web que disponibiliza diversos recursos para aumentar a autonomia dos alunos no aprendizado de programação. Desta forma o ambiente reduz significativamente a dependência dos alunos na intervenção do professor. Além disso, o ambiente também disponibiliza ferramentas para que os professores possam acompanhar o progresso dos alunos. O ambiente aqui descrito vem sendo utilizado desde 2009 por alunos de cinco cursos de graduação na Universidade de Caxias do Sul

II. AMBIENTES PARA O APRENDIZADO DE ALGORITMOS

O uso de ambientes para o aprendizado de algoritmos tem sido investigado por muitos anos e diversos ambientes que utilizam português estruturado tem sido propostos. Alguns desses ambientes são o Visualg [4], webPortugol [5] e Portugol IDE [6]. O VisuAlg¹ é um programa desenvolvido pela Apoio Informática para o Windows®. Possui um editor de algoritmos e diversos modos de execução, com a possibilidade de monitorar os valores das variáveis durante a execução.

O Portugol IDE², desenvolvido pelo Instituto Politécnico de Tomar, Portugal, é muito similar ao VisuAlg, mas permite também que o usuário utilize fluxogramas para representar o

algoritmo.

O WebPortugol³, desenvolvido pela Universidade do Vale do Itajaí, é uma applet que permite ao usuário verificar seu algoritmo utilizando dados de teste armazenados em um arquivo XML. Entretanto, não foi encontrada documentação suficiente sobre essa funcionalidade.

Os ambientes citados disponibilizam os meios para escrever e executar algoritmos escritos em Português Estruturado. Até recentemente, VisuAlg era o ambiente utilizado pelos alunos da Universidade de Caxias do Sul. Entretanto, nenhum deles disponibiliza aos estudantes um conjunto de problemas para serem resolvidos e exemplos de dados de entrada e saída para testarem suas soluções. Apesar da documentação limitada, apenas o WebPortugol fornece uma ferramenta para verificar a solução de um problema. Além disso, nenhum dos ambientes vistos oferece uma interface para acompanhar o progresso dos alunos.

III. O AMBIENTE ALGO WEB

O AlgoWeb⁴ é um ambiente baseado na web, composto de quatro partes: um conjunto de problemas algorítmicos, um editor/interpretador de algoritmos, uma ferramenta de verificação de soluções e uma interface para o professor. A Fig. 1 mostra parte da interface do usuário do ambiente AlgoWeb.

O AlgoWeb foi desenvolvido usando diferentes linguagens em uma arquitetura cliente/servidor. Do lado do servidor, o

AlgoWeb - Ambiente de Aprendizagem de Algoritmos

The screenshot displays the AlgoWeb interface. On the left, there is an algorithm editor with a code window containing the following code:

```

1 algoritmo "I001_I00000200"
2 var i : inteiro
3 inicio
4   escreva(i, " ")
5   fimpara
6   fimalgoritmo
7

```

Below the code window, there are tabs for "Dados Aleatórios", "Exemplo Entrada-Saída", and "#I001_I00000200". The "Exemplo Entrada-Saída" tab is active, showing a list of random numbers from 10000100 to 100001700. Below this, there is a status bar indicating "Compilado com sucesso" and "Vai executar".

On the right side of the interface, there is a user management section with the username "Usuário:agadami" and a "Sair" button. Below this, there are navigation links for "Manual do Usuário", "Gerência de Usuários", "Banco de Algoritmos", and "Top 5". A menu of problem categories is visible: "Sequencial", "Condicional", "Iterativo", "Vetores", "Matrizes", "Funções", and "Recursividade". The "Iterativo" category is selected, showing a list of problems. The selected problem is "Problema" with the description: "Faça um algoritmo que escreva todos os números pares entre 1 e 50." The example input is "2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, 48, 50". A button at the bottom right says "Salvar no portfolio SOLUÇÃO: [I001_I00000200]".

Fig. 1. Tela do ambiente AlgoWeb. O interpretador de algoritmos está à esquerda e o conjunto de problemas e interface de gerência de usuários estão à direita. Um exercício de repetição é mostrado, com um exemplo de entrada/saída.

¹ <http://www.apoioinformatica.inf.br/visualg>

² <http://orion.ipt.pt/~manso/Portugol/>

³ <http://www.univali.br/webportugol>

⁴ <https://vposeidon9.ucs.br>

ambiente foi desenvolvido utilizando Python com o framework Django, utilizado por permitir um desenvolvimento rápido para web através de seu modelo Model-View-Controller (MVC). Do lado do cliente, o editor/interpretador é uma applet desenvolvida utilizando Java.

A. Conjunto de Problemas

O conjunto de problemas é composto por uma gama ampla de problemas de algoritmos, que cobrem todo o conteúdo normalmente visto nas disciplinas de algoritmos. Cada problema vem com alguns exemplos de entrada/saída. Note que a verificação do algoritmo sobre esse conjunto de dados de teste não garante que o algoritmo testado prevê todas as possibilidades, e sim que, para os conjuntos de dados de entrada fornecidos, o algoritmo gera as saídas esperadas. A interface de cadastramento de problemas permite que, à medida que se deseja verificar mais casos para um determinado problema, mais dados de teste sejam cadastrados para cada problema.

O conjunto de problemas é dividido em sete grupos, de acordo com as estruturas de dados/controle necessárias para resolvê-los:

- 23 problemas que podem ser resolvidos sem a necessidade de comandos condicionais ou de repetição;
- 57 problemas para os quais é necessário o uso do comando condicional;
- 80 problemas para os quais é necessário o uso de estrutura de repetição;
- 74 problemas para cuja solução é necessário o uso de vetores;
- 14 problemas para cuja solução é necessário o uso de matrizes;
- 6 problemas para os quais podem ser utilizadas funções e procedimentos;
- 11 problemas para cuja solução deve ser utilizada recursividade.

Em cada grupo os problemas estão organizados em ordem de dificuldade, do mais simples para o mais complexo. O conjunto de problemas é mantido em uma base de dados MySQL.

Uma vez que um problema seja selecionado, o ambiente apresenta a descrição do problema, um exemplo de conjunto de dados de entrada (quando necessário) e a saída esperada para a entrada apresentada. O objetivo desse conjunto apresentado como exemplo é auxiliar na interpretação do enunciado do problema. De modo a evitar soluções que produzam somente a saída apresentada ao usuário como exemplo, cada problema possui diversos outros conjuntos de dados de teste utilizados para verificar a validade do algoritmo. Esses outros conjuntos de dados de teste não são visíveis pelo usuário.

B. Editor/Interpretador de Algoritmos

O AlgoWeb tem um editor orientado a sintaxe para Português Estruturado. A medida em que o algoritmo é escrito, as cores das palavras são alteradas de acordo com a sua função

(comandos utilizam azul claro, estruturas de controle de fluxo se tornam azul escuro, tipos de dados utilizam vermelho e assim por diante). Essa funcionalidade auxilia os usuários a identificarem erros de digitação e comandos inválidos.

Uma vez escrito o algoritmo, o usuário pode testá-lo utilizando o interpretador contido no ambiente. Antes de executar o código, o interpretador verifica se o algoritmo está léxica e sintaticamente correto. Ele também verifica alguns erros semânticos, como verificação de tipos, variáveis não declaradas, identificadores repetidos e variáveis que foram declaradas e não foram utilizadas em nenhum ponto do programa (o que pode indicar uma situação de erro). Conforme o tipo de erro encontrado, o interpretador emite mensagens apropriadas a fim de alertar o usuário sobre o respectivo erro. Além dos erros léxicos, sintáticos e semânticos identificados antes da execução, o AlgoWeb também identifica alguns erros de execução, como divisões por zero, extração de raízes de números negativos e algumas situações que podem indicar um erro em potencial, como variáveis que receberam valores que não são utilizados posteriormente no algoritmo.

Existem quatro modos para execução de um código: direto, passo-a-passo, com pontos de parada e direto com temporização. No modo direto, o algoritmo é executado sem interrupções até seu término. No modo passo-a-passo, o usuário controla a execução, pressionando um botão para execução de cada passo (que é marcado com uma cor diferente durante a execução). Na execução com pontos de parada, o usuário pode definir pontos de parada (clicando duas vezes sobre a linha) no código, de modo que quando a execução chegar no ponto marcado ela é pausada. No modo direto com temporização, após a execução de cada instrução a execução é pausada por meio segundo, antes de prosseguir para a próxima instrução, e a instrução sendo executada é mostrada em cor diferente. Em todos os modos, exceto o modo direto, o usuário pode examinar o conteúdo das variáveis do algoritmo através da janela de monitoração de variáveis.

O AlgoWeb possui a opção de gerar dados aleatórios durante a execução de modo a alimentar os comandos de leitura do algoritmo, permitindo ao usuário definir intervalos dos valores inteiros ou reais a serem gerados. Para a leitura de literais, o ambiente utiliza um conjunto de 100 literais pré-definidos.

Além do modo de geração de dados aleatórios, o ambiente também permite que o usuário defina, em uma janela apropriada, os dados de entrada que serão utilizados para testar o algoritmo ou pode definir que o algoritmo utilize os dados de entrada e saída apresentados como exemplo junto à especificação do problema.

Todos os algoritmos desenvolvidos por usuários registrados no AlgoWeb podem ser salvos em um servidor, fazendo com que fiquem disponíveis ao usuário a partir de qualquer navegador. Os mecanismos de autenticação e interface de gerenciamento de contas foram desenvolvidos utilizando HTML e Javascript.

O editor/interpretador de algoritmos foi desenvolvido em Java. As razões para escolher essa linguagem foram:

1. Uma vez que a applet é executada no terminal do cliente, qualquer problema no algoritmo (e.g. um laço infinito) não compromete o desempenho do servidor.
2. A applet pode se comunicar com HTML (linguagem utilizada para desenvolver o conjunto de problemas) através de Javascript, tornando direta a comunicação entre o interpretador e o conjunto de problemas..

C. Verificação de Soluções

Um dos maiores problemas encontrados pelos alunos é identificar quais as situações que seu algoritmo deve considerar, bem como a definição de um conjunto de dados de teste que verifique a correção do mesmo. O AlgoWeb fornece meios para reduzir tal problema disponibilizando alguns exemplos de dados de entrada e saída para cada problema, e um mecanismo para verificar se a solução submetida pelo usuário gera, para cada conjunto de dados de entrada, a saída esperada. Tal ferramenta já existe para algumas linguagens de programação como Java (e.g., RoboProf [7]) e Scheme (e.g., BOSS [8]).

Para verificar a correção de sua solução para um dado problema, o usuário deve seguir os seguintes passos: Primeiramente o usuário seleciona, no conjunto de problemas, para qual problema pretende submeter uma solução. Em seguida, o usuário escreve sua solução podendo, nessa etapa, salvá-la no servidor. Essa etapa pode envolver diversas iterações, em que o usuário edita, verifica a sintaxe (não utilizamos o termo “compila” porque como não é gerado um código executável o termo não é apropriado), elimina erros de sintaxe, repetidamente até o algoritmo estar léxica e sintaticamente correto. Após, o usuário pode executar seu algoritmo para os dados do exemplo para verificar se o algoritmo funciona para o exemplo (do qual ele conhece as saídas esperadas). Passando por essa fase, o usuário submete sua solução ao validador para verificar se o algoritmo funcionou para todos os dados de teste previstos.

Como todos os algoritmos do banco de problemas esperam respostas numéricas, o interpretador extrai, das saídas emitidas pelo algoritmo sendo avaliado, os valores numéricos, e compara-os com a saída esperada. Dessa forma, símbolos não numéricos (como espaços, vírgulas, letras e outros) não interferem no processo de verificação, permitindo que o algoritmo do usuário gere saídas como "Há 10 números primos" ou "O maior valor é 10 e o menor é 5". Em caso de sucesso, o algoritmo é classificado pelo total de operações executadas (atribuições, comparações, aplicação de operadores, escritas, leituras, desvios e outros) para cada um dos conjuntos de dados de teste.

Para cada problema o número de operações da solução mais eficiente submetida para o problema é exibida, permitindo ao usuário comparar o desempenho de sua solução com o desempenho da melhor solução até o momento. Além disso, um ranking com os alunos que resolveram corretamente a maior quantidade de problemas diferentes é mostrada, para

cada categoria de problemas. A finalidade dessas informações é motivar o aluno a questionar sobre a eficiência de sua solução e tentar melhorá-la, bem como motivá-lo a resolver a maior quantidade possível de problemas diferentes.

A ferramenta de verificação foi desenvolvida utilizando Python com o Django, um framework de alto nível para a web. A razão para utilizar tal framework foi o rápido desenvolvimento com menos código e facilidade de projeto.

D. Interface do Professor

Uma vez que os estudantes utilizem o ambiente, é importante que os professores possam acompanhar o progresso no aprendizado dos alunos ou possam identificar as dificuldades encontradas pelos mesmos ao escrever os algoritmos. O AlgoWeb fornece os recursos para o professor fazer esse acompanhamento, através da Interface do Professor, mostrada na Fig. 2. Essa interface (disponível apenas aos professores, por razões óbvias) fornece as seguintes informações: uma lista dos usuários que resolveram (ou apenas salvaram no servidor, sem validar sua solução) cada problema, uma lista dos problemas validados (ou apenas salvos) por um dado usuário, todas as versões salvas de cada solução do usuário (com o respectivo número de operações executadas, quando validado como correto).

IV. EXPERIMENTOS E RESULTADOS

O AlgoWeb vem sendo utilizado desde 2009 em disciplinas de algoritmos ou Introdução à Programação em Ciência da Computação, Sistemas de Informação e Engenharias. Em cada turma, o AlgoWeb foi utilizado como uma ferramenta de suporte no ensino a distância, e os alunos podiam escolher se usariam ou não nos exercícios para casa. No início do semestre todas as turmas tinham uma aula introdutória sobre o uso do ambiente. O ambiente não era utilizado nas aulas restantes (os algoritmos em sala de aula eram feitos utilizando apenas lápis e papel). A exceção a isso foi uma turma da engenharia em que alternava-se o uso do AlgoWeb e o equivalente em Matlab, com todas as aulas em laboratório.

Atualmente (junho de 2012) há aproximadamente 60.000 algoritmos e 730 usuários cadastrados, salvos na base de dados. Apesar da falta de medidas concretas relacionando o uso do ambiente e a eficácia do aprendizado, todos os professores que utilizaram o ambiente afirmaram que os alunos trabalhavam mais problemas com o uso do AlgoWeb. Normalmente são resolvidos 4 ou 5 problemas em uma aula de 3 horas, o que resulta em 60 exercícios resolvidos ao longo de um semestre de 15 semanas de aulas (já excluídos os encontros para avaliação). Além disso, a cada aula são sugeridos problemas para serem resolvidos em casa. Todos os professores relataram que os alunos resolveram mais exercícios que nos semestres anteriores.

Os alunos reportaram que ficaram mais motivados em resolver os problemas devido ao *feedback* fornecido pelo ambiente. As mensagens de erro mais fáceis de entender (devido a serem em português), a capacidade de executar o algoritmo, monitorar as variáveis e a possibilidade de verificar

AlgoWeb - Monitor de Soluções

Problemas

Problemas

Problemas	[S0000300]	Aluno	Solução
S00000050	<p>Descrição do problema</p> <p>Faça um algoritmo que leia 3 valores a, b e c, coeficientes de uma equação de segundo grau, e calcule e escreva a soma das raízes da equação.</p> <p>Dica para o problema</p> <p>As raízes de uma equação podem ser calculadas pela fórmula de Baskhara.</p> <p>Palavras chave o problema</p> <p><input type="text"/></p> <p>Exemplo de entrada (na ordem)</p> <p>1, 3, 2</p> <p>Saída após e/ou durante processamento da entrada</p> <p>-3</p>	(Cassiano)	S001
S00000100		(brunomolardi)	
S00000150		(crmuratore)	
S00000200		(marluce)	
S00000300		(mvieira3)	
S00000400		(rfokraszewski)	
S00000500		Anduril	
S00000600		JARMILIATO	
S00000700		cpradell	
S00000800		ecmnienow	
S00000900		egbaroni	
S00001000		fgoliveira	
S00001100		ismael_rech	
S00001200		josue_gremio	
S00001300	jrdalbo		
S00001400			

Alunos

Login

Alunos	[agadami]	Problemas	Solução
adricvega	<p>Aluno</p> <p>Nome: Andre Adami Email: agadami@ucs.br Obs: Professor da UCS Cidade: Caxias do Sul Estado: RS Sexo: Masculino Ultimo Login: 2010-01-14 12:21:20 cadastro: 2009-08-11 14:21:23</p>	(100000200)	S001
agadami		S004	
alpagno		S013	
ancastagna			
anderson			
anderson2			
anderson3			
andersonkohn			

Fig. 2. A Interface do Professor mostra uma lista dos usuários que resolveram um dado problema e quais problemas foram resolvidos por cada usuário. Em ambos os casos, a interface pode mostrar os algoritmos salvos/validados pelos usuários.

a solução foram as principais funcionalidades do ambiente que os ajudaram a escrever com sucesso algoritmos corretos.

A identificação dos algoritmos mais eficientes se tornou um importante mecanismo motivador. Estudantes eram estimulados a procurar por algoritmos mais eficientes para superar o desempenho da melhor solução (em termos de número de operações) até o momento em cada problema. Pode-se notar isso pelas repetidas submissões do mesmo algoritmo com número decrescente de operações executadas (disponível pela Interface do Professor).

A funcionalidade de contar o número de operações executadas foi utilizada também em uma turma da disciplina de Complexidade de Algoritmos, para poder comparar diferentes abordagens (divisão e conquista, programação dinâmica) para solução de um complexo problema, substituindo medidas de tempo ou uso de um perfilador de código, que seria utilizado para esse propósito.

Além da identificação da solução mais eficiente para cada problema, o ambiente apresenta também o ranking dos

estudantes que resolveram corretamente a maior quantidade de problemas em cada categoria. Alguns estudantes se sentem fortemente motivados em aparecer nesse ranking. Atualmente o líder no ranking resolveu corretamente 268 problemas em todas as categorias. Esse ranking vem sendo utilizado para fornecer informação adicional na seleção de candidatos a monitoria para as disciplinas de introdução a programação.

Também temos acompanhado o desempenho dos alunos com maior número de submissões nas disciplinas de programação nos semestres seguintes no curso (e.g. Programação, Programação Orientada a Objetos). Todos os estudantes que acompanhamos nos semestres seguintes tem apresentado um bom desempenho em programação.

Até agora, apenas um experimento foi conduzido utilizando o ambiente como suporte durante avaliações. Nessa ocasião, os alunos podiam usar somente o editor/interpretador para testar suas soluções, sem acesso à base de problemas já resolvidos. O uso do editor/interpretador era opcional, e em uma turma com 15 alunos, apenas um preferiu não utilizá-lo.

Na avaliação da área seguinte, na mesma turma, os alunos optaram por repetir o formato da avaliação, podendo utilizar o editor/interpretador para testar suas soluções.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo descreveu um ambiente baseado na Web para o aprendizado de algoritmos chamado AlgoWeb. O ambiente possui um editor orientado a sintaxe para Português Estruturado e um conjunto de problemas que cobre todos os conceitos e técnicas normalmente vistos nas disciplinas de algoritmos. Usuários podem escrever, salvar e executar seus algoritmos de diversos modos. Além disso, o AlgoWeb pode verificar se a solução apresentado pelo usuário funciona para os dados de teste definidos para o problema.

O objetivo de tal ferramenta é dar apoio ao ensino à distância e reduzir a dependência do aluno em relação ao retorno do professor. Cada interação com o ambiente é registrada pelo AlgoWeb, fornecendo informações importantes (e.g número de exercícios resolvidos, último exercício resolvido, número de submissões por problema, o código de cada solução submetida pelo usuário) sobre o progresso do estudante na disciplina.

O AlgoWeb foi testado em diversas disciplinas nos seguintes cursos de graduação: Ciência da Computação, Sistemas de Informação, Tecnologias Digitais e Engenharias diversas. Estudantes que participaram dessas turmas relataram que se sentiram mais motivados para escrever algoritmos porque o ambiente fornecia *feedback* sobre as soluções submetidas quando o professor não estava presente. Os professores, por sua vez, relataram que os estudantes resolviam mais exercícios. Essa motivação pode ser verificada pela quantidade considerável de algoritmos submetidos (aproximadamente 60,000 soluções armazenadas no servidor no período julho/2009 a junho/2012).

Ferramentas de aprendizado como o AlgoWeb podem ser um auxílio muito grande a professores de algoritmos. É impraticável para um professor verificar manualmente a correção de cada exercício resolvido pelo aluno e prover um retorno para turmas com um número grande de alunos. Tal carga pode ser reduzida pela capacidade de verificar automaticamente cada solução. Dessa forma, os professores podem se focar mais nos problemas reais que os alunos estão encontrando e os estudantes podem trabalhar em mais problemas devido ao *feedback* do ambiente

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo suporte e valioso retorno dado pelo professor Vânius Gava. Queremos agradecer também aos professores Cristian Koliver e Marcos Casa por compartilhar essa ferramenta com seus alunos para avaliação.

REFERENCES

- [1] E. Giangrande Jr., "CS1 programming language options," *Journal of Computing Sciences in Colleges*, vol. 22, no. 3, pp. 153-160, 2007.
- [2] L. E. Winslow, "Programming pedagogy - a psychological overview," *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 28, no. 3, pp. 17-22, 1996.

- [3] J. Bennesen, and M. E. Caspersen, "Failure rates in introductory programming," *ACM SIGCSE Bulletin*, vol. 39, no. 2, pp. 32-36, 2007.
- [4] C. M. de Souza, "VisuAlg - Ferramenta de Apoio ao Ensino de Programação," *Revista Eletrônica TECCEN*, vol. 2, no. 2, pp. 1-9, Sep., 2009.
- [5] H. Hostins, and A. L. A. Raabe, "Auxiliando a aprendizagem de algoritmos com a ferramenta Webportugol," in XIV Workshop de Educação em Computação - XXVII Congresso da SBC, Rio de Janeiro, 2007, pp. 96-105.
- [6] A. Manso, C. G. Marques, and P. Dias, "Portugol IDE v3.x: A new environment to teach and learn computer programming," in Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE, 2010, pp. 1007-1010.
- [7] C. Daly, "RoboProf and an introductory computer programming course," in Proceedings of the 4th annual SIGCSE/SIGCUE ITiCSE conference on Innovation and technology in computer science education, Cracow, Poland, 1999, pp. 155-158.
- [8] M. Joy, and M. Luck, "Effective electronic marking for on-line assessment," in Proceedings of the 6th annual conference on the teaching of computing and the 3rd annual conference on Integrating technology into computer science education: Changing the delivery of computer science education, Dublin City Univ., Ireland, 1998, pp. 134-138.



Ricardo V. Dorneles nasceu no Brasil. Ele completou os cursos de Tecnologia em Processamento de Dados em 1984, Engenharia Elétrica em 1989, Mestrado em Ciência da Computação em 1992 e Doutorado em Ciência da Computação em 2003, na área de Processamento de Alto Desempenho, todos pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil. É professor adjunto do Centro de Computação e Tecnologia da Informação da Universidade de Caxias do Sul onde leciona disciplinas de Linguagens de Programação

e Complexidade de Algoritmos. Atualmente sua área de interesse é ambientes virtuais de ensino.



Delcino Picinin Jr. nasceu no Brasil. Ele completou seu bacharelado em Ciência da Computação pela Universidade Católica de Pelotas em 2000 e mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2003. Atualmente é professor da Universidade de Caxias do Sul e cursa o doutorado no Departamento de Automação e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina.



André G. Adami nasceu no Brasil. Ele completou seu bacharelado em Ciência da Computação em 1994 pela Universidade de Caxias do Sul, mestrado em Ciência da Computação em 1997 pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, doutorado em Engenharia Elétrica em 2004 pela Oregon Health and Science University, e um pós-doutorado no departamento de Engenharia Biomédica na Oregon Health and Science University. Ele é professor adjunto do Centro de Computação e Tecnologia da Informação da

Universidade de Caxias do Sul. A sua pesquisa é focada em processamento de sinal e reconhecimento de padrões aplicados em tecnologias da fala e da saúde.

Capítulo 8

Sistema de apoio a atividades de laboratório de programação via Moodle com suporte ao balanceamento de carga

Allyson Bonetti França, José Marques Soares

Title— Support system for programming laboratory activities in Moodle with support for load balancing

Abstract—To contribute to the conditions of teaching and learning computer programming, this paper presents an environment that integrates Moodle with a web-based tool used to support programming competitions. The tool allows the registration of the result of the compilation and implementation of the proposed problems in C, C++ and Java, tracking the student's submissions, and allows the evaluation of the teacher by the Moodle interface. Whereas the compilation and execution on a shared remote server may require many computational resources, the environment developed to support load balancing.

Keywords - remote laboratory, automated evaluations, laboratory programming, automated correction

Abstract - Visando contribuir com as condições de ensino e aprendizagem em laboratórios de disciplinas de programação, este trabalho apresenta um ambiente que integra o Moodle a uma ferramenta Web utilizada no apoio a competições de programação. A ferramenta permite o registro do resultado da compilação e da execução de problemas propostos nas linguagens C, C++ e Java, rastreando as submissões dos alunos, e possibilita a avaliação do professor via interface do Moodle. Considerando que a compilação e execução de programas em um servidor remoto compartilhado pode requerer muitos recursos computacionais, o ambiente desenvolvido oferece suporte ao balanceamento de carga.

Este trabalho foi apresentado originalmente no Simpósio Brasileiro de Informática na Educação – SBIE 2011.

A. B. França é Mestre pelo Departamento de Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - Ceará, Brasil (Telefone: + 55 85 3366 9907; e-mail: allysonbonetti@gmail.com).

J. M. Soares é do Departamento de Engenharia de Teleinformática, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - Ceará, Brasil (Telefone: + 55 85 3366 9907; e-mail: marques@ufc.br).

Keywords – laboratório remoto, avaliações automatizadas, laboratório de programação, correção automatizada

I. INTRODUÇÃO

Disciplinas de técnicas de programação em cursos de computação e engenharia são, em geral, muito numerosas, exigindo bastante do professor e dos monitores que, muitas vezes, não conseguem realizar um acompanhamento individual dos alunos de maneira eficiente. Isto pode provocar desestímulo, impelindo a turma, por vezes, à dispersão em aulas de laboratório, situação dificilmente controlável pelo professor.

Para organizar o trabalho, professores fazem uso de ferramentas de apoio. Aplicações Web, por exemplo, podem ser usadas para disponibilização de notas de aula, proposição e submissão de trabalhos e registro de notas. Embora o uso de tais ferramentas possa mitigar os problemas de natureza organizacional em práticas laboratoriais, não são suficientes para solucionar a dificuldade de acompanhamento e *feedback*. Como forma de ilustrar situações comuns em laboratórios de programação, uma questão frequentemente colocada por alunos é: Professor, o meu programa está correto?

Embora essa seja uma pergunta de resposta simples (sim ou não), para respondê-la, é necessário que o professor se desloque até o aluno, observe a execução do programa e verifique o seu resultado. Em caso de erro, muitos alunos assumem posturas passivas e aguardam que o professor descubra o erro. Em uma turma de 60 alunos, por exemplo, essa atividade de simples verificação pode tornar o tempo de aula insuficiente.

Uma maneira de reduzir significativamente esse trabalho é permitir que o próprio aluno valide o resultado de seu programa em um procedimento semelhante ao realizado em olimpíadas de programação.

Visando contribuir com as condições de ensino e aprendizagem de cursos de programação, é apresentado neste

trabalho um ambiente que permite a automatização de avaliações de programas propostos pelo professor para desenvolvimento nas linguagens de programação C, C++ e Java. O objetivo é, por um lado, fornecer ao professor uma ferramenta que permita o gerenciamento de seus recursos didáticos e que lhe dê apoio ao acompanhamento das práticas laboratoriais. Por outro lado, objetiva-se permitir ao aluno um *feedback* mais rápido, que o incentive a um comportamento mais autônomo.

Adicionalmente, é definido um modelo de integração desse ambiente, que é voltado especificamente para a avaliação de programas, aos chamados ambientes virtuais de aprendizagem (AVA). A integração permite oferecer as funcionalidades disponíveis em cada ferramenta aos usuários (alunos e professores) de forma complementar e através de uma interface única e coesa. Para a composição e avaliação do modelo de integração, adotou-se uma metodologia que se apóia no conceito de arquitetura orientada a serviços (Service Oriented Architecture – SOA) [7].

O ambiente desenvolvido para apoio a laboratórios de programação foi concebido como extensão do sistema BOCA [2]. Desenvolvido na Universidade de São Paulo (USP), este sistema é usado em maratonas de programação para submissão e avaliação automática de problemas e precisou ser adaptado para atender as necessidades específicas do ambiente. As extensões incluem a adaptação de algumas funcionalidades específicas para o trabalho em laboratórios, bem como a exposição de funcionalidades em forma de serviços. Além disso, foi incluída uma infraestrutura para prover o balanceamento de carga entre diversos servidores, visto que alguns programas propostos podem apresentar uma carga computacional considerável para um único servidor, levando-se em conta a complexidade da solução, o número de alunos e a quantidade de turmas com trabalhos concorrentes. O sistema estendido é denominado neste trabalho BOCA-LAB.

O BOCA-LAB foi integrado ao Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) Moodle [4]. O Moodle forneceu a interface e o conjunto de funcionalidades necessárias à gestão e ao acompanhamento das atividades associadas ao laboratório de programação. A integração desses dois ambientes foi realizada com o uso de Web Services (WS), que se destacam como tecnologia para a implementação de SOA e vêm sendo utilizados em sistemas educacionais como o Sakai [8].

O texto está disposto da seguinte forma: a seção II aborda os trabalhos relacionados, apresentando soluções que buscam essa automatização na correção e avaliação de códigos fontes em sistemas de cunho educacional; a seção III mostra as características do Moodle e do BOCA, ferramentas que compõem o ambiente de integração; na seção IV é mostrada a arquitetura de integração. A interação entre os usuários e a arquitetura é explicada na seção V. A seção VI descreve a avaliação do ambiente e, por último, são apresentadas, na seção VII, as conclusões e perspectivas do trabalho.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

O uso de ambientes virtuais para dar suporte a atividades de programação vem sendo explorado há alguns anos.

Kantzavelou [3] apresenta um modelo de laboratório virtual para um curso introdutório à Ciência da Computação. A arquitetura do modelo consiste em sete módulos onde cada módulo corresponde a um tópico específico da disciplina, como lógica e linguagem de programação, algoritmos, arquitetura de computadores entre outros. Cada módulo possui associado recursos como sites especializados, simuladores ou laboratórios virtuais que oferecem exercícios e problemas específicos relacionados ao tópico. Entretanto esse modelo ainda está em fase de implementação não apresentando todos os módulos da disciplina concluídos.

Ng [5] investiga como a nova tecnologia pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem em disciplinas de programação, propondo um ambiente Web interativo para o ensino de linguagens de programação Java. O ambiente apresenta funcionalidades que permitem a compilação e o retorno de erros dos programas submetidos.

Wang [11], propõe um sistema Web para o ensino da linguagem de programação C. Esse sistema é desenvolvido em .NET e oferece funcionalidades que permitem a compilação e checagem de erros dos programas submetidos.

Embora esses trabalhos tragam estudos de plataformas interativas para o ensino de linguagem de programação, eles não oferecem um ambiente envolvendo outros recursos educacionais como ferramentas de discussão síncronas e assíncronas, suporte a gestão de conteúdo entre outros recursos importantes, principalmente para disciplinas ministradas a distância. Outro limite de algumas plataformas citadas é restringir o suporte a apenas um tipo de linguagem de programação.

Em um contexto mais aproximado ao trabalho aqui apresentado, algumas iniciativas foram realizadas no sentido de integrar recursos de apoio a disciplinas de programação ao ambiente Moodle, como o VPL [10] e o Onlinejudge [6]. O VPL (Virtual Programming Lab) é uma ferramenta de código aberto que permite o desenvolvimento remoto de programas através de um módulo acoplado ao Moodle. A edição do código é feita através de um applet e a compilação e execução do código é realizada com segurança em um servidor Linux remoto. É possível efetuar a compilação em várias linguagens de programação, dentre elas C, C++, PHP, Java e Fortran. Para a correção e compilação de códigos fonte, este módulo necessita, a cada atividade cadastrada pelo professor, da configuração de como serão os processos de compilação de códigos fonte e de correção automática. A arquitetura utilizada pelo VPL não permite a adição de novas ferramentas ou o balanceamento de carga, visto que o servidor responsável pela compilação e execução do código submetido é único. Um único servidor para tal tarefa pode se tornar um gargalo uma vez que podemos ter em um mesmo ambiente Moodle várias turmas contendo dezenas de alunos submetendo simultaneamente.

O Onlinejudge, também desenvolvido para gerenciar a submissão de códigos fontes adicionado ao Moodle, pode ser integrado com o uso de WS a uma aplicação denominada Ideone [9]. Essa aplicação permite escrever códigos fonte em aproximadamente 40 linguagens de programação diferentes, sendo os mesmos executados diretamente a partir do navegador. O Onlinejudge também pode ser executado sem a integração com o Ideone, dando suporte, nesse caso, apenas às linguagens C e C++. Entretanto, como se trata de uma aplicação comercial e de código fechado, o modelo de integração permite a submissão de apenas 1000 códigos fonte por mês em uma conta gratuita e não aceita a submissão de vários códigos fonte por vez.

Embora todos os trabalhos citados contenham importantes contribuições para o apoio de práticas laboratoriais em turmas de programação, neste trabalho propõe-se um ambiente de auxílio a compilação e execução remota de programas que seja capaz de reunir as seguintes características: (i) ser integrado a um ambiente virtual de aprendizagem, permitindo o seu uso e o acompanhamento de resultados através da mesma interface de outras ferramentas disponíveis no ambiente virtual; (ii) dar suporte ao uso de diversas linguagens de programação; (iii) permitir a gestão de múltiplos servidores e executar o balanceamento de carga entre os servidores disponíveis.

III. OS AMBIENTES MOODLE E O BOCA

O Moodle (Modular Object Oriented Distance Learning) é um sistema de código aberto baseado na Pedagogia Social Construcionista [1]. Rico em recursos educacionais, oferece alta flexibilidade para configuração e uso. Além disso, seu desenvolvimento modular permite a fácil inclusão de novos recursos que podem melhor adaptá-lo às necessidades da instituição que o utiliza. Por ser um ambiente extensível e completo em termos de recursos para gerenciamento de atividades educacionais, o Moodle apresenta-se como ambiente propício para integrar ferramentas que dêem suporte ao processo de ensino e aprendizagem em disciplinas de programação.

O BOCA é um sistema de apoio a competições de programação desenvolvido para uso em maratonas promovidas pela Sociedade Brasileira de Computação. Oferece suporte online durante a competição, gerenciando times de alunos e juízes, permitindo a proposição de problemas de programação bem como a submissão e avaliação automática de soluções. Sendo um sistema de código aberto, o BOCA pode ser adaptado ao contexto de laboratórios de programação e integrado a um AVA, como o ambiente Moodle. As características de principal interesse para a integração do BOCA ao Moodle são apresentadas nas próximas subseções.

A. Processo de Compilação e Correção dos Códigos Fonte Enviados ao BOCA

Para cada problema cadastrado no BOCA, são necessários um arquivo contendo um conjunto de entradas e outro contendo as respectivas saídas. Os arquivos de entrada e saída

são obtidos pelo professor, através de um programa executável elaborado pelo mesmo como solução ao problema, onde as entradas enviadas para o programa e as saídas geradas são armazenadas em arquivos distintos.

Ao receber o código fonte submetido pelo time, o sistema o compila. Caso não ocorra nenhum erro, é gerado um executável e realizada a sua execução. O teste ao programa é realizado enviando as entradas contidas no arquivo de entrada cadastrado para o problema. Em seguida, o sistema efetua a comparação da saída gerada com o arquivo de saída cadastrado para o problema. Ao final das etapas de compilação e comparação, é enviado um feedback para o time, contendo eventuais erros encontrados no processo de compilação ou na comparação da saída.

B. Necessidades Inerentes à Integração

Para dar suporte à integração das funcionalidades das duas ferramentas, o sistema de armazenamento de dados, a submissão de arquivos e a compilação realizada pelo BOCA precisam ser adaptados. Em sua concepção original, o sistema BOCA só permite o envio de um único arquivo por problema computacional proposto.

O envio de mais de um programa fonte pode ser facilmente resolvido através da compactação do conjunto de arquivos usando ferramentas como arj ou zip. Entretanto, essa operação resolve apenas parcialmente o problema, tendo em vista que é necessário o servidor identificar o arquivo compactado, executar a descompactação, a compilação dos programas fontes e o armazenamento de maneira adequada dos mesmos.

Para a aplicação visada neste trabalho, os problemas devem ser propostos de forma individual, sendo necessário, portanto, adaptar o BOCA para armazenar informações de forma a identificar o aluno no Moodle, rastrear as atividades do mesmo e fornecer feedbacks.

Para a gestão do cadastro de alunos, registro de atividades e notas, entre outros aspectos administrativos das atividades educacionais, o ambiente Moodle oferece os recursos necessários. Assim, verifica-se a complementaridade entre os ambientes a serem integrados neste trabalho, valorizando o conjunto de competências peculiares a cada um. Além das alterações propostas para o BOCA, um módulo de extensão deve ser criado no Moodle de maneira a permitir a integração entre os ambientes. Este módulo de extensão deve: permitir o acesso à funcionalidades disponibilizadas pelo BOCA; usar estruturas específicas para registro dos dados relativos aos problemas propostos; apresentar interfaces para submissão de soluções ao BOCA e para apresentação dos resultados, ambos a partir da interface do Moodle.

Na seção seguinte, é discutida a arquitetura de integração proposta e os módulos que a integram.

IV. ARQUITETURA DE INTEGRAÇÃO BASEADA EM WEB SERVICES COM SUPORTE AO BALANCEAMENTO DE CARGA

A arquitetura da integração é composta por três módulos que se comunicam através do protocolo SOAP usando

mensagens criptografadas no formato XML. A Figura 1 ilustra a estrutura de comunicação destes módulos, ressaltando a coexistência de múltiplos servidores que dão suporte ao balanceamento de carga. Os módulos são detalhados nas próximas subseções.

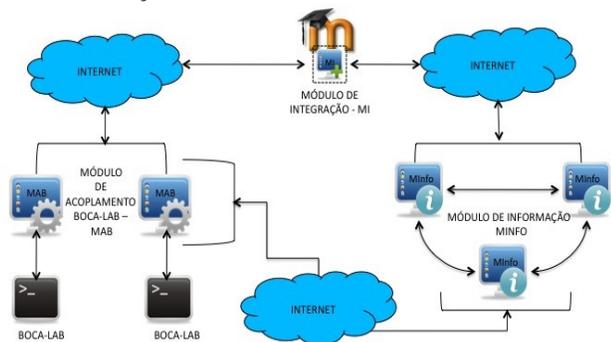


Figura 1 – Modelo de comunicação entre os módulos

A. Módulo de Integração (MI)

O MI é responsável pelo acesso ao serviço de busca de servidores; registro dos dados necessários aos problemas computacionais e; o envio e recuperação de *feedback* dos códigos fonte submetidos para os servidores MAB.

B. Módulo de Informação (MInfo)

O MInfo é o módulo responsável pela disponibilização dos serviços de localização e registro do estado dos servidores MAB. O armazenamento de informações sobre o estado dos servidores MAB o permite efetuar o balanceamento de carga.

C. Controle e Balanceamento de Carga

O balanceamento de carga na arquitetura é realizado pelo MInfo, a cada requisição feita pelo MI, o módulo verifica procura detre os servidores MAB aquele que retém menor número de submissões, visando minimizar o tempo de resposta e evitar sobrecarga.

Além de reduzir o impacto da concorrência por recursos computacionais no mesmo servidor para compilação e execução de problemas de programação, o balanceamento de carga agiliza o processo de *feedback* para o aluno, evitando que um processo permaneça tempo desnecessário em filas em servidores sobrecarregados.

D. Módulo de Acoplamento BOCA-LAB (MAB)

O MAB é responsável pela disponibilização de serviços que permitem o recebimento e repasse ao BOCA-LAB dos dados dos problemas e códigos fonte; e a recuperação de *feedback*, além do controle secundário da carga de compilação no BOCA-LAB, evitando o recebimento de requisições caso o servidor esteja com sua carga máxima.

V. INTERAÇÃO COM A INTEGRAÇÃO

Em seu curso, no ambiente Moodle, o professor deve adicionar a atividade denominada “Envio de arquivos para compilação” que foi implementada e agregada ao Moodle para a administração da submissão de problemas, códigos fonte e

recuperação de *feedbacks* por parte dos alunos. A atividade implementada é uma interface entre o usuário (professor/aluno) e o MI. Configuradas as informações dessa atividade, o professor deve cadastrar seu problema através de um formulário.

Após o envio do formulário, o MI envia os dados para o MInfo que busca e retorna o endereço do MAB que melhor se adequa aos requisitos do problema. Enviado o problema ao MAB, um formulário é então disponibilizado na interface do aluno para a submissão de seu código fonte. Uma vez submetido, o código fonte é enviado ao MAB através do MI.

A cada código fonte recebido ou processado, o servidor MAB atualiza a informação sobre o seu estado nos servidores MInfo, permitindo, assim, uma melhor distribuição de carga pelo mesmo. Essa atualização, só é feita caso a carga máxima do servidor esteja próxima de atingir o limite configurado.

Após o envio do código fonte, a interface do aluno fica bloqueada para novas submissões ao mesmo problema até ser disponibilizado o seu *feedback*. O *feedback* retornado ao aluno pelo BOCA-LAB é composto por uma resposta do compilador, um arquivo contendo os erros da compilação, caso ocorram, e um outro contendo a saída gerada pelo programa.

Os resultados de todas as submissões são armazenados pelo sistema e apresentados na interface do professor, como apresentado na Figura 2, permitindo ao mesmo analisar o desempenho do aluno, facilitando assim, a atribuição da nota.

A nota atribuída às atividades de programação figuram junto ao conjunto de notas de atividades regulares de um curso Moodle, como Fóruns, Chats e outras atividades, compondo assim a nota final do aluno.

VI. VALIDAÇÃO E TESTES DO AMBIENTE

Para validação da ferramenta e aprimoramento da mesma, uma experimentação foi realizada em duas turmas de Introdução à Programação, onde um determinado problema foi proposto para ser resolvido pelos alunos utilizando a ferramenta apresentada.

No intuito de avaliar a relevância da proposta, uma pesquisa foi dirigida aos estudantes, objetivando-se obter *feedback* dos mesmos sobre o uso da ferramenta nesse tipo de disciplina e avaliar a robustez da arquitetura de integração e balanceamento de carga. O modelo, os resultados e a análise da pesquisa serão discutidos nessa seção a fim de se observar a importância de se agregar a ferramenta nesse tipo de disciplina.

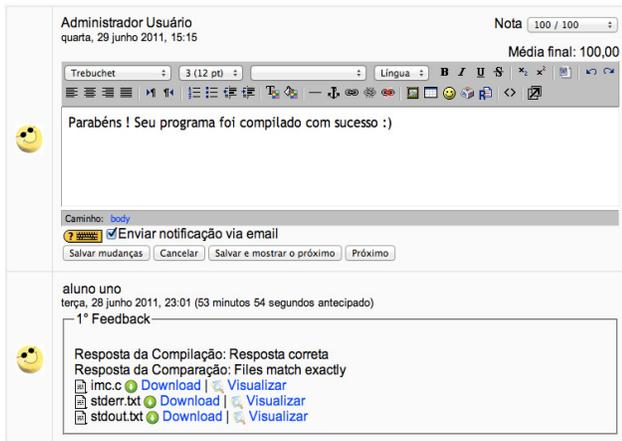


Figura 2 – Interface de atribuição de notas.

Para a pesquisa, um questionário web foi desenvolvido e disponibilizado através do Moodle, facilitando o acesso pelo aluno. A pesquisa foi anônima, voluntária e restrita somente aos alunos dessas duas turmas. O questionário foi composto de cinco questões envolvendo aspectos relevantes a percepção do aluno sobre a ferramenta. Com base no grau de concordância e aceitação sobre as questões, o aluno indicava o seu conceito de acordo com os ícones da Figura 3:

Ícone	Descrição	Ícone	Descrição
	Muito Bom		Fraco
	Bom		Não Satisfatório
	Regular		Não se aplica

Figura 3 – Ícones utilizados no questionário.

As questões aplicadas foram:

Q-01. O sistema apresenta clareza em sua tela de submissão ? Sua interface está compreensível ?

Q-02. Se você criou ou editou seu código fonte utilizando o editor de códigos da ferramenta, a interface deste é apresentada de forma clara ?

Q-03. O feedback apresentado com os arquivos contendo a comparação com a saída padrão (stderr.txt) e a saída do seu programa (stdout.txt) ajudam na resolução dos possíveis erros encontrados em seu código fonte ?

Q-04. A ferramenta apresentada agrega funcionalidades importantes ao Moodle e a sua disciplina ?

Q-05. Em sua opinião, seria possível utilizar a ferramenta como suporte para acompanhar um curso ou treinamento inteiramente a distância ?

A Figura 4 resume a frequência de cada ícone em cada questão e a frequência dos alunos que responderam com os ícones azul ou verde, dando as maiores notas por questão.

Questões								
Q-01	27.27%	36.36%	27.27%	9.10%	0%	0%		63.63%
Q-02	9.10%	36.36%	0%	0%	0%	54.54%		45.46%
Q-03	9.10%	18.18%	18.18%	18.18%	36.36%	0%		27.28%
Q-04	54.54%	36.36%	0%	9.10%	0%	0%		90.9%
Q-05	36.36%	45.44%	0%	9.10%	9.10%	0%		81.8%

Figura 4 – Resultado do questionário por questão.

Com base nos resultados da Figura 4 podemos observar que a maioria dos alunos (90,9%) acham a ferramenta muito importante em sua disciplina, onde 81,8% responderam que seria possível utilizar a ferramenta como suporte para acompanhar um curso ou treinamento inteiramente a distância, onde se tem pouca ou nenhuma ajuda por parte do professor.

Dentre as questões que obtiveram uma aceitação abaixo da média estão as questões 2 e 3 com respectivamente 45,46 e 27,28%. Podemos perceber com o resultado dessas questões que a interface de feedback retornado ao aluno precisa ser modificada melhorando o entendimento do mesmo sobre os possíveis erros encontrados em seus programas e que a maioria dos usuários utilizaram a plataforma de desenvolvimento instalada em seu computador para criar ou editar seu programa, porém, acreditamos que a funcionalidade do editor de códigos integrado a ferramenta é muito importante, deixando o usuário independente de plataforma.

VII. CONCLUSÕES E PERSPECTIVA

O modelo de integração utilizado visa atribuir transparência no acesso aos recursos do BOCA-LAB. Neste trabalho, o acesso aos recursos é realizado integralmente a partir da interface do Moodle, mas, devido ao fato de serem expostos como serviços, podem ser adaptados a outros AVAs bastando, para isso, construir um módulo de integração (MI) específico à plataforma para consumir os serviços exportados pelo mesmo.

O balanceamento de carga se mostrou eficaz no testes realizados. Na versão atual, a distribuição dos programas se baseia na quantidade de códigos fonte ainda não processados e que são armazenados nos servidores. Entretanto, o modelo foi projetado de maneira que pode ser adaptado facilmente para técnicas de balanceamento que levem em consideração outros parâmetros, como a complexidade dos códigos enviados ou as características físicas dos servidores, como quantidade de memória livre, uso de CPU entre outros fatores.

A experimentação realizada com as turmas de graduação permitiu validar o funcionamento da integração, bem como ajustar a implementação dos serviços especificados. Novos problemas estão sendo adaptados e uma nova experimentação está sendo planejada. Atualmente está sendo desenvolvido um novo módulo com a função de comparar os códigos enviados pelos alunos a fim de minimizar o problema da cópia de códigos fonte.

REFERÊNCIAS

- [1] Alves, L. and Brito, M. (2005) “O Ambiente Moodle como Apoio ao Ensino Presencial.” Disponível em: www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/085tcc3.pdf. Acesso em: 06 janeiro 2011.
- [2] De Campos, C. P. ; Ferreira, C. E. (2004). “BOCA: Um Sistema de Apoio para Competições de Programação.” Workshop de Educação em Computação, 2004, Salvador. Anais do Congresso da SBC, 2004.
- [3] Kantzavelou I.; "A virtual lab model for an introductory computer science course", *Facta Universitatis*, vol. 18, no. 2, pp.263 -274 2005
- [4] Moodle – “A Free, Open Source Course Management System for Online Learning.”(2011) Disponível em <http://moodle.org/>. Acesso em 17 de Março de 2011.
- [5] Ng, S.C., Choy, S.O., Kwan, R., Chan, S.F.: A Web-Based Environment to Improve Teaching and Learning of Computer Programming in Distance Education. In: Lau, R., Li, Q., Cheung, R., Liu, W. (eds.) ICWL 2005. LNCS, vol. 3583, pp. 279–290. Springer, Heidelberg (2005).
- [6] Onlinejudge. (2011) Disponível em: <https://github.com/hit-moodle/onlinejudge>. Acessado em 21 de Março de 2011.
- [7] Papazoglou, Mike P.; Heuvel, Willem-Jan van den. .”(2007) “Service Oriented Architectures: approaches, technologies and research issuesThe VLDB Journal, v. 16, p. 389-415, 2007.
- [8] Sakai: Collaborative and Learning Environment for Education. Disponível em <https://confluence.sakaiproject.org/display/WEBSVCS/Home>. Acesso 20 de Janeiro de 2011.
- [9] Sphere Research Labs– IDE ONE Disponível em <http://ideone.com/>. Acesso em 22 de Março de 2011.
- [10] VPL – “Virtual Programming Lab Disponível” em: “<http://vpl.dis.ulpgc.es/> ”. Acesso em: 21 Março 2011. Acesso em 21 de Março de 2011.
- [11] Wang, J., Chen, L., Zhou, W.: Design and Implementation of an Internet-Based Platform for C Language Learning. In ICWL(2008) 187-195.



A. B. França possui graduação em Telemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE (2009) e mestrado em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará (2012). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Informática na Educação, atuando principalmente nos seguintes temas: redes de computadores, sistemas distribuídos, desenvolvimento de softwares e ambientes virtuais de ensino.



J. M. Soares possui graduação em Informática pela Universidade de Fortaleza (1997), mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Ceará (2001) e doutorado em *Réseaux, Connaissances et Organisations* pelo *Institut National des Télécommunications* (2004), França. Atualmente é professor adjunto do Departamento de Engenharia de Teleinformática da Universidade Federal do Ceará (UFC). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Sistemas Distribuídos e Engenharia de Software,

atuando principalmente na concepção e desenvolvimento de aplicações de apoio à educação presencial e a distância para ambientes virtuais colaborativos.

Capítulo 9

¿Cómo Potenciar el Profesionalismo en la Docencia de la Ingeniería Mediante un Uso Innovador de las Presentaciones Orales?

Enrique Berjano, Laura Sales-Nebot

Title—Augmenting the professionalism in the engineering education through a novel use of oral presentations.

Abstract— Our hypothesis is based on the fact that oral presentations, in the context of engineering education, could be not only expositive tools to develop oral communication skill, but also elements to augment the professionalism of students. In this chapter, we first describe the methodological innovation, which allows to encourage the capacity of summarizing ideas, team work, assertiveness, listening skill, and constructive criticism. Second, we analyze the preliminary results from a pilot group of students. Finally, we reflect about the possibilities to expand this methodology to pre-university studies.

Keywords— Oral presentations, professionalism.

Abstract— Nuestra hipótesis se basa en que las presentaciones orales, en el ámbito de la educación de la ingeniería, pueden ser no sólo herramientas expositivas que permiten desarrollar la habilidad de comunicación oral, sino elementos que permiten incrementar el profesionalismo de los alumnos. Para ello, en esta comunicación, describimos en primer lugar la innovación metodológica empleada, la cual permite potenciar la capacidad de síntesis, el trabajo en equipo, la asertividad, la capacidad de escuchar, y el espíritu crítico constructivo. En la segunda parte, analizamos los resultados preliminares de esta nueva metodología en un grupo piloto. Finalmente, reflexionamos sobre la posibilidad de expandir esta metodología a estudios pre-universitarios.

Keywords— Presentación oral, profesionalismo.

Este trabajo fue presentado originalmente, y seleccionado como mejor de su sesión, en la Segunda Conferencia Internacional en Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería (FINTDI 2011) celebrado en Teruel, España, 5-6 de Mayo, 2011)

Enrique Berjano es Profesor Titular del Departamento de Ingeniería Electrónica (7F) de la Universitat Politècnica de València, Camino de Vera 46022 Valencia, España (tlf: +34 963877607; fax: +34 963877609; email: eberjano@eln.upv.es)

Laura Sales es profesora del Departamento de Tecnología del IES Politècnic, Calle Menorca, 1, 07011 Palma de Mallorca, España (tlf: +34 971731242; fax: +34 971457718; email: lsnebot@gmail.com).

I. INTRODUCCIÓN

LA capacidad para hacer presentaciones orales efectivas es una habilidad profesional que todo ingeniero debería poseer. De hecho, es un criterio en la acreditación de programas tanto en el Espacio Europeo de Educación Superior [1] como en Estados Unidos a través de la ABET [2]. Por esa razón, debería ser una pieza clave del currículo de cualquier programa de ingeniería [3,4].

En este sentido, se han propuesto distintas aproximaciones para desarrollar esta capacidad en los alumnos de ingeniería, desde cursos específicos sobre técnicas de comunicación oral, hasta breves presentaciones orales realizadas dentro de un curso de contenido puramente técnico. En el caso más general, estas aproximaciones incluyen una lista de lo que los alumnos deben y no deben hacer durante una presentación oral (a modo de recomendaciones). Algunos autores han propuesto otras aproximaciones más originales, como enfatizar lo que una presentación no debería ser, es decir, hacer una presentación realmente mala, incluyendo hasta cuarenta errores (de diseño de diapositivas y de desarrollo de la presentación) que los alumnos deben identificar y posteriormente discutir en clase [5]. También se han propuesto aproximaciones basadas en programas informáticos para crear, visionar y evaluar presentaciones orales de forma virtual, es decir, fuera del aula [6]. En cualquiera de estos casos, el modelo se basa en que el alumno realice presentaciones orales ante el resto de los compañeros y el profesor.

Nuestro punto de partida es que esta aproximación está muy influenciada por el entorno académico, es decir, por el modelo docente en el que el profesor dicta una lección magistral (Fig. 1). La consecuencia es que las presentaciones orales en el ámbito universitario son entendidas fundamentalmente como elementos puramente expositivos, es decir, de transmisión de información de un lector a un receptor.

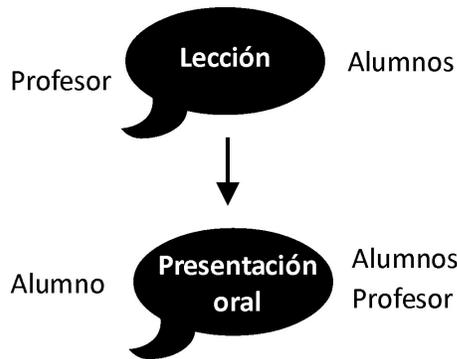


Fig. 1. El modelo clásico de lección magistral.

Somos conscientes que en muchos casos el profesor no es un mero trasmisor de la información, es decir, no sólo dicta la lección, sino que su "presentación oral" es el medio para desarrollar una dinámica en la que los alumnos plantean dudas o incluso aportan sugerencias. En estas circunstancias, la dinámica de la clase es más participativa (Fig. 2). Sin embargo, nosotros pensamos que todavía es posible sacar mucho más provecho de las presentaciones orales.



Fig. 2. El modelo clásico de lección magistral más dinámica.

Nuestro objetivo no fue desarrollar una nueva aproximación para aumentar la capacidad de hacer presentaciones orales, o hacerlas más efectivas, sino explorar cómo las presentaciones orales pueden llegar a ser algo más que elementos expositivos. Con todo, nuestra hipótesis fue que las presentaciones orales realizadas por los alumnos de ingeniería pueden ser elementos reflexivos que permitan aumentar su capacidad de trabajar de manera más profesional.

Para ello, ideamos una metodología particular para trabajar las presentaciones orales en un curso de ingeniería. Creemos que esta metodología permite aumentar la capacidad de síntesis, el trabajo en equipo, la asertividad, la capacidad de escuchar, y el espíritu crítico constructivo. En la primera parte de esta comunicación describimos la nueva propuesta metodológica. En la segunda parte analizamos los resultados preliminares obtenidos en un grupo piloto. Y finalmente reflexionamos sobre la posibilidad de expandir esta metodología a estudios pre-universitarios. En la actualidad estamos investigando en procedimientos de valoración que cuantifiquen de algún modo el impacto de esta nueva propuesta.

II. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La metodología se basa en la premisa de que un fichero

PowerPoint (o cualquier otro para presentaciones orales) no sólo es un elemento expositivo, sino reflexivo, es decir, permite sintetizar lo esencial de un contenido, y dicha síntesis se logra por el esfuerzo de un grupo de compañeros (colegas de trabajo, otros alumnos...) que trabajan de forma colaborativa y constructiva, tal y como se llevaría a cabo en el ámbito profesional (empresa, organización no gubernamental, administración pública, etc.).

La metodología ha sido probada durante el periodo 2009-2010 en un curso optativo de nivel *senior* sobre sensores industriales, dentro de un programa de "Ingeniería Técnica Industrial" (equivalente a un *US B.Sc. degree* en ingeniería). Se trata de un curso en el que hemos ensayado previamente otras innovaciones docentes [7,8]. Aunque durante los últimos 10 años hemos trabajado la capacidad de desarrollar presentaciones orales efectivas en este mismo curso, fue a partir de 2009 cuando nos planteamos un cambio de planteamiento basado en la innovación que aquí presentamos.

Al principio de curso se asignó un trabajo a cada grupo de 2 alumnos. El trabajo trataba sobre un sensor industrial concreto. Ejemplos de estos trabajos podrían ser: caudalímetro basado en turbina, sensor de corriente eléctrica basado en efecto Hall, o sensor de nivel de líquido basado en boya y potenciómetro. Cada trabajo incluía básicamente los siguientes contenidos: 1) definición de la magnitud y unidades, 2) descripción didáctica del principio de funcionamiento, 3) ejemplo constructivo, 4) características de funcionamiento, 5) nota de aplicación real, y 6) comparación con otros sensores que miden la misma magnitud con diferente principio de funcionamiento. Se trata de una aproximación *top-down*, es decir de lo más general a lo más concreto.

La elaboración del trabajo incluyó una memoria escrita y una presentación oral. El desarrollo de la memoria escrita implica que los alumnos van enviando por email versiones cada vez más mejoradas al profesor para que éste vaya evaluándolas y retornando los comentarios. Se trata de un proceso iterativo que implica entre 3 y 6 versiones por trabajo, y que finaliza con la seguridad casi completa de que los alumnos han aprendido a redactar un documento técnico. El proceso de búsqueda de información por parte de los alumnos, es decir, el uso correcto o deficiente de los recursos disponibles (libros de física general, libros específicos de ingeniería, revistas científicas), y el excesivo uso de los recursos en web ha sido discutido previamente [9] y no será comentado aquí.

Respecto a la presentación oral, que es el tema que nos ocupa, cada grupo prepara una presentación oral sobre el trabajo desarrollado. La presentación incluye típicamente entre 8 y 10 conceptos, lo que se traduce en 10-15 diapositivas. Todos los alumnos emplearon PowerPoint como programa informático durante el curso 2009-2010. Actualmente algunos alumnos están planteando las presentaciones con Prezi. Los alumnos disponen de información sobre cómo debe hacerse una presentación oral efectiva, que incluye aspectos formales y de desarrollo. Los aspectos formales contemplan desde

cuestiones generales como el tipo y tamaño de letra, hasta aspectos más específicos de la docencia en ingeniería como el uso preferido de un tipo de figura u otra según el apartado de la memoria escrita. Por ejemplo: el uso preferido de una figura extremadamente sencilla para explicar el principio de funcionamiento, en lugar de una figura con detalle y cotas (por ejemplo) la cual sería más adecuada para explicar el ejemplo constructivo. Se insiste a lo alumnos que a veces lo más efectivo para comunicar con efectividad es hacerse uno mismo las figuras con sólo aquella información que sea útil. Cuanto más simple, mejor. Los aspectos de desarrollo de la presentación incluyen desde cuestiones generales, como hablar de cara al público, o fijar la mirada en toda la audiencia, hasta aspectos más específicos de la ingeniería, como el orden para explicar oralmente el funcionamiento de una máquina compleja: 1) decir qué se ve en la figura, 2) enumerar los elementos constituyentes, y 3) hablar sobre cómo interactúan los elementos, es decir, describir el funcionamiento en sí.

Hasta aquí todo es más o menos convencional en la docencia de la ingeniería. La particularidad de nuestra propuesta reside en la forma de desarrollar todo lo descrito anteriormente. En concreto, el profesor no espera a que finalmente los alumnos hagan la presentación siguiendo lo más posible las indicaciones proporcionadas, sino que la presentación oral es el punto de unión del trabajo de cada grupo (memoria escrita), con los demás "colegas de trabajo" (profesor y resto de alumnos) (Fig. 3).



Fig. 3. Nuestra metodología particular considera las presentaciones orales como elementos reflexivos, no sólo expositivos. La presentación oral es un elemento de unión entre el autor de la presentación (alumno) y los demás (profesor y resto de alumnos).

Aunque los alumnos preparan la presentación durante 4 semanas, y la presentación final es la cuarta semana, tras las dos primeras semanas, los alumnos hacen una breve presentación "piloto" de 2 ó 3 diapositivas. Es una primera toma de contacto con la nueva metodología. No sólo permite "romper el hielo", sino introducir lo que es la dinámica principal de la nueva propuesta: que el resto de alumnos sean copartícipes del trabajo haciendo dos tipos de intervenciones al finalizar cada presentación: 1) preguntas sobre el contenido, y 2) sugerencias sobre el formato. Las preguntas de contenido tienen que ver con aspectos no comprendidos sobre el funcionamiento del sensor o de sus características. Permiten que los autores identifiquen aquellos puntos que son de difícil comprensión por parte de alguien ajeno al trabajo. Las sugerencias de formato se relacionan con la mejora en el

diseño de las diapositivas, como por ejemplo, sugerir la exposición de un concepto incluyendo una infografía en lugar de mediante un mensaje únicamente textual.

En esta primera sesión "piloto", todos los alumnos están de alguna manera obligados a hacer una pregunta de contenido y una sugerencia sobre el formato. En cualquier caso, las dos intervenciones tienen el mismo carácter: proponer mejoras a las presentaciones. El profesor evalúa lo elaborado e inteligente de cada sugerencia y pregunta, así como las réplicas de los ponentes. En la presentación final, por ser más extensa, el procedimiento es el mismo salvo porque cada alumno sólo realiza una pregunta sobre contenido, no hay sugerencia sobre formato. Estas intervenciones repercuten entre un 5 y un 10% de la nota del trabajo.

De este modo, para cada alumno, el resto de compañeros interpreta dos roles diferentes en cada una de las dos presentaciones. En la presentación "piloto", tanto el resto de alumnos como el profesor actúan como colaboradores que trabajan conjuntamente para mejorar el contenido del trabajo y la forma de comunicarlo (Fig. 4). En un entorno empresarial, el resto de alumnos serían compañeros de trabajo, de un mismo departamento o división, mientras que el profesor sería el responsable de dicho departamento, que enfatiza en cada momento lo importante de la comunicación y anima a la participación. En otro entorno profesional no empresarial se podrían igualmente encontrar roles similares.



Fig. 4. Esquema de la presentación "piloto" y el rol que juega el profesor y el resto de alumnos.

En la presentación final, el resto de alumnos actúan como personal ajeno al equipo de trabajo (formado por los dos alumnos que presentan el trabajo), mientras que el profesor es un simple moderador (Fig. 5). En un entorno empresarial, el resto de compañeros serían, por ejemplo, clientes, o profesionales de otras empresas.



Fig. 5. Esquema de la presentación final y el rol que juega el resto de alumnos.

III. RESULTADOS PRELIMINARES

Durante el periodo 2009-2010 implementamos esta metodología en un curso optativo sobre sensores industriales, en tercer curso de una ingeniería técnica industrial en la Universidad Politécnica de Valencia (España). El grupo piloto en el que este método fue probado durante el curso 2009-2010 estaba formado por 12 alumnos, y por lo tanto los resultados fueron preliminares. A pesar de ello, pudimos constatar que gracias a esta metodología los alumnos asumieron un rol más activo, no sólo en su propio trabajo sino en el del resto. Hubo una clara transformación en su manera de interpretar una presentación oral en clase.

La motivación del profesor y su rol durante la presentación "piloto" fue clave para el éxito. De hecho, al principio, el profesor tuvo que asumir un papel de "jefe" de la hipotética empresa, recordando que si estuvieran en una empresa de verdad, el salario se basaría en la capacidad de dar opiniones, y no sólo en realizar un proyecto de ingeniería de excelencia. Desgraciadamente, fue fácil transmitir este mensaje, ya que culturalmente los estudiantes perciben que en España el trabajo colaborativo es escaso, y que la docencia pre-universitaria y universitaria está casi totalmente basada en el trabajo individual y en la búsqueda de excelencia personal, no grupal.

A pesar de esta dependencia de la capacidad del profesor en motivar la participación, creemos que la metodología tiene por sí misma la suficiente potencia como para lograr cambiar el modo cómo los alumnos se ven a sí mismos en el desarrollo de la presentación oral, y esto es un aspecto clave para lograr aumentar el profesionalismo de los futuros profesionales. La idea es que el resto de alumnos asumen un papel de verdaderos colaboradores con el trabajo de los alumnos que realizan la presentación oral.

Dado que los alumnos saben que se evalúan sus intervenciones, y que es fácil que se agoten las posibles preguntas o sugerencias, intervienen espontáneamente sin que el profesor tenga que animar a la participación. Esto es un aspecto importante en España, donde a diferencia de otros países como EEUU, la participación en clase es muy escasa. En este caso, el profesor no necesita animar ni siquiera en la réplica.

Uno de los problemas encontrados en esta metodología fue la forma en cómo algunos alumnos realizan preguntas o sugerencias en público. Es un tema delicado y un poco subjetivo, pero a veces algunas intervenciones, sin tener un tono agresivo, no son bien recibidas por parte de los alumnos que están realizando la presentación. En estos casos, el papel del profesor fue clave para tratar de suavizar la intervención y reducir de algún modo el perfil crítico de las preguntas. De este modo el profesor puede enriquecer la metodología al realizar sugerencias sobre cómo interactuar en un entorno más profesional, por ejemplo, siendo más asertivos en preguntas y respuestas.

Otra cuestión importante que pudimos observar, y que sin duda permitió trabajar aún más el profesionalismo, fue el turno

de preguntas y réplicas. En algunos casos un alumno realizó su pregunta como mejor pudo, y creyó que ya estaba todo hecho pues el profesor evalúa el hecho de hacer una pregunta (nada más). Entonces el orador respondió como mejor pudo a la pregunta que realmente no había entendido bien, y creyó igualmente que ya estaba todo hecho pues el profesor evalúa el hecho de responder a la pregunta (nada más). Tras esta respuesta, el alumno que hizo la pregunta se quedó satisfecho porque creyó que ya estaba todo hecho, y no usó la réplica. Entonces, sorprendió que cuando el profesor preguntó al alumno que hizo la pregunta si estaba satisfecho con la respuesta, éste respondió que no del todo. Y todavía más sorprendente fue cuando el profesor preguntó al orador si había entendido la pregunta que le habían hecho, y confirmó que no mucho (eso significa nada). Es entonces cuando el profesor tuvo que recordar que aunque se está evaluando preguntas y respuestas, se evalúan también las réplicas del tipo de "no era eso lo que preguntaba, creo que no me explicado bien...". De hecho, son estas intervenciones las que pueden llegar a enriquecer el contenido del trabajo y a aumentar la calidad de la presentación.

Del mismo modo, se enfatizó al orador que no tratara de responder cualquier cosa cuando no entendiera bien la pregunta, sino que se tomara todo el tiempo posible para tratar de entender qué le estaban preguntando: "creo que no he entendido bien la pregunta, ¿podrías repetirla?". Estas simples cuestiones son obvias, y gracias a ello, los alumnos entienden de inmediato que este es un buen método para progresar, es decir, para que todos mejoremos el trabajo que se está presentando, y todo de ello de forma colaborativa.

Hemos podido observar que esta metodología, pese a llevar asociada la evaluación (y calificación) de las preguntas, respuestas y réplicas, es asumida por los alumnos como algo muy útil. La Tabla I resume los hallazgos más importantes durante la aplicación preliminar de la nueva metodología en el curso 2009-2010.

En la actualidad disponemos de resultados del curso 2010-2011 con un grupo de 21 alumnos. Las conclusiones son similares, si bien todavía estamos explorando procedimientos de valoración que cuantifiquen el impacto de esta nueva propuesta. En general, los resultados siguen la misma tendencia. Resultados de una encuesta de opinión post-actividad dio los siguientes resultados: La mayoría (15/21) opinan que las preguntas de los compañeros permiten enriquecer la propia presentación ya que obligan a reflexionar más sobre lo que se quiere transmitir. También la mayoría (18/21) manifiestan que algunas veces fue difícil hacer alguna contribución que realmente permitiera ayudar al compañero que hacía la presentación, lo cual sugiere que la metodología supone un esfuerzo para el estudiante. El mismo porcentaje (18/21) opina que en general la metodología permite mejorar la técnica de hablar en público. La encuesta también indicó que 13/21 de los estudiantes nunca sintió que las preguntas o recomendaciones tuvieran un tono agresivo. Finalmente, 16/21 de los estudiantes manifestaron que nunca o rara vez se

sintieron nerviosos durante su presentación.

TABLA I. HALLAZGOS MÁS IMPORTANTES

	Hallazgo	Observaciones
1	Los alumnos intervienen espontáneamente (tanto en pregunta como en réplicas)	Es sorprendente debido a la escasa cultura de participación que hay en la Universidad.
2	Algunas intervenciones tienen un tono un poco agresivo (al principio)	El papel del profesor es clave para suavizar estas situaciones
3	Algunos alumnos que hacen preguntas no replican cuando la respuesta no satisface sus dudas	El profesor debe intervenir para animar a replicar de forma crítica pero respetuosa
4	Algunos alumnos contestan sin haber entendido bien la pregunta	El profesor debe insistir en no responder hasta no haber entendido perfectamente bien lo que se está preguntando
5	Los alumnos han manifestado finalmente su satisfacción por haber probado esta metodología ya que ha supuesto una transformación positiva en su aprendizaje	Anima a los autores a continuar profundizando con esta nueva propuesta en los próximos años

IV. APLICACIÓN EN EDUCACIÓN PRE-UNIVERSITARIA

Una cuestión importante es la posibilidad de extender esta metodología a cursos pre-universitarios del sistema educativo español (Enseñanza Secundaria Obligatoria -ESO- y Bachillerato). Esto es una cuestión clave ya que creemos que la capacidad de hablar en público, realizar presentaciones orales, y participar haciendo preguntas o sugerencias, es una cuestión cultural que debería ser tratada en periodos educativos tempranos. Esto es especialmente importante ya que en España este asunto no es tratado lo suficiente ni en el ámbito pre-universitario ni universitario. De este modo los alumnos llegarían a los estudios universitarios no sólo con una mayor capacidad (aptitud), sino con un mayor convencimiento de la utilidad de compartir el trabajo para conseguir realimentación de los compañeros (actitud).

Para poner en práctica esta nueva metodología en la ESO habría que tener en cuenta diferentes aspectos. En primer lugar habría que intentar desarrollarlo en grupos de desdoblamiento (grupos reducidos de no más de 10 alumnos), ya que en general los grupos son demasiado numerosos (25-30 alumnos).

En segundo lugar, se podría combinar con el aprendizaje cooperativo, es decir, haciendo hincapié en que la nota de cada alumno se viera afectada por el resultado de las distintas presentaciones orales, ya que sus intervenciones permiten mejorar el trabajo de los otros. En este sentido, no hay que olvidar que actualmente los cursos de ESO, a diferencia de Bachillerato, presentan una alta diversidad, lo que podría dificultar la puesta en práctica en un sistema de evaluación basado en los resultados obtenidos por el colectivo.

En el caso de Bachillerato, la propuesta podría ser más fácilmente implementada gracias a lo reducido de los grupos, y al mayor grado de motivación del alumnado. Además, en

general, y dado que se trata de cursos pre-universitarios sería importante acotar al máximo los contenidos a incluir en la presentación, y recordar la importancia de seleccionar y verificar todo el contenido encontrado en Internet, en la misma línea que lo comentado en [9].

V. CONCLUSIONES

A pesar del carácter preliminar de los resultados presentados, los hallazgos hasta la fecha nos permiten concluir que esta metodología tiene un gran potencial para lograr aumentar el profesionalismo de los alumnos de ingeniería, creando un clima pseudo-profesional que anima a los autores a implementar de nuevo la metodología en los próximos años. Durante esta aproximación metodológica, hemos tratado de transmitir a los alumnos que un buen fichero PowerPoint, o de cualquier sistema para presentaciones orales, no es aquel que estéticamente es más pulcro, sino aquel que expone de forma efectiva una idea, un proyecto, una propuesta, o una investigación. Y esto sólo se puede lograr como resultado de un proceso de discusión entre colaboradores, en el que se ha realizado un esfuerzo de síntesis de contenido.

Finalmente, somos conscientes que la innovación aquí descrita no emplea nuevas tecnologías, pues el PowerPoint o cualquier otro programa para presentaciones orales se vienen utilizando desde hace más de 15 años en la docencia de la ingeniería. Sin embargo, sí proponemos una nueva manera de emplear estas tecnologías. En particular, haciendo que el centro de gravedad de dicha herramienta se traslade desde el profesor hacia los alumnos, y no simplemente capacitándolos para su uso, sino potenciando en ellos la aptitud de colaborar activamente en el trabajo del resto de compañeros con objeto de lograr mejores resultados.

REFERENCIAS

- [1] C. Adelman (2009) The Bologna Process for U.S. Eyes: Re-learning Higher Education in the Age of Convergence. Washington, DC: Institute for Higher Education Policy. Disponible en: www.ihep.org/Research/GlobalPerformance.cfm
- [2] R. M. Felder, and R. Brent, "Designing and teaching courses to satisfy the abet engineering criteria," *J Eng. Educ.*, vol. 92 (1), 2003, pp. 7–25.
- [3] D. Magin, and P. Helmore, "Peer and Teacher Assessments of Oral Presentation Skills: how reliable are they?" *Studies Higher Educ.*, vol. 26, 2001, pp. 287–298.
- [4] J. A. Marín-García, and C. Miralles, "Oral presentation and assessment skills in Engineering Education," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 24, 2008, pp. 926–935.
- [5] C. L. McCullough, "A comedy of errors: teaching oral presentation skills using a spectacularly bad presentation," *2010 ASEE Southeast Section Conference*.
- [6] T. A. Cochrane, "Enhancing the oral-presentation skills of engineering students: technology to the rescue with the virtual-i presenter (vip)," *Proceedings of the 2010 ASEE*.
- [7] E. J. Berjano, and A. Lozano-Nieto, "A new methodology for teaching performance characteristics of measurement systems," *Int. J. Eng. Educ.* vol. 21, 2005, pp. 297–305.
- [8] A. Boni, and E. J. Berjano, "Ethical learning in higher education: The experience of the Technical University of Valencia," *Eur. J Eng. Educ.*, vol. 34, 2009, pp. 205–213.
- [9] A. Lozano-Nieto, E. Guijarro, and E. J. Berjano, "Critical assessment of the world wide web as an information resource in higher education:

benefits, threats and recommendations," *J. Online Learning Teaching (JOLT)*, vol. 2, 2006, pp. 22–28.



Enrique Berjano recibió el título de Ingeniero de Telecomunicación en 1994, y el Título de Doctor en Ingeniería de Telecomunicación en 1999. Actualmente es Profesor Titular de Tecnología Electrónica en la Universitat Politècnica de València (España).

Su interés de investigación incluye la instrumentación biomédica y la educación en ingeniería. En el área de la ingeniería biomédica es autor de más de 50 artículos en revistas científicas. En el área de la educación en ingeniería está interesado en los aspectos éticos, el impacto de la web en la educación superior, y en el desarrollo curricular de habilidades sociales. Es fundador de Apeiron Medical, una spin-off universitaria dedicada al desarrollo de dispositivos quirúrgicos.

Dr. Berjano forma parte del Editorial Advisory Board en *The Open Biomedical Engineering Journal* desde 2007. Es revisor habitual en *The European Journal of Engineering Education*.



Laura Sales-Nebot recibió el título de Ingeniería Técnica Industrial (especialidad Electrónica Industrial) en 2001 por la Universitat Politècnica de València (España). Actualmente es Profesora Funcionaria en el Instituto de Enseñanza Secundaria Politècnica de Palma de Mallorca (España).

Trabajó como becaria en el Departamento de I+D de Mercè V. Electromedicina S.L. (Valencia) desde el 2001 hasta el 2006. Ha sido profesora interina de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato en las especialidades de Tecnología y Tecnología Industrial respectivamente, en Valencia, Cataluña y las Islas Baleares.

Capítulo 10

Aplicação do método de Aprendizagem Baseada em Problemas no módulo de Luminotecnia no âmbito de uma unidade curricular de mestrado

M.M. Travassos Valdez, C. Machado Ferreira, and F.P. Maciel Barbosa

Title— Instruction and learning method applied in a curricular unit of a Master Degree – Problem Based Learning

Abstract— The purpose of this chapter is to describe a design experience, implementation, orientation and effectiveness of problem-based learning (PBL). This chapter presents a case study of the use of Information and Communication Technologies (ICT) as part of the learning methodology supported by computer simulation of illumination projects, in the unit of Electrical Installations and Lighting Engineering of Master in Building Services Engineering taught in 1st semester of the 1st year, in the Department of Electrical Engineering of the Coimbra Institute of Engineering (ISEC). The aim was to give to the working groups the opportunity to work and simulate real problems, pointing at the implementation of two projects, on interior lighting, using the DIALux 4.8 software. The problems, diagnostic, research challenges and solution, are practiced by students over half of the semester. The PBL is an alternative method of teaching and learning and, in the format in which it was established, favours the expansion of knowledge and their depth. This study indicates the effectiveness of problem-based learning (PBL) in order to highlight the critical spirit at work, focusing on organizational skills, with the purpose of obtaining the best lighting design solutions for the projects implemented. Despite being associated with a certain degree of unpredictability and the increase of the dedication and time, PBL contributes greatly to increase the satisfaction of teachers with teaching activities and stimulates the professional development, through the challenges posed by the students.

Keywords— Computational Simulation Software; Interior Lighting Design; Lighting Engineering; Project-Based Learning; Working Groups

Abstract— O objetivo deste capítulo é descrever uma experiência de projeto, implementação, orientação e eficácia da aprendizagem baseada em problemas (PBL, *Problem-Based Learning*). Apresenta um estudo de caso da utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) como parte da metodologia de aprendizagem apoiada por simulação computacional de projetos luminotécnicos, na unidade curricular de Instalações Elétricas e Luminotecnia, do Mestrado em Instalações e Equipamentos em Edifícios, ministrada no 1.º semestre, do 1.º ano, no Departamento de Engenharia Eletrotécnica, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). O objetivo foi o de promover nos grupos de trabalho a oportunidade de executar e simular problemas reais, propondo-se a execução de dois projetos de iluminação de interiores, com recurso ao *software* de cálculo luminotécnico DIALux 4.8. Os problemas, desafios de diagnóstico, pesquisa e solução, são praticados pelos estudantes ao longo do semestre. O método PBL é uma alternativa de ensino e aprendizagem e, no formato em que foi estabelecido, favorece a ampliação do conhecimento da matéria e a sua profundidade. Destaca o espírito crítico no trabalho desenvolvido, focando a capacidade de organização, com a finalidade de obter as melhores soluções de iluminação para os projetos propostos. Apesar de ter associado um certo grau de imprevisibilidade e aumentar o tempo de dedicação, o PBL contribui bastante para aumentar a satisfação dos docentes com as atividades de ensino e estimula o seu próprio aperfeiçoamento profissional, através dos desafios colocados pelos estudantes.

Keywords— Aprendizagem Baseada em Problemas; Iluminação Interior; Luminotecnia; *Software* de Simulação Computacional; Trabalho de Grupo

I. INTRODUÇÃO

EM muitas Instituições de Ensino Superior (IES) os cursos com aulas laboratoriais são comuns e habituais. Os laboratórios têm uma importância fundamental na investigação e no ensino em qualquer instituição de referência. Cada laboratório tem uma estratégia e especificidade própria,

Este trabajo fue presentado originalmente al CONGRESO ieTIC 2011
M. Travassos Valdez pertence ao Departamento de Electrotecnia, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, (e-mail: valdez@isec.pt).
C. Machado Ferreira pertence ao Departamento de Electrotecnia, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra e ao INESC Coimbra, (e-mail: cmafer@isec.pt).
F. P. Maciel Barbosa pertence à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto e ao INESC Porto, (e-mail: fmb@fe.up.pt).

mas todos eles, para além de uma forte interligação com o ensino/aprendizagem, contribuem, através da investigação fundamental ou tecnológica, para o progresso do conhecimento na área das Engenharias.

É objetivo e responsabilidade das instituições de ensino superior oferecerem excelência e elevada qualidade de ensino, com docentes altamente qualificados e motivados. Portanto, é necessário desenvolver currículos práticos orientados para atender aos requisitos dos mercados de trabalho atual, promovendo nos estudantes a necessidade de irem mais além, explorando os recursos para aprofundar os seus conhecimentos. Pretende-se, também, criar condições para a formação de novos engenheiros em múltiplas áreas, para alcançar a excelência desejada.

O ensino da Engenharia envolve muito mais do que o conhecimento e os princípios. A melhor maneira de o fazer é experimentando e testando, como se faz na vida real. O primeiro requisito deve ser envolver os estudantes em atividades de laboratório para ensiná-los a dominar os requisitos mínimos. Os estudantes apreciam o fato de que lhes seja permitida alguma liberdade e acessibilidade aos diversos recursos de aprendizagem.

As modernas técnicas de laboratório exigem que os estudantes aprendam a ser autossuficientes, a aprender a pensar e a organizar o seu trabalho adequadamente. A maneira mais fácil e mais eficiente para o fazer é através de laboratórios, ao contrário das aulas expositivas, pois são valiosas as suas contribuições para a aprendizagem. É importante dizer que os laboratórios não têm a intenção de substituir o método expositivo de sessões de trabalho, mas constituem uma forma de complemento. Neste trabalho, pretende-se mostrar o potencial do modelo de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL, *Problem-Based Learning*), bem como os benefícios de um laboratório, no trabalho a ser realizado por estudantes de engenharia.

Os laboratórios, através da sua complementaridade, permitem dar resposta aos problemas da investigação e do ensino. São os locais onde os estudantes se preparam para no futuro aprenderem a pesquisar e compreender a natureza concreta dos problemas que irão encontrar, como analisá-los, descrevê-los e resolvê-los. Em cada trabalho pretende-se desenvolver projetos que integrem a pesquisa desenvolvida na Escola, com as necessidades apresentadas pelo setor produtivo, cujas soluções poderão dar um contributo importante para o desenvolvimento da tecnologia e para o avanço do conhecimento nessas áreas.

Usualmente, os estudantes que frequentam os laboratórios procuram apenas apreender os conhecimentos mínimos, de forma a obter aprovação na unidade curricular. Existem, ainda, outros estudantes que entendem e pensam que as aulas destas unidades curriculares são pouco atrativas do ponto de vista da sua formação como futuros engenheiros.

No Departamento de Engenharia Eletrotécnica (DEE), a educação e a formação exigem um esforço contínuo para

facultar programas académicos que estejam focados no mercado de trabalho e orientados, através da aprendizagem, para produzir recursos humanos profissionais, que serão a força motora para a sustentabilidade e do desenvolvimento. Os objetivos da unidade curricular de Instalações Elétricas e Luminotecnia (IEL), do Mestrado em Instalações e Equipamentos em Edifícios, ministrada no 1.º semestre, do 1.º ano, foram personalizados para ajudar os estudantes a aprenderem a descobrir informações adequadas, para avaliarem e organizarem a informação, desenvolverem uma reflexão crítica e o diálogo [1-4]. A aprendizagem está mais focada nos estudantes [5-6], baseada em projetos [7-8], com base em desafios [9-10], e de forma cooperativa. As práticas laboratoriais, com o uso da tecnologia, criam novas oportunidades de ensino e de aprendizagem [11]. Na unidade curricular IEL, o ensino está baseado no pressuposto de que o conhecimento é construído, em vez de simplesmente memorizado e acumulado. Os conceitos que o estudante deve ter de um conhecimento prévio para entender as noções/conceitos do resultado, são os pré-requisitos necessários para um melhor entendimento desses mesmos conhecimentos. Dessa forma, promove-se a integração de conteúdos de várias áreas do conhecimento, de conceitos e teorias da unidade curricular e favorece-se a análise e um procedimento formal de solução de problemas.

Para fornecer uma solução para os laboratórios com poucos recursos, este trabalho propõe um laboratório virtual com *software* especializado. Os resultados mostram que o método faz com que a prática laboratorial seja mais agradável, interessante, criativa e motivadora. Este método não requer grandes investimentos em equipamento especializado.

O laboratório foi concebido para envolver a maioria dos conceitos, para obter um conhecimento mais amplo. Esta abordagem permite que os estudantes realizem atividades, com base no conceito de laboratório, para demonstrar e garantir a plena compreensão dos objetivos de conhecimento e as matérias teóricas anteriormente aprendidas nas aulas. O resultado final será adquirir um conjunto de aptidões, incluindo pensamento crítico, resolução de problemas, ferramentas para a aprendizagem ao longo da vida e aprendizagem experiencial. A necessidade da introdução do método de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) em engenharia, foi principalmente o resultado de muitas discussões e comentários estabelecidos entre as entidades empregadoras interessadas e as Instituições de Ensino Superior. Apesar dos muitos anos de estudo, muitos diplomados podem ainda demonstrar uma falta de requisitos fundamentais para a indústria, nomeadamente em termos de conhecimentos, capacidades e atitudes [12].

A importância dos projetos de iluminação, seja em ambiente industrial ou em escritórios, devem ser adequados para facilitar a implementação de todas as tarefas. Um projeto de iluminação geralmente exige cálculos bastante complexos para determinar os valores paramétricos de luz (iluminância), em

pontos definidos sobre as superfícies dos vários modelos [13]. Esta atividade consome tempo e é uma tarefa difícil que pode ser realizada com mais rapidez e precisão com a utilização de programas computacionais modernos, que oferecem interfaces gráficas com recurso à modelação e apresentação (*rendering*) tridimensional. Estas tecnologias permitem a construção de sofisticados modelos virtuais para visualização, representação e análise de projetos luminotécnicos durante a sua preparação. A simulação computacional de projetos de iluminação tem tido uma crescente importância, pois permite que a avaliação de ambientes de interiores ou de exteriores, possa ser realizada antes de estes espaços serem construídos. Neste capítulo, discutem-se algumas simulações realizadas para a iluminação de diferentes tipos de edifícios ou espaços. Através da construção de edifícios e simulações de iluminação, as condições de conforto visual podem ser avaliadas antecipadamente, sendo possível fazer os ajustes necessários.

Várias hipóteses de utilização da ferramenta foram ensaiadas através de simulações realizadas em diversos estudos de caso. Para cada simulação executada foi necessário construir um modelo tridimensional. Para as simulações 3D foi necessário, portanto, construir um modelo próximo do real, que teria de possuir as características determinadas pela arquitetura do espaço.

Um projeto de iluminação deve ter em conta a utilização do espaço e o fim a que se destina, com o objetivo de melhorá-lo. A iluminação arquitetural deve considerar o projeto do edifício, a paisagem, o espaço urbano, a luz natural e propor uma solução para as questões de conforto e desempenho das tarefas visuais e performance visual. A idade e a cultura são alguns dos aspetos físicos que influenciam o desempenho visual, bem como as necessidades visuais, a iluminância necessária, o controlo do encandeamento, o contraste entre a luminância da tarefa visual e do fundo, as cores das fontes luminosas. Por outro lado, a eficiência energética de um sistema de iluminação pode influenciar a escolha das lâmpadas e das luminárias mais adequadas, o cálculo da quantidade de iluminação, a disposição das luminárias no recinto, o cálculo de viabilidade económica, tendo em conta os custos de exploração inicial.

II. METODOLOGIA

No início do semestre, os estudantes foram divididos em grupos de três. A cada membro da equipa foi atribuída uma tarefa específica, dentro do grupo, para permitir que atinjam um objetivo comum de conseguir realizar o necessário estudo e análise de um projeto de *design* de iluminação. Cada equipa de estudantes teve, assim, tarefas específicas a serem executadas. A avaliação do projeto de todo o grupo depende da preparação e apresentação de um relatório final.

A atribuição de diferentes tópicos, funções e diferentes recursos, para cada membro das equipas, propõe promover a interdependência necessária à realização do projeto final.

A interação face a face é bastante importante neste tipo de trabalho. Os estudantes têm que contar uns com os outros e criar o seu próprio sentido de responsabilidade para estudar a sua parte do tema que mais tarde ajudará a compor o projeto final. Como a avaliação final será sobre todo o conteúdo, deve haver um *feedback* constante de informações para atualizar todos os membros da equipa sobre todo o assunto.

Ao longo do projeto, os estudantes reuniram-se com os professores para lhes serem facultados os detalhes necessários para a execução da tarefa. Estes encontros destinam-se a orientar os grupos para uma decisão, com a apresentação de informações mais específicas, que serão necessárias para os estudantes chegarem a uma solução. Ao mesmo tempo, as reuniões servem como verificações do progresso de cada equipa.

Para a execução dos projetos propostos foi facultado o programa DIALux 4.8, como ferramenta para cálculo de iluminação, bem como para a simulação e visualização 3D dos edifícios propostos [14-18]. A geometria do modelo a ser construído para a compilação e análise do projeto de iluminação pode ser criada no próprio *software* ou importada a partir de um sistema de CAD 3D. O *software* permite efetuar o cálculo, tanto de instalações de iluminação interior, como de sistemas de iluminação exterior.

O primeiro passo foi identificar a quem o projeto de iluminação deverá beneficiar. Os ambientes de iluminância variam de acordo com a idade dos moradores, as atividades a serem realizadas, as dimensões do espaço e as sensações que se pretendem criar. A iluminação deve ser, por isso, adequada para cada utilizador e arquitetura. É essencial conhecer os hábitos dos utilizadores e saber quais são as expectativas para o projeto. O segundo passo, no projeto, foi identificar as necessidades do utilizador, as preferências, o valor do investimento, entre outros fatores que possam, eventualmente, ser relevantes.

As diferentes fases de um projeto de iluminação precisam de ter em conta determinados parâmetros, dos quais se salientam: uma iluminação suficiente; uniformidade de iluminação no plano de trabalho; limitação do encandeamento direto e devido à reflexão; tonalidade da cor da luz; renderização de cor adequada; integração adequada entre a iluminação artificial e iluminação natural.

Existem tabelas com os valores recomendados de iluminância média, para os diferentes tipos de atividade. Para cada atividade são facultados três valores de iluminância dados para três situações (atividade normal sem dificuldade, atividade média e atividade difícil). Tem de ser garantida uma certa uniformidade de iluminação na superfície onde vai ser realizada a tarefa visual o que significa que a visão do observador não deve ser forçada a uma adaptação constante, com consequentes efeitos negativos para a atividade a desenvolver. Só após aqueles valores serem bem determinados é que os aparelhos de iluminação devem ser escolhidos.

III. A IMPLEMENTAÇÃO DO PBL NA UNIDADE CURRICULAR DE IEL

Aprendizagem baseada em problemas é vulgarmente aplicada na área de engenharia. Esta experiência também tem o potencial de melhorar a relação entre o trabalho de investigação e a educação. A estratégia do PBL foi aplicada no âmbito da unidade curricular de Instalações Elétricas e Luminotecnia, do Mestrado em Instalações e Equipamentos em Edifícios ensinado no 1.º semestre, do 1.º ano. Nesta unidade curricular, o PBL foi estruturado em torno de uma sequência de situações e problemas, com grau crescente de dificuldade, que termina com situações semelhantes às enfrentadas pelos profissionais, nos seus primeiros anos de carreira profissional.

O PBL contempla muitos desses fundamentos e procedimentos e é reconhecido pela sua capacidade de trabalhar simultaneamente conceitos, competências e atitudes no contexto curricular e na sala de aula, sem a necessidade de as unidades curriculares serem concebidas especialmente para esse fim [19]. Ao contrário dos métodos convencionais de ensino, cuja noção de competência está fortemente baseada no conteúdo, no PBL entende-se competência profissional como a capacidade de fazer avaliações sobre o que é complexo, numa dada situação, saber identificar os problemas mais pertinentes e saber como resolvê-los de modo a melhorar os resultados. O PBL assenta em resultados de pesquisas educativas, que indicam que o trabalho dos estudantes, particularmente em grupos, com problemas da vida real, favorece a aprendizagem. A utilização do PBL deve necessariamente adaptar-se às particularidades da área de conhecimento em questão. Utiliza um problema para iniciar, focar e motivar a aprendizagem de conteúdos específicos e para promover o desenvolvimento de aptidões e atitudes profissionalmente desejáveis. A característica mais importante, no PBL, é o facto de haver sempre a introdução inicial de um problema, para se conseguir a aquisição dos conceitos necessários para a sua solução. A filosofia do PBL é a formação dos estudantes em “aprender fazendo” e a colocação de desafios, na forma de problemas significativos, a que exigem uma ação por parte dos estudantes, antes da apresentação da teoria. Um aspeto decisivo desta técnica de aprendizagem é o poder de aplicar direta e imediatamente o tema e os conhecimentos adquiridos. Além disso, o PBL também permite melhorar a forma como os estudantes aprendem a desenvolver capacidades de gestão e comunicação, capacidade de liderança, trabalho em equipa, e várias outras aptidões genéricas necessárias para os engenheiros. Esta metodologia deve apresentar algumas características, para atender aos fundamentos e objetivos educativos inerentes ao método. Deve ser de final aberto, isto é, admitir várias respostas igualmente válidas; deve ser pertinente para o desempenho profissional dos estudantes; deve ser representativo, isto é, poder ser facilmente encontrado na vida profissional [20].

Considerando que este foi um projeto-piloto, as conclusões deste estudo foram animadoras, por parte de professores e estudantes. Os resultados mostram que os estudantes beneficiaram da experiência de realmente trabalhar como membros de uma equipa, em relação à aprendizagem através das aulas convencionais.

Os principais objetivos de aprendizagem da unidade curricular IEL são que os estudantes aprendam a estabelecer os requisitos necessários aos estabelecimento de instalações elétricas e de iluminação para edifícios e selecionar as condições de projeto, conhecer os requisitos para a inspeção, ensaio e certificação de instalações elétricas e de iluminação, conhecer o estabelecimento de critérios de iluminação apropriados para utilização eficiente do espaço, conhecer o desempenho de tarefas e utilização de energia, para realizar avaliações de iluminação e cálculos.

Esta unidade curricular é composta por dois módulos independentes: Instalações Elétricas (parte I) e Luminotecnia (parte II). O sistema de classificação utiliza uma escala de classificação de 20 pontos, onde 20 é o mais alto grau e 0 é o menor. É necessário ter pelo menos 10 pontos para ser aprovado na unidade curricular. No final do primeiro módulo será efetuada uma avaliação parcial das competências individuais, adquiridas pelos estudantes, ao nível de conhecimentos teóricos e teórico-prático, com uma avaliação de 5 pontos, e ainda uma apresentação de um trabalho de pesquisa bibliográfica dos conteúdos relacionados com o programa aprovado, realizado por cada grupo de estudantes, com a pontuação máxima de 7 pontos. No final do segundo módulo será efetuada uma avaliação parcial das competências individuais adquiridas pelo estudante, sendo os conhecimentos teóricos avaliados através da realização de uma prova escrita com a pontuação máxima de 3 pontos. A parte prática será avaliada através da realização de um trabalho de grupo, cujo conteúdo tem de estar relacionado com o programa aprovado e terá uma classificação máxima de 5 pontos.

Poderia ser realizado, em alternativa, um exame final global dos assuntos teóricos ou teórico-práticos, ministrados nos dois módulos de forma a avaliar as competências adquiridas no curso. A classificação final será obtida pelo somatório das classificações parciais obtidas em cada módulo. O trabalho realizado em cada um dos módulos terá de ser apresentado oralmente e defendido perante um júri composto por três professores. O exame final global será dividido em duas partes, permitindo aos estudantes fazerem a parte correspondente ao módulo onde não obtiveram qualificação suficiente.

No final da unidade curricular de IEL o estudante deve encontrar-se em condições de: compreender os requisitos de iluminação dos espaços interiores e exteriores, incluindo medidas adequadas para a localização de equipamentos de iluminação e respetiva análise de disponibilidade de luz natural; projetar as instalações elétricas e de iluminação para aplicações específicas; identificar, formular e resolver

problemas de engenharia relacionados com instalações elétricas e de iluminação; saber comunicar de uma forma profissional e técnica, tanto na forma oral e escrita, os assuntos relacionados com este curso. Estes são os resultados genéricos de aprendizagem e competências que cada estudante deve conseguir atingir.

Os professores propuseram que os estudantes implementassem dois projetos de iluminação de interiores. Um dos trabalhos colocava algumas exigências específicas quanto aos critérios de iluminação, tendo sido facultado o respetivo desenho 2D. O segundo projeto foi livremente escolhido por cada grupo. Para o primeiro projeto, algumas condições foram impostas: a cor das paredes, o fator de reflexão do material e do nível de iluminância de 300 lux, com um coeficiente de uniformidade de 80%. Um projeto de iluminação para um armazém/fábrica, que obedecesse a estas características, foi considerado uma escolha adequada. Para o segundo projeto não havia requisitos técnicos impostos e, por isso, cada grupo tinha de identificar os requisitos técnicos fundamentais para o projeto, proposto por eles. A escolha de um dos grupos incidiu num restaurante de “self-service”. O impacto do consumo em iluminação e as despesas globais de eletricidade fizeram com que o projeto de iluminação e do sistema de controlo e gestão fosse muito importante, pois poderia ajudar a reduzir o valor da fatura energética. Ao projetar uma instalação de iluminação é necessário, sobretudo, estabelecer a tipologia da tarefa visual, isto é, as atividades a serem realizadas na instalação (tais como a leitura, escrita, desenho, design, controlo de máquinas-ferramentas, arranjos de precisão).

Os projetos tiveram início com a disponibilização do DIALux 4.8, por parte do professor responsável. No entanto, nenhuma explicação, introdução ou qualquer informação adicional sobre o funcionamento do *software* foi especificada ou fornecida. A intenção era a de promover, dentro dos grupos de trabalho, a necessidade de formas autónomas de entender o seu funcionamento, bem como a configuração para o ambiente gráfico, recorrendo a vários testes e experiências. Por outro lado, os grupos de trabalho presentes deveriam ser constituídos, preferencialmente, por elementos de áreas de conhecimento diferentes. Em alguns grupos já existiam estudantes com alguns conhecimentos do *software*, assumindo dessa forma, um papel de liderança e funcionando como transmissores de conhecimento para os restantes elementos. Os estudantes, a fim de obterem as melhores soluções de iluminação para os dois projetos, foram incentivados a investigar e adquirir resultados, para vários sistemas de iluminação, de modo a promover-se e a destacar-se o espírito crítico no trabalho, focando igualmente a capacidade de organização, [21-25].

O DIALux 4.8 foi escolhido não só porque está disponível de forma gratuita, mas também por já ter sido utilizado anteriormente e terem sido obtidos excelentes resultados, em projetos precedentes.

O cálculo de iluminação foi feito utilizando o *software*, que é transversal às marcas dos fornecedores permitindo o uso de luminárias de fabricantes diferentes. Com este *software*, os estudantes podem importar um desenho de um determinado local a partir do AutoCAD, permitindo também a inserção de móveis pré-definidos no *software* ou definida pelo utilizador através de volumes. Os arquivos de dados fotométricos são fornecidos dentro dos *plugins* de cada fabricante (catálogos eletrónicos) onde é possível encontrar todas as informações do produto, necessárias para selecionar as luminárias para os projetos.

O DIALux permite também a importação e exportação de arquivos do AutoCAD tornando possível a construção de modelos tridimensionais, concebendo, assim, modelos de cálculo, visualização e documentação muito próximo da realidade. Como forma de reprodução visual é possível produzir filmes diretamente com os projetos de *design* de iluminação.

IV. CASOS DE ESTUDO

Nesta secção são apresentados dois casos de estudo (fábrica de produtos pasteurizados e restaurante *self-service*), correspondentes a dois dos projetos luminotécnicos desenvolvidos pelos estudantes na unidade curricular de IEL durante o semestre.

A. Fábrica de Produtos Pasteurizados

Um dos estudos de caso foi um projeto cujo objetivo seria fornecer a melhor solução possível para um sistema de iluminação de uma fábrica de produtos pasteurizados, com certas condições e características luminotécnicas a terem de ser cumpridas e que poderiam condicionar o resultado final.

Foi decidido integrar a iluminação artificial com a iluminação natural, usando armaduras em fila ao longo das janelas, de modo que a incidência de luz, no plano de trabalho, tivesse a mesma direção da luz natural.

As armaduras de iluminação foram escolhidas de acordo com as regras adequadas para o controlo do encandeamento direto. Foi executado um modelo tridimensional, com o uso de DIALux 4.8, usando os modelos 2D do edifício. Na construção, o teto em forma de dente-de-serra, deve ser destacado como a principal fonte de iluminação natural do edifício.

Uma das condições que condicionou o projeto foi a tonalidade das paredes em cor clara, que, por sua vez, influenciou a reflexão da luz, sendo um fator de extrema importância para o local. Em termos de cálculos, deve ter-se em consideração um fator de reflexão de 30%. O fator de reflexão vinda das janelas, do lado do teto em forma de dente-de-serra, foi de 10% e entre as vigas de 70%, necessitando o restante espaço apresentar até 50%.

O nível de iluminação para o local teria que ser de 300 lux, dado o tipo de atividade correspondente à expedição e

manipulação de objetos, que corresponde aos requisitos gerais da área de produção, de acordo com os níveis de iluminação recomendados pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE). Considerou-se um fator de uniformidade de 80%, não obrigando a uma restituição à mesma cor. As tarefas a serem executadas no local necessitam de serviços de visualização simples, o que corresponde a uma qualidade de classe D, por conseguinte, limitando o encandeamento para um valor máximo UGR (*Unified Glare Rating*) de 25. As luminárias devem ser suspensas a partir do topo do telhado em forma de dente-de-serra, aproximadamente a 3,5 m acima da área de trabalho, sendo esta considerada 0,80 m.

Depois de construir o modelo dimensional em 3D, foi necessário visualizar e simular a melhor solução de iluminação, usando os *plugins* de diferentes fabricantes de equipamento para iluminação, tendo sempre em conta as condições iniciais, o custo da instalação de iluminação e do fator de eficiência energética. Nas simulações as luminárias podem ser colocadas e orientadas, individualmente ou em grupos, em qualquer parte do armazém.

A principal dificuldade, ao longo do projeto, foi respeitar o fator de uniformidade de 80%, conduzindo a várias simulações com diferentes soluções de iluminação, de diferentes fabricantes. Considerou-se, finalmente, que a solução que satisfazia os requisitos era a da Philips, modelo 110 HPK com lâmpadas fluorescentes compactas. A média de iluminação, ao nível da área de trabalho, é de 364 lux (Figura 1); o fator de uniformidade de 81,8%; contempla 42 luminárias, com uma potência de 274 W, cada uma; sendo a altura da sala de 7,5 m, a altura da iluminação é de 4,3 m.

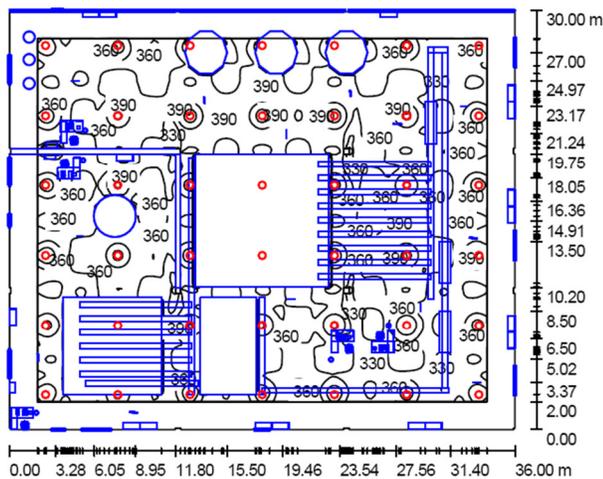


Fig. 1 – Linhas Isográficas, Plano de Uso.

Os resultados da simulação final do projeto da fábrica de produtos pasteurizados são apresentados na Figura 2.

No relatório final fornecido pelo programa DIALux, é referida uma série de informações, tais como a visão geral do projeto, diagramas de luminárias, o nível de encandeamento e os resultados luminotécnicos. Também é possível avaliar o investimento anual em termos energéticos, luminárias,

lâmpadas e os custos de manutenção para o projeto.

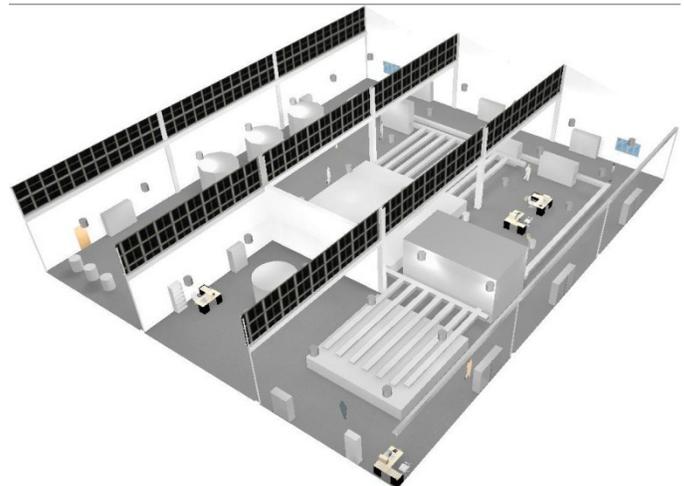


Fig. 2 – Simulação da Fábrica de Produtos Pasteurizados com Dialux, Imagem nocturna.

A Tabela 1 mostra a iluminância média (E_m), a iluminância mínima (E_{min}), a iluminância máxima (E_{max}), bem como o fator de uniformidade (E_{min}/E_m), considerando os diferentes tipos de superfícies (plano de utilização, chão, tetos e paredes).

Tabela 1- Resultados Luminotécnicos

Superfície	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano de uso	/	364	298	440	0.818
Solo	10	333	170	390	0.511
Tectos (2)	10	90	50	129	/
Paredes (19)	50	163	21	264	/

B. Restaurante Self-Service

Um segundo estudo de caso, em que não havia condições técnicas impostas pelos professores, refere-se a um restaurante de “self-service” (Figura 3). Foram utilizadas linhas de luz de forma a criar um ambiente visual diferente, modelo ATLANTIS ATLANTIS/E54 da Exporlux, com 54W, bem como *downlights* também da Exporlux, modelo HPE HPE LV,

20 W 60 GRAUS e modelo NICE NICE 213, com 26 W. Os três objetivos gerais neste sistema de iluminação foram o desempenho visual, conforto visual e estética visual. Neste estudo de caso, também foi importante criar um ambiente acolhedor, confortável, bem equilibrado e com espaços convidativos para os visitantes do restaurante.



Fig. 3 – Simulação de Restaurante Self-Service com o programa Dialux, Imagem noturna

V. CONCLUSÕES

Neste capítulo foi apresentada uma abordagem prática para o módulo de Luminotecnia, na unidade curricular de Instalações Elétricas e Luminotecnia, do Mestrado em Instalações e Equipamentos em Edifícios. O problema real que foi proposto aos estudantes abarca a maior parte do conteúdo ministrado neste módulo do curso, que corresponde essencialmente à iluminação interior de edifícios.

Um dos objetivos desta experiência foi levar os estudantes a conceberem um projeto de iluminação interior, para atender a uma exigência da comunidade, com uma maior inovação pedagógica. Diversos projetos foram distribuídos a todas as equipas e deu-se autonomia aos estudantes para gerirem a sua aprendizagem. O docente assumiu um papel denominado de facilitador, fornecendo conhecimentos prévios, respondendo a dúvidas pertinentes, questionando sobre os raciocínios errados, incentivando os estudantes a aprofundarem a

resolução dos problemas. Existe, ainda, maior probabilidade de esta forma de análise estimular a capacidade de criticar e julgar o desempenho de outros membros da equipa com sensatez, discrição, ética e imparcialidade. Essa aptidão raramente é desenvolvida na vida académica, mas é reconhecida como fundamental na vida profissional, especialmente para engenheiros.

Na formação em engenharia, é comum haver a crítica de que os métodos de ensino e aprendizagem empregados não favorecem as qualidades estabelecidas ou recomendadas pelas associações profissionais, já que o modelo de transmissão de informações não estimula no estudante o desenvolvimento da criatividade, do empreendedorismo e da capacidade de aprender autonomamente. No entanto, apesar de sua semelhança com os problemas da vida real, os casos analisados através da técnica de PBL devem ser proporcionais com o nível cognitivo dos estudantes.

O PBL tem como característica a fraca estruturação, isto é, não restringe a um caminho único de investigação. Como acontece na vida profissional, no PBL os estudantes não necessitam de ter todas as informações relevantes, nem conhecer as ações necessárias para sua solução. No campo do ensino da engenharia, as TIC são adequadas e importantes, enquanto fonte de treino em atividades práticas, bem como para adquirir as competências e experiência de laboratório necessárias para desempenhar as funções habituais no contexto da vida real. Para as instituições o oferecer essa formação é importante para estabelecer um ambiente adequado, que proporciona recursos suficientes para que cada estudante possa usar e testar vários cenários possíveis. Estes ambientes utilizam uma abordagem de aprendizagem através da prática, onde os estudantes são confrontados com alguns desafios reais e são dotados de recursos e apoios suficientes para concluírem e realizarem as suas tarefas.

O PBL incentiva à participação ativa do estudante, portanto, gera maior conhecimento através da aprendizagem. Também pode gerar uma melhor aplicação do conhecimento, raciocínio e conceção. Estudantes que utilizaram a metodologia de PBL durante o seu percurso académico apresentam um melhor desempenho no âmbito do seu trabalho profissional, após a graduação, do que os estudantes que seguiram uma via de aprendizagem de índole mais tradicional.

Os estudantes das vias de ensino tradicionais adquirem conhecimentos, predominantemente, através da experiência dos professores e pela transmissão de conhecimentos, enquanto os estudantes que aplicam na sua aprendizagem o PBL adquirem conhecimentos sobretudo através da prática e da cooperação entre pares, sendo além disso o conhecimento é verificado por meio de estudo de casos. Estes estudantes ficam mais aptos para formular novas formas de pensar, alcançar informações e compreensão, conseguem mais facilmente induzir, aplicar e inovar. Sob a orientação de um professor, os estudantes praticam na descoberta, análise e estudo da resolução de problemas, em cenários com características reais.

Através de métodos de aprendizagem baseada em problemas, a capacidade de resolver problemas e aplicar o conhecimento é desenvolvida. Os estudantes são incentivados a aprender ativamente e têm o desejo de procura de novos conhecimentos. Os membros da equipa devem estabelecer metas de autoaprendizagem e determinar os métodos e tipos de recolha de dados e quais os membros que são responsáveis por essas tarefas.

Para a execução dos projetos o DIALux 4.8 foi apresentado como uma ferramenta para cálculo de iluminação, bem como para a simulação 3D dos edifícios propostos. A geometria do modelo a ser construído para a compilação e análise do projeto de iluminação pode ser criada no próprio *software* ou importada a partir de um sistema de CAD 3D. Também é possível com este pacote de programas computacionais visualizar o local iluminado, com mobiliário e armaduras de iluminação (*rendering*). Durante a realização dos diferentes estudos de iluminação, para um determinado local, são produzidos relatórios, com a informação selecionada pelo utilizador, com as soluções luminotécnicas encontradas.

A tecnologia oferece assim muitas oportunidades novas para a expressão e o envolvimento por ambos os professores e estudantes. Esta tecnologia permite a construção de sofisticados modelos virtuais para visualização, representação e análise de projetos durante a sua preparação. As simulações têm a capacidade de melhor motivar os estudantes, proporcionando autênticos ambientes de aprendizagem para atingir os objetivos de aprendizagem propostos.

Do ponto de vista dos estudantes, o laboratório tornou-se muito atrativo e útil para aprender sobre a teoria luminotécnica. Um laboratório é uma componente curricular relevante, pois proporciona uma experiência prática. Como parte fundamental da formação universitária e politécnica, estabelece uma ligação entre as abordagens teóricas e os métodos experimentais ou de simulação. Esse método também pode ser visto como um benefício para os diversos programas de engenharia eletrotécnica onde os educadores se esforçam para melhorar o ensino e aprendizagem.

Finalmente, a distribuição da avaliação ao longo do semestre, em vez de concentrá-la no fim do semestre, exclusivamente por exame final, contribui para manter um nível permanente de empenho com a unidade curricular e com os objetivos de aprendizagem definidos. Apesar de ter associado um certo grau de imprevisibilidade e aumentar o tempo de dedicado à sua implementação, o PBL contribui grandemente para aumentar a satisfação dos docentes com as atividades de ensino e estimula o seu próprio aperfeiçoamento profissional, através dos desafios colocados pelos estudantes.

REFERENCES

- [1] Jonassen, D., Cernusca, D., Lonas, G., Reiser, R. A., Dempsey, J. V., "Constructivism and Instructional Design: The Emergence of the Learning Sciences and Design Research", Trends and Issues in Instructional Design and Technology 2nd edition, p.p 45-52, NJ: Prentice Hall 2007.
- [2] Kolmos, A., Fink, F. K. and Krogh, L., "The Aalborg PBL Model: Progress, Diversity and Challenges", Eds. Aalborg. 2004, Aalborg University Press.
- [3] K. Cummings and S. G. Roberts, "A Study of Peer Instruction Methods with High School Physics Students Documents", Physics Education Research Conference 2008, July 23-24, 2008, Volume 1064, pp 103-106.
- [4] L. Katehi, G. Pearson, and M. Feder, "Teaching and Learning Core Engineering Concepts and Skills in Grades K-12", Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects, National Academy of Engineering and National Research Council, 2009, pp 119-148.
- [5] Linge, N. and Parsons, D., "Problem-Based Learning as an Effective Tool for Teaching Computer Network Design", IEEE Trans. Educ., vol. 49, no. 1, pp. 5-10, Feb 2006.
- [6] Macias-Guarasa, J. San-Segundo, R. Montero, J. M. Ferreiros, J. Cordoba, R., "Tools and Strategies for Improving PBL Laboratory Courses with a High Student-to-Faculty Ratio", Vol 2, pages F2C-7. October 19 - 22, 2005, Indianapolis, 35th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference.
- [7] LaPlaca, M., Newstetter, W., and Yoganathan, A., "Problem-based learning in biomedical engineering curricula", Frontiers in Education Conference, 31st Annual, 2001, pp. F3E-16-21 vol.2, 2001.
- [8] J. A. Serwatka, "E-Learning in Technology - Using Project Merlot as a Resource", Innovations in E-learning, Instruction Technology, Assessment, and Engineering Education, Springer Netherlands September 04, 2007, pp193-197.
- [9] K. Chau, "Web-Based Interactive Computer-Aided Learning Package on Open-Channel Flow: Innovations, Challenges, and Experiences", J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract., vol. 133, no. 1, 2007, pp. 9-17.
- [10] B. M. Petry, D. R. Moreira, G. R. Rodrigues, M. H. Klauck, T. M. Pinto, W.C. Madruga and O.F. P. Duarte, Ferramenta Computacional para Análise de Sistemas de Iluminação - DIALux, X Salão de Iniciação Científica - PUCRS, 2009.
- [11] Bagnasco, A., "A remote laboratory for electronics: technical and pedagogical issues", IMCL. Amman, Jordan, 2006.
- [12] Jong-Chao, H. and Chan-Li, L., "Comparison on Problem-Based Learning and Topic-based Learning Teaching Model", in Jong-Chao Hong & Chan-Li Lin (Eds.), Problem-based Curriculum Development Theory and Practice, 2006, Shta Book, pp.7-8.
- [13] Simons, R. H. and Bean, R., "Lighting Engineering: Applied Calculations", 2000, Oxford: Elsevier Science & Technology, Architectural Press.
- [14] DIALux 4.8 "The *Software* Standard for Calculating Lighting Layouts", User Manual, [Online]. Available: <http://www.dial.de>.
- [15] Banwell P., Brons J., Freyssinier-Nova J. P., Rizzo P., Figueiro M.. A Demonstration of Energy-Efficient Lighting in Residential New Construction, Lighting Research Technology, 2004, vol. 36, no. 2, pp. 147-164.
- [16] Tetri E., Daylight Linked Dimming: Effect on Fluorescent Lamp Performance, Lighting Research and Technology. 2002, vol. 34, no. 1, pp. 3-10.
- [17] Institution of Lighting Engineers, Outdoor Lighting Guide, 2005, New York: Taylor & Francis.
- [18] Steffy G., Architectural Lighting Design, 2002, 2nd Edition, New York: Wiley.
- [19] Savin-Baden, M., "Problem-based learning in higher education: untold stories". London: Open University Press, 2000.
- [20] Ribeiro, L. R. C. "Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL: uma experiência no ensino superior". São Carlos: EDUFSCar, 2008.
- [21] Brondani, S. A., "A percepção da luz artificial no interior de ambientes edificados". Florianópolis: UFSC, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, 2006, Santa Catarina, Brasil.
- [22] Y.C. Huang, K.P. Lam and G. Dobbs, 2008. A scalable lighting simulation tool for integrated building design. Proceedings of the 3rd National Conference of IBPSA-USA, July 30-Aug. 01, Berkeley, California, pp: 206-213.
- [23] Li, S.; Khan, A.A.; "Applying IT Tools to a Laboratory Course for Measurement, Analysis, and Design of Electric and Electronic Circuits", IEEE Transactions on Education, vol.48, no.3, pp. 520- 530, Aug. 2005.

- [24] Harb, S., "Web-based circuit design simulation package for solving Electrical engineering circuits", IMCL Conference, April 19-21, 2006, Amman Jordan.
- [25] Jong-Chao Hong & Chan-Li Lin. Comparison on Problem-Based Learning and Topic-based Learning Teaching Model, in Jong-Chao Hong & Chan-Li Lin (Eds.), Problem-based Curriculum Development Theory and Practice, 2006, Shta Book, pp.7-8.



Manuel Travassos Valdez (MsC)

Recebeu o seu diploma e mestrado em Engenharia Eletrotécnica pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), Coimbra, Portugal, em 1980 e em 1995 respetivamente.

Em 1981 entrou para o Instituto Politécnico de Coimbra (ISEC), Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e atualmente ocupa o cargo de Professor Adjunto. É responsável por palestras e temas relacionados com a análise de circuitos elétricos. Ele é estudante de plano doutoral na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, Portugal e o seu interesse de pesquisa principal inclui estratégias na educação em Engenharia e *design* de iluminação. Publicou vários artigos de investigação em revistas e congressos nacionais e internacionais.



Carlos M. B. Machado Ferreira (Ph.D.)

É Professor Coordenador do Instituto Politécnico de Coimbra (IPC/ISEC), Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Eletrotécnica, onde leciona na área de Sistemas de Energia Elétrica.

Recebeu o seu diploma de Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, os graus de Mestre e de Doutor no Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal, em 1991, 1996 e 2006, respetivamente. É investigador no INESC, Coimbra, Portugal. O seu interesse principal inclui otimização, controlo e análise da segurança de sistemas de energia elétrica. Publicou vários artigos de pesquisa em revistas e congressos nacionais e internacionais. Esteve envolvido em vários projetos de pesquisa internacionais.



Fernando Pires Maciel Barbosa (Ph.D.)

É Professor Catedrático na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, onde leciona na área de Análise de Sistemas Elétricos.

Recebeu o diploma de Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica em 1971, na Universidade do Porto, Portugal, o mestrado e doutorado na área de Fiabilidade de Sistemas Elétricos de Energia no UMIST, Manchester, Reino Unido, em 1977 e em 1979 respetivamente. É investigador no INESC TEC Porto, Portugal. Os seus principais interesses incluem a Análise de Sistemas Elétricos, nomeadamente, Trânsito de Potências, Estimação de Estado, Estabilidade Transitória, Estabilidade de Tensão, Segurança de Sistemas Elétricos, Despacho Económico e áreas afins. Publicou vários trabalhos de investigação em periódicos nacionais e internacionais. Esteve envolvido em vários projetos de pesquisa internacionais. É Membro Sênior do IEEE e Membro Conselheiro da OE.

Capítulo 11

Estudo Sobre a Utilização das Ferramentas do Ambiente Sakai numa Instituição de Ensino Superior

Paulo Alves, Luísa Miranda, Carlos Morais, Evandro Alves

Title— Study about Sakai tools used in a higher education institution.

Abstract— This study had the goal to analyze the value that higher education students and teachers assign to Schedule, Announcements, Resources, Assignments, Tests, Drop Box, Messages, Forums and Search of Sakai collaborative learning environment and to verify if there is any relation between the value assigned to each tool and the experience that the user has with computers. The data set were obtained from responses to a survey by a sample of students and teachers. The most valued tool for students and teachers for course support were Resources and Announcements. Most students and teachers classify their experience with computers as intermediate. In general, the experience with computers has no influence on the valuation of the Sakai collaborative environment tools.

Index Terms— E-learning; collaborative learning environments; Sakai

Resumo— Este estudo teve como principais objectivos apreciar a valorização que os alunos e os professores do ensino superior atribuem às ferramentas Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Testes, Cacifo, Mensagens, Fóruns e Pesquisa do ambiente colaborativo Sakai e verificar se os conhecimentos informáticos dos utilizadores têm influência na valorização das referidas ferramentas. Os dados foram obtidos a partir das respostas dadas a um inquérito por uma amostra de alunos e uma amostra de professores. As ferramentas mais valorizadas pelos alunos e pelos professores, no apoio às unidades curriculares, foram os Recursos e os Avisos. A maioria dos alunos e dos professores classifica os seus conhecimentos como conhecimentos intermédios. De um modo geral, os conhecimentos informáticos dos utilizadores não

têm influência na valorização das ferramentas do ambiente colaborativo Sakai.

Palavras-chave — E-learning; Ambientes Colaborativos de Aprendizagem; Sakai

I. INTRODUÇÃO

A preocupação em utilizar recursos tecnologicamente avançados para melhorar as condições de trabalho, de investigação, de ensino e de aprendizagem constitui um permanente desafio de grande parte das instituições de ensino superior.

Neste estudo salienta-se a implementação de um ambiente colaborativo de aprendizagem no Instituto Politécnico de Bragança, uma Instituição de Ensino Superior Público, que passará a ser designada, neste artigo, por Instituição.

Na sequência e procura de soluções para responder às necessidades e objetivos da Instituição e aproveitando o projeto e-U Campus Virtual, criaram-se ou adotaram-se na Instituição cinco ambientes de aprendizagem suportados pela Internet, de acordo com as opções de cada escola que integra a Instituição.

Este facto conduziu a grandes dificuldades ao nível do suporte, compatibilidade e integração dos vários serviços da Instituição.

Para ultrapassar os problemas referidos optou-se por um único ambiente virtual para toda a Instituição e respetivas escolas, o qual constitui um meio de suporte ao ensino, à aprendizagem e à investigação quer em contextos presenciais quer a distância.

Assim, a partir de 2007 a Instituição adotou o ambiente colaborativo de aprendizagem Sakai, que passaremos a designar por Sakai. O Sakai é um projeto desenvolvido por um consórcio mundial de instituições do ensino superior que tem como principais objetivos desenvolver e partilhar ferramentas colaborativas para o apoio ao ensino e à investigação.

Considerando a relevância que este ambiente tem na Instituição em estudo, a importância que pode vir a ter para outras instituições e atendendo que é fundamental conhecer a

Este trabalho foi apresentado originalmente na 6ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, 2011.

Os autores podem ser contactados através de: Instituto Politécnico de Bragança, Campus de S. Apolónia, Apartado 1038, 5301-854 Bragança, Portugal (email: palves@ipb.pt, lmiranda@ipb.pt, cmmm@ipb.pt, evandro@ipb.pt)

Universidade do Minho, CIEC- Centro de Investigação em Estudos da Criança, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal (email: cmmm@ipb.pt)

DOI (Digital Object Identifier) Pendente

opinião dos utilizadores acerca das propostas de mudança e de inovação que se pretendem experimentar, os principais objetivos desta reflexão são: apreciar a valorização relativamente ao apoio às unidades curriculares que os alunos e os professores do ensino superior atribuem às ferramentas integrantes do Sakai, bem como verificar se os conhecimentos informáticos dos utilizadores têm influência nessa valorização. A valorização das ferramentas do Sakai resultou da apreciação das respostas dadas a um questionário online por uma amostra de alunos e outra de professores do ensino superior.

II. AMBIENTES DE APRENDIZAGEM

Vive-se, atualmente, um momento de significativa mudança na estrutura das sociedades. As modificações inerentes à transição para a sociedade do conhecimento criaram, provavelmente, o maior impacto desde a Revolução Industrial, afetando profundamente a organização tanto da economia como da sociedade.

O acesso à informação e ao conhecimento tornou-se um fator fundamental na mudança das estruturas económicas e sociais, sendo a chave para a competitividade e a inovação num mundo cada vez mais globalizado.

Em sociedades baseadas no conhecimento, a qualidade e a inovação do sistema educativo é um dos principais pilares que sustenta todo o desenvolvimento económico e social. Este é o principal desafio que o sistema educativo enfrenta, assumindo-se um paradigma de formação ao longo da vida, com ciclos de formação mais curtos e que fomente o “aprender a aprender”.

Neste sentido, as instituições de ensino superior têm investido de modo a proporcionarem ambientes de aprendizagem, adequados aos interesses dos alunos que possam responder às suas expectativas de formação quer durante o ensino formal quer ao longo da vida no desempenho profissional. Como contributos para a implementação de ambientes de aprendizagem e de gestão da aprendizagem têm existido várias iniciativas governamentais.

Dessas iniciativas salienta-se o projeto e-U Campus Virtual iniciado em 2003 que foi uma iniciativa que visava a criação e desenvolvimento de serviços, conteúdos, aplicações e redes de comunicações móveis (dentro e fora da universidade) para estudantes e professores do ensino superior, incentivando e facilitando a produção, acesso e partilha de conhecimento [1].

Através do projeto e-U Campus Virtual diversas instituições apostaram na adoção de ambientes de gestão da aprendizagem (LMS), que apresentam um conjunto de ferramentas de distribuição de conteúdos, ferramentas de comunicação e colaboração, ferramentas de monitorização e avaliação e ferramentas de administração e de atribuição de permissões [2].

A. Ambientes Colaborativos de Aprendizagem

Os ambientes colaborativos de aprendizagem surgem como uma forma de dar resposta aos desafios que a educação enfrenta. Esses desafios implicam uma mudança de estratégias,

nomeadamente: aumento de capacidade, eficiência e eficácia, melhoria da acessibilidade e ênfase nos recursos e na personalização [3].

Esses desafios mantêm-se atuais e ainda mais num contexto cada vez mais exigente em que a escassez de recursos adaptados aos estilos e necessidades dos alunos, a necessidade de formação ao longo da vida e o aumento da competitividade à escala mundial do ensino superior implicam que as instituições tenham a capacidade de dar formação a um número cada vez maior de alunos em simultâneo, sem grande aumento de recursos financeiros.

O e-learning tem assim um papel fundamental na estratégia das instituições de ensino superior, quer em contexto puramente a distância quer em contextos mistos (blended-learning).

As plataformas tecnológicas que suportam os ambientes virtuais de aprendizagem têm assumido especial interesse pelos órgãos de decisão das instituições de ensino superior devido ao papel nuclear que assumem na gestão do processo de ensino, aprendizagem e investigação. Estas plataformas admitem várias designações, tais como: ambientes colaborativos de aprendizagem (CLE), sistemas de gestão da aprendizagem (LMS), sistemas de gestão de cursos (CMS) ou ambientes virtuais de aprendizagem (VLE).

Das características que podemos destacar nos ambientes colaborativos de aprendizagem salientam-se as que permitem que professores, alunos e restante comunidade educativa se encontrem num espaço comum, no qual podem partilhar ideias, conteúdos e recursos de ensino e de aprendizagem, bem como a gestão da aprendizagem e o acesso às informações e serviços inerentes à instituição em que encontram vinculados.

Os ambientes colaborativos de aprendizagem são considerados ferramentas fundamentais na mudança de um paradigma caracterizado pelas limitações espaciais e temporais para um paradigma que proporcione o ensino e a aprendizagem de forma colaborativa sem limitações de espaço e tempo.

A oferta de plataformas de gestão da aprendizagem é muito diversificada, incluindo soluções comerciais e Open Source [4]. Uma plataforma de gestão da aprendizagem deve possuir as seguintes características: centralizar e automatizar a administração, usar serviços orientados ao utilizador, reduzir e distribuir conteúdos de forma rápida, consolidar iniciativas de formação através de uma plataforma baseada na Web, suportar a portabilidade e as normas, personalizar os conteúdos e permitir a reutilização do conhecimento [5].

Um estudo efetuado pela ASTD [6] que envolveu 348 instituições e empresas, sendo 13,8% instituições de ensino superior, sobre as tendências do e-learning, revela que as tecnologias de e-learning mais utilizadas são os sistemas de gestão da aprendizagem, seguidas das ferramentas de avaliação e testes online, ferramentas de autoria de conteúdos e audioconferência, sendo as tecnologias menos utilizadas os laboratórios virtuais e os ambientes virtuais 3D. No que diz

respeito aos principais desafios que o e-learning traz para a organização, destacam-se o custo de implementação, o tempo necessário para a sua implementação, as competências técnicas necessárias e o custo da manutenção.

Este estudo revela que a prioridade na implementação de um projeto de e-learning é dada aos sistemas de gestão da aprendizagem e que o custo de implementação é o principal fator considerado na implementação de um projeto de e-learning. É então nestes dois fatores que a decisão de escolha entre ambientes colaborativos da aprendizagem comerciais, Open Source ou desenvolvidos internamente se coloca.

Se por um lado as plataformas comerciais têm um tempo de implementação menor, por outro podem ter um elevado custo de licenciamento.

As principais vantagens de um LMS Open Source são as seguintes [7]: não têm custos de licenciamento, tem maior flexibilidade, asseguram uma maior continuidade de serviço e podem ser melhoradas continuamente pela comunidade que a suporta.

Os ambientes colaborativos de aprendizagem têm tido um crescimento bastante acentuado, destacando-se o Moodle (Open Source), como plataforma mais usada, seguido do Desire2Learn (Comercial) e do Sakai (Open Source) [8].

Os LMS Open Source, apesar de não terem custos de licenciamento, apresentam custos de suporte e de adaptação das plataformas que devem ser contabilizados num projeto de e-learning. Muitas instituições que utilizam LMS comerciais adotam uma atitude de cautela em relação ao Open Source devido a fatores de alguma incerteza que uma plataforma destas implica devido aos conhecimentos técnicos necessários e ao processo de adaptação às necessidades da instituição. Alguns responsáveis por projetos de e-learning argumentam que os custos de desenvolvimento e adaptação de uma solução Open Source ultrapassam, muitas vezes, os custos de licenciamento das soluções comerciais [9]. No entanto, nos projetos em que ocorreu uma migração para plataformas Open Source, os custos iniciais de desenvolvimento e adaptação foram amortizados ao fim de dois anos, revelando-se uma poupança na ordem dos 50%. Por exemplo, o North Carolina Community College System efetuou uma poupança de 35% no ano de transição e 75% nos anos seguintes [8].

B. O Ambiente Colaborativo de Aprendizagem SAKAI

O Projeto Sakai surgiu em 2004 através de um consórcio entre várias universidades: The University of Michigan, Indiana University, MIT, Stanford, uPortal Consortium e Open Knowledge Initiative (OKI), com o objetivo de desenvolverem um conjunto de ferramentas colaborativas destinadas a docentes, alunos e investigadores, para o apoio ao ensino e à investigação. É um projeto Open Source que visa a partilha de aplicações entre instituições de ensino superior [10].

As principais ferramentas disponibilizadas pelo ambiente colaborativo Sakai são as seguintes: Avisos, Avaliações/Trabalhos, Agenda, Chat, Cacifo, Arquivo de e-

mail, Fóruns, Pautas, Mensagens, Notícias, Trabalhos, Apresentações, Recursos, Programas, Testes Online e Questionários, Conteúdo Web, Wikis, Blogues, Recursos e Pesquisa.

Apresenta-se, em seguida, uma breve referência às características e funções de cada uma das ferramentas:

- Avisos: permite o envio de avisos para os membros de uma área ou grupo de membros, com opção de notificação por email.
- Avaliações/Trabalhos: apresenta as avaliações com submissão de trabalhos com uma definição de datas e qual o tipo de submissão, online ou com anexos.
- Agenda: apresenta um calendário que permite uma vista temporal de todos os eventos de uma dada área, nomeadamente avaliações, testes, entrega de trabalhos, aulas, entre outros.
- Chat: permite uma comunicação síncrona com a criação de várias salas de conversação.
- Cacifo: permite a partilha de ficheiros entre o aluno e os docentes.
- Arquivos de email: disponibiliza um serviço de mensagens internas que permite a troca de mensagens entre os utilizadores da plataforma e a possibilidade de envio para caixas de correio externas.
- Fóruns: permite a criação de fóruns de discussão organizados por temas e com a opção de moderação.
- Pautas: permite a publicação de pautas eletrónicas que podem ter origem em avaliações de trabalhos ou testes ou então inseridas manualmente.
- Mensagens: permite enviar mensagens internas, através de email para todos membros da área, para uma lista ou grupo específico.
- Notícias: disponibiliza um serviço de publicação de notícias de diversa temáticas.
- Trabalhos: permite a atribuição de trabalhos com data de entrega e a possibilidade de submissão em linha ou com anexos.
- Apresentações: permite a publicação de apresentações e a sua visualização a partir da plataforma.
- Programas: possibilita a publicação dos programas das unidades curriculares.
- Testes online e questionários: possibilita a realização de testes através da plataforma em vários formatos, desde escolha múltipla, verdadeiras e falsas, preenchimento de espaços, resposta aberta, entre outras.
- Conteúdos Web: permite a inclusão de sites Web externos dentro da plataforma.
- Wikis: ferramenta de escrita colaborativa que

- permite a realização de documentos em grupo.
- Blogues: ferramenta de Blogs com possibilidade de adicionar comentários e publicação simplificada.
- Recursos: permite disponibilizar documentos em vários formatos organizados por pastas e com opção de envio por email.
- Pesquisa: permite pesquisar em todo o conteúdo da área, nomeadamente recursos, mensagens, fóruns, avisos, entre outros.

Um estudo efetuado na Universidade Michigan, uma das instituições fundadoras do projeto Sakai, revela que tanto os alunos como os docentes valorizam mais as ferramentas de gestão de documentos e de comunicação global, tais como Recursos, Trabalhos, Avisos e Agenda, com uma utilização de 95%, do que as ferramentas interativas, tais como o Chat, Fóruns e Wikis, considerando que estas têm uma utilização marginal de 5%, podendo ser consideradas pouco importantes para o processo de aprendizagem [11].

O Sakai utiliza uma arquitetura modular assente em Java (J2EE), orientada a serviços, e permite a fácil integração num ambiente organizacional. É composto por ferramentas, componentes, serviços e uma *framework*. Apresenta como principal vantagem uma boa integração com os serviços de uma instituição de ensino superior, nomeadamente serviços académicos, recursos humanos e financeiros, apresentando uma maior longevidade das adaptações locais, relativamente a novas versões da plataforma.

III. IMPLEMENTAÇÃO E APRECIACÃO DO SAKAI NUMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PÚBLICO

A. Contexto Geral de Implementação

A disponibilização de uma plataforma numa instituição do Ensino Superior conducente a proporcionar melhores condições de ensino, aprendizagem e investigação a professores e alunos implica a necessidade de apreciação das ferramentas que integra pelos seus principais utilizadores – alunos e professores.

A instituição partiu de um cenário de utilização de cinco plataformas diferentes nas várias escolas, sendo três desenvolvidas internamente e duas Open Source (Moodle e ATutor). A dificuldade em dar suporte às diversas plataformas e a necessidade de racionalização de recursos estiveram na base deste projeto de análise das várias soluções no mercado com vista à escolha de uma plataforma única para a instituição.

Estudos efetuados nos Estados Unidos revelam que 90% das universidades americanas [12] e 95% das universidades inglesas [13] adotaram mais do que um sistema de gestão da aprendizagem, dificultando o suporte e a adaptação dos utilizadores aos vários sistemas.

Tendo em conta a experiência com as diversas plataformas Open Source e com as desenvolvidas internamente, foi escolhido o Sakai, por se verificar que apresenta características de integração e de adaptação às necessidades da

instituição mais eficazes que as outras plataformas conhecidas, atendendo que apresenta uma arquitetura orientada a serviços.

O Sakai atribui grande importância à colaboração e à interação, não sendo apenas um sistema de gestão, facilita também a configuração do ambiente, permitindo uma boa usabilidade, flexibilidade e facilidade de integração [14].

A disponibilização de ferramentas de apoio às unidades curriculares e o suporte à colaboração em projetos de investigação, grupos de trabalho, órgãos de gestão, conselhos pedagógicos e científicos foram as potencialidades mais valorizadas na escolha da plataforma.

O projeto-piloto teve início no ano letivo 2007/2008, tendo sido registados 6973 utilizadores e criadas 2615 áreas. Como projeto-piloto foram selecionados 53 docentes para avaliar as funcionalidades desta plataforma.

A versão com que arrancou o projeto-piloto foi a 2.5.3, que já possuía uma grande parte da interface traduzida para a língua portuguesa, efetuada pela equipa da Universidade Fernando Pessoa, cuja colaboração foi fundamental para o arranque do projeto [15].

Foi atribuído o nome de IPB.Virtual à instalação da plataforma Sakai na instituição em estudo. Este nome foi escolhido devido à abrangência que se pretende que esta tenha, ao tornar virtuais muitos dos processos que até à data só poderiam ser realizados presencialmente: o ensino e a aprendizagem, a gestão académica e administrativa e a investigação. Na figura 1 é apresentado o layout atual da plataforma.

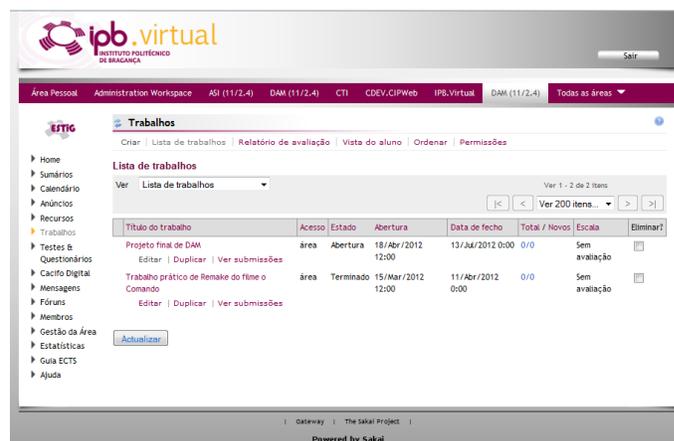


Figura 1 – Plataforma IPB.Virtual

Tendo-se verificado uma reação muito positiva em relação às funcionalidades do Sakai, a partir do ano letivo 2008/2009 passou ao estado de produção, tendo sido disponibilizada para todos os docentes e alunos da Instituição.

A plataforma disponibiliza diversas ferramentas que são parte integrante do projeto Sakai e outras desenvolvidas internamente. As principais ferramentas, cada uma com características diferentes, são: Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Testes, Pautas, Wiki, Cacifo, E-mail, Fóruns, Estatísticas e Lista de Inscritos. As ferramentas desenvolvidas internamente incluem: módulo de inscrição automática de

alunos e docentes, módulo de criação automática das áreas das unidades curriculares e inquéritos pedagógicos.

B. População e Amostra

Consideramos como população de professores e de alunos todos os professores e alunos da Instituição na qual se desenvolveu o estudo, sendo, aproximadamente, constituída por 7000 alunos e 500 professores. Dessa população, extraíram-se duas amostras, uma de 302 alunos e outra de 170 professores, respetivamente.

Das características dos 302 alunos da amostra salienta-se que 47% são do género masculino e 53% são do género feminino. Dos alunos, 14,6% frequentam cursos de mestrado, 82,1% cursos de licenciatura e 3,3% cursos de especialização.

Acerca da caracterização dos acessos dos alunos ao ambiente colaborativo Sakai, durante o semestre em que foi administrado o questionário, constatou-se o seguinte: 57,6% acederam diariamente à plataforma, algumas vezes por semana 22,5%, uma vez por semana 13,2% e 6,7% manifestou outras opções.

Das características dos 170 professores da amostra salienta-se que 48,8% são do género masculino e 51,2% são do género feminino. Relativamente ao número de anos de serviço no ensino superior verifica-se que 47,1% não têm mais do que 10 anos de serviço, 43,5% situam-se no intervalo 11-20 anos e 9,4% têm mais de 20 anos de serviço.

Acerca da caracterização dos acessos dos professores ao ambiente colaborativo Sakai, durante o semestre em que foi administrado o questionário, verificou-se o seguinte: 35,3% acederam diariamente à plataforma, 33,5% algumas vezes por semana, 19,4% uma vez por semana e 11,8% manifestaram outras opções.

C. Recolha de Dados

A recolha de dados foi efetuada a partir de um questionário para alunos e outro para professores, elaborados por 24 Instituições do Ensino Superior de vários países, num projeto designado por Multi-Institutional Survey Initiative (MISI), levado a cabo pela comunidade Sakai.

Os principais objetivos de cada um dos questionários são identificar o tipo de utilização das tecnologias de informação e comunicação no apoio à aprendizagem e conhecer o grau de satisfação da utilização do ambiente colaborativo Sakai nas instituições envolvidas.

Assim, dos vários aspetos que poderiam ser desenvolvidos a partir dos dados recolhidos relativamente aos objetivos referidos, apenas serão tratados, neste artigo, os dados relativos a uma das instituições parceiras, obtidos como resposta à apreciação do valor das ferramentas Sakai como apoio às unidades curriculares.

A administração do questionário teve lugar durante o período de 20/05/2010 até 02/06/2010, tendo sido enviados convites por e-mail para todos os docentes e alunos da instituição para responderem ao questionário. A plataforma usada para a disponibilização dos questionários foi o

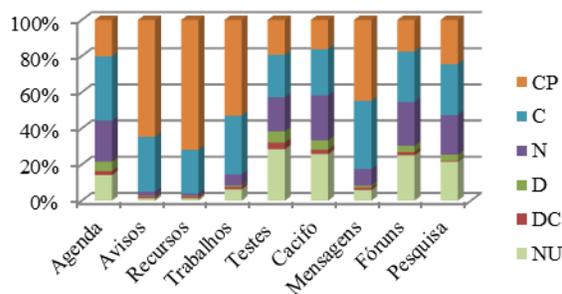
LimeSurvey, tendo sido usados os mecanismos de geração de senhas da plataforma para garantir o anonimato das pessoas que responderam.

IV. RESULTADOS RELATIVOS À VALORIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO AMBIENTE SAKAI NUMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PÚBLICO

Os resultados acerca da valorização das ferramentas disponibilizadas no ambiente colaborativo Sakai por professores e alunos do Ensino Superior foram obtidos a partir da resposta à questão “Assinale o seu grau de concordância com as seguintes afirmações: As seguintes ferramentas são valiosas como apoio às unidades curriculares...”. As ferramentas apreciadas foram: Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Testes, Pautas, Cacifo, Mensagens, Fóruns e Pesquisa. Para cada ferramenta existia apenas uma e uma só, das seguintes opções de resposta: “Discordo Completamente”, “Discordo”, “Neutro”, “Concordo”, “Concordo Plenamente” e “Não Usei”. Segue-se a apreciação das ferramentas pelos sujeitos da amostra.

A. Apreciação Global das Ferramentas do Sakai

A distribuição das respostas dadas pela amostra de alunos é apresentada na figura 2. Pela observação da figura 1 e análise dos dados verifica-se que a maioria dos alunos utilizou as ferramentas Sakai. Dos sujeitos da amostra de alunos apenas 1% não usaram Recursos e Avisos, 6% não usaram Trabalhos e Mensagens e, entre 22% e 28%, não usaram as restantes ferramentas.

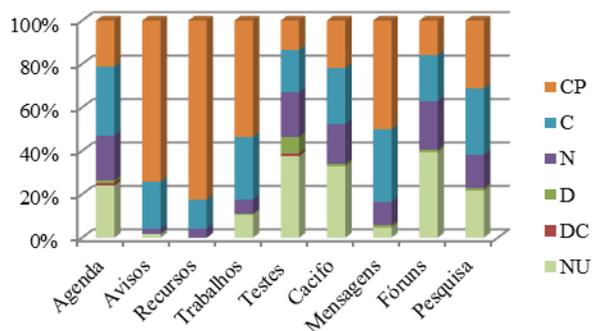


NU - Não Usei; DC - Discordo Completamente; D - Discordo; N - Neutro; C - Concordo; CP - Concordo Plenamente

Figura 2: Valorização das ferramentas Sakai pelos alunos (n=302)

Os Recursos e os Avisos são as ferramentas mais valorizadas pelos alunos no apoio às unidades curriculares. É de realçar que 72% dos alunos concorda plenamente que os Recursos são uma ferramenta valiosa de apoio às unidades curriculares e 65% manifesta a mesma opinião relativamente aos Avisos. As ferramentas que apresentam valores mais baixos relativamente à opção “Concordo Plenamente” são os Testes com 19% e os Fóruns com 18%. Constata-se, ainda, que as opiniões de discordância dos alunos são em número muito reduzido relativamente a todas as ferramentas analisadas, variando entre 1% e 6%.

A distribuição das respostas dos professores é apresentada na figura 3.



NU - Não Usei; DC - Discordo Completamente; D - Discordo; N - Neutro; C - Concordo; CP - Concordo Plenamente

Figura 3: Valorização das ferramentas Sakai pelos professores (n=170)

Pela observação da figura 3 e análise dos dados constata-se que a maioria dos professores, também utilizou as várias ferramentas Sakai e que todos os professores usaram a ferramenta Recursos. Para além dos Recursos, os Avisos e as Mensagens foram utilizadas por um elevado número de professores pois, apenas 2% não usaram Avisos e 5% não usaram Mensagens. Não usaram a ferramenta Trabalhos 11%, Pesquisa 22%, Agenda 24%, Cacifo 33%, Testes 38% e Fóruns 39% dos professores. A ferramenta menos utilizada pelos professores foi Fóruns.

Relativamente à apreciação das ferramentas, os Recursos e os Avisos são as ferramentas mais valorizadas, verificando-se que a opção de “Concordo Plenamente” foi manifestada por 82% e 74% dos professores, respetivamente. Também não existe qualquer opinião desfavorável acerca destas ferramentas. Os Trabalhos e as Mensagens também são ferramentas apreciadas muito favoravelmente pelos professores, com percentagens na opção “Concordo Plenamente” de 54% e 50%, respetivamente, já a Agenda, os Testes, o Cacifo e os Fóruns são ferramentas que apresentam menores percentagens na opção “Concordo Plenamente”, assumindo valores entre 14% e 22%.

O modo e frequência de utilização de uma ferramenta informática podem depender dos conhecimentos informáticos dos potenciais utilizadores. Neste sentido e atendendo que o ambiente colaborativo Sakai foi disponibilizado a uma população de alunos e professores do ensino superior, um dos objetivos desta investigação foi apreciar a influência que os conhecimentos de informática dos utilizadores têm na valorização das ferramentas do ambiente Sakai. Segue-se a apreciação da valorização das ferramentas em função dos conhecimentos informáticos dos utilizadores.

Para além de uma apreciação descritiva dos dados, serão também realizados testes estatísticos recorrendo-se ao programa SPSS 19.0 for Windows (Statistical Package for the Social Sciences) que permitam apreciar as respetivas valorizações, tendo em conta os conhecimentos informáticos

dos utilizadores [16].

B. Conhecimentos de Informática dos Utilizadores

A partir das respostas à questão “Classifique os seus conhecimentos gerais sobre informática” em função das opções: “Conhecimentos Básicos”, “Conhecimentos Intermédios” e “Conhecimentos Avançados” foi possível classificar cada uma das amostras, professores e alunos, em três categorias, consoante a opção escolhida para os seus conhecimentos. Assim, tanto nos alunos, como nos professores consideraram-se as categorias: conhecimentos básicos, conhecimentos intermédios e conhecimentos avançados. Em cada categoria foram integrados, respetivamente, os sujeitos que manifestaram possuir cada uma das modalidades de conhecimentos referidas.

A distribuição dos sujeitos da amostra pelos conhecimentos informáticos dos utilizadores é apresentada na tabela seguinte.

TABELA 1: CONHECIMENTOS DE INFORMÁTICA DOS ALUNOS E DOS PROFESSORES

Conhecimentos de Informática	Alunos (n=302) (%)	Professores (n=170) (%)
Básicos	17,5	15,9
Intermédios	58,0	64,1
Avançados	24,5	20,0

Pela observação da tabela 1 conclui-se que tanto na amostra de professores como na amostra de alunos, a maioria dos sujeitos classifica os seus conhecimentos como intermédios, 58% dos alunos e 64,1% dos professores.

C. Valorização das Ferramentas do Sakai em Função dos Conhecimentos Informáticos dos Utilizadores

As respostas dos alunos e as dos professores relativamente à valorização das ferramentas foram divididas em três categorias, constituindo-se assim, tanto para a amostra de alunos como para a amostra de professores três grupos independentes, conforme são apresentados na tabela 1.

Para melhor se compreender a valorização das ferramentas do Sakai convencionou-se que os dados de uma escala ordinal, associados à valorização das ferramentas fossem transformados em dados de uma escala proporcional, de acordo com a convenção: as opções “Não Usei”, “Discordo Completamente”, “Discordo”, “Neutro”, “Concordo”, “Concordo Plenamente” foram transformadas nas pontuações numéricas: 0, 1, 2, 3, 4 e 5, respetivamente. Desta forma, a valorização de cada ferramenta depende da pontuação obtida, tendo em conta a convenção referida.

Na tabela 2 apresenta-se a valorização das ferramentas, de acordo com a pontuação obtida, por cada um dos grupos, conforme os seus conhecimentos de informática.

Tabela 2: Valorização das ferramentas Sakai por grupos de alunos e de professores em função dos conhecimentos informáticos (%)

Recursos	Alunos			Professores		
	ACB r=1583	ACI r=5553	ACA r=2475	PCB r=784	PCI r=3402	PCA r=1111
Agenda	10,4	9,9	10,6	9,1	9,7	9,5
Avisos	15,5	14,2	13,5	15,8	14,8	14,6
Recursos	15,7	14,6	13,6	16,7	15,3	14,7
Trabalhos	13,0	13,1	13,1	12,4	13,1	12,9
Testes	6,4	8,5	8,8	6,9	7,0	8,0
Cacifo	7,0	8,6	9,3	7,9	8,8	8,7
Mensagens	13,7	12,7	12,3	15,2	12,9	13,8
Fóruns	8,1	9,0	8,9	6,0	7,3	9,0
Pesquisa	10,0	9,5	9,9	10,1	11,1	8,9

ACB – Alunos com conhecimentos básicos de informática; ACI – Alunos com conhecimentos intermédios de informática; ACA – Alunos com conhecimentos avançados de informática; PCB – Professores com conhecimentos básicos de informática; PCI – Professores com conhecimentos intermédios de informática; PCA – Professores com conhecimentos avançados de informática; r-Número de pontos obtidos por cada amostra na totalidade das ferramentas

Pela observação da tabela 2, conclui-se que quer os alunos quer os professores com qualquer tipo de conhecimentos, básicos, intermédios e avançados, as ferramentas que mais valorizam são “avisos” e “recursos” e as que menos valorizam são “testes”, “cacifo” e “fóruns”.

A apreciação da valorização das ferramentas do Sakai pelos três grupos independentes de alunos e três grupos, também independentes de professores será efetuada em função dos resultados da aplicação dos testes estatísticos adequados, recorrendo ao programa estatístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS).

Atendendo ao tamanho das amostras, considera-se essencial para se poderem utilizar testes paramétricos que seja possível realizar operações numéricas com os dados experimentais e que a variabilidade dos resultados, em cada situação, seja idêntica.

A possibilidade de efetuar operações numéricas com os dados fica garantida pela convenção adotada. Para averiguar sobre a variabilidade dos resultados em cada situação, tabela 3, será utilizado o teste de Levene, cujos cálculos serão efetuados pelo programa estatístico SPSS.

TABELA 3: TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA (ALUNOS)

Ferramentas	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Agenda	1,019	2	299	0,362
Avisos	2,049	2	299	0,131
Recursos	2,040	2	299	0,132
Trabalhos	0,608	2	299	0,545
Testes	0,465	2	299	0,629
Cacifo	1,882	2	299	0,154
Mensagens	0,208	2	299	0,813
Fóruns	1,711	2	299	0,182
Pesquisa	0,532	2	299	0,588

Considerando como hipótese nula “Há igualdade de variância nos dados dos três grupos de alunos”, verifica-se que não é possível rejeitar a hipótese nula em qualquer das situações consideradas. Assim, podemos admitir a hipótese nula, ou seja que não existem diferenças significativas entre as variâncias dos dados, a um nível de significância (Sig) inferior ou igual a 0,05.

Para analisar as diferenças de variância entre a valorização de cada uma das ferramentas pelos alunos vamos utilizar o teste de variância ANOVA, utilizando os resultados provenientes do programa SPSS.

Foram testadas as nove ferramentas consideradas, verificando-se que apenas em duas, Testes e Cacifo há diferenças significativas, com um nível de significância inferior a 0,05, entre os grupos, conforme se apresenta na tabela 4.

TABELA 4: TESTE ANOVA (ALUNOS)

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Testes	Between Groups	34,85	2	17,42	4,898	0,008
	Within Groups	1063,62	299	3,56		
	Total	1098,46	301			
Cacifo	Between Groups	32,62	2	16,31	5,080	0,007
	Within Groups	960,15	299	3,211		
	Total	992,77	301			

Em síntese, podemos concluir que das nove ferramentas analisadas, a valorização de sete dessas ferramentas Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Fóruns e Pesquisa não é influenciada pelos conhecimentos informáticos dos utilizadores. Verificando-se tal influência apenas nas ferramentas Testes e Cacifo, sendo mais valorizado pelos utilizadores com conhecimentos avançados de informática.

De seguida, serão desenvolvidos procedimentos idênticos para apreciar a valorização das ferramentas pelos professores. Na tabela 5 são apresentados os resultados obtidos acerca do teste de homogeneidade de variância de Levene.

TABELA 5: TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA (PROFESSORES)

Ferramentas	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Agenda	1,001	2	167	0,370
Avisos	1,390	2	167	0,252
Recursos	1,546	2	167	0,216
Trabalhos	4,259	2	167	0,016
Testes	0,667	2	167	0,515

Cacifo	4,848	2	167	0,009
Mensagens	2,828	2	167	0,062
Fóruns	4,184	2	167	0,017
Pesquisa	0,809	2	167	0,447

Pela observação da tabela 5, constata-se que se pode rejeitar a hipótese nula, igualdade de variâncias, relativamente à valorização das ferramentas Cacifo e Fóruns, não podendo ser rejeitadas, com o nível de significância igual ou inferior a 5% nas outras situações. Nas situações em que é possível rejeitar a hipótese nula, como não se verifica homogeneidade de variâncias, optou-se por utilizar os testes de Brown-Forsythe e Welch. Da aplicação destes testes e da apreciação dos resultados infere-se que não é possível assumir que existem diferenças significativas entre a valorização destas ferramentas pelos três grupos de professores envolvidos.

Nas sete situações onde não foi possível rejeitar a hipótese nula, admitiu-se a igualdade de variâncias e aplicou-se o teste ANOVA. Da aplicação deste teste não foi possível inferir que existem diferenças significativas, a um nível de significância igual ou inferior a 0,05, entre a valorização dos três grupos, para cada uma das ferramentas consideradas.

V. CONCLUSÕES

Neste estudo apreciou-se a valorização das ferramentas Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Testes, Cacifo, Mensagens, Fóruns e Pesquisa por uma amostra de alunos e outra de professores do ensino superior, caracterizaram-se os conhecimentos de informática dos alunos e dos professores nas categorias conhecimentos básicos, intermédios e avançados.

A maioria dos alunos e dos professores classifica os seus conhecimentos informáticos como conhecimentos intermédios.

Apreciou-se a relação entre os conhecimentos de informática dos utilizadores e a respetiva valorização das ferramentas. Das ferramentas apreciadas os Recursos e os Avisos são as ferramentas mais valorizadas no apoio às unidades curriculares, quer pelos alunos quer pelos professores. A ferramenta menos utilizada pelos alunos foi Testes e a menos utilizada pelos professores foi Fóruns.

Da análise estatística dos dados, a partir da utilização do SPSS e dos testes estatísticos adequados, verificou-se que só há diferenças significativas entre os três grupos de alunos na valorização das ferramentas Cacifo e Testes. Na valorização das restantes ferramentas concluiu-se que não existem diferenças significativas, a um nível de significância igual ou inferior a 0,05, entre a apreciação dos três grupos, quer de alunos quer de professores, ou seja o nível de conhecimentos informáticos dos utilizadores não tem influência na valorização das ferramentas Agenda, Avisos, Recursos, Trabalhos, Mensagens, Fóruns e Pesquisa do ambiente colaborativo Sakai.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Umic, Agência para a Sociedade do Conhecimento, Projecto Campus Virtuais (e-U), disponível em <http://www.e-u.pt/>, 2003.
- [2] Peñalvo, F., *Docencia, Libro Blanco de La Universidad Digital 2010*, pp. 29-59, Ariel, 2008.
- [3] Nichols, M., *Teaching for Learning*. New Zealand: Traininc.co.nz, 2001.
- [4] EduTools, CMS: Product List, disponível em <http://www.edutools.info>, 2011.
- [5] Ellis, R., *Field Guide to Learning Management Systems*, ASTD Learning Circuits, 2009.
- [6] ASTD, *E-Learning Trends 2011*, disponível em http://www.astd.org/LC/0111_trends.htm, 2011.
- [7] Lakhani, S., Jhunjhunwala, K., *Open Source software in education*, EDUCAUSE Quarterly, vol. 31, no. 2 (April-June 2008), 2008.
- [8] Feldstein, M., *The Evolving LMS Market*, disponível em <http://mfeldstein.com/the-evolving-lms-market-part-i>, 2010.
- [9] EDUCASE, *Open Source Learning Management Systems*, EDUCAUSE Evolving Technologies Committee, 2009.
- [10] Sakai Project, <http://sakaiproject.org>, 2011.
- [11] Lonn, S., & Teasley, S. D., *Saving time or innovating practice: Investigating perceptions and uses of Learning Management Systems*. Computers & Education, 53(3), 686-694, 2009
- [12] Hawkins, B., Rudy, J., *Educause core data service. Fiscal year 2006 summary report*. Boulder, CO: Educause, 2007.
- [13] Browne, T., Jenkins, M., Walker, R., *A longitudinal perspective regarding the use of VLEs by higher education institutions in the United Kingdom*. Interactive Learning Environments, 14(2), pp. 177-192, 2006.
- [14] Xin, G., Lin, W., Junhua, Z., Chunlei, Y., Daping, W., *Construction of university Collaboration and Learning Environment (CLE) Based on open source software sakai?*, Education Technology and Computer (ICETC), volume: 1, pp. 556-559, 2010.
- [15] Fernandes, N., Gouveia, L., Gouveia, F., *UFP- UFP in the Sakai Project*. Porto: Universidade Fernando Pessoa. CEREM, p. 7, 2009.
- [16] Pereira, A., *Guia prático de utilização do SPSS*, Lisboa, Edições Sílabo, 2004



Paulo Alves é Doutorado em Tecnologias e Sistemas de Informação pela Universidade do Minho e Mestre em Tecnologia Multimédia pela Universidade do Porto. É coordenador de e-learning e responsável pelo Centro de Inovação e Projetos Web. É Professor no Instituto Politécnico de Bragança. Os seus interesses de investigação incluem: E-learning, Desenvolvimento Web e Multimédia.



Luísa Miranda é Doutorada em Educação na área de conhecimento de Tecnologia Educativa e Mestre em Informática no Ensino pela Universidade do Minho. É Professora no Instituto Politécnico de Bragança. Os seus interesses de investigação incluem: Tecnologia Educativa e e-learning.



Carlos Morais é Doutorado em Educação com especialidade em Metodologia do Ensino da Matemática e Mestre em Informática no Ensino pela Universidade do Minho. É investigador do CIEC- Centro de Investigação em Estudos da Criança. É Professor no Instituto Politécnico de Bragança. Os seus interesses de investigação incluem: Tecnologia Educativa, As TIC aplicadas à Matemática.



Evandro Alves é Mestre em Sistemas de Informação pelo Instituto Politécnico de Bragança. É programador do Centro de Inovação e Projetos Web e responsável pelo desenvolvimento, administração e suporte da plataforma de e-learning do Instituto Politécnico de Bragança. Participa ativamente na comunidade Sakai, com especial interesse pela integração de sistemas e desenvolvimento de ferramentas.

Capítulo 12

Ferramentas computacionais de apoio ao desenvolvimento de laboratórios virtuais na área da engenharia eletrotécnica

M. M. Travassos Valdez, C. Machado Ferreira, and F. P. Maciel Barbosa

Title— Software packages to assist the development of virtual laboratories in electrical engineering courses

Abstract— This chapter presents a way of building a virtual reality systems (VRS) with different software packages to support Electrical Engineering Virtual Laboratories to be used in a near future in the teaching of the curriculum unit of Circuit Theory of the degree in Electrical Engineering taught in 1st semester of the 1st Year, in the Department of Electrical Engineering, of the Coimbra Engineering Institute, Coimbra Polytechnic Institute. The use of VRS, as a learning aid, encourages the creation of tools that allow users/students to simulate educational environments on a computer. The steps required for the construction of a project are presented in this paper. The simulation tool is still under construction and intends to use a three-dimensional virtual environment of an electrical measurement laboratory, which will allow users/students to experiment and test the modelled equipment. Therefore, there are still no links available for further examination. The result may demonstrate the future potential of applications of VRS as an efficient and cost-effective learning system.

Keywords—3D lab internet; interactive application; new technology; software packages

Abstract— Este artigo apresenta um processo de construir um sistema VRS com pacotes de *software* de apoio a laboratórios virtuais para engenharia eletrotécnica, para ser usado num futuro próximo no ensino da unidade curricular de Teoria de Circuitos, da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica, ministrada no 1.º semestre, do 1.º Ano, no Departamento de Engenharia Eletrotécnica, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, do Instituto Politécnico de Coimbra. O uso de sistemas de

Este trabalho foi apresentado originalmente na conferência 1stExperiment@international Conference, 17-18 Novembro 2011, Calouste Gulbenkian Foundation, Lisbon

M. Travassos Valdez pertence ao Departamento de Electrotecnia, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, (e-mail: valdez@isec.pt).

C. Machado Ferreira pertence ao Departamento de Electrotecnia, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra e ao INESC Coimbra, (e-mail: cmacfer@isec.pt).

F. P. Maciel Barbosa pertence à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto e ao INESC Porto, (e-mail: fmb@fe.up.pt).

realidade virtual (VRS - *Virtual Reality Systems*), como um auxílio na aprendizagem, incentiva a criação de ferramentas que permitem aos estudantes simularem ambientes educativos num computador. As etapas fundamentais para a construção de um projeto deste tipo de laboratório são apresentadas neste documento. A simulação ainda está em construção e pretende utilizar um laboratório de medidas elétricas e instrumentação, num ambiente virtual tridimensional, que permitirá que os estudantes possam experimentar e testar os equipamentos modelados em 3D. Portanto, não há ainda *links* disponíveis para uma análise mais aprofundada. O resultado pode demonstrar o potencial futuro das aplicações de sistemas de realidade virtual como um sistema de aprendizagem eficiente e económico.

Keywords— 3D lab internet; aplicativo interativo; nova tecnologia; pacotes de *software*

I. INTRODUÇÃO

A simulação é uma ferramenta educativa que é usada num número de diferentes domínios. O sucesso da simulação no ensino pode ser atribuído às suas qualidades únicas que a diferenciam de outras abordagens pedagógicas. Uma simulação permite que os estudantes ganhem experiência prática do processo simulado sem nenhuma despesa ou qualquer dano potencial, que pode resultar da experiência autêntica na vida real. Como resultado, os estudantes são livres para repetir experiências e experimentar com diferentes abordagens, sem se preocuparem com as consequências de qualquer falha na simulação. Por outro lado, a relativa facilidade com que as simulações são configuráveis, permite ao educador/professor introduzir uma ampla variedade de situações desconhecidas, para que o aluno possa realizar a experiência. Finalmente, atendendo a que as simulações podem agir num ritmo mais rápido do que na vida real, os estudantes podem, portanto, praticar o processo muitas vezes mais do que seria possível numa experiência presencial [1].

A ideia geral é criar um modelo tridimensional (com recurso a pacotes de programas computacionais, nomeadamente o *3DS Max*, *Maya*, *Cinema4D*, *SketchUp*, *Blender*, *LightWave*

ou a qualquer outra ferramenta 3D) e, em seguida, exportá-lo para o *WireFusion* [2]. No *WireFusion*, existe a possibilidade de adicionar alguma interatividade aos modelos previamente criados. No entanto, todas as animações devem ser construídas previamente no programa de origem do modelo 3D [2]. Neste trabalho, o propósito foi construir um ambiente de laboratório 3D (para medidas e instrumentação) onde os componentes podem ser observados e manipulados. O objetivo principal foi criar esquemas elétricos simples, cujos valores podem ser posteriormente alterados, apresentando, assim, novos resultados.

II. O CONCEITO

A. Arquivos referenciados externamente (*XRefs*)

Os ficheiros com objetos gráficos são habitualmente arquivos de tamanhos muito elevados. Quando um projeto atinge uma certa dimensão, torna-se extremamente difícil e muito custoso efetuar a sua manutenção e fazer qualquer modificação. Trabalhando com arquivos externamente referenciados (*XRef*) é possível estar a trabalhar num projeto ou ficheiro mais pequeno, enquanto todo o ambiente em redor são ficheiros referenciados externamente, que não “perturbam” a manutenção do ficheiro principal. Em projetos muito grandes que incluam muitos objetos há uma redução significativa no tamanho do arquivo com a utilização dos *XRef*.

Os *XRef* são ficheiros externos importados para um ficheiro principal, utilizados para surgirem no *render* final de uma cena, não fazendo parte deste ficheiro. A vantagem consiste numa significativa melhoria na qualidade de informação gráfica apresentada no *render*, sem que, no entanto, o ficheiro principal seja sobrecarregado com a informação adicional do ficheiro referenciado externamente. Significa que o ficheiro final mantém o mesmo tamanho. Um ficheiro *XRef* fica visível quando “anexado” a um arquivo e só será carregado quando este for aberto, mas não aumenta o tamanho do arquivo ao qual fica “anexado”. Qualquer mudança no arquivo *XRef* reflete-se automaticamente em todos os outros ficheiros que o referenciam. Por se ter usado o *XRefs* há uma redução significativa nos tamanhos dos ficheiros construídos.

Podem-se utilizar dois tipos de ficheiros referenciados externamente: *XRef objects* e *XRef scenes*. Os *XRef objects* são ligeiramente diferentes das *XRef scenes*. Os *XRef objects* aparecem numa cena e podem ser movidos e animados, mas o objeto não pode ser alterado. Se for usado um *XRef object* a referência é um objeto que se move e roda no ficheiro, não se alteram texturas nem escalas ou outras características. Sendo objetos externamente referenciados aparecem na cena principal (atual) mas, realmente são referenciados de outros ficheiros externos de *3DS Max*. No *XRef scene* a referência externa é apenas cenário, porque apenas se vê e não se edita. A referência neste caso é uma cena que não se move nem roda, não se alteram texturas nem escalas ou outras características. Uma cena externamente referenciada aparece no arquivo

principal, mas é na verdade carregada temporariamente de outro arquivo de *3DS Max*. Desta maneira, a cena de origem é protegida contra quaisquer modificações que se possam fazer à cena *XRef* através da cena principal. Uma grande vantagem destas opções *XRef* consiste na facilidade de trabalho em equipa, realizada por diferentes pessoas em diferentes computadores. Cada pessoa faz as alterações que necessita que surgem como uma cena externamente referenciada, mas que não altera o ficheiro principal de cada um. Uma forma inovadora para usar este recurso será criar uma biblioteca de objetos que se possam carregar dinamicamente conforme as necessidades. Por exemplo, se existisse uma biblioteca de equipamentos elétricos, poder-se-iam carregar vários aparelhos até que se reunissem as condições exigidas pelo trabalho de laboratório. A utilização destas referências externas permite ao programador uma animação, onde a modelação, materiais, controladores de transformação e movimento podem ser manipulados em ficheiros separados, por diferentes programadores [3]. Esta forma de referenciar pode tornar muito mais fácil lidar com ficheiros de grandes dimensões através do recurso a estes objetos de *proxy*. São designados como objetos de *proxy* ou *surrogates* (substitutos) objetos que representam outros objetos. Um *proxy* (*proxy object*) é pois um objeto que pode incluir outro objeto e expor a mesma interface. Podem ser usados da mesma forma que o objeto original, mas podem conter funcionalidades extra. Pode ser uma ferramenta importante para a programação orientada a objetos. Este método aumenta a taxa de atualização da imagem. As atualizações ou alterações feitas nos objetos originais também são atualizadas no arquivo de destino onde aparece a *XRef*. A maneira mais comum de trabalhar é preparar o projeto em arquivos separados e recolhê-los todos num arquivo principal apenas para o *render*. Quando se utilizam as referências externas ou *XRefs* o que se está a fazer não é mais do que separar cada elemento da composição num arquivo. Em seguida, para cada objeto pode-se associar um objeto *proxy*, que é um modelo com muito poucos polígonos. Esse objeto de *proxy* é que vai ser recolhido como referência externa, quando for chamado a ser incluído numa nova cena. A vantagem é que na nova cena somente se verá a versão com poucos polígonos do modelo, o que não sobrecarrega o ficheiro e onde se pode mover o objeto sem problema. Quando se faz o *render* automaticamente substitui-se o objeto *proxy* pelo modelo original.

Um dos recursos do *3DS Max* é esta capacidade de incluir *XRef objects* numa cena, o que significa que se pode substituir um objeto altamente complexo por um *proxy object* de baixa resolução, o que melhorará o tempo de atualização do *render* da cena (*scenes' refresh time*). Assim, o objeto de baixa resolução irá ser redesenhado mais rapidamente do que o objeto de alta resolução, adotando as características do objeto original. No entanto, quando se renderizar a cena, ver-se-ão os detalhes da malha de alta resolução. Uma limitação que os *XRef* têm é a incapacidade para usar um objeto agrupado como sendo um *XRef* [3].

Um *XRef* pode ser visto como uma espécie de função de instâncias que irá funcionar em várias cenas. Constrói-se uma cena principal e nesta cena pode-se usar o *XRef object* para carregar objetos de uma cena já guardada. Cria-se, por exemplo, um objeto (cena) como um multímetro e armazena-se no disco rígido. Em seguida, pode-se começar um novo projeto e, se for desejável, pode-se adicionar o multímetro criado anteriormente, pelo que é suficiente adicionar um *XRef object* e informar onde encontrar a cena do multímetro, no disco rígido. Se o cenário de referência tiver animação, então existe a opção de também usar essa animação.

A posição, escala e rotação de objetos a partir de cenas de referência devem ser feitas no exato momento em que são colocados na cena principal. Uma vez que um objeto é colocado na cena principal, podem ser animados como qualquer outro objeto. Assim, os objetos *XRef* comportam-se como objetos normais; podem ser deformados por deformadores e podem ser afetados por geradores também. Pretende-se, dessa forma, que objetos e cenas individuais possam ser associados numa cena principal para *rendering*, animação, etc. Se algum outro programador estiver a trabalhar no mesmo projeto e salva essa cena, então qualquer outra cena, usando a referência de *XRef* da cena, será atualizado em conformidade. A cena referenciada não tem conhecimento da cena principal.

Quando se está a trabalhar com outros programadores num projeto, usar o *XRef* representa, portanto, uma grande vantagem. Um programador pode concentrar-se numa cena principal e um outro programador pode alterar uma parte de um modelo e/ou adicionar objetos. Após ser guardado o arquivo, a cena do arquivo principal será atualizada em consonância com a segunda cena [3-4]. Criar uma referência externa é, pois, procurar elementos em outros arquivos para que sejam exibidos na cena atual apenas como referência, sem que possam ser editados. Combinar (fazer o *merge*) é recolher elementos de outros arquivos para que sejam copiados e inseridos na cena atual com os recursos de edição inerentes.

O uso de cenas e objetos *XRef* permite que várias pessoas trabalhem, em colaboração, sobre os mesmos objetos sem terem que esperar que os objetos sejam finalizados. Os objetos podem ser selecionados para serem atualizados automaticamente, assim que as alterações são salvas no arquivo principal ou atualizados manualmente a pedido. Geralmente, há um botão para fazer a fusão dos objetos referenciados na cena, como objetos normais e/ou ferramentas para facilitar a conversão de objetos de cena nos objetos referenciados (Fig. 1). Os objetos modelados em *3DS Max* foram exportados com a extensão VRML97, com as opções *Normals* e *Coordinates Interpolators* ativadas.

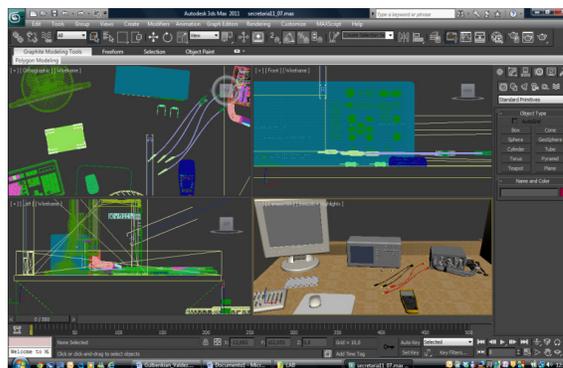


Figure 1. Modelação em *3DS Max* da fonte de alimentação, com cenas de *XRef*

A fim de poderem ser visualizados no *VizUp* e *WireFusion* estes ficheiros foram guardados no diretório que possui já os materiais e as imagens que os geram. De modo a efetuar a exportação dos ficheiros do *3DS Max*, para os programas de otimização de polígonos, os respetivos materiais foram configurados para o motor de *render* de origem, o *Default Scanline Renderer*.

O motor de *render* utilizado foi o *V-Ray* que mudou e melhorou grandemente a computação gráfica. Oferecendo uma tecnologia de ponta de realização do *render*, o *V-Ray* potencia as mais avançadas imagens foto realistas geradas. Apresenta velocidade e facilidade de utilização, ligado a uma abordagem inovadora para recursos como a iluminação global, imagem fisicamente precisa, baseada em iluminação e sombreamento, tornando-se a melhor solução de *render* em qualquer plataforma. No entanto, para a exportação para o *VizUp* os materiais dos objetos tiveram de estar configurados para o *Default Scanline Renderer* de outro modo, pois, quando visualizados neste programa, apareciam com um material de predefinição em cinzento. Outra necessidade a ter em conta foi a exportação dos objetos para VRML97 numa pasta ou *folder* onde os materiais, ou imagens dos materiais, estivessem guardados, pois o *VizUp* não reconhece “caminhos” para encontrar os materiais associados.

Para realizar os *renders* dos objetos que surgem como fundo do sítio (*site*) executado, novos ficheiros de *3DS Max* foram desenvolvidos e configurados para o *V-Ray*. Novos materiais tiveram de ser criados para este motor de *render*, assim como a iluminação associada.

B. *Simplygon/VizUp* - redução de modelos

O *WireFusion* é uma ferramenta *authoring tool* para criação de apresentações interativas *Web3D*, *plugin-free*. O desenvolvimento é feito ligando, visualmente, objetos pré-programados ou por codificação em Java. O *Flash* é sustentado e pode ser combinado com modelos 3D [5].

Os modelos que se criam com a ajuda de ferramentas de modelação 3D, bem como modelos convertidos de diversos *softwares* CAD podem ser extraordinariamente complexos, podendo possuir várias centenas de milhares de polígonos e ser praticamente impossível processar a visualização em tempo

real [6-8]. É importante reduzir e reparar arquivos de CAD e modelos 3D antes de estes serem importados para *WireFusion*, um recurso que foi amplamente solicitado pelos utilizadores neste tipo de trabalho.

O *Simplygon* é uma ferramenta de redução de polígonos poderosa e precisa. Este *software* pode reduzir e reparar os modelos 3D, enquanto ao mesmo tempo preserva a qualidade visual. O *Simplygon* é usado geralmente nos pré-processamentos dos modelos, para simulação, visualização em tempo real e distribuição [9].

Outro *software* é o *VizUp Ultimate*, projetado para otimização de modelos 3D complexos (sistemas CAD/CAM/CAE e outros) para visualização em tempo real. É uma ferramenta de otimização e redução de objetos 3D que acelera o *rendering* e fornece maior controle sobre a qualidade visual do modelo tridimensional. O produto permite alcançar a melhor qualidade, otimização e redução de polígonos, que pode ser comparado com o trabalho manual de um *designer*. Com o *VizUp* é possível obter um sistema de redução e otimização de polígonos que permite reduzir o número de polígonos num modelo 3D complexo e otimizar a sua geometria (Fig. 2 e 3).

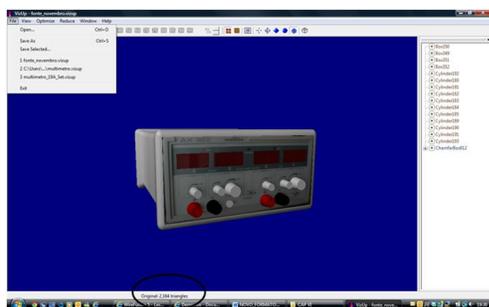


Figure 2. Modelo para redução com 408.013 polígonos

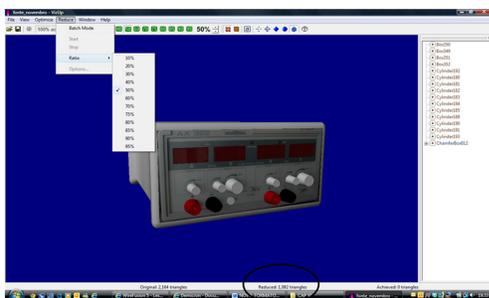


Figure 3. Modelo com redução de 85% (61.200 polígonos)

É exclusivo do *VizUp* compactar o modelo para todas as possíveis proporções, o que significa que se pode ver o efeito de qualquer nível de compressão, instantaneamente, com um clique no botão de proporção correspondente. Graças a isso não se torna necessário reiniciar a redução de polígono de cada vez que se quer reduzir para 10%, 20%, 30% ou outras proporções e permite, nomeadamente, alternar entre taxas de compressão diferentes, comparar os modelos resultantes e selecionar aquele que se adapta melhor às necessidades. Pode ser observada na barra inferior o número total dos polígonos

do objeto e o número de polígonos após a redução selecionada.

Muitos dos objetos dos ficheiros finais do projeto tiveram uma redução e otimização própria, pois individualmente todos têm um número muito elevado de polígonos. O *VizUp* otimiza os modelos 3D com o método de redução de polígonos e os modelos processados pelo *software* contêm significativamente menos polígonos e o ficheiro tem um tamanho menor do que o modelo original, sempre mantendo a mesma qualidade e aparência. O resultado final destas reduções é um modelo 3D com um nível equilibrado de detalhes e tamanho, que é adequado para o uso em realidade virtual e sistemas de visualização em tempo real [10]. Com o *VizUp* o processo de redução de polígonos é muito simples e não requer qualquer conhecimento especializado de CAD ou CAE. O programa permite escolher os melhores parâmetros de compressão, para um modelo específico e executar automaticamente a redução pretendida.

O processo é moroso (por ser individual) e sujeito a tentativa/erro, dado que, se o modelo 3D for demasiado otimizado, perderá qualidades gráficas. O *VizUp* é, portanto, um redutor e otimizador 3D fácil de usar que acelera o processamento e fornece controlo sobre a qualidade visual de um modelo 3D. Não há parâmetros de ajuste necessários para processar os algoritmos de redução altamente otimizado, o que reduz significativamente o arquivo 3D em tamanho e tempo de *render* e de *download* e oferece suporte para o formato VRML. O modelo reduzido resultante será visualmente muito semelhante ao modelo original, mas irá conter menos polígonos. Estes programas de otimização oferecem a capacidade de realizar a redução de modelo apenas uma vez, para receber instantaneamente os modelos reduzidos com qualquer nível de detalhe (LOD) necessário. O *VizUp* tem a capacidade única de manter a fidelidade visual do modelo, mesmo com taxas de compressão altas. Numa compactação de um modelo, o *VizUp* exclui alguns vértices, mas não altera as coordenadas dos vértices restantes, pelo que há distorções mínimas durante o mapeamento de textura, pois as coordenadas dos vértices permanecem as mesmas. No entanto, se houver uma perceção de que o modelo resultante não parece estar bem, pode-se refiná-lo ainda mais usando o algoritmo do *VizUp*, o que torna o modelo mais suave.

Com a ajuda deste tipo de *software* encontra-se um equilíbrio ideal entre o nível de detalhe necessário e o tamanho dos modelos 3D. Diminuir o tamanho do 3D modelos armazenados na *web* permite que os utilizadores e clientes possam baixá-los (*download*) muito mais rápido. Os ficheiros reduzidos são guardados com a extensão (.*wrl*) a fim de serem utilizados para a cena final.

A experiência foi desenvolvida e os objetos animados no *3DS Max* de modo a poderem ser exportados para o *WireFusion*, onde lhes foi atribuída a respetiva interatividade. As texturas que foram feitas manualmente no *3DS Max* não podem ter mais de 24 bits de informação, porque o *WireFusion* não consegue importar. Toda a interatividade foi

desenvolvida dentro do ambiente do *WireFusion* que utiliza por defeito a câmara definida previamente no *3DS Max*.

III. COMO TRABALHAR COM O WIREFUSION

O *WireFusion 5.0 @* é um pacote de *software* da Demicron e utiliza uma tecnologia muito poderosa que permite uma rápida criação de apresentações interativas em 3D para a internet [11]. Este *software* é, normalmente, usado por *designers*, programadores, arquitetos, empresas de produtos e especialmente para a *internet marketing* e *e-commerce*, criando configurações 3D e projetos arquitetónicos. As apresentações em *WireFusion* são também utilizadas para *e-learning* ou treino baseado em computador (CBT- *Computer based training*), formação de equipas de vendas, equipas de suporte e atendimento ao cliente.

O termo *authoring systems* é utilizado neste contexto para se referir a um sistema baseado em computador que permite que um grupo genérico (incluindo os não-programadores) possa criar conteúdos para sistemas de tutoria inteligentes. Embora alguns sistemas de tutoria inteligentes tenham sido criados com sucesso, são muito caros. No desenvolvimento de um *software* educativo, um *authoring system* é um programa que permite que um não-programador (autor) possa facilmente criar *software* com alguns recursos de programação. Estes são construídos embutidos, mas ocultos, atrás de botões e outras ferramentas, logo o autor não precisa saber como programar. Geralmente o *authoring system* oferece muitos elementos gráficos, interação e outras ferramentas necessárias ao *software* educativo [6]. Pode-se usar o *authoring tool* 3D preferido, tal como o *3DS Max*, *Maya*, *Cinema 4D*, *SketchUp*, *LightWave*, *Blender* ou qualquer outra ferramenta 3D capaz de exportar para X3d ou VRML, a fim de permitir a criação de animação em modelos e mundos 3D. Importa-se o seu conteúdo 3D para *WireFusion* e consegue-se assim publicá-lo na *web*.

Um fluxo de trabalho típico consiste em carregar um modelo 3D, configurar/otimizar o modelo 3D e, finalmente, adicionar *widgets* e lógica para a apresentação. O modelo 3D é criado num programa de modelagem 3D, como *3DS Max*, *Maya* ou qualquer outro programa de modelagem 3D que possa exportar como X3D ou VRML. O desenvolvimento é feito visualmente, conectando os objetos pré-programados ou codificados em Java [5] (Fig. 4).

Com a interface visual pode-se adicionar todo o tipo de interatividade e funcionalidades avançadas para as apresentações. Pode também integrar-se *streaming* (fluxo) de vídeo e áudio. O *streaming* é uma forma de distribuir informação multimédia numa rede, através de pacotes pela internet. Em *streaming*, as informações da média não são usualmente arquivadas pelo utilizador que recebe a *stream*.

O conceito usado no *WireFusion* é utilizar uma ferramenta de programação visual de “arrastar-e-soltar” desenvolvida para a criação de visualizações 3D interativas e avançadas para a *web* ou como apresentações autónomas *off-line*, mesmo que o

utilizador não tenha qualquer competência ou conhecimento prévio de programação ou de *script*. O programa possui numa interface visual em que se podem adicionar funcionalidades avançadas e interatividade para as apresentações a desenvolver. Em muitos casos é usado em todo o ciclo de vida dos produtos, desde o início até o fim.

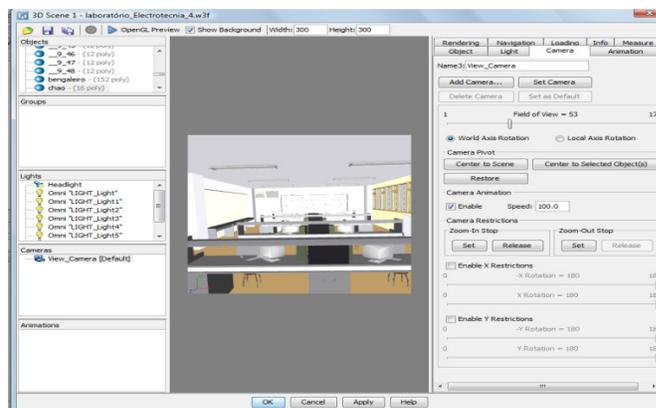


Figure 4. Principais objetos da apresentação em *WireFusion*

O programa *WireFusion* trabalha com funções e operações pré-programadas, sendo este conjunto designado como objetos *WireFusion* ou apenas objetos. O uso e a reutilização de códigos já feitos e testados vão poder garantir apresentações e operações pequenas e bastante robustas. A ideia de programar com este *software* é muito idêntica às técnicas de programação mais convencionais. Os dados ou informações (vulgarmente conhecida como parâmetros, como sejam as sequências de caracteres, números, cores, imagens, etc.) são transmitidas de uma função para outra. A diferença em relação às técnicas ditas convencionais é que o *WireFusion* concretiza esse objetivo ligando ou juntando objetos por meios puramente visuais. Quando os objetos novos ficam disponíveis, podem ser facilmente instalados e utilizados no projeto no *WireFusion*. Incluído neste programa existem cerca de cinquenta objetos, metade dos quais estão relacionados com gráficos e os restantes são objetos de dados ou diversas ferramentas necessárias para a criação de lógica.

Nenhum *plug-in* do navegador é necessário para exibir apresentações. O *WireFusion's web player* é uma *applet* Java que é baixado para o *browser* do espectador, bem como outros arquivos no servidor *web*, usando o protocolo HTTP. *Applet* é um aplicativo de *software* que é executado no contexto de outro programa (como por exemplo um *Web Browser*). Uma *applet* geralmente executa funções específicas também. Não há, portanto, necessidade de baixar e instalar qualquer *browser plug-in* para ver uma apresentação de *WireFusion*, pois só precisa de um *browser* que permita o Java 1.1 (ou superior) [5].

Ao usar um *browser* baseado na tecnologia Java, para exibir uma página que contém uma *applet*, o código deste é transferido para o sistema e executado pelo *browser* Java Virtual Machine (JVM). O *WireFusion* oferece suporte a dois *Open Formats*, ISO 3D standard X3D e VRML (2. 0/97). Os

Open *Formats* são uma especificação para armazenar dados digitais, normalmente mantido por padrões que podem ser usados e implementados por qualquer pessoa.

IV. COMO CRIAR UMA APRESENTAÇÃO COM *WIREFUSION*

Existem alguns passos a seguir ao criar uma apresentação em *WireFusion*. Estas etapas devem começar por [5]:

1. Definir o que se deseja realizar com a apresentação.
2. Estabelecer como a apresentação vai funcionar para as pessoas que a procuram.
3. Projetar recursos (modelos 3D, áudio, imagens, filmes, Flash etc.) necessários em programas de terceiros.
4. Selecionar os principais objetos de *WireFusion* que são necessários.
5. Criar e desenvolver a apresentação arrastando e soltando objetos sobre a vista *desktop* do *script* (*script* de área) e, em seguida, ligar os vários objetos (todos dentro do ambiente de *WireFusion*).
6. Testar a apresentação depois de cada papel ter sido construído e implementado.
7. Salvar o projeto.
8. Publicar a apresentação como uma *applet* Java, ou, opcionalmente, uma aplicação de Java.

O *WireFusion* não é baseado em uma linha do tempo, como muitas outras ferramentas para animação de *web*. No entanto, pode-se usar o tempo como um parâmetro para executar uma animação ou ter eventos executados por uma determinada ordem específica.

A. Ciclo de desenvolvimento de apresentações

Geralmente considera-se que o ciclo de desenvolvimento de apresentações pode ser feito em três fases:

A primeira fase é criar todos os recursos que serão necessários: modelos 3D, imagens, filmes, som, etc., o que pode ser feito em outros programas, como o *Autodesk® 3DS*, *Adobe Photoshop®*, *CINEMA 4D® R 11.5*, ou similares.

A segunda fase é importar esses recursos para apresentações de *WireFusion* e através de meios visuais desenvolver as apresentações.

A terceira e última etapa é exibir as apresentações na *web*, ou como apresentações *off-line*.

Os programadores de Java podem também facilmente acrescentar funcionalidades diretamente no *WireFusion*, devido a um objeto Java, existente no programa, que permite a compilação de código-fonte Java. Este objeto Java também é usado para as APIs de *WireFusion*. Uma API (*Application Programming Interface*) é um conjunto de rotinas criadas por um *software* para a utilização das suas funcionalidades por programas aplicativos em que o programador não necessita de se debruçar em detalhes da implementação do *software*, mas apenas empregar os seus serviços. Uma API é composta por uma série de funções acessíveis unicamente por programação e que possibilitam utilizar características menos evidentes do *software* ao utilizador tradicional, permitindo a programação avançada de funções e cenas 3D. Uma poderosa API de Java encontra-se disponível no *WireFusion*, podendo ser usada para

construir os próprios objetos de *WireFusion*, para controlar objetos de cena 3D e controlar dinamicamente objetos durante o tempo de execução da apresentação [5].

V. IMPLANTAÇÃO DE UMA APRESENTAÇÃO NA *WEB*

Para distribuir informação, de uma maneira global, é necessário haver uma linguagem que seja entendida universalmente pelos diversos meios de acesso. Essa linguagem é o HTML. O HTML é uma abreviatura de *Hypertext Markup Language* - Linguagem de Marcação de Hipertexto. É uma linguagem para publicação de conteúdos (texto, imagem, vídeo, áudio e etc.) na *web*. É baseada no conceito de hipertexto, que são conjuntos de elementos – ou nós – unidos por dependências ou conexões e que podem ser palavras, imagens, vídeos, áudio, documentos etc. Estes elementos interligados formam uma grande rede de informação, embora não estejam ligados linearmente como se fossem textos de um livro onde um assunto é ligado ao outro sequencialmente. A conexão feita num hipertexto permite a comunicação de dados, organizando conhecimentos e armazenamento de informações relacionadas entre si.

O HTML é a primeira camada do desenvolvimento do lado do cliente (*client-side*). Existem 3 camadas: a primeira é a da informação, que é o HTML que vai exibi-la na página; a segunda é o CSS (*Cascading Style Sheets*) que, como o próprio nome indica, são folhas de estilo usadas para formatar esse HTML de forma que fique legível, usável e bonito; a terceira camada que vai definir o comportamento desses elementos é o *Javascript*, que se encarrega da validação, animação e comportamento dessa informação.

VI. PUBLICAR COM JAVA *WEB* START

Importa referir que o código de um programa de computador escrito na linguagem Java é compilado para uma forma intermediária de código denominada *bytecode*, que é interpretada pelas Máquinas Virtuais Java (JVM) [12]. Esta característica faz com que os programas Java sejam independentes da plataforma, podendo ser executados em qualquer sistema que possua uma JVM. O *opcode* é a referência à instrução que um determinado processador possui para conseguir realizar determinada tarefa. Cada *opcode* tem o tamanho de um *byte* — por isso o seu nome *bytecode* — e portanto o número de diferentes códigos de operação está limitado a 256. Um programador Java não precisa entender — e nem tomar conhecimento — dos *bytecodes* Java para ser hábil na linguagem, da mesma forma que um programador de qualquer linguagem de alto nível compilada para linguagem máquina não precisa conhecer a linguagem de montagem do computador hospedeiro para escrever bons programas naquela linguagem. [13]. No final da programação faz-se o *upload* para o servidor *web*.

A linguagem Java foi projetada para os seguintes objetivos:

1. Orientação a objeto - baseada no modelo de Simula67;

2. Rede de independência de plataforma-portabilidade;
3. Recursos de rede - tem uma extensa biblioteca de rotinas que facilitam a cooperação com protocolos TCP/IP, como HTTP e FTP;
4. Segurança - pode executar programas via rede com restrições de execução.

Uma *applet* é um programa escrito em linguagem de programação Java que pode ser incluído numa página HTML, da mesma forma que uma imagem é incluída numa página. Uma página em HTML é um conjunto de comandos e textos, digitados em formato texto, que determina para o navegador o modo de apresentar todos os seus itens (textos, figuras, vídeos, sons) na tela de um computador, via *web*. Para escrever documentos HTML só é necessário um editor de texto simples e conhecimentos sobre os códigos que compõem a linguagem. Os códigos, conhecidos como "*tags*", indicam a função de cada elemento da página na rede.

Uma das características principais pela qual Java se tornou tão famoso, é que é uma linguagem independente de plataforma. Isto significa que se for produzido um programa Java, pode ser executado em qualquer computador do mercado. É uma vantagem significativa para desenvolvedores de *software*, já que antes havia a necessidade de fazer um programa para cada sistema operacional. Uma forma de representação do *layout* produzido pode ser visto na Fig. 5.

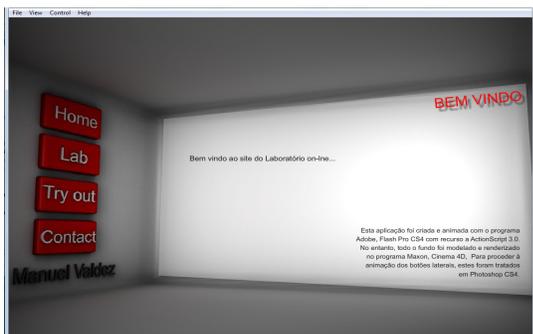


Figure 5. Apresentação do layout do aplicativo na *web*

VII. CONCLUSÃO

Pensar o conceito de aprendizagem na era computacional pressupõe, necessariamente, pensar em ambientes virtuais de aprendizagem. Um mundo 3D pode ser construído num programa específico de modelação, com texturas, iluminação, animação e processos de *render* em 3D e, posteriormente, ser tratado e exportados os seus conteúdos com determinado formato, estabelecendo depois as relações eficientes com os diversos utilizadores.

O objeto de aprendizagem utilizado neste trabalho é composto pelos equipamentos e pela aplicação em *software* disponibilizada aos alunos no laboratório didático. É apresentada a arquitetura deste objeto de aprendizagem, adotada para o desenvolvimento das atividades do projeto proposto.

Um modelo de SE tem de ser objeto de uma análise e terá de

desenvolver um modelo que possa descrever o modo como o *software* irá funcionar de forma a cumprir o conjunto de requisitos inicialmente definidos [14]. Através da análise consegue-se modelar o trabalho que é proposto de modo a que seja bem compreendido. Será pois necessário verificar e observar os requisitos, observar as suas implicações e depois fazer uma seleção criteriosa. Após este tipo de procedimento está-se apto a desenvolver o modelo.

Recorrendo aos requisitos selecionados para o SE o programador pode criar um conjunto de cenários que permitam conhecer qual a estratégia de utilização do SE. Cada um destes cenários, designados por casos de uso, proporcionam uma estrutura que descreve de que forma o sistema é utilizado [15].

A arquitetura poderá ter três níveis: o mais baixo deverá ser um arquivo de informação, onde serão armazenados os conteúdos educativos produzidos; de seguida poderá haver outro nível com um sistema de gestão e organização de conteúdos, onde se encontrarão as regras e, no final, e em cima destes dois níveis uma interface. Esta interface proporcionará uma forma adequada de procura, navegação e visualização de conteúdos.

O fluxo de trabalho típico consiste em modelar o objeto 3D. Exportar para VRML97 e abri-lo no *VizUp*. Aqui configura-se e otimiza-se o objeto e exporta-se para *3DS Max*, de novo, onde os objetos são organizados para a cena poder ser animada. Após a animação exporta-se, mais uma vez, para VRML97 e abre-se no *WireFusion* onde finalmente se adicionam *widgets* e lógica para a apresentação. O modelo 3D é criado num programa de modelação 3D, como *3DS Max*, *Maya* ou qualquer outro programa que possa exportar como X3D ou VRML de modelação em 3D. As apresentações resultantes podem ser executadas em *browsers* que suportem Java 1.1+. Mesmo que não haja nenhum limite predefinido no *WireFusion* para o tamanho da cena 3D ou da quantidade de objetos (formas) e polígonos que se podem usar no modelo, deve-se sempre tentar torná-lo o mais simples possível. Reduzindo o número de objetos e polígonos, o desempenho de processamento final (*rendering*) e o tamanho do arquivo ficam menores. É, por isso, necessário tentar encontrar um bom equilíbrio entre tamanho e qualidade, ao criar os modelos.

As animações em 3D não são criadas dentro *WireFusion*, devem ser criadas diretamente no programa 3D. A translação, rotação, escala e animações das malhas do objeto são suportadas pelo *WireFusion*, assim como, a animação de câmaras e luzes. Os dados da animação estão incluídos com a exportação de X3D/VRML e, em seguida, são controlados de dentro do *WireFusion*.

Com o *WireFusion* deixou de ser necessário fazer *plug-in* para criar apresentações 3D. O foco foi transferido mais para a criação de apresentações 3D. Hoje o *WireFusion* é considerado uma verdadeira ferramenta de criação de apresentações 3D. As apresentações do *WireFusion* têm um alto desempenho, tamanho pequeno e carregam-se rapidamente. Este programa tem a capacidade de expansão

com novos objetos e tecnologias. Alguns complementos especiais expandem o *WireFusion* com novos objetos originais, enquanto objetos derivados de outras aplicações podem ser usados para expandir a biblioteca de objetos, com novas funções. O *WireFusion* reutiliza código (objetos) para garantir apresentações compactas e arquivos pequenos. As apresentações são compiladas em *Flash*. Pode-se publicar uma apresentação de *WireFusion* como uma Java *Applet* e prepará-la para a *web*, inserindo-o numa página HTML.

As apresentações no *WireFusion* podem, assim, ser usadas para o *e-learning* ou como treino baseado em computador (*Computer Based Training* - CBT), de uma forma amigável e intuitiva, com o objetivo de criar aplicações educativas.

Este artigo apresenta uma maneira de construir um sistema VRS, com o uso de pacotes de *software* de suporte de engenharia elétrica laboratórios virtuais, utilizado no ensino da unidade curricular de Teoria de Circuitos. Pacotes de *software* 3D *Studio Max*, *Cinema 4D*, *Autocad*, *VizUp*, *WireFusion*, *Flash* e *Java* foram utilizados e brevemente descritas neste documento. Estes programas não garantem que se possa obter uma boa ferramenta. Havia a intenção de descrever a cadeia de programas que se pode usar para suportar qualquer ferramenta educativa interativa. Qualquer um dos pacotes de *software* acima mencionados é um instrumento poderoso, com uma versatilidade que pode torná-lo fácil de usar. Com objetivos bem definidos para cada uma das suas especificidades, destina-se a dar uma indicação de como modelar diferentes ferramentas e mostrar como se podem harmonizar para atingir um objetivo comum.

REFERENCES

- [1] G. O. Young, "Synthetic structure of industrial plastics (Book style with paper title and editor)," in *Plastics*, 2nd ed. vol. 3, J. Peters, Ed. New York: McGraw-Hill, 1964, pp. 15–64.
- [2] E. R. Gomes, "Objectos inteligentes de aprendizagem: uma abordagem baseada em agentes para objectos de aprendizagem". Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- [3] [on line] Available: http://download.cnet.com/WireFusion-Free-Edition/3000-6677_4-10808107.html.
- [4] [on line] Available: http://docs.google.com/viewer?url=http://scripts.breidt.net/script_controllers.pdf&pli=1, "Scripted controllers and object references in 3DSmax R6". Martin Breidt on Wed, 2007-02-07, v1.1.
- [5] [on line] Available: <http://download.autodesk.com/us/3DSmax/2012help/index.html?url=files/GUID-487E7E7D-25B2-4380-B9E5-4C478C88E1-2530.htm,topicNumber=d28e491841>.
- [6] Demicron, Reference Manual, *WireFusion 5*, Volume I: General Reference, Nov. 2007.
- [7] L. L. Machado and J. T. da Silva, "Objecto de aprendizagem digital para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem no ensino técnico em informática". Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- [8] S. P. Mutini, "Uso do padrão Instructional Management System (IMS) em objectos de aprendizagem". (Bacharelado em Ciência da Computação) – Curso de Ciência da Computação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.
- [9] D. A. Wiley, "Connecting learning objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, and a taxonomy". Utah. 2001. [on line] Available: <http://www.elearning-reviews.org/topics/technology/learning-objects/2001-wiley-learning-objects-instructional-design-theory.pdf>.

- [10] [on line] Available: <http://www.Simplygon.com/Simplygon.a>.
- [11] [on line] Available: <http://www.VizUp.com/index.html>, *VizUp* software company – Optimize 3D models.
- [12] Demicron. (2010, September) Demicron Interactive 3D. Disponível em: http://www.demicron.com/download/docs/v5/WF5_3DModeling.pdf. Acesso em: 05 jun. 2010.
- [13] [on line] Available: <http://download.oracle.com/javase/tutorial/deployment/webstart/running.html>.
- [14] [on line] Available: <http://ultradownloads.uol.com.br/download/Adobe-Flash/>.
- [15] R. Pressman, "Engenharia de Software", 5ª edição, McGraw-Hill Interamericana do Brasil, 2002.
- [16] I. Jacobson, M. Cristerson, P. Jonsson and G. Overguard, "Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach", Revised Printing, Addison-Wesley Longman, Redwood City, CA, 2004.



Manuel Travassos Valdez (MsC.)

Recebeu o seu diploma e mestrado em Engenharia Eletrotécnica pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), Coimbra, Portugal, em 1980 e em 1995 respetivamente.

Em 1981 entrou para o Instituto Politécnico de Coimbra (ISEC), Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e atualmente ocupa o cargo de Professor Adjunto. É responsável por palestras e temas relacionados com a análise de circuitos elétricos. Ele é estudante de plano doutoral na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Porto, Portugal e o seu interesse de pesquisa principal inclui estratégias na educação em Engenharia e *design* de iluminação. Publicou vários artigos de investigação em revistas e congressos nacionais e internacionais.



Carlos M. B. Machado Ferreira (Ph.D.)

é Professor coordenador do Instituto Politécnico de Coimbra engenharia Instituto Politécnico de Coimbra (IPC/ISEC), Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Departamento de Engenharia Eletrotécnica, onde leciona na área de

sistemas de potência.

Recebeu o seu diploma de Engenheiro Eletrotécnico, graus de MsC. e PhD no Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), Portugal, em 1991, 1996 e 2006 respetivamente. É investigador no INESC, Coimbra, Portugal. O seu



interesse principal inclui otimização, controle e análise de segurança de sistemas de energia elétrica. Publicou vários artigos de pesquisa em revistas e congressos nacionais e internacionais. Esteve envolvido em vários projetos de pesquisa internacionais.

Fernando Pires Maciel Barbosa (Ph.D.)

É Professor Catedrático na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, onde leciona na área de Análise de Sistemas Elétricos.

Recebeu o diploma de Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica em 1971, na Universidade do Porto, Portugal, o mestrado e doutorado na área de Fiabilidade de Sistemas Elétricos de Energia no UMIST, Manchester, Reino Unido, em 1977 e em 1979 respetivamente. É investigador no INESC TEC Porto, Portugal. Os seus principais interesses incluem a Análise de Sistemas Elétricos, nomeadamente, Trânsito de Potências, Estimação de Estado, Estabilidade Transitória, Estabilidade de Tensão, Segurança de Sistemas Elétricos, Despacho Económico e áreas afins. Publicou vários trabalhos de investigação em periódicos nacionais e internacionais. Esteve envolvido em vários projetos de pesquisa internacionais. É Membro Sênior do IEEE e Membro Conselheiro da OE.

Capítulo 13

Mecanismos de Modelação 3D para Recursos Educativos na Área da Saúde

Miguel Rocha, João P. Pereira, António Vieira de Castro

Title – 3D Modeling Mechanisms for Educational Resources in the Health Area

Abstract – 3D physical models have been used crosswise as a way of teaching in the most diverse areas of knowledge and have played an important role in the learning act, allowing physical contact, volume perception and knowing the exact position of each model's component by simulation of practical issues. In medical and health area, 3D digital models can significantly complement the traditional physical models as well as providing other important features, some of them unique, that must be properly valued. The biggest issues, in 3D digital modeling, are the modeling complexity and the handling of large amount of information on 3D representation via internet broadcast where bandwidth can be critical. This article presents a study on different 3D modeling mechanisms focused on the production of medical and health education resources always concerning with the correct anatomical form.

Keywords: 3D Modeling, Computer Graphics, Learning Objects, Health Education, Medical Education.

Resumo - Os modelos físicos 3D têm sido utilizados transversalmente como forma de ensino nas mais variadas áreas do saber e têm desempenhado um importante papel na aprendizagem, permitindo inclusivamente, através de simulação de situações práticas, o contacto físico com o objecto de estudo, possibilitando a noção de volumetria, bem como conhecer a posição exacta de cada componente do modelo. Na área da saúde, os modelos digitais 3D podem complementar significativamente os tradicionais modelos físicos, apresentando outras características igualmente importantes e até em certos casos únicas, que devem ser devidamente potenciadas. Nos modelos digitais 3D, a maior dificuldade encontra-se na manipulação da grande quantidade de informação associada à sua representação 3D, na sua difusão via internet onde a largura de banda pode ser crítica, e ainda na complexidade da modelação. O presente artigo apresenta um

Este trabalho foi apresentado originalmente na CISTI 2011.

M. Rocha é investigador do GILT (Graphics Interaction and Learning technologies), Portugal (Telefone: 228340500; e-mail: prtmde@gmail.com).

J. P. Pereira é docente no Departamento de Engenharia Informática do Instituto Superior de Engenharia do Porto, (e-mail: jjp@isep.ipp.pt).

A. V. Castro é docente no Departamento de Engenharia Informática do Instituto Superior de Engenharia do Porto e investigador do GILT (Graphics Interaction and Learning Technologies), (e-mail: avc@isep.ipp.pt).

estudo sobre diferentes mecanismos de modelação 3D focalizando a produção de recursos para ensino na área da saúde, com preocupação do anatomicamente correcto.

Palavras-Chave: Modelação 3D, Computação Gráfica, Objetos de Aprendizagem, Educação em Saúde

I. INTRODUÇÃO

É generalizada a utilização de modelos físicos 3D para auxílio no ensino da anatomia, tendo em conta o grau de pormenor e perfeição obtidos, como é o caso do modelo físico do esqueleto e o modelo do corpo humano com diferentes camadas amovíveis que lhe conferem diferentes graus de pormenor. O fabrico de modelos anatómicos, de uma forma geral, requer uma colaboração próxima entre o anatomista ou cirurgião e um escultor ou modelador [1]. No entanto, a mesma evolução tecnológica que abriu caminho aos modelos físicos 3D baseados em material plástico tem também aberto o caminho à elaboração de modelos anatómicos 3D em formato digital, considerados anatomicamente correctos e que, pela sua natureza digital, podem-se encontrar permanentemente disponíveis na internet para uso em aprendizagem.

A. Caracterização do problema

A maior dificuldade na representação de modelos 3D, e em especial na área da saúde, está relacionada com a complexidade da própria estrutura anatómica, que obriga na maioria das situações à modelação de superfícies complexas para a sua representação mais correcta. É fundamental a simplificação e a redução de toda a informação digital da representação de um modelo 3D, sem comprometer a representação anatomicamente correcta, permitindo a sua difusão em redes com pouca largura de banda. Para tal, usam-se técnicas de dizimação que permitem reduzir o número de polígonos de um modelo digital 3D, minimizando as alterações morfológicas.

B. Objectivos

Pretendeu-se com este estudo contribuir com técnicas e estratégias de modelação 3D, foto-realismo e animação, que de uma forma eficiente permitissem a realização na área da saúde

de modelos digitais 3D para a obtenção de formas anatomicamente correctas, passíveis de integrar qualquer objecto de aprendizagem (OA). Na busca desses modelos digitais 3D anatomicamente correctos procurou-se realçar a importância do trabalho em equipa, que deverá ser multidisciplinar e composta por um ou mais profissionais quer da área da computação gráfica, quer da área da saúde. Pretendeu-se efectuar a análise e a elaboração de procedimentos que facilitassem a aprendizagem e a formação de especialistas na área da modelação 3D, especialmente na produção de modelos de órgãos ou outros componentes do corpo humano que possam ser considerados anatomicamente correctos.

A definição de uma estratégia de modelação com vista à obtenção de modelos digitais 3D que sejam considerados anatomicamente correctos, foi reforçada pela realização, por parte de um dos autores, de alguns modelos 3D de órgãos humanos em formato digital, usando diferentes abordagens.

A validação final teve como objectivo aferir a importância e viabilidade dos modelos 3D no ensino na área da saúde, através da redução da complexidade digital dos modelos 3D, facilitando o uso pela internet sem perda de qualidade e assim minimizar a utilização de órgãos provenientes de cadáveres humanos ou dos modelos físicos 3D.

II. OS MODELOS 3D E O ENSINO

Actualmente, com a tecnologia que nos rodeia, os alunos encontram-se particularmente motivados para a aprendizagem baseada em imagem, vídeo e áudio de alta definição, que são facilmente encontrados em jogos interactivos e em ambientes virtuais 3D. A investigação sobre o uso de computadores e de tecnologia no ensino multidisciplinar de ciência, tecnologia, engenharia e matemática, mostra que, quando combinada com as actividades práticas baseadas em investigação e análise reflexiva, a interacção tecnológica é particularmente eficaz para promover o conhecimento, tendo em conta que a tecnologia 3D que pode ser aplicada estabelece a ponte entre os conceitos obtidos na aprendizagem e a sua aplicação no mundo real.

São exemplos de repositórios com modelos digitais 3D no ensino o wisc-online¹, Merlot² e o Melor³.

A. Os Modelos 3D e o Ensino na Área da Saúde

Os modelos digitais 3D aplicados à área da saúde, quando são anatomicamente correctos constituem uma mais-valia considerável para a sua integração em OAs. Na verdade, a percepção de certas características de um órgão ou parte do corpo humano só podem ser bem aprendidas através de um OA quando estas noções lhe estão associadas. No caso de o OA ser digital, a noção de volumetria, textura e forma e ainda

¹ <http://www.wisc-online.com/Objects/ViewObject.aspx?ID=IAU14008>

² <http://www.merlot.org/merlot/materials.htm?materialType=Simulation&keywords=3d&category=2267&newsearchbutton0.x=0&newsearchbutton0.y=0&newsearchbutton0=Search>

³ <http://gilt.isep.ipp.pt:8080/melor/handle/123456789/553>

a percepção do movimento conseguido pela animação pode ser obtida pela inclusão de modelos digitais 3D, como será o caso de um OA com um modelo digital 3D que represente um coração em corte transversal, com animação produzida de forma a visualizar com foto-realismo o seu comportamento interno enquanto ocorre o fluxo sanguíneo pelo seu interior.

De uma forma geral os modelos digitais 3D na área da saúde, são utilizados dentro de OAs, dos quais se apresentam aqui alguns exemplos relevantes.

1) *Caveman*

Visa criar mapas visuais de informação sobre doenças que têm um componente genético, como o cancro, a diabetes e o Alzheimer. Usando o CAVE, um ambiente de realidade virtual imersiva, a investigação irá integrar atlas digitais de alta resolução do corpo humano, com dados médicos relativos a doenças específicas. O resultado final será a nova geração de um sistema de visualização 4D (espaço e tempo) para observar processos evolutivos de doença e os efeitos das respectivas intervenções, tais como drogas e outros fármacos [2].

2) *VisibleBody*

Caracteriza-se por ser um sistema interactivo 3D completo da anatomia do corpo humano, com modelos detalhados de todos os sistemas de corpo, capacidade dinâmica de pesquisa, controlo 3D de fácil utilização e compatibilidade com os navegadores de Web mais populares [3].

3) *Primalpictures*

Foi criada em 1991 com o objectivo de criar um modelo 3D da anatomia humana, único, completo e medicamente exacto. A partir de 2003, o software de anatomia 3D é já utilizado na área da educação, sendo actualmente utilizado por pacientes, médicos e estudantes em vários países do mundo [4].

III. MECANISMOS DE MODELAÇÃO 3D PARA RECURSOS EDUCATIVOS NA ÁREA DA SAÚDE

Na modelação 3D, dependendo do objectivo final e da área de intervenção, podem ser escolhidos vários programas que melhor possam satisfazer a situação concreta. No mercado existem programas que são simultaneamente de modelação, foto-realismo e animação 3D, como o 3D Studio Max⁴, Maya⁵, Softimage⁶ e Blender⁷, assim como programas que são predominantemente de modelação 3D, como o caso do Catia⁸, Inventor⁹, Artcam¹⁰, Powershape¹¹ e Rhinoceros¹² e ainda programas que são exclusivamente de foto-realismo como o

⁴

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=13567410&siteID=123112>

⁵

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=13577897&siteID=123112>

⁶

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?id=13571168&siteID=123112>

⁷

<http://www.blender.org/>

⁸

<http://www.3ds.com/products/catia/>

⁹

<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID=123112&id=13717655>

¹⁰

<http://www.artcam.com/>

¹¹

<http://www.powershape.com/>

¹²

<http://www.rhino3d.com/>

Pov-ray¹³. É também importante usar um programa de tratamento de imagem que possa ajudar na preparação de texturas a utilizar na criação do foto-realismo, como o Photoshop¹⁴, que é uma referência na área, com a particularidade de ser um produto comercial, ou ainda o Gimp¹⁵, que responde bem na grande maioria das situações e tem a particularidade de ser um programa livre ao abrigo da licença GPL.

A. Técnicas de modelação

Os modelos digitais 3D, para manterem uma precisão e perfeição visual aceitáveis, têm de ter um número de polígonos muito elevado, causando um aumento drástico na quantidade de informação necessária à sua representação. Como consequência, pode-se tornar inviável a sua transmissão via internet. É principalmente por esta razão que os modelos 3D encontrados na Web têm qualidade e perfeição visual diminuta, quando comparados com os modelos 3D vocacionados para a produção industrial.

Actualmente existe uma grande variedade de algoritmos baseados em modelos matemáticos para criar e editar os objectos 3D, e que dão origem a técnicas de modelação tais como *Polygonal modeling*, *editable mesh*, *Patch modeling*, *NURBS modeling*, e *Subdivision surface*, que permitem, com abordagens e naturezas distintas, atingir o mesmo objectivo de obtenção do objecto 3D final, procurando cumprir com todos os requisitos inicialmente propostos.

1) Polygonal modeling

Os polígonos são formas geométricas planas com três ou mais arestas rectilíneas e definidos por pontos no espaço tridimensional, que correspondem aos vértices. A região interior do polígono corresponde a uma superfície, a que se dá o nome de face. Os polígonos são modificados pela edição dos seus vértices, arestas e faces.

Um polígono também é simplifadamente designado por face. Quando várias faces se ligam umas às outras, estamos perante uma rede de faces a que se dá o nome de *polygon mesh* (malha poligonal). Os modelos 3D assim criados são baseados nas faces da malha poligonal.

2) Patch modeling

Este tipo de modelação permite criar objectos que se assemelham aos de malha poligonal, mas com a diferença de a curvatura de cada superfície com forma rectangular poder ser livremente controlada, mediante a acção do dispositivo apontador sobre as alavancas definidas em cada vértice das respectivas superfícies. O polígono que corresponde a uma face na modelação poligonal é sempre plano, enquanto o polígono quadrangular que representa uma unidade de superfície na modelação Patch pode ser curvo, ou seja, não reside em nenhum plano. Como consequência, a representação do mesmo objecto com superfície curva pode ser feita com

apenas um polígono ou, na pior das hipóteses, com alguns, poucos, polígonos de Patch.

3) NURBS modeling

A expressão *Non-Uniform Rational B-Splines* (NURBS) corresponde a um modelo matemático de representação de geometria 3D que pode descrever com precisão qualquer forma, desde um segmento de recta no plano, um círculo, um arco, até curvas mais complexas, incluindo superfícies ou sólidos com formas orgânicas complexas. Devido ao seu grau de precisão e de flexibilidade, os modelos NURBS podem ser utilizados em qualquer processo de desenho, desde a ilustração, animação até à produção industrial.

A representação de geometria baseada em NURBS tem várias características muito importantes, que a tornam a escolha ideal para a modelação assistida por computador:

- O modelo NURBS permite representar com precisão tanto os objectos com geometria básica como, por exemplo, os segmentos de recta, círculos, elipses, esferas, bem como os objectos com geometria mais complexa, como a forma estrutural de um carro ou como a forma do corpo humano.
- A quantidade de informação necessária para a representação geométrica baseada no modelo NURBS é significativamente inferior aquela que é necessária na modelação poligonal.
- Existem vários ficheiros de transferência baseados em standards industriais que permitem a transferência da geometria NURBS entre sistemas de modelação 3D, sem perda de informação.

Na modelação NURBS não se coloca inicialmente o problema de número de polígonos, porque as superfícies são geradas a partir de equações matemáticas que descrevem essas superfícies graficamente. Para além disso, é possível reproduzir formas muito complexas, que pela modelação poligonal seria muito difícil ou até impossível de obter.

A modelação NURBS foi a técnica escolhida neste trabalho para a obtenção de modelos digitais 3D com a preocupação do anatomicamente correcto.

B. Modelação 3D por vectorização de vistas ortogonais

Enquadrado nesta abordagem foram construídos dois modelos 3D com foto-realismo e animação: a representação do estômago/esófago e a representação externa de um olho com os músculos e o nervo óptico.

1) O modelo 3D do estômago e esófago

Partindo de uma imagem digital com a representação do aparelho digestivo, colocada como fundo na vista frontal do programa Rhinoceros, foram construídas as curvas correspondentes aos contornos e às secções transversais. Este decalque vectorial sobre a imagem deve conter o mínimo número de pontos necessários para ajustar à forma.

Depois de definidos os pontos por onde passa a curva NURBS, a equação associada faz a interpolação da forma da

¹³ <http://www.povray.org/>

¹⁴

<http://www.adobe.com/products/photoshop/photoshop/?promoid=DTELR>

¹⁵ <http://www.gimp.org/>

curva entre esses pontos, mantendo sempre uma relação de suavidade. Com as curvas obtidas foi construída a superfície NURBS NetworkSrf, que permitiu obter a forma de uma metade do estômago. O resultado obtido pode ser comparado ao revestimento de uma estrutura de arame com um plástico semelhante ao usado para cobrir os alimentos. Ao esticar o plástico, este, por ser maleável, vai-se conformar à estrutura de arame, embora no intervalo dos arames o plástico tenha uma progressão linear tornando a superfície final algo facetada. Na construção da superfície NURBS, o intervalo entre as curvas vai ser interpolado pela equação associada que pode ser cúbica ou mesmo de grau superior, garantindo sempre uma curvatura suave e por conseguinte uma superfície final também de forma suave.

No caso da modelação do esófago, foi utilizado o comando *Sweep1*, que através da curva axial e das diferentes secções transversais ao longo do esófago permitiu construir a superfície por varrimento dessas secções ao longo do eixo.

Para ligar o esófago ao estômago, foi feita a abertura do estômago cortando e removendo a parte da superfície que não era necessária, e construída uma superfície de ligação através do comando *BlendSrf*, que garantiu a suavidade de transição entre a superfície do esófago e a superfície do estômago.

Com a modelação pronta no Rhinoceros, transferiu-se o modelo para o 3D Studio Max com o objectivo de criar o foto-realismo e a animação (fig. 1).

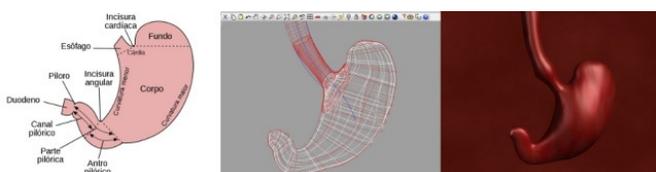


Figura 1. Sequência de modelação 3D do esófago e estômago.

2) O modelo 3D do olho

No caso do modelo 3D do olho (fig. 2), pretendeu-se fazer apenas a sua representação exterior anatómica. Para tal, foram construídas as curvas da forma do globo ocular e dos músculos no programa Rhinoceros, usando uma imagem como fundo contendo a representação lateral do olho. A partir dessas curvas foram modeladas as superfícies representativas da esclerótica do globo ocular, da córnea, da íris e pupila, todas com o comando *Revolve*, do nervo óptico com o comando *Sweep1* e dos músculos recto superior, recto interno, recto externo, recto inferior, oblíquo superior e oblíquo inferior e ainda do músculo elevador da pálpebra superior, todos com o comando *Sweep2*.



Figura 2. Diferentes perspectivas do modelo 3D do olho.

C. A modelação 3D a partir de imagens médicas

Contrariamente à modelação descrita anteriormente, este tipo de modelação 3D é baseado em imagens médicas que são obtidas por método não invasivo a partir do corpo do paciente quando este se sujeita a passar através de uma máquina digitalizadora de tomografia axial computadorizada (TAC), ultra-sons ou ressonância magnética (RM). A informação assim obtida permite criar modelos digitais 3D que podem dar origem a modelos considerados anatomicamente correctos. Estas digitalizadoras fazem o varrimento axial do corpo ou de parte do corpo humano obtendo a informação para cada secção transversal que atravessa, guardando num formato de ficheiro de imagens médicas. Os ficheiros assim obtidos têm tanto mais informação quanto mais pequeno é o passo para obtenção da secção transversal no varrimento que é feito durante o movimento axial da digitalizadora, isto é, quanto mais secções transversais forem obtidas na mesma distância percorrida durante o movimento axial. Cada imagem obtida é detentora de muita informação gráfica distribuída por uma área plana correspondente à secção transversal analisada. Esta informação por si só já é fundamental para os actos médicos de diagnóstico, mas se as imagens obtidas no mesmo contexto forem empilhadas, passa a existir toda a informação volumétrica do corpo ou parte do corpo humano, apenas limitada pelo número de secções transversais que forem definidas na digitalização. Neste contexto, existem programas que permitem visualizar, manipular e mesmo obter modelos digitais 3D em formato vectorial.

1) Programas adicionais utilizados

Existem no mercado vários programas, uns comerciais e outros de utilização gratuita, para visualização de imagens médicas. Estes programas permitem essencialmente a sua visualização, conversão e impressão. Exemplos de programas de visualização são o DicomWorks, MicroDicom, Sante Dicom viewer e o OsiriX Dicom Viewer. No entanto, também existem alguns programas com capacidades avançadas de manipulação e edição de imagens médicas. Na sua grande maioria são programas comerciais bastante onerosos, mas há alguns que são de uso livre com excelente qualidade e que resolvem a grande maioria das situações práticas existentes, não só para a visualização das imagens como também para a sua manipulação e exportação em modelo digital 3D, como por exemplo o Invesalius e o Itk-snap.

O MeshLab é um programa de uso livre e de código aberto ao abrigo da licença General Public License, para o processamento e edição de malha poligonal triangular não-estruturada de superfícies. Foi concebido para auxiliar no processamento de modelos oriundos da digitalização 3D. Disponibiliza um conjunto de ferramentas para edição, limpeza, simplificação, restauro, inspeção, foto-realismo e conversão da malha poligonal. Estão disponíveis várias técnicas para a simplificação por dizimação poligonal, contudo aquela que melhor consegue preservar a forma original do objecto é a que se baseia no modelo matemático *quadratic edge collapse decimation* e que corresponde à fusão de dois vértices por remoção da aresta correspondente, reposicionando

o novo vértice na posição que menor afastamento introduz, pelo cálculo do erro quadrático, relativamente à sua forma original. Este programa é bastante usado para a simplificação de modelos digitais 3D e foi utilizado neste trabalho, para criar as versões simplificadas dos modelos digitais 3D da orelha e do coração.

2) O modelo digital 3D da orelha

Foi concebido com base na reconstrução anatómica da cabeça de um paciente obtida através das imagens médicas no formato DICOM a partir do programa Invesalius v.1, com a técnica de vectorização por delimitação dos contornos das regiões, baseada na diferenciação de píxeis em cada imagem axial, coronal ou sagital. A vectorização, que deu origem a toda a informação de reconstrução anatómica digital 3D, não só capturou a informação anatómica real como também todo o ruído proveniente das estrias entre camadas provenientes da natural falta de informação ocorrida entre cada imagem médica ao longo do eixo da digitalização. Para eliminar o efeito das estrias e das facetas dos polígonos e maximizar a forma anatómica da orelha, foi feita no programa Rhinoceros v.4, a reconstrução da orelha em superfícies NURBS do tipo *NetworkSrf*, *Patch* e *BlendSrf*, a partir das curvas geradas sobre o modelo em malha poligonal vindo do programa de imagens médicas Invesalius. Estas curvas como tem uma natureza suave, vão dar origem a superfícies suaves dando uma grande qualidade superficial ao modelo NURBS e com grande precisão e rigor dimensional, como pode ser visto na sequência de imagens seguintes (fig. 3).

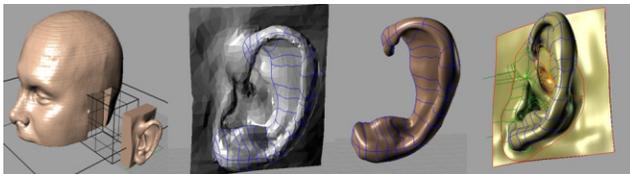


Figura 3. Sequência de modelação 3D da orelha até ao modelo em NURBS.

A construção da orelha em superfícies NURBS apresentou as seguintes vantagens: maior controlo dimensional sobre o modelo 3D, forma orgânica suave das superfícies obtidas, possibilidade de definir continuidade geométrica entre superfícies, maior controlo de modelação porque as superfícies passavam pelos pontos indicados, Maior controlo sobre a reconstrução da forma geométrica, aspecto visual apelativo e a possibilidade de gerar malha poligonal com qualquer resolução.

Após a modelação ter sido concluída, foi necessário estabelecer claramente qual a orientação a dar ao modelo digital 3D como recurso de aprendizagem na área da saúde: modelo digital 3D interactivo para a Web, modelo digital 3D para filme de animação ou molde para modelo físico 3D



Figura 4. Diferentes perspectivas do modelo 3D da orelha em foto-realismo.

3) Modelo digital 3D do coração

O modelo digital 3D final do coração foi concebido com base na reconstrução anatómica do coração de um paciente, obtida através das imagens médicas no formato DICOM com o programa Itk-snap, utilizando a técnica automática de geração de contornos activos e de propagação dinâmica dos contornos das regiões ao longo das imagens, baseada na diferenciação de píxeis. Esta metodologia é conhecida pela expressão *snake evolution*. O termo *snake* refere-se a uma curva fechada quando vista no plano da imagem ou a uma superfície quando vista em perspectiva no espaço 3D, que representa a segmentação obtida pela propagação dinâmica desta curva ou superfície. Na propagação obtida por este método, a curva fechada evolui a partir de uma estimativa muito grosseira da estrutura anatómica em análise para uma forma muito aproximada dessa estrutura.

A reconstrução do coração foi uma escolha estratégica por ser um órgão interno do corpo humano, pois pretendia-se verificar a viabilidade desta técnica em obter bons resultados ou pelo menos resultados satisfatórios. (fig. 5).

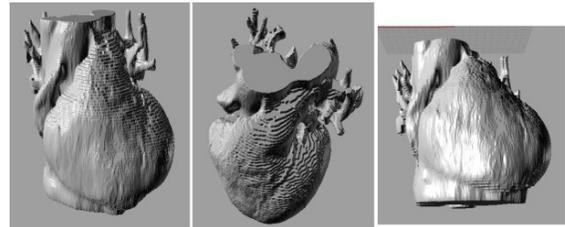


Figura 5. Modelo 3D poligonal do coração oriundo das imagens médicas, evidenciando os defeitos das estrias e dos limites de fronteira mal definidos.

O ruído das estrias é bem visível, mas é também notório o ruído devido a zonas-fronteira menos bem filtradas, como pode ser observado na junção da veia cava superior com a aorta, no excesso de região fronteira na parte inferior do coração e na rede de veias e artérias bastante incompletas.

Este modelo 3D obtido a partir do programa de edição de imagens médicas Itk-snap, não pode ainda ser utilizado como recurso de aprendizagem, sem primeiro ser reconstruído com recurso à modelação 3D. O modelo com 665.856 faces e 332.928 vértices foi importado no Rhinoceros para reconstrução. Com a utilização das superfícies NURBS *Sweep2*, *NetworkSrf*, *Patch* e *BlendSrf*, foram construídas as superfícies do coração utilizando as curvas obtidas do coração original aproximando-as o mais possível à forma real, tal como se pode ver na figura 6.

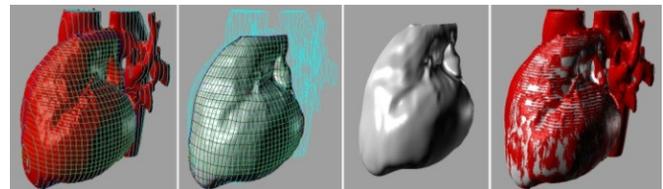


Fig. 6. Reconstrução do modelo 3D do coração em NURBS a partir do modelo 3D poligonal do coração oriundo das imagens médicas

É visível da esquerda para a direita a sequência de operações. Na primeira imagem da sequência vê-se o modelo 3D oriundo

das imagens médicas com as curvas de secção já construídas. Na segunda imagem é apresentada a superfície *NetworkSrf* construída a partir das curvas de secção. Na terceira imagem foram escondidos todos os objectos, excepto a superfície *NetworkSrf* em sombreado para realçar a forma e a qualidade superficial obtida. Na quarta e última imagem é apresentada a sobreposição do modelo 3D oriundo das imagens médicas com a superfície NURBS *NetworkSrf* para realçar o elevado grau de ajuste obtido. Para além da construção das superfícies NURBS a partir do modelo obtido pelas imagens médicas, um dos autores fez a reconstrução do arco da aorta e das restantes artérias e veias que ligam directamente ao coração e de algumas do primeiro nível de derivação. Com efeito, o modelo obtido pelas imagens médicas não contém a informação anatómica relativa ao arco da aorta. Para além disso, apresenta excessivo ruído nas regiões de ligação das artérias e veias ao coração. Partindo da informação anatómica existente, que apesar do ruído apresentou informação importante quanto à posição das artérias e veias e à sua forma generalizada, um dos autores fez uma extrapolação desses dados para obter a forma anatómica em falta. Assim, foi possível obter o modelo digital 3D do coração relativamente à sua parte exterior com todo o detalhe. Na imagem é apresentado o foto-realismo do modelo 3D do coração:

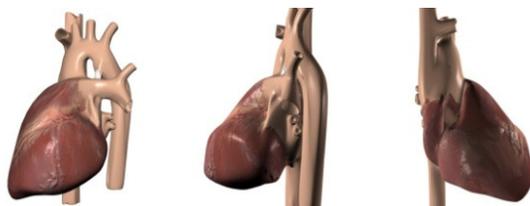


Figura 7. Diferentes perspectivas em foto-realismo do modelo 3D poligonal do coração obtido a partir do modelo 3D em NURBS.

4) Modelo digital 3D interativo para a Web

O modelo 3D interativo foi tratado na tecnologia Flash, por programação em ActionScript no Adobe flex, utilizando as bibliotecas de programação PaperVision3D. Assim, antes do modelo poder ser utilizado de forma interactiva na Web, foi obrigatório diminuir o número de polígonos para este se tornar computacionalmente comportável. Para o efeito foi utilizado o programa MeshLab na dizimação do modelo pelo método *Quadratic Edge Collapse Decimation*, reduzindo (cerca de 93%) para um número de faces aceitável no processamento em tempo real e com perda mínima da forma anatómica.

IV. RESULTADOS E AVALIAÇÃO

Para que os modelos digitais 3D possam ser difundidos de forma interactiva através da internet, sem comprometer a velocidade de execução, é necessário proceder à sua simplificação. Neste estudo foi feita a simplificação dos modelos digitais 3D, nomeadamente do coração, passando de um modelo inicial com 665.856 polígonos para um modelo final com apenas 2.300 polígonos mantendo a forma e a qualidade superficial (Tabela I).

Após a conclusão dos modelos 3D, estes foram submetidos no repositório MELOR¹⁶ (Medical Learning Objects Repository).

TABELA I - SIMPLIFICAÇÃO DE POLÍGONOS MINIMIZANDO A PERDA DE QUALIDADE SUPERFICIAL

Designação	Densidade poligonal final	NURBS?	Características
Modelo 3D poligonal do coração a partir das imagens médicas.	665.856 polígonos 332.928 vértices	Não	Elevado número de polígonos; Defeitos devido às estrias e às regiões de fronteira mal definidas.
Modelo 3D do coração em superfícies suaves e com rigor dimensional	-----	Sim	Eliminação dos defeitos de estrias e regiões fronteira; grande precisão; ajuste à forma original; excelente qualidade superficial; gera modelos 3D com qualquer número de polígonos.
Modelo 3D poligonal do coração a partir do modelo 3D de superfícies suaves	127.138 polígonos 63.569 vértices	Não	Modelo 3D poligonal sem defeitos de estrias e de regiões de fronteira; Densidade poligonal alta, média ou baixa.
Dizimação poligonal do modelo 3D poligonal anterior	2.300 Polígonos 1.150 vértices	Não	Baixa ou muito baixa densidade poligonal, mantendo a forma e a qualidade superficial. Muito útil para modelos 3D interactivos para difusão por rede internet, onde a largura de banda é crítica.

Em quase todos os casos optou-se por um ficheiro de animação em vídeo na norma mpeg2. Num dos casos foi necessário compactar o recurso num ficheiro .zip, por se tratar de um ficheiro executável .exe.

A. Validação do interesse de uso de modelos digitais 3D no ensino da área da saúde

Para conhecer o grau de interesse que os modelos digitais 3D despertam nos profissionais da área da saúde como recursos de aprendizagem, foi elaborado um inquérito *online* e que envolveu a auscultação de um total de 24 pessoas, repartidas pelas áreas da medicina dentária (faculdade de medicina dentária da Universidade do Porto e Universidade Fernando Pessoa), da enfermagem (Hospital S. João), da nutrição/gastroenterologia (Hospital Pedro Hispano) e da terapia da fala (Associação do Porto de Paralisia Cerebral - APPC).

O questionário foi composto por 13 perguntas, todas elas procurando indagar sobre a viabilidade ou importância dos modelos digitais 3D, mas também procurando fazer a

¹⁶ Disponível em <http://gilt.isep.ipp.pt/melor>

comparação e o confronto com os modelos físicos 3D tradicionais. A quase totalidade dos inquiridos considerou ser importante para a sua aprendizagem a utilização de modelos digitais 3D (45,8% considerou utilizar sempre, 50,0% considerou utilizar muitas vezes, 4,2% considerou utilizar às vezes e nenhum dos inquiridos considerou nunca usar). A grande maioria dos inquiridos escolheria aprender a partir dos modelos digitais 3D (nenhum dos inquiridos escolheria utilizar sempre o modelo digital 3D, mas 70,8% escolheria utilizar mais frequentemente o modelo digital 3D anatómico, sendo que 25,0% escolheria utilizar os dois tipos de modelos em igual proporção, 4,2% escolheria utilizar mais o modelo anatómico físico e nenhum dos inquiridos escolheria utilizar só o modelo anatómico físico). Dos inquiridos, nenhum considera que os modelos físicos sejam mais produtivos que os modelos digitais 3D (41,7% consideram ser mais produtiva a aprendizagem através de um modelo digital 3D anatómico, 58,7% consideram ser a produtividade equiparada e nenhum dos inquiridos considera ser mais produtivo a aprendizagem através de um modelo anatómico físico). Quase todos os inquiridos considera os modelos digitais 3D importantes para a aprendizagem, mesmo se menos correctos, desde que contenham uma mensagem pedagógica (41,7% consideram sempre importante, 54,2% consideram que sim, mas se não interferir com a simulação da cirurgia, 4,2% consideram nunca ser importante).

V. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Com a aplicação das técnicas apresentadas conseguiu-se uma simplificação significativa dos modelos 3D, facilitando a sua transmissão via internet e mantendo uma grande fidelidade à forma anatómica. Verificou-se ainda, ao longo do estudo, que os alunos revelam grande interesse e apetência para aprender com modelos digitais 3D. Assim, pretende-se prosseguir este estudo aplicando e aperfeiçoando estas técnicas e identificando outras, para construção destes modelos 3D, com formas progressivamente mais complexas, relacionados com a área da saúde.

A participação, por convite, em projectos nacionais (FCT) e internacionais (CYTED) relacionados com o tema reforça a vontade de continuar a trabalhar sobre o presente estudo.

REFERENCES

- [1] Oly, R.: Wax, Wooden, Ivory, Cardboard, Bronze, Fabric, Plaster, Rubber and Plastic Anatomical Models: Praiseworthy Precursors of Plastinated Specimens [Jornal]. - [s.l.] : Journal of the International Society for Plastination, 2000. - Vols. Vol 15 (1): 30-35 (2000)
- [2] Soh Jung Sun Center of Excellence for Visual Genomics - CAVEman 4D Mapping of Genomic and Medical Information [Online] // CAVEman: 4D Mapping of Genomic and Medical Information. - 2005. - http://www.visualgenomics.ca/index.php?option=com_content&task=view&id=111&Itemid=194.
- [3] Argosy Publishing Inc. VisibleBody [Online] // Visible Body 3D Human Anatomy. - 2007. - <http://www.visiblebody.com>.
- [4] Primal Pictures Ida 3D Human Anatomy Software [Online] // Primal Pictures 3D human anatomy medical software. - 2003. - <http://www.primalpictures.com>.



Miguel Ângelo Dantas da Rocha é investigador no grupo de investigação GILT (Graphics, Interaction and Learning Technologies) – do Departamento de Engenharia Informática do ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto, focalizado na modelação 3D otimizada de órgãos e regiões do corpo humano tendo em vista a obtenção de formas digitais anatomicamente correctas. Lecionou no Mestrado de Design de Ourivesaria da Universidade Católica, na disciplina de “Informática Aplicada à Ourivesaria” e em duas pós-graduações de Design de Ourivesaria da mesma Universidade ao abrigo de um protocolo estabelecido entre a Universidade Católica e o Centro de Formação Profissional da Indústria da Ourivesaria e Relojoaria – CINDOR. É autor de dois programas informáticos, “Cálculo e Orçamentação de Rede Predial de Água para Edifícios” e “Projecto e Orçamentação de Simbologia e Sinalética de Emergência e de Informação para Edifícios”. Desenvolve actualmente a actividade profissional como formador e consultor em áreas diversificadas da informática como programação, multimédia, computação gráfica, modelação 3D, fotorealismo e animação e também na área da produção industrial como o desenho assistido por computador (CAD), prototipagem rápida (3D Printing), máquinas de controlo numérico (CAM) e na produção de moldes industriais.



João P. Pereira é desde 1986 licenciado em Engenharia Electrotécnica pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), na opção de Sistemas Digitais. Em 1991 concluiu, na mesma instituição, o curso de mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, no perfil de Informática Industrial. Em 2004 obteve, na mesma faculdade, o grau de doutor em Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Exerce as funções de Professor Adjunto no Departamento de Engenharia Informática do Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto (ISEP-IPP), regendo as unidades curriculares de Sistemas Gráficos e Interacção, Complementos de Sistemas Gráficos, e Interfaces e Design dos cursos de licenciatura e mestrado em Engenharia Informática daquele instituto. Exerceu funções de investigação no Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-Norte/Porto, de 1986 a 2002), Graphics, Interaction and Learning Technologies (GILT, de 2005 a 2009) e Grupo de Investigação em Engenharia do Conhecimento e Apoio à Decisão (GECAD, desde 2007). As suas principais áreas de interesse são a Computação Gráfica e a Interação Humano-Computador. Em 1989 foi distinguido com o Prémio de Criatividade da Associação Portuguesa das Empresas do Sector Eléctrico e Electrónico (ANIMEE) pela sua participação no desenvolvimento do hardware e do software de um sistema gráfico monocromático, de muito alta resolução, de apoio à manipulação electrónica de documentos.



António Vieira de Castro é licenciado e pós-graduado em Informática de Gestão e Mestre em Tecnologias Multimédia pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, onde se encontra a concluir o seu doutoramento. É docente no Instituto de Engenharia do Porto (ISEP) e investigador do GILT (Graphics, Interaction and Learning Technologies) no qual coordena a linha de investigação Multimédia e Medicina.

Nos últimos anos escreveu vários artigos sobre o e-learning e utilização de tecnologias relacionadas com a produção de recursos educativos multimédia. Foi co-autor de um livro sobre o assunto publicado no Chile.

Proferiu várias palestras, por convite, sobre Tecnologias de Aprendizagem em vários países Europeus e Americanos.

Nos últimos anos orientou inúmeras dissertações de Mestrado e projetos de Licenciatura.

Ele é o autor e criador do repositório MELOR (Medical Learning Objects Repository) atualmente em uso em mais de 44 países.

Actualmente é co-responsável do Grupo de Trabalho Europeu sobre Mídia Aplicada Ensino e Aprendizagem (Task Force –MEDIA), especificamente na área da aprendizagem e de objectos de aprendizagem.

Um dos mais recentes produtos desenvolvidos sob sua direção (enquanto autor da ideia) é o EduGraal, um aplicativo para gravação de vídeo aulas para distribuição em formato de vídeo que visa facilitar a sua produção a professores de todo o mundo.

Capítulo 14

Adaptándose a los nuevos procesos de enseñanza/aprendizaje en la Electrónica de Potencia: una aplicación web interactiva

Ana Pozo Ruz y Francisco David Trujillo Aguilera, *Student Member, IEEE*

Title—A Web-Based Tool for a Power Electronics Course

Abstract—This paper presents a computer-aided educational package for the study of Power Electronics. This work is framed within the guidelines established by the European Higher Education Area, which promotes the active role of the students. The software includes: a dynamic and interactive tool for simulating steady-state ideal power electronics converters, multimedia resources as video animations of operation of power electronics circuits and self-evaluation test automatically corrected and graded by the software. The software provided highly favorable results when compared with students who did not use it.

Keywords—Power electronics; educational technology; electrical engineering education; power converter simulation.

Abstract—La herramienta web presentada sirve como apoyo a la docencia, al estudio y al aprendizaje de la Electrónica de Potencia, encontrándose enmarcada dentro de los preceptos establecidos para el advenimiento y desarrollo del Espacio Europeo de Educación Superior, promoviendo la participación activa de los estudiantes y haciéndolos responsables de su propio aprendizaje. Esta herramienta incluye: simulaciones interactivas y dinámicas de diversos convertidores conmutados de potencia; animaciones multimedia de los modos de operación de dichos convertidores; y cuestionarios de evaluación, con corrección automática. Los resultados obtenidos demuestran la satisfacción de los propios estudiantes, mejorando sus calificaciones académicas, frente a otros estudiantes que no hicieron uso, en años anteriores, de esta nueva herramienta.

Keywords—Electrónica de potencia; tecnología educativa; educación en ingeniería eléctrica; simulación de convertidores de potencia.

Este trabajo fue presentado originalmente al FINTDI 2011 (II Conferencia Internacional en Fomento e Innovación con Nuevas Tecnologías en la Docencia de la Ingeniería)

Ana Pozo Ruz y Francisco David Trujillo Aguilera pertenecen al Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad de Málaga, C/Dr. Ortiz Ramos s/n, 29071 Málaga, España (correo electrónico: apozo@uma.es, fdtrujillo@uma.es).

I. INTRODUCCIÓN

HOY en día, la educación universitaria se encuentra inmersa en una serie de importantes cambios en el contexto educativo como consecuencia de la implantación paulatina del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Este hecho trae consigo un importante cambio en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Así, es necesario involucrar de una forma más eficiente a los estudiantes haciéndolos responsables de su propio estudio y fomentando la participación activa de los mismos [1]. Simultáneamente, en los últimos años se ha producido un incremento considerable en el desarrollo y uso de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en diferentes ámbitos de nuestra sociedad, siendo la educación uno de los campos más desarrollados, con diferentes modalidades y grados de incorporación de estas herramientas a la educación formal, no formal o informal. Para vivir, aprender y trabajar con éxito en una sociedad cada vez más compleja, rica en información y basada en el conocimiento, los estudiantes y los docentes deben utilizar estas nuevas tecnologías digitales con eficacia. Entre los innumerables recursos implementados en el campo educativo, caben citar las aplicaciones multimedia, las herramientas de simulación o las plataformas educativas, entre otros [2] [3].

Las tecnologías educativas empleadas, tanto en el aula como fuera de la misma, están influyendo, drásticamente, en la creación de nuevos procesos de enseñanza/aprendizaje. El aprendizaje basado en web (más comúnmente llamado *e-learning* o enseñanza *online*) se basa en la utilización de las telecomunicaciones para el envío de información en el ámbito de la educación. El *e-learning* es el tipo de enseñanza que se caracteriza por la separación física entre el profesor y el alumno, y que utiliza Internet como canal de distribución del conocimiento y como medio de comunicación. La innovación radica en desarrollo de nuevas herramientas de ayuda al conocimiento y en el uso de dispositivos que, a través de las redes de telecomunicaciones, consiguen que los estudiantes

puedan interactuar con el entorno y entre ellos [4]. Universidades, colegios y empresas usan, cada vez con más asiduidad, programas de desarrollo basados en cursos *online*. Simplemente con un ordenador personal conectado a Internet es posible participar en un programa de aprendizaje basado en Web, posibilitando a los estudiantes asistir a cursos, en cualquier parte y en cualquier momento. Un gran número de investigaciones relativas al *e-learning* se centran en el estudio y análisis de la efectividad y los resultados conseguidos con estas nuevas experiencias educativas. Al fin y al cabo, el *e-learning* está surgiendo como uno de los más importantes paradigmas de la educación moderna, si bien habría que indicar que a pesar de la gran importancia que presentan las TIC en la gran mayoría de los países, tras el entusiasmo inicial y unos años de euforia del aprendizaje electrónico, el *e-learning* no ha respondido a las expectativas que había creado [5]. Un nuevo concepto, denominado aprendizaje semipresencial (*blended learning*, *b-learning*) ha ido apareciendo, debido a que cuestiones de diversa índole como la falta de contacto físico [6], inherente y necesario en el ser humano; la ausencia de programas formativos completos y del trabajo colaborativo [5]; o el incremento de los costes [7] han supuesto una falta de respuesta por parte del *e-learning* a las expectativas creadas.

En el caso particular de la Electrónica de Potencia, materia de indudable trascendencia y alcance, y presente en cada una de las distintas titulaciones de la rama de la ingeniería industrial, los responsables docentes de la misma han ido detectando serias dificultades en los estudiantes para comprender los modos de operación de los diferentes convertidores, debido principalmente a la gran variabilidad en su funcionamiento según los parámetros de control y de la carga. Se torna bastante complicado, por lo tanto, ilustrar estos conceptos teóricos con las tradicionales transparencias estáticas o haciendo uso de la pizarra [8]. Por ello, auspiciados por el gran auge de las TIC, se decidió crear una primera versión de lo que en futuro será un proyecto mucho más amplio, destinado a la creación de una "Plataforma Interactiva de Electrónica de Potencia" de libre acceso en Internet. Esta primera versión, incluye:

- Visualización de videos autoexplicativos sobre el funcionamiento de los convertidores conmutados de potencia.
- Simulaciones dinámicas de estos convertidores conmutados, mediante un solo clic.
- Cuestionarios de autoevaluación, ordenados por dificultad, y corregidos automáticamente.

La utilización de esta herramienta durante el último curso académico ha mejorado considerablemente el nivel de comprensión de la asignatura a la vez que ha fomentado la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje y su satisfacción en el estudio de la misma.

II. DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN WEB

La aplicación web implementada pretende servir de soporte

y apoyo al estudio y a la docencia de la Electrónica de Potencia, especialmente para el caso de los estudiantes de ingeniería [9]. Las herramientas creadas se han empaquetado en una Web diseñada en HTML (*HyperText Markup Language*).

La aplicación se divide en tres módulos:

- Módulo I: Tutorial. Análisis del funcionamiento de las diferentes topologías de convertidores conmutados de potencia (vídeos Flash [10]).
- Módulo II: Simulación. Simulación de diversas topologías de convertidores de potencia (creados en Matlab/Simulink [11]).
- Módulo III: Auto-evaluación. Cuestionarios de auto-evaluación, de diversa dificultad y de corrección automática (creados en Hot Potatoes [12]).

Cada uno de estos módulos se corresponde con una parte del proceso natural del estudio de la asignatura:

- Fase I: estudio de los convertidores conmutados de potencia: topologías, funcionamiento, formas de onda, estrategias de control, etc.
- Fase II: simulación del convertidor ante distintas cargas y parámetros/estrategias de control.
- Fase III: cuestionarios de autoevaluación, para determinar el grado de asimilación de los conceptos que se han estudiado.

Desde la página principal (Fig. 1) de la aplicación es posible acceder a cada uno de los módulos, detallados a continuación.

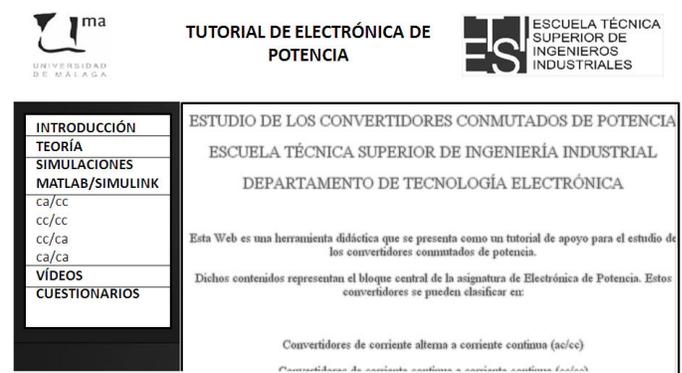


Figura 1. Página de inicio

A. Módulo I: Tutorial

En este módulo se explican los principios de funcionamiento de los convertidores conmutados de potencia por medio de vídeos y animaciones [13]. Estos vídeos se han programado haciendo uso del programa multimedia Adobe Flash [14], software diseñado para la creación de animaciones webs. Gracias a las animaciones, los estudiantes pueden estudiar, paso a paso, el análisis de los convertidores conmutados de potencia. El resultado de estos análisis se muestra de dos maneras posibles: bien de forma analítica, a través de las ecuaciones tensión/intensidad resultantes del análisis; o bien de forma gráfica, a través de las distintas formas de onda de tensiones e intensidades definidas por dichas ecuaciones.

Se han realizado un total de 24 vídeos correspondientes a las principales topologías de convertidores conmutados de potencia (Tabla I). Cada vídeo cuenta con (Fig. 2):

- Una cabecera, donde se incluye el nombre del convertidor conmutado de potencia, los parámetros de control y la representación analítica (Fig. 2a).
- El diagrama electrónico del convertidor conmutado de potencia (Fig. 2b).
- Las gráficas de las formas de onda más importantes: tensión de entrada, tensión de salida, intensidad por la carga y caída de tensión en cada semiconductor (Fig. 2c).
- Una botonera, que permite controlar la animación como si de una película se tratara: delante, atrás, paso a paso hacia delante, paso a paso hacia atrás, detención, ir al principio, ir al final (Fig. 2d).

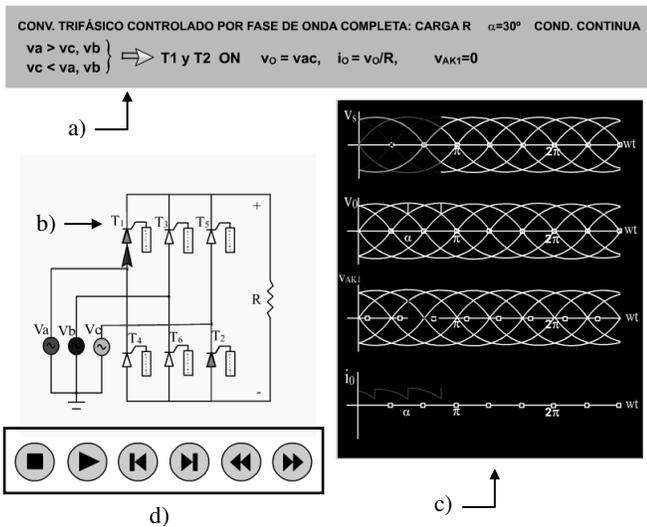


Figura 2. Animaciones de un convertidor conmutado de potencia: a) Cabecera, b) Circuito, c) Formas de onda, d) Botonera de control

Los vídeos desarrollados pueden considerarse “estáticos” en el sentido de que siempre se van a ejecutar de la misma forma, como una película que se ve una y otra vez. Los estudiantes no pueden interactuar sobre el mismo, modificando los parámetros de control o cambiando la carga que alimenta un circuito.

Por ello, y para ofrecer al alumnado un mayor grado de libertad en el estudio de los convertidores conmutados de potencia, se incluyó el Módulo II (Simulación), donde el estudiante puede “jugar” con el convertidor y visualizar las formas de onda resultantes.

B. Módulo II: Simulación

En este módulo, los estudiantes pueden simular las distintas topologías de los convertidores conmutados de potencia ante cualquier carga y estrategia de control. Hoy en día, existen muchos paquetes de simulación, como PSpice, EMPT, o PSIM [15]. Para realizar la simulación de un convertidor de potencia con estos paquetes, se requiere conocer cómo funcionan dichos programas e implementar el circuito siguiendo una

serie de pautas marcadas por los mismos. Esto trae consigo un tiempo en el aprendizaje del simulador en cuestión, así como un tiempo en la depuración de errores de convergencia, de conexonado, etc. Con objeto de no distraer la atención del alumno en la implementación del convertidor en un simulador comercial sino centrar su interés en la simulación en sí y en los resultados que ésta arroja, se ha decidido crear una serie de “cajas negras”, cada una de ellas implementando a un convertidor, y dejar “libres” como entradas los parámetros de control y cargas. Para la creación de estas “cajas negras” se ha utilizado el programa Matlab/Simulink [11]; en concreto, la librería “SimPowerSystem” específica de Simulink para Electrónica de Potencia.

TABLA I. TOPOLOGÍAS IMPLEMENTADAS, CARGAS Y ESQUEMAS DE CONTROL

Rectificadores no controlados	Monofásico	Media onda	Carga R
			Carga RL
		Onda completa	Carga R
			Carga RL
Convertidores controlados por fase	Monofásico	Media onda	Carga R
			Carga RL
		Onda completa	Carga R
			Carga RL
Trifásico	Onda completa	Carga R (modo conducción continuo)	
		Carga RLV_d (modo conducción continuo)	
		Carga RLV_d (modo conducción discontinuo)	
Convertidores continua/continua	Un interruptor controlable	Convertidor reductor Buck	
		Convertidor elevador Boost	
		Convertidor Buck-Boost	
		Convertidor Cúk	
	Puente completo	PWM (conmutación tensión bipolar, carga R)	
		PWM (conmutación tensión bipolar, carga RL)	
		PWM (conmutación tensión unipolar, carga R)	
		PWM (conmutación tensión unipolar, carga RL)	
Inversores	Puente completo monofásicos	PWM (conmutación tensión bipolar, carga R)	
		PWM (conmutación tensión unipolar, carga R)	
		Onda cuadrada (carga R)	
Convertidores alterna/alterna	Control por fase monofásicos	Bidireccional (carga R)	
		Bidireccional (carga RL)	

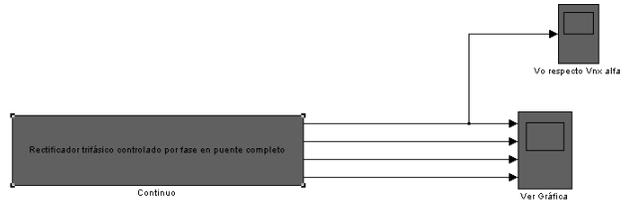
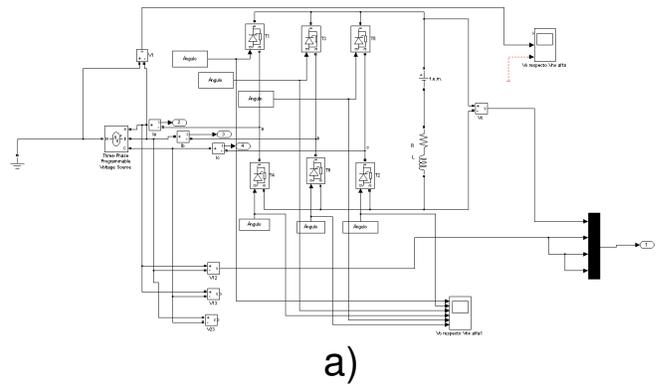
Cada convertidor conmutado de potencia se inserta en una “caja negra”, etiquetada con el nombre del convertidor. Se han creado un total de 26 convertidores de potencia a modo de “cajas negras”. La Fig. 3 muestra, a modo de ejemplo, un convertidor controlado por fase trifásico. La “caja negra” del mismo se muestra en la Fig. 3b. Pulsando dos veces sobre la misma aparece una ventana donde el estudiante puede modificar los parámetros de control del mismo (Fig. 3c): tensión de alimentación, valores de los elementos de la carga, estrategia de control, etc. Si el alumno desea ver el esquema eléctrico del convertidor puede hacerlo mediante la etiqueta “Mirar bajo la máscara” (Fig. 3a). Como resultado de la simulación del anterior convertidor, la aplicación muestra las formas de onda de las variables consideradas. En la Fig. 4 se presenta la tensión de salida.

C. Módulo III: Autoevaluación

El tercer módulo de la aplicación comprende un sistema de autoevaluación que, a través de diversos cuestionarios, permite a los estudiantes comprobar y validar su grado de asimilación de la materia y de adquisición de conocimientos. Se ha definido un cuestionario por cada convertidor conmutado de potencia. Las cuestiones definidas se pueden agrupar en los siguientes tipos:

- Rellenar, donde las respuestas pueden ser cadenas (simples o de varios renglones), o números enteros y flotantes.
- Verdadero/Falso, dependiendo de si el enunciado es correcto o incorrecto.
- Múltiples respuestas, donde la elección puede ser bien un texto o bien una imagen.

Los cuestionarios se han realizado en la aplicación Hot Potatoes [12], de libre distribución para aplicaciones docentes sin ánimo de lucro. La norma seguida para la realización de los cuestionarios ha sido la siguiente: las preguntas se deben responder de forma secuencial (van de menor a mayor dificultad) y mientras que no se haya obtenido la opción correcta no se muestra la siguiente cuestión. Cada intento fallido penaliza, puntuando la pregunta al 50%, 25%, 12,5%, etc. El sistema almacena el registro de intentos de cada cuestión y, cuando finaliza, proporciona el listado de cada pregunta con la solución correcta y la puntuación final obtenida por el alumno. La Fig. 5 muestra un ejemplo del cuestionario, para una precuenta sobre un convertidor conmutado de potencia.



1. Doble click en el bloque de la izquierda para introducir los valores deseados de las variables.
2. Establecer tiempo de simulación en el menú superior y darle al botón de iniciar simulación (play).
3. Doble click en los bloques de la derecha para ver la representación grafica de los valores en estudio.

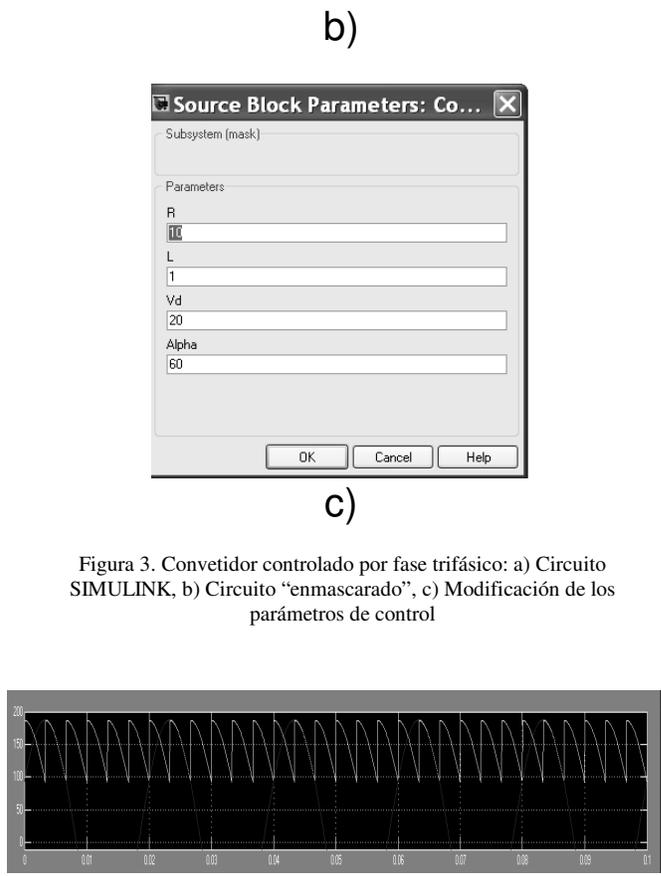


Figura 3. Convetidor controlado por fase trifásico: a) Circuito SIMULINK, b) Circuito “enmascarado”, c) Modificación de los parámetros de control

Figura 4. Tensión de salida para la simulación del convertidor controlado por fase trifásico

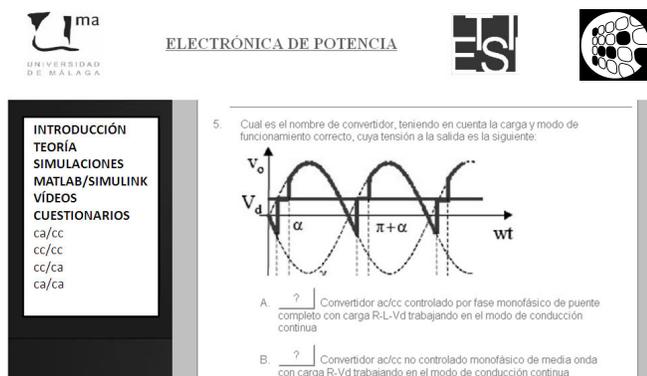


Figura 5. Un ejemplo del cuestionario

III. METODOLOGÍA Y RESULTADOS OBTENIDOS

La aplicación desarrollada ha sido empleada como material de ayuda para el aprendizaje y la enseñanza de la Electrónica de Potencia durante los dos últimos años académicos. La metodología usada en el desarrollo de las clases ha sido la siguiente: una vez que el profesor ha explicado en el aula, los conocimientos teóricos de un determinado convertidor conmutado de potencia, el alumno hará uso del Módulo I de la aplicación con objeto de afianzar los conocimientos adquiridos. Así, ejecuta cada vídeo tantas veces como se necesite, analizando el comportamiento del convertidor conmutado de potencia, tanto a nivel analítico (ecuaciones) como visual (formas de onda).

A continuación, el profesor propone una serie de ejercicios. Es entonces cuando los estudiantes hacen uso del Módulo II, simulando el convertidor con las condiciones de trabajo definidas en los ejercicios y obteniendo los resultados visuales del mismo. De esta forma, pueden comprobar si lo obtenido realizar el análisis del convertidor del ejercicio propuesto coincide con los resultados de la simulación.

Para finalizar, los cuestionarios de autoevaluación permiten a los alumnos comprobar el nivel de asimilación de contenidos.

Tras el uso por parte de los estudiantes de la aplicación interactiva descrita en este artículo, para el estudio de la Electrónica de Potencia, el porcentaje de aprobados se ha incrementado, pasando de un 55% a un 80%. Además, los estudiantes consideran muy útil el desarrollo de esta aplicación interactiva, la cual facilita el estudio de la Electrónica de Potencia. Del mismo modo, en varios cuestionarios cumplimentados por los alumnos, sobre la satisfacción de uso de la herramienta descrita, la opinión estudiantil es de total agradecimiento y gratitud por el desarrollo de aplicaciones que les facilitan el estudio y la comprensión de conocimientos.

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La aplicación web interactiva implementada puede usarse como tutorial y como apoyo para el estudio de los convertidores conmutados de potencia y ha supuesto una importante innovación en el proceso de enseñanza/aprendizaje de acuerdo a los paradigmas del EEES, motivando el estudio

independiente y una mayor participación activa de los estudiantes.

La aplicación interactiva se compone de tres módulos, siguiendo la secuencia natural del proceso de enseñanza/aprendizaje en la asignatura de Electrónica de Potencia: el módulo tutorial; que incluye animaciones de los convertidores conmutados de potencia; el módulo de simulaciones, basado en el entorno Matlab/Simulink, para analizar los convertidores conmutados de potencia bajo diferentes condiciones de control y de carga; y el módulo de autoevaluación, con varios cuestionarios corregibles de forma automática.

Actualmente, los profesores de la disciplina de Electrónica de Potencia trabajan en la creación de una Plataforma Virtual de Electrónica de Potencia que incluya esta herramienta y otras implementadas con otros programas de autor, como EasyJava [16], para ofrecer al alumnado un amplio abanico de posibilidades que les faciliten el estudio y el aprendizaje de la Electrónica de Potencia.

REFERENCES

- [1] G. Beauchamp and S. Kennewell, "Interactivity in the classroom and its impact on learning", *Computers & Education*, vol. 54, pp. 759–766, 2010.
- [2] T. Martín Blas and A. Serrano-Fernández, "The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in Physics", *Computers & Education*, vol. 52, pp. 35–44, 2009.
- [3] G. Hwang, "A tutoring strategy supporting system for distance learning on computer networks", *IEEE Transactions on Education*, vol. 41, no. 4, pp. 333–343, November 1998.
- [4] L. Tornatzky and M. Fleischer, *The Processes of Technological Innovation*. New York: Lexington Books, 1990.
- [5] A. Bartolomé, "Blended learning. Conceptos básicos", *Revista de Medios y Educación*, 2004, vol. 23, pp. 7-20.
- [6] M. P. Pascual, (2003, October 6). El Blended learning reduce el ahorro de la formación on-line pero gana en calidad. *Educaweb* [Online]. 69. Available: <http://www.educaweb.com/esp/servicios/monografico/formacionvirtual/1181108.asp>
- [7] College Board, *Trends in College Pricing 2001*. Washington.
- [8] A. A. Nogueiras-Meléndez, A. Lago-Ferreiro, A. Montero, A. Otero, L. E. Eguizábal, and C. Martínez-Peñalver, "A course on dc-dc converters towards the ECTS using the b-learning methodology", in *IEEE International Conference on E-Learning in Industrial Electronics*, 2009, pp. 13-18.
- [9] A. Pozo-Ruz, F. D. Trujillo, M. A. Callejón, and J. García, "Plataforma virtual didáctica de Electrónica de Potencia acorde a los paradigmas de los ECTS", in *17 Congreso Universitario de Innovación Educativa en Enseñanzas Técnicas (17CUIEET)*, 2009.
- [10] L. I. Camy, *La Biblia Macromedia Flash MX*. Madrid: Anaya Multimedia, 2002.
- [11] M. Nuruzzaman, M., *Modeling and Simulation in Simulink for Engineers and Scientists*. Estados Unidos: AuthorHouse, 2005.
- [12] Half-Baked Software Inc. (2009). Hot Potatoes Home Page [Online]. Available: <http://hotpot.uvic.ca/>
- [13] F. D. Trujillo, F. J. Sánchez-Pacheco, P. J., Sotorrió, A. Pozo, M. O. Martín-Graciani, and M. Escolar, "On the new challenge in the teaching/learning process: an interactive educational tutorial for the Industrial Electronics Engineering Bachelor", in *IEEE International Conference on Computational Technologies in Electrical and Electronics Engineering*, 2010.
- [14] C. G. Grover and E. A. Vander Veer, *Flash CS4: The missing manual*. Sebastopol: O'Reilly Media Inc, 2009.
- [15] F. D. Trujillo, M. O. Martín, O. Akka, and H. Akka, "Evaluación, investigación y comparativa de herramientas de simulación y de apoyo a

la docencia en Electrónica de Potencia”, in *Actas del I Congreso de Docencia Universitaria*. Vigo, 2009.

- [16] F. Esquembre, *Creación de simulaciones interactivas en Java. Aplicación a la enseñanza de la Física*. Madrid: Prentice Hall, 2005.



Ana Pozo-Ruz concluyó sus estudios de Ingeniería Industrial en el año 1995, y su doctorado en el año 2001, en la Universidad de Málaga. Desde el año 1997 ha estado trabajando como investigadora en la Universidad de Málaga. En el año 2002 comenzó a trabajar como profesora titular en el Departamento de Tecnología Electrónica. Sus líneas de investigación se centran en el uso de los nuevos métodos y tecnologías para la docencia en Electrónica de Potencia y el desarrollo de nuevas herramientas de apoyo al aprendizaje de la Electrónica de Potencia.



Francisco David Trujillo Aguilera concluyó sus estudios de Ingeniería de Telecomunicación en el año 1997, y su doctorado (Innovación en Enseñanza en la Ingeniería) en el año 2012, en la Universidad de Málaga. Comenzó en el año 1997, trabajando en la Universidad de Málaga como profesor asociado en el Departamento de Tecnología Electrónica y en el año 2002 pasó a ser profesor titular. Sus ámbitos de investigación abarcan el enrutamiento en redes ad-hoc, la presencialidad en entornos virtuales; y el

EEES y sus implicaciones en los procesos de enseñanza/aprendizaje.