

Realidade Aumentada e Ubiquidade na Educação

Maria Manuela Cruz-Cunha, M. G. A. D. Reis, Emanuel Peres, João Varajão, Maximino Bessa, Luís Magalhães, Luís Barbosa and João Barreira

Title—Augmented Reality and Ubiquity in Education.

Abstract—An augmented reality system allows you to combine real and virtual objects in a real environment, interactively and in real-time, features that give these systems a high potential in learning environments. This paper discusses the fundamentals of information technology in education. In particular, it explores the mobile augmented reality as a tool to support learning. It also proposes a model for supporting learning environments attended by interactive multimedia environments using augmented reality on mobile devices.

Index Terms—Mobile Devices, Mobile Learning, Augmented Reality, Ubiquitous.

I. INTRODUÇÃO

A tecnologia tem vindo continuamente a alterar de forma profunda a forma como as pessoas aprendem e vivem. Na verdade, segundo alguns autores [1]-[6], o mundo está a caminhar para uma “aprendizagem digital”.

Enquanto a Internet já está a ser amplamente utilizada no processo educacional actual, as aplicações baseadas na Web, nomeadamente os portais educacionais, começam a ganhar seu espaço. Contudo, o acesso a essas tecnologias depende da presença de um terminal de computador – quer laptop/desktop do estudante ou desktops da escola – para fornecer a interface entre as aplicações educacionais baseadas na Web, a estudantes e professores. Dar um passo na direcção dos estudantes, significa considerar os seus dispositivos tecnológicos do dia-a-dia e usá-los como meio de

proporcionar novas formas de aprendizagem interactiva, amigáveis e ubíquas, com conteúdos multimédia. Os dispositivos móveis, actualmente vistos simplesmente como dispositivos de comunicação, encontram-se já generalizados, são extremamente populares e amplamente utilizados por estudantes. É a sua rápida evolução, tirando proveito da capacidade do hardware e software, que os torna num meio de aprendizagem potencialmente valioso.

A tecnologia de Realidade Aumentada (RA), que incorpora informação virtual - visual ou outra – está verdadeiramente a começar a suportar uma série de ferramentas interativas, em especial vocacionadas para sistemas de auxílio à navegação. Já existem aplicações de aprendizagem baseadas em RA, apoiadas por câmaras Web e por computadores portáteis/desktop, que funcionam como um portal entre o mundo real e o mundo virtualmente enriquecido. A RA móvel encontra-se num estágio inicial e a dar os seus primeiros passos no processo educacional, mas apresenta um enorme potencial inexplorado.

Este artigo centra-se na discussão da utilização das Tecnologias da Informação (TI) na educação, em particular na possível utilização de sistemas móveis de realidade aumentada como veículo de aprendizagem ubíqua.

O artigo encontra-se organizado da seguinte forma: a próxima secção introduz a utilização de TI na educação; a secção III discute a aprendizagem baseada em exercícios e jogos; a secção IV caracteriza os sistemas de realidade aumentada e discute a sua utilização na educação, apresentando alguns exemplos de aplicações de realidade aumentada móvel; a secção V analisa a utilização de TI na educação em Portugal e, finalmente, são apresentadas algumas considerações finais na secção VI.

II. TI NA EDUCAÇÃO

As TI estão cada vez mais a tornar-se uma parte importante do processo de aprendizagem e a Internet é disso um bom exemplo. Weller [2], por exemplo, identifica vários factores que favorecem a utilização da Internet na educação, como a sua aceitação social; o facto de poder fornecer um sentido de controlo para os educadores (muito mais do que tecnologias anteriores, graças aos seus múltiplos recursos); o desenvolvimento do browser como interface genérico; o facto de que se trata de simultaneamente um meio interactivo e pessoal; e ser uma tecnologia sustentável e disruptiva.

Maria Manuela Cruz-Cunha é professora coordenadora no Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, Portugal, e investigadora no CITEPE, Universidade do Minho, Portugal (e-mail: mcunha@ipca.pt).

Maria G. A. D. Reis, Departamento de Educação e Psicologia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro e Agrupamento Vertical de Escolas do Peso da Régua, Portugal (e-mail: mgentil.reis@gmail.com).

Emanuel Peres é assistente na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal (e-mail: eperes@utad.pt).

João Varajão é professor na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal e investigador no Centro ALGORITMI, Portugal (e-mail: jvarajao@utad.pt).

Maximino Bessa é professor na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal (e-mail: maxbessa@utad.pt).

Luís Magalhães é professor na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal (e-mail: lmagalha@utad.pt).

Luís Barbosa é assistente na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal (e-mail: lfb@utad.pt).

DOI (Digital Object Identifier) Pendiente

Por conseguinte, e sem surpresa, a Internet pode ser usada para complementar o ensino presencial. Actualmente, por exemplo, são muitas as universidades baseadas em campus usando a Internet, não para substituir o seu modo tradicional face-a-face de comunicação, mas sim como um meio de o complementar (por exemplo, as páginas Web podem ser usadas para fornecer informações adicionais e o e-mail serve como um meio de contacto com os docentes dos cursos).

Tal como a Internet, muitas outras ferramentas de TI podem ser úteis em contextos de aprendizagem e certamente existem temas que melhor se adequam à sua utilização. É o caso de um curso de "Introdução às TI" e um curso para professores especialmente concebido pensado para resolver a necessidade dos professores dispostos a aprender sobre a conferência por computador. São ambos exemplos de cursos que utilizam eficazmente as tecnologias como parte integrante do conteúdo académico do curso, sem esquecer a adequação pedagógica (por exemplo, a aprendizagem baseada em recursos, onde os estudantes podem ser colocados frente a uma ampla gama de recursos, muitas vezes externos à universidade e podem adquirir a sua própria experiência de aprendizagem a partir desses recursos, no âmbito geral do curso).

Por outro lado, algumas TI trazem vantagens para as Instituições, uma vez que estas podem beneficiar da sua utilização no ensino, tanto no campus e para alcançar novos públicos, como pelo facto de que podem ser vistas como um mecanismo de aprendizagem assistida por computador, que pode disponibilizar simulações, apoio à visualização e ferramentas interativas.

Um bom domínio para a utilização de TI poderia ser a matemática. Tratando-se de uma actividade fundamental do ser humano, é uma maneira de dar sentido ao mundo e objecto de curiosidade natural e interesse das crianças, que ingressam na escola com uma compreensão particular de conceitos matemáticos e de estratégias de resolução de problemas que foram descobrindo à medida das explorações que empreenderam da envolvente ambiental. De acordo com Johnson [7] e do painel de peritos sobre o relatório Matemática [8], o ensino básico ou primário é um momento importante na fase do crescimento transaccional do pensamento matemático dos estudantes. A fim de se tornarem mais proficientes no seu trabalho, tanto na leitura de problemas como na elaboração de soluções, os alunos do ensino básico precisam de maior prática para reforçar a sua aprendizagem, um processo que ocorre tradicionalmente em papel. Em geral, depois de os estudantes terem concluído os exercícios práticos ou trabalhos de casa, têm frequentemente de esperar pela verificação por parte do professor e pelos resultados correspondentes.

No entanto, estas interrupções podem reduzir o interesse dos alunos pela aprendizagem, além de os impedir de aprender de forma eficiente.

A investigação empreendida pelo Painel de Peritos em Matemática [8] mostra que os estudantes matematicamente "alfabetizados" pensam de forma flexível sobre a melhor forma de resolver um problema. Todavia a maioria das abordagens que estes estudantes adoptam são fornecidas por

livros didáticos em geral ou livros de tutoria. Infelizmente, estes materiais são geralmente projectados para alunos médios, sendo frequentemente difícil encontrar o conteúdo mais apropriado para estudantes com diferentes capacidades. Por exemplo, nas aulas de Português há apenas um único livro concebido para todos os estudantes, embora os alunos mais habilitados possam necessitar de uma tutoria de nível superior à requerida pelos estudantes menos habilitados.

Assim, a profundidade e a flexibilidade da capacidade obtidas a partir desses livros de texto são inegavelmente restritas. E mesmo que alguns programas baseados na tecnologia e-learning possam fornecer conteúdo personalizado aos estudantes a partir do processo de aprendizagem, os estudantes do ensino básico podem sentir-se perturbados e desconcentrados quando em frente a um computador para trabalhar em matemática durante longos períodos de tempo. Normalmente este é o caso lamentável de crianças com atraso mental, caso em que ambos os pais e professores têm uma palavra importante a dizer. De facto, como Warschauer [4] aponta, "o professor deve estar envolvido centralmente e instruindo e orientando activamente os estudantes, especialmente na fase inicial do trabalho em um projeto". O ensino não orientado pode deixar os estudantes sem rumo, e isso é especialmente prejudicial para os alunos em situação de risco, tal como com dificuldades de aprendizagem, alfabetização limitada, competências linguísticas ou conhecimento prévio insuficiente.

III. APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE EXERCÍCIOS E JOGOS

As práticas mais eficazes de ensino devem basear-se em todas as formas em que os seres humanos são especialmente dotados, recolhendo os tipos de informação e padrões de causalidade. Com frequência as abordagens educativas adoptaram o modelo deficitário em que é assumido que as crianças chegam à escola com múltiplos equívocos que precisam ser substituídos e corrigidos. Um dos principais objectivos da educação deve consistir em gerar ideias explanatórias no nível exacto de detalhe e na correcta medida do necessário. Mas este não é um desafio fácil de cumprir. Exige, entre outros: saber o que os alunos sabem, saber o que poderiam saber depois de um período razoável de instrução, e saber que tipos de novos conhecimentos seriam os mais adequados para alargarem a sua compreensão do mundo, permitindo-lhes tomadas de decisão informadas e ações mais eficazes em contextos pertinentes.

Segundo Keil, [9], "as crianças adquirem mais do que eles sabem em segunda mão, através dos outros", e a maioria do conhecimento "ocorre em muitos ambientes não-escolares, como através da televisão, museus, brinquedos e outros artefactos, a Internet ou mesmo em vários jogos e actividades tais como xadrez, cozinhar, ou simular uma bancada de venda".

As actuais comunidades de ensino e investigação concordam que é através da abordagem estratégica didáctica baseada na utilização de exercícios e jogos, independentemente do modelo de ensino ou filosofia utilizada que a aprendizagem se torna potencialmente eficaz. Por

exemplo, os defensores da teoria sócio-cultural afirmam que a aprendizagem é essencialmente um processo social, mediado através de interações usando ferramentas [10, 11]. Assim, Vygotsky [10] considera que a mediação ocorre através da utilização de ferramentas semióticas e materiais. As ferramentas semióticas incluem símbolos, sinais e língua falada. As ferramentas materiais incluem itens como canetas, e particularmente computadores em rede (Internet). Mais importante, não só estas ferramentas simplesmente facilitam o conjunto de actividades que poderão ocorrer, mas também, e fundamentalmente, dão forma e definem o tipo de actividades que podem ser desenvolvidas [11].

Além disso, Seymour Papert propôs o uso de ferramentas, principalmente o computador, considerado-o como um poderoso instrumento de educação, servindo o processo de construção do conhecimento, do qual viria a emergir a teoria construcionista, adaptando os princípios do construtivismo cognitivo de Jean Piaget, a fim de fazer um melhor uso da tecnologia [12].

Tornar-se competente em matemática, por exemplo, pode ser entendido como a aquisição de uma predisposição para a matemática (ver, por exemplo, [13] [14]). Tradicionalmente, a forma dominante de aprendizagem nas escolas tem sido a aprendizagem direccionada pelo professor ou aprendizagem guiada, ou seja, um formador ou professor toma todas as decisões pertinentes e o aprendiz pode e deve segui-lo. Ele decide sobre os objectivos de aprendizagem, as estratégias de aprendizagem, a metodologia de medição dos resultados e controla o feedback, avaliações e recompensas [15]. No entanto, além da aprendizagem guiada, existem dois outros tipos de experiências de aprendizagem, identificados por Simons, Linden e [Duffy 15], a saber: a aprendizagem experiencial e de acção. Além disso, tem havido uma consciencialização forte e generalizada sobre as vantagens de novas práticas em sala de aula e a ideia de facilitar e apoiar os estudantes através da aquisição gradual e progressiva de competências matemáticas adaptativas.

Espera-se, pois, que tais práticas e culturas sejam capazes de criar as condições necessárias para uma mudança substancial a partir de uma experiência de aprendizagem orientada mais pobre, para uma experiência mais rica, bem como a aprendizagem baseada na acção, vista como uma estratégia de aprendizagem bem sucedida do ponto de vista didático [16], resultando numa utilização integrada e equilibrada das três formas de aprendizagem: construtiva, auto-regulada e contextual ou situacional [17].

A visão construtivista da aprendizagem tornou-se lugar-comum entre os psicólogos da educação (veja-se por exemplo [15], [18], [19]). Actualmente, o construtivismo implica que a aprendizagem, construtiva seja auto-regulada. De acordo com Zimmerman [20], a auto-regulação refere-se ao grau em que os indivíduos se encontram motivados, tanto ao nível metacognitivo como comportamental, para serem participantes activos no seu processo de aprendizagem.

Adicionalmente, De Corte [17], enfatiza que os processos de aprendizagem construtivos e auto-regulados devam ser escolhidos e estudados no contexto, e sendo a aprendizagem

colaborativa, que os esforços de aprendizagem sejam distribuídos entre o estudante individual, os seus parceiros no ambiente de aprendizagem e os recursos (tecnológicos) e ferramentas que se encontrem disponíveis [21]. Mais importante, De Corte [22] reforça que começando tanto quanto possível a partir das tarefas e problemas que tenham significado e sejam desafiadores para os estudantes, os ambientes de aprendizagem devem promover processos de aprendizagem construtivos socialmente suportados que facilitem a auto-regulação das competências cognitivas e volitivas.

Espera-se que os alunos estejam aptos a utilizar os conhecimentos e habilidades adquiridos para resolver a situações e problemas do quotidiano relacionados com a matemática, algo que Bransford e Schwartz, e Bransford et al. [23, 24], chamam de "preparação para a aprendizagem futura".

IV. RA MÓVEL NA EDUCAÇÃO

A. Realidade Aumentada

Milgram, em 1994, [25] definiu uma taxonomia, ao verificar que o termo Realidade Virtual vinha sendo aplicado a um conjunto de ambientes que nem sempre os de imersão total. Milgram propôs o que ele chamou de "Virtuality Continuum" (Fig. 1), ou "Contínuo de Virtualidade", cujos extremos são a Ambiente Virtual e o Ambiente Real. Entre os dois extremos está o que ele intitulou de Realidade Misturada, e definiu como sendo a sobreposição de objectos virtuais com o mundo real, mostrada ao utilizador através um dispositivo tecnológico.

Neste contexto, a Realidade Aumentada caracteriza-se pelo predomínio do real sobre o virtual, permitindo a inserção de objectos virtuais no mundo real, enquanto na Virtualidade Aumentada ocorre o predomínio do virtual sobre o real e a possibilidade do transporte de objectos reais para o mundo virtual.

Ainda segundo Azuma [26], um sistema para ser considerado de Realidade Aumentada deve:

- Combinar objectos reais e virtuais no ambiente real;
- Operar interactivamente e em tempo real;
- Alinhar objectos reais e virtuais entre si.

A definição de Azuma, ao contrário das outras, não limita os sistemas de Realidade Aumentada ao uso de determinado equipamento tecnológico, como a dos capacetes HMD (Head Mounted Display). Também não se restringe ao sentido da visão, visto que, potencialmente a Realidade Aumentada pode ser aplicada a todos os sentidos, incluindo audição, tacto e olfacto.

Outro aspecto implícito na definição de Azuma é que ele considera parte integrante da Realidade Aumentada, o que outros investigadores classificam como Realidade Diminuída,

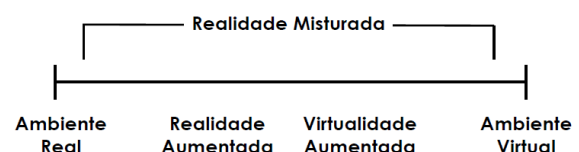


Fig. 1. Virtuality Continuum por Milgram (adapted from [25])

isto é, a remoção de objectos reais da cena visual. Por exemplo, a adição de um objecto virtual na frente de um objecto real, tem o efeito de eliminá-lo da cena, fazendo com que não seja percebido.

Vallino [27] apresenta um sistema típico de Realidade Aumentada onde distingue cinco subsistemas:

- Sistema de aquisição de imagem;
- Sistema de seguimento da localização e orientação da imagem (*tracking*);
- Sistema para criação dos objectos virtuais;
- Sistema de mistura da imagem real com a virtual;
- Sistema de apresentação.

No entanto, se considerarmos a existência de objectos reais em movimento na cena aumentada, podemos acrescentar ao sistema típico de Vallino um subsistema de manipulação de objectos. Este subsistema tanto poderá manipular os objectos reais como os virtuais. Podemos ainda incorporar no sistema global de tracking outro subsistema para seguimento dos objectos reais que se movimentam no ambiente aumentado [28]. A cena é vista por um dispositivo de aquisição de imagem, no caso uma câmara de vídeo. A câmara projecta o ambiente 3D visto numa imagem 2D. Os objectos virtuais são criados através de um sistema de computação gráfica. De modo a processar os objectos virtuais, o sistema de computação gráfica requer informações em tempo real sobre a posição e orientação da imagem na cena real. Estes dados irão controlar a câmara sintética que é utilizada para criar a imagem dos objectos virtuais. A imagem criada é então fundida com a imagem da cena real para formar a imagem de RA [27].

A RA pode ser classificada de acordo com as suas características muito particulares. Desta forma, uma abordagem à classificação da RA resulta da forma como o utilizador vê a imagem exatamente RA [29]. Assim, quando o utilizador vê o mundo RA (por meio de vídeo ou não), direccionando o olhar para as posições reais do mundo real, é classificada como um sistema RA de visão directa (imersiva). Por outro lado, quando o utilizador vê o mundo de RA usando um dispositivo, tal como um monitor ou projetor, não alinhado com as posições reais, é classificada como um sistema RA de visão indirecta (não imersiva).

B. RA e os Dispositivos Móveis

Nas primeiras pesquisas em RA móvel o equipamento geralmente utilizado consistia essencialmente num capacete HMD com câmara de vídeo e sensores de movimento e direcção. Carregada às costas do utilizador encontrava-se uma mochila com equipamento responsável pelo processamento e rendering dos objectos virtuais. Com o avanço da tecnologia, estes equipamentos começaram a ser substituídos pelos Ultra Mobiles PCs (UMPCs). Em seguida, surgiram os PDAs, que foram predecessores dos smartphones (Fig. 2). Com o evoluir destes dispositivos, os PDAs e os smartphones acabaram por se fundir numa só plataforma, tendo os PDAs praticamente desaparecido do mercado.

Comparado com os UMPCs, os smartphones são direccionados para um mercado diferente. Pelo preço, vida da bateria e conforto de utilização, os smartphones são concebidos para uma grande base de consumidores móveis e não apenas para operações portáteis. Assim, neste trabalho referimo-nos à RA móvel, àquela utilizada para dispositivos móveis smartphones. Nesta definição, um telemóvel com configurações de RA, deve permitir ao utilizador usar o seu telemóvel como dispositivo de interacção em RA, mesmo que alguns dados e informações de processamento possam não estar implementadas no próprio telefone [30].

De acordo com a classificação apresentada acima, a RA em dispositivos móveis pode ser classificada como de visão directa, proporcionando ao utilizador uma ferramenta que lhe permite obter uma nova visão do mundo real. A RA vem sendo aplicada nas mais diversas áreas da actividade humana. Destacamos o potencial de sistemas de RA em campos como entretenimento (e.g. [31], [32]) medicina (e.g. [33], [34]), comércio (e.g. [35], [36]), educação, e outros (e.g. [37], [38]).

C. RA na educação

Na educação, a possibilidade de simular situações e experiências, que de maneira real não seriam possíveis, possibilita uma aprendizagem de forma mais intuitiva e interactiva. Mais precisamente, imaginar um problema complexo de matemática ou geometria pode ser uma das principais dificuldades de um estudante. Nesse contexto, a RA pode afigurar-se como uma ferramenta alternativa no suporte ao ensino e no ultrapassar dessas dificuldades.

Em [39] é apresentado um sistema de RA desenvolvido para o ensino da Geometria que possibilita aos estudantes e professores visualizarem realmente os objectos 3D, deixando de ter de imaginá-los ou de desenhá-los. Isto permite aos alunos que os conceitos sejam compreendidos com maior facilidade do que usando métodos tradicionais (Fig. 3). No ensino da música, Zorzal et al. [40] desenvolveram um sistema de RA onde símbolos conhecidos são acrescentados sob a forma de objectos virtuais no ambiente real, ajudando o aluno visualmente na compreensão dos conceitos (Fig. 4).

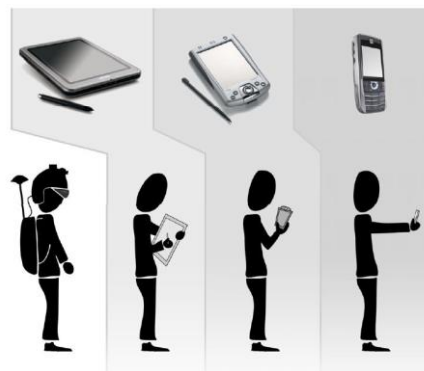


Fig. 2. A evolução da miniaturização da RA móvel: (a) Backpack com HMD, (b) UMPC, (c) handheld, (d) Telefone móvel. (fonte: [30])

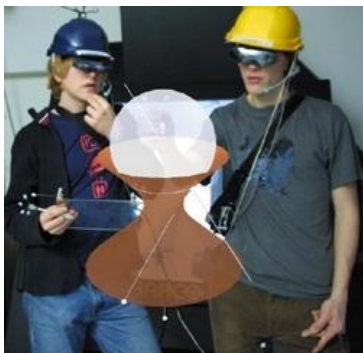


Fig. 3. RA no ensino da Geometria. (fonte: [39])



Fig. 4. RA no ensino da música. (fonte: [40])

Em [41], o software ARToolKit foi utilizado para o desenvolvimento de aplicações educacionais em ambientes de RA. A utilização deste software permitiu o desenvolvimento de várias aplicações simples e mais elaboradas, como puzzles, figuras geométricas, entre outros tipos de jogos.

V. A REALIDADE PORTUGUESA

O parque computacional Português é bastante diverso. Os computadores escolares, pessoais, desktop e portáteis variam entre capacidades de processamento baixas (por exemplo computadores com micro processador Pentium I ou inferior) e pouca memória (quer memória principal RAM, quer memória secundária em disco) até capacidades de processamento e de memória elevadas. Adicionalmente, nalgumas zonas rurais, as ligações Internet estão limitadas a 128Kbps (Kilobits por segundo), mas nas zonas urbanas podem atingir entre 256Kbps e to 16Mbps (Megabits per second) com ligações ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line).

Para além destas dificuldades, é referida a necessidade de formação de professores e de conteúdos Internet (por exemplo [42], [43]); no caso português, os professores também referem a falta de tempo para cumprir o programa recomendado pelo Ministério da Educação.

O programa “Internet Nas Escolas”, lançado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia em 1997 visava o desenvolvimento das TI nas escolas portuguesas. Cada escola (do ensino básico, do segundo ciclo – 5º e 6º anos de escolaridade e do ensino secundário – do 7º ao 12º ano de escolaridade) recebeu pelo menos um computador multimédia com ligação à Internet; uma descrição detalhada sobre a organização do sistema de ensino em Portugal e noutros países pode ser encontrada em <http://www.eurydice.org>.

Em 2006, o programa “e-School” (e.escola - <http://www.eescola.net/indexA.aspx>) permitiu que docentes e estudantes dos 5º aos 10º anos de escolaridade adquirissem portáteis por um preço baixo de 150 euros. Mais recentemente o governo Português estabeleceu protocolos com a Intel, e operadores de comunicações líderes (Optimus, TMN, Vodafone e Zon), Microsoft, “Magic Box” (Caixa Mágica), e membros locais, facilitando aos estudantes das escolas primárias o acesso a computadores portáteis conhecidos como “Magalean” (Magalhães), por um valor máximo de 50 euros (<http://www.eescolinha.gov.pt/portal/server.pt/community/e-escolinha/200/apresentacao>). Nos últimos tempos está adicionalmente a ser desenvolvido um esforço considerável no sentido de equipar as salas de aulas com quadros interactivos.

A existência de computadores nas escolas, como mostra este exemplo português, é obviamente necessário para integrar de forma efectiva as TI no processo de aprendizagem, mas isto não significa que seja suficiente. Instalar infra-estruturas é um processo relativamente simples quando comparado com o seu manuseamento, já que quer a formação necessária, quer a mudança de hábitos na comunidade escolar que conduzem à prática diária, são o resultado de um processo lento e gradual, que envolve dificuldades técnicas e culturais [42]–[47]. Adicionalmente, alguns autores afirmam que isto é o que os professores pensam e acreditam, e que em última análise moldará as actividades na sala de aulas [48]–[50].

VI. O MODELO PROPOSTO

A RA móvel pode ajudar a ultrapassar as questões acima discutidas facultando directamente aos estudantes uma ferramenta multimédia interactiva de apoio à aprendizagem, através dos seus dispositivos móveis. Assim, torna-se necessário o desenvolvimento e implementação de um sistema de apoio à aprendizagem centrado no enriquecimento da realidade do quotidiano dos estudantes e contextualizando com métodos de aprendizagem por multimédia sensorial interactiva, que:

- Assente numa plataforma Web acessível a estudantes, encarregados de educação e docentes, onde o perfil pessoal e académico de cada estudante possa ser construído ao longo do seu percurso académico (permitindo que ferramentas de apoio à decisão possam melhorar o desempenho académico de determinado estudante);
- Disponibilize exercícios multimédia interactivos sobre qualquer assunto relevante, introduzidos pelos docentes e resolvidos pelos estudantes (com ou sem assistência);
- Utilize ajuda visual através de RA, podendo fornecer pistas e orientações sobre um determinado problema proposto;
- A aprendizagem possa ter lugar a qualquer hora e em qualquer lugar, especialmente fora da sala de aulas, utilizando jogos sérios e novos formatos apelativos.

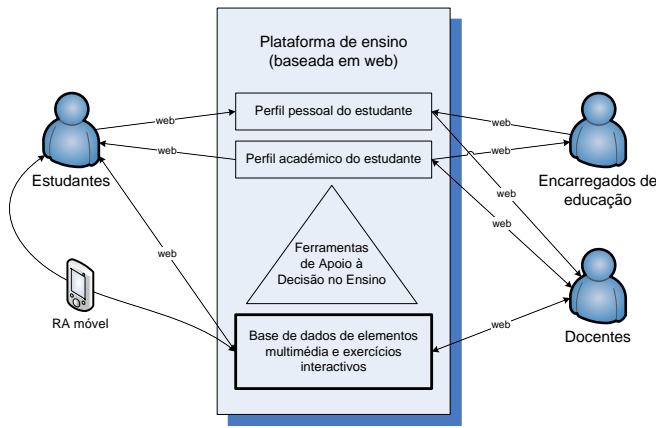


Fig. 5. Um modelo para uma Plataforma de Ensino baseada da Web que considera a utilização da RA e exercícios e conteúdos interactivos no processo de ensino.

A Figura 5 ilustra um modelo para uma plataforma de ensino baseada da Web que inclui estas características. É possível identificar quatro componentes principais da plataforma proposta: perfil pessoal do estudante; perfil académico do estudante; ferramentas de apoio à decisão no ensino; e base de dados de elementos multimédia e exercícios interactivos. O perfil pessoal do estudante compreende elementos como, por exemplo, dados biográficos e condição socioeconómica. No que concerne ao perfil académico do estudante, inclui o historial da sua vida académica, preferências em termos de áreas científicas, preferências em termos de elementos de estudo, entre outros. As ferramentas de apoio à decisão no ensino incluem diversas funcionalidades que, com base nos perfis dos estudantes, possibilitam a indicação de soluções de ensino personalizadas, que mais se adequem às características particulares de cada estudante. A base de dados de elementos multimédia e exercícios interactivos é um repositório de elementos de estudo que possibilita aos estudantes, utilizando uma interface Web ou mediante a utilização de um dispositivo móvel com suporte de RA, efectuar aprendizagem independentemente do contexto, mesmo fora do ambiente escolar.

Algumas situações simples que podem ocorrer usando este modelo:

- Um estudante pode aceder aos conteúdos multimédia interactivos através de um computador normal ou usando o seu dispositivo móvel. Portanto, os conteúdos educacionais podem ser disponibilizados em qualquer contexto, a qualquer hora, o que permite ao estudante beneficiar do enriquecimento do seu meio ambiente pelos conteúdos virtuais;
- Um professor pode usar esta plataforma de aprendizagem para recomendar exercícios aos estudantes, consultar e actualizar o perfil destes e, principalmente, para definir estratégias - com base nas ferramentas de apoio à decisão - para melhorar o desempenho académico dos estudantes;

- Os pais podem ser mantidos informados sobre as actividades de seus filhos e desempenho académico, e também podem interagir de perto com professores sem a necessidade de ir à escola. Eles também podem funcionar como auxiliares de aprendizagem pelo facto de estarem presentes no ambiente de aprendizagem e darem a possibilidade de adicionar a sua experiência pessoal aos conteúdos multimédia interactivos fornecidos.

Praticamente qualquer contexto no qual o estudante possa ser envolvido pode tornar-se numa experiência de aprendizagem multimédia rica, simplesmente por recorrer a um dispositivo do quotidiano. No entanto, deve ser feito um grande esforço por todos os envolvidos no processo educativo: professores, estudantes e pais (por exemplo, todos os conteúdos devem ser desenvolvidos e constantemente actualizados). O modelo de ensino e aprendizagem terá de evoluir, abraçando e aproveitando as conquistas tecnológicas das TI, e utilizando todo o seu potencial para enriquecer a experiência de aprendizagem.

VII. CONCLUSÕES

A tecnologia alterou profundamente o modo como aprendemos e vivemos. Na verdade, essa relação parece ser bastante complexa, no contexto das TI e, especialmente, em ambientes de aprendizagem social e tecnologicamente ricos, onde as competências relacionadas e a aprendizagem são progressivamente necessárias e incentivadas.

Como afirmado por Warschauer [4], as novas tecnologias não substituem a necessidade de orientação humana forte, mas, na verdade, reforçam o papel de tal orientação. Obviamente que os estudantes devem manter-se em contacto com as novas ferramentas de ensino/aprendizagem progressivamente, de forma a integrarem o sistema de aprendizagem da forma mais harmoniosa possível.

Acreditamos firmemente que a RA móvel será, a curto prazo, uma ferramenta importante em algumas áreas da educação. Neste contexto, apresentámos neste artigo um modelo genérico de apoio a ambientes de aprendizagem assistidos por multimédia interactiva utilizando contextos RA em dispositivos móveis.

REFERÊNCIAS

- [1] E. M. Rogers, *Diffusion of innovations*, 4th ed. New York: Kindle Edition, 1995.
- [2] M. Weller, *Delivering Learning on the Net: the why, what & how of online education*. London and New York: RoutledgeFalmer, Taylor & Francis Group, 2002.
- [3] T. S. Roberts, *Computer-Supported Collaborative Learning in Higher Education*. London, UK: Idea Group Publishing Inc., 2005.
- [4] M. Warschauer, "The paradoxical future of digital learning," *Learning Inquiry*, vol. 1, pp. 41–49, 2007.
- [5] G. Bull and T. Hammond, "The future of E-Learning in schools," in *Handbook on Information Technologies for Education and Training*, 2nd ed., H. H. Adelsberger, Kinshuk, J. M. Pawlowski, and D. Sampson, Eds. Springer-Verlag Heidelberg, 2008, pp. 345–361.
- [6] T. Willoughby and E. Wood, Eds., *Children's Learning in a Digital World*. 350 Main Street, Malden, MA 02148-5020, USA: Blackwell Publishing Ltd, 2008.

- [7] J. Johnson, "Teaching and learning mathematics: Using research to shift from the "yesterday" mind to the "tomorrow" mind," State Superintendent of Public Instruction, Washington, Tech. Rep., 2004. [Online]. Available: <http://www.k12.wa.us/research/pubdocs/pdf/mathbook.pdf>
- [8] Expert Panel on Mathematics, "Teaching and learning mathematics," The Report of the Expert Panel on Mathematics in Grades 4 to 6 in Ontario, Toronto, Canada: Ontario Ministry of Education, Tech. Rep., 2004. [Online]. Available: http://www.edu.gov.on.ca/eng/document/reports/numeracy/panel/nu_meracy.pdf
- [9] F. C. Keil, "Adapted minds and evolved schools," *Educational Psychologist*, vol. 43, no. 4, pp. 196–202, 2008.
- [10] L. S. Vygotsky, *Mind in society: Development of Higher Psychological Processes*, S. S. E. S. Michael Cole, Vera John-Steiner, Ed. Harvard University Press, 1978.
- [11] J. V. Wertsch, "The voice of rationality in a sociocultural approach to mind," in *Vygotsky and education: Instructional implications and applications of sociohistorical psychology*, L. C. Moll, Ed. New York, NY: Cambridge University Press, 1992, pp. 111–126.
- [12] S. M. Papert, *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, 1980.
- [13] E. D. Corte and L. Verschaffel, "Mathematical thinking and learning," in *Handbook of child psychology*, 6th ed., K. A. Renninger, I. E. Sigel, W. Damon, and R. M. Lerner, Eds. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2006, vol. 4: Child psychology and practice, pp. 103–152.
- [14] N. R. Council, "Adding it up: Helping children learn mathematics," in *Mathematics Learning Study Committee*, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education, J. Kilpatrick, J. Swafford, and B. Findell, Eds. Washington, DC: National Academy Press, 2001
- [15] R. J. Simons, J. van der Linden, and T. Duffy, "New learning: Three ways to learn in a new balance," in *New learning*, R. J. Simons, J. van der Linden, and T. Duffy, Eds. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000, pp. 1–20.
- [16] A. Fontoura, *Didáctica Geral [General Teaching]*, Rio de Janeiro, 1971.
- [17] E. D. Corte, "Learning from instruction: the case of mathematics," *Learning Inquiry*, vol. 1, pp. 19–30, 2007.
- [18] D. C. Phillips, Ed., *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues. Ninety-ninth yearbook of the national Society for the Study of Education. Part I*. Chicago, IL: National Society for the Study of Education, 2000.
- [19] L. P. Steffe and J. Gale, Eds., *Constructivism in education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1995.
- [20] B. J. Zimmerman, "Dimensions of academic self-regulation: A conceptual framework for education," in *Self-regulation of learning and performance: Issues and educational applications*, D. H. Schunk and B. J. Zimmerman, Eds. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1994, pp. 3–21.
- [21] G. Salomon, Ed., *Distributed cognition. Psychological and educational considerations*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1993.
- [22] E. D. Corte, "Mainstreams and perspectives in research on (mathematics) learning from instruction," *Applied Psychology: An International Review*, vol. 53, pp. 279–310, 2004.
- [23] J. D. Bransford and D. L. Schwartz, "Rethinking transfer: A simple proposal with multiple implications," in *Review of research in education*, A. Iran-Nejad and P. Pearson, Eds. Washington, DC: American Educational Research Association, 1999, vol. 24, pp. 61–100.
- [24] J. D. Bransford, R. Stevens, D. Schwartz, A. Meltzoff, R. Pea, J. Roschelle, N. Vye, P. Kuhl, P. Bell, B. Barron, B. Reeves, and N. Sabelli, "Learning theories and education: Toward a decade of synergy," in *Handbook of educational psychology*, 2nd ed., P. A. Alexander and P. H. Winne, Eds. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 2006, pp. 209–244.
- [25] Milgram, Paul; H. Takemura, A. Utsumi and F. Kishino, "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum," in *Proceedings of Telem manipulator and Telepresence Technologies*, 1994, pp. 2351–34.
- [26] Ronald Azuma, Yohan Baillet, Reinhold Behringer, Steven Feiner, Simon Julier, Blair MacIntyre, "Recent Advances in Augmented Reality," *IEEE Computer Graphics and Applications* 21, 6 (Nov/Dec 2001), pp. 34–47.
- [27] J. Vallino, "Interactive Augmented Reality", PhD Dissertation, Department of Computer Science, University of Rochester, Rochester, NY, 1998.
- [28] José Braz Pereira, João Pereira, "TARCAST: Uma Taxonomia para Sistemas de Realidade Aumentada", in *Actas do 13º Encontro Português de Computação Gráfica*, Universidade de Trás os Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal, Outubro de 2005. ISBN: 972-98464-6-4.
- [29] Romero Tori, Claudio Kirner, Robson Siscoutto, "Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada", Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, 2006.
- [30] D. Wagner and D. Schmalstieg, "History and Future of Tracking for Mobile Phone Augmented Reality", in *Proceedings of the 2009 international Symposium on Ubiquitous Virtual Reality*, 8 – 11 July, 2009.
- [31] Adrian David Cheok, Siew Wan Fong, Kok Hwee Goh, Xubo Yang, Wei Liu, Farzam Farzbiz, Yu Li, "Human Pacman: A Sensing-based Mobile Entertainment System with Ubiquitous Computing and Tangible interaction", NetGames, National University of Singapore, department of electrical and computer engineering, 2004.
- [32] EyePet, 2010, <http://www.eyepet.com/home.cfm>, Sony.
- [33] J. Fischer, D. Bartz, W. Straßer, "Occlusion handling for medical augmented reality using a volumetric phantom", *ACM New York, NY, USA*, 2004.
- [34] Veinviewer, 2010, <http://www.veinviewer.com/> (accessed on 16th May 2010).
- [35] Lego, 2010, <http://www.men-at-work.fr/actu-metier/2009/la-realite-augmentee-seduit-lego-et-mini/> (accessed on 16th of May 2010).
- [36] Zugara, 2010, <http://www.zugara.com/> (accessed on 16th of May 2010).
- [37] J. Junior, M. Pilato, Giraldo, Gilson & Silva and Rodrigo, "AR–Hardware – Um modelo de Interatividade em Ambientes de Realidade Aumentada", in *SIBGRAP/WIC*, 2005.
- [38] Vincennes, 2010, <http://www.20minutes.fr/article/329173/Paris-La-realite-augmentee-entre-dans-l-histoire.php> (accessed on 16th of May 2010).
- [39] H. Kaufmann, K. Steinbugl, A. Dunser and J. Gluck, "Improving Spatial Abilities by Geometry Education in Augmented Reality - Application and Evaluation Design", *First International VR-Learning Seminar at Virtual Reality International Conference (VRIC)*, Laval, 2005.
- [40] E. R. Zorzal, Artur Augusto Bastos Buccioli, Claudio Kirner, "O Uso da Realidade Aumentada no Aprendizagem Musical", CEP 05858-001, São Paulo - SP, Brasil, 2005.
- [41] C. Kirner and R. Tori, "Introdução à Realidade Virtual, Realidade Misturada e Hiper-realidade", in: Claudio Kirner and Romero Tori (Ed.), *Realidade Virtual: Conceitos, Tecnologia e Tendências*, São Paulo, 2004, v. 1, p. 3-20.
- [42] N. Pratt, "Multi-point e-conferencing with initial teacher training students in England: Pitfalls and potential," *Teaching and Teacher Education*, vol. 24, no. 6, pp. 1476–1486, Aug. 2008.
- [43] M. J. C. S. Reis, G. M. M. C. Santos, and P. J. S. G. Ferreira, "Promoting the educative use of the internet in the Portuguese primary schools: a case study," *Aslib Proceedings*, vol. 60, no. 2, pp. 111–129, 2008.
- [44] K. S. Brown, L. A. Welsh, K. H. Hill, and J. P. Cipko, "The efficacy of embedding special education instruction in teacher preparation programs in the United States," *Teaching and Teacher Education*, vol. 24, no. 8, pp. 2087–2094, Nov. 2008.
- [45] H. T. Gil and F. de Vasconcelos, "e-learning as a "Magical" way to teach and learn in a modern world?!" in *2nd International Conference on E-Learning, Proceedings*, Remenyi, D, Ed. Curtis Farm, Kidmore End, Nr Reading, RG4 9AY, England: Academic Conferences Ltd, 2007, pp. 173–178, *2nd International Conference on e-Learning (ICEL 2007)*, New York, NY, JUN 28-29, 2007.
- [46] J. Wishart, "Internet safety in emerging educational contexts," *Computers & Education*, vol. 43, no. 1-2, pp. 193–204, August-September 2004.
- [47] D. Watson, B. Blakeley, and C. Abbott, "Researching the use of communication technologies in teacher education," *Computers & Education*, vol. 30, no. 1-2, pp. 15–21, January-February 1998.
- [48] A. Hargeaves, "Foreword," in *The lives of teachers*, M. Huberman, Ed. Columbia University, DC: Teachers College Press, 1993, pp. vii–ix.
- [49] M. Lampert and D. L. Ball, *Teaching, multimedia and mathematics*. New York: Teachers College Press, 1998.
- [50] S. J. Pijl and C. J. Meijer, "Factors in inclusion: A framework," in *Inclusive education: A global agenda*, S. J. Pijl, C. J. W. Meijer, and S. Hegarty, Eds. London, UK: Routledge, 1997, pp. 8–13.



Maria Manuela Cruz-Cunha é actualmente Professora Coordenadora na Escola de Tecnologia do Instituto Politécnico do Cávado e do Ave, Portugal. É licenciada em Engenharia de Sistemas e Informática, mestre em Produção Integrada por Computador e doutorada em Engenharia de Produção e Sistemas, com interesses de investigação em organizações virtuais, e-learning e e-commerce. Lecciona em áreas científicas relacionadas com sistemas e tecnologias da informação. É membro da comissão editorial, editor associado e editor principal de revistas científicas internacionais e integra a comissão científica de várias conferências internacionais. É autora e editora de diversos livros e o seu trabalho aparece em mais de 80 artigos publicados em revistas, capítulos de livros e actas de conferências. É co-fundadora e co-chair da CENTERIS – Conference on ENTERprise Information Systems.



Maria G. A. D. Reis é licenciada em Ensino Básico pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) em 1992 e mestre em Educação Especial pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) em 2010. Encontra-se actualmente em doutoramento em Educação Especial. Os seus interesses de investigação são Educação Especial e incluem crianças com deficiência e necessidades especiais de educação e utilização de tecnologias de informação no processo de aprendizagem.



Emanuel Peres é licenciado em Engenharia Electrotécnica pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Portugal em 2003. Encontra-se a desenvolver o seu projecto de doutoramento em Engenharia Electrotécnica, sensores remotos em redes de cooperação em ambientes de viticultura de precisão. É professor do Departamento de Engenharia da UTAD e colaborador do Centro de Investigação em Tecnologias Agro-ambientais e Biológicas (CITAB) da UTAD. Os seus interesses de investigação consistem em redes de computadores, segurança e aplicações para ambientes ubíquos suportados por dispositivos móveis.



João Varajão é actualmente professor na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal, onde lecciona gestão de sistemas de informação e engenharia de software. Orienta vários projectos de mestrado e doutoramento. Obteve o seu mestrado e doutoramento na Universidade do Minho. Os seus interesses científicos incluem a gestão de sistemas de informação e o planeamento e desenvolvimento de sistemas de informação empresariais. Tem mais de 100 publicações, incluindo livros, capítulos de livros, artigos em revistas e comunicações em conferências internacionais. É editor associado de revistas internacionais e membro da comissão científica de várias conferências internacionais. É co-fundador e co-chair da CENTERIS – Conference on ENTERprise Information Systems. É também membro da AIS, IEICE e APSI.



Maximino Bessa é professor de Ciências de Computação do Departamento de Engenharia da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal. Obteve o grau de doutor na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro com uma tese intitulada “Selective Rendering for High-Fidelity Graphics for 3D Maps on Mobile Devices”. As suas áreas de interesse e investigação incluem a computação gráfica e tem participado em vários projectos de investigação relacionados. É autor de diversas publicações, incluindo livros, capítulos de livros, publicações com referee e comunicações em conferências internacionais.



Luís Magalhães é licenciado e mestre em Ciências da Computação pela Universidade do Minho e doutorado em Ciências da Computação pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Os seus interesses de investigação incluem a utilização de técnicas de visão por computador para produção de modelos 3D de sequências de vídeo, realidade aumentada, computação gráfica e, mais recentemente, a utilização destas técnicas no desenvolvimento de aplicações relacionadas com património cultural. É também autor de estudos sobre a utilização da percepção visual na computação gráfica.



Luís Barbosa é licenciado em Engenharia Electrotécnica pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Portugal, em 1993. É mestre em Informática pela Universidade do Minho em 1999 e actualmente desenvolve o seu projecto de doutoramento em Informática com o tema “service-oriented Web portals and virtual university concept”. É professor do Departamento de Engenharia da UTAD.



João Barreira é licenciado em Engenharia Eléctrica e de Computadores pela Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), Portugal, em 2009. Actualmente desenvolve a sua dissertação de mestrado na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. Os seus interesses de investigação incluem realidade aumentada, visualização da informação e computação móvel. Participa em projectos de investigação de realidade aumentada, incluindo publicações e comunicações em conferências.