

# ARTECH 2012

crossing digital boundaries

## Proceedings of 6th International Conference on Digital Arts

Faro, November 7-9, 2012



**Teresa Chambel, Alberto García Ariza, Gavin Perin,  
Mírian Tavares, José Bidarra, Mauro Figueiredo (Eds.)**

Organized by the University of Algarve  
In cooperation with:  
Artech International  
Grupo Português de Computação Gráfica

# A aplicação da Realidade Aumentada no ensino de sólidos geométricos: um projecto em desenvolvimento

Rui Leitão<sup>(1)</sup>, António Brito<sup>(1)</sup> e João M.F. Rodrigues<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Aberta, Dept. Ciências e Tecnologia, Campus do Taguspark, Portugal

<sup>(2)</sup> Vision Laboratory, LARSyS, Universidade do Algarve, Faro, Portugal

hello@ruileitao.eu, mail@abrito.net

**Abstract — Soluções de realidade virtual e aumentada** têm vindo a ser utilizadas no segmento de ensino explorando diferentes modalidades de interação de forma a proporcionar ao aluno acesso efetivo de informação em situações de experiências imersivas em tempo real. Na internet podemos encontrar variadíssimas aplicações educacionais, que nos ajudam a todos, desde as crianças em idade escolar até a profissionais de todas as áreas, proporcionando o estudo mais interativo, divertido e mais envolvente. Neste artigo, onde assumimos que o contexto de ensino é propício para a experimentação de novos modelos de ensino/aprendizagem, apresentamos uma aplicação educacional na área da geometria com o objetivo de potencializar a transferência de conhecimento, salientando as características dimensionais dos sólidos.

**Index Terms — ensino da geometria, realidade aumentada, tecnologia educativa.**

## I. INTRODUÇÃO

O construtivismo é uma teoria de aprendizagem que surge a partir de experiências de Jean Piaget através da observação de crianças. Atualmente é um tema muito debatido, com os defensores e opositores igualmente inflexíveis e emocionalmente envolvidos em relação aos seus pontos de vista, segundo Barrett e Long [1]. Os autores pensam que existem equívocos nos dois lados do debate, e que abusos da terminologia e da sua atribuição são bastantes.

A teoria construtivista apoia o conceito de experiência de aprendizagem ativa, que permite ao aluno conectar-se diretamente ao saber para criar novo conhecimento e ter como resultado a melhoria do raciocínio e da resolução de problemas [2]. Desta forma o conhecimento se constrói pela atividade e interação do sujeito com o meio envolvente num processo contínuo e ativo como resposta aos estímulos exteriores.

Sprenger [3] estudou as preferências de aprendizagem dos alunos atualmente e descreve-os com a capacidade para desempenhar multitarefas devido às suas características de processar som e vídeos antes mesmo de processar texto. Afirma que querem obter informações rapidamente a partir de várias fontes, e reforça as ideias de Dewey et al. [3], que afirmaram que os estudantes têm que construir seu conhecimento. Jukes e Dosaj [4] através da observação dos seus alunos descobriram que estudantes retêm 5% do que ouvem, 10% do que leem, 30% através de demonstrações, 50% do que discutem, 75% do que praticam e 90 % do que eles aplicam e ensinam a outros.

A multimédia e os interfaces humano-computador estão constantemente a criar novos desafios que provocam o desenvolvimento de novas ferramentas, que fomentam um género de aprendizagem mais colaborativa e logo mais envolvente, levando a que o aluno participe ativamente na construção de conhecimento. Neste contexto, a realidade virtual (RV) e aumentada (RA) oferece funcionalidades que melhoram a imersão, interação e imaginação que se conetam a uma aprendizagem num quadro construtivista. Desta forma aumentam o construtivismo social, aumentando a independência, mas também a interação entre os alunos [2].

O reconhecimento visual de objetos e atividades é um dos setores de mais rápido desenvolvimento da visão por computador [5], acompanhado por um grande avanço das infraestruturas de banda larga, permitiu um grande desenvolvimento e difusão das tecnologias de RA. Touré no Global INET 2012 [6], confirmou o crescimento do acesso à internet, já há 2.4 bilhões de pessoas conectadas para 6.8 bilhões de habitantes no planeta Terra.

Este artigo apresenta a RA em contexto de atividades de ensino/aprendizagem, além da introdução e conclusão, encontra-se dividido em duas secções. Estado da arte de diferentes abordagens de transferência de conhecimento através da RA, incluindo a sua relação com o ensino da geometria; e a aplicação educacional de realidade aumentada no campo da geometria, que sobrepõe ambientes reais com virtuais em tempo real.

A contribuição principal é uma aplicação focada na usabilidade para o ensino de sólidos possibilitando ao aluno manejar os objetos pelo “toque” de um dedo no cartão do marcador fiducial, tirando proveito da tridimensionalidade.

## II. ESTADO DA ARTE, RELAÇÃO ENTRE O ENSINO DA GEOMETRIA E A REALIDADE AUMENTADA

Desde meados dos anos 90, investigadores e pesquisadores têm desenvolvido projetos de realidade virtual e aumentada no contexto de ensino e.g. [7].

Em 1995 surgiu um dos primeiros projetos na área das línguas desenvolvido por Rose e Billinghurst de nome Zengo Sayu [8]. Através da exploração de um mundo tridimensional os alunos aprendiam uma língua. Virtual Reality Roving Vehicles [9] é outro projeto que surgiu, com a missão de testar a RV/RA como um meio de tornar o processo de ensino uma forma mais transparente, para

que os alunos accedessem apenas aos conteúdos em vez de perderem tempo com o mecanismo das instruções. Tinha como objetivo ensinar crianças entre os 10 e os 18 anos a construir mundos virtuais através da metodologia de ensino construtivista.

Em 2012, Matsutomo et al. [10], criaram no ensino de eletromagnetismo um sistema de visualização em tempo real que permite observarmos o campo magnético com uma distribuição realística, que vai mudando conforme são movidos os objetos.

Construct3D [11], é um projeto de 2004, que resulta numa ferramenta de construção geométrica especificamente desenhada para o ensino da matemática e da geometria e para ser utilizada no ensino secundário e universitário. Este sistema usa a RA para proporcionar uma colaboração natural face a face entre professor e aluno. Consiste em permitir visualizar objetos 3D que até agora tinham de ser calculados e construídos através de métodos tradicionais.

No estudo da geometria, tanto no ensino básico como no ensino secundário, os alunos possuem dificuldade de entender os conceitos e aplicações que envolvem relações espaciais. Os professores geralmente trabalham com as figuras e objetos planos (e.g., quadrado, círculo e triângulo), no entanto esses são conceitos abstratos para o aluno. Kaufmann e Schmalstieg [12], referem que problemas complexos e relações espaciais podem ser melhor compreendidos através de um trabalho direto num espaço 3D, comparado com os métodos tradicionais e, reconhecem igualmente que o estudo da Geometria oferece às crianças uma das melhores oportunidades para relacionar a matemática com o mundo real [13].

A integração do computador no processo ensino/aprendizagem nos mais diversos níveis de ensino levaram a algumas transformações no papel do professor. Osberg [14] considera que neste seu papel o professor deixa de ser o centro da aula para passar a ser o organizador e coordenador das várias tarefas, as aulas tornam-se em centros de criação e investigação. Schank [15], acrescenta que os designers, por outro lado, têm de estar direcionados para a criação de ambientes ergonómicos e com grande usabilidade, além de também terem de considerar a integração das diretrizes educacionais e pedagógicas.

O ambiente virtual e a RA podem ser divididos dependendo de onde o ambiente ou o objeto aparece ou não no mundo real [16]. A RA tem propriedades de tempo real, e desde que o utilizador permanece diante de um monitor, ele tem uma experiência de alto nível de imersão comparando com outras tecnologias [16].

A RA também pode potenciar a construção de conhecimento dos sólidos geométricos, estes podem passar a serem simulados de forma a que seja permitido uma interação em tempo real das suas estruturas, possibilitando ao estudante o controlo das variáveis assim como toda a informação das suas características.

Tal como na aplicação de Kaufmann e Schmalstieg [12], a aplicação proposta neste artigo permite que o alu-

no possa sentir o objeto de estudo no meio das suas mãos. Isto representa um poderoso componente para a sensação de presença e interatividade por ele percebida, podendo melhor compreender os problemas e as relações espaciais de uma forma mais rápida do que utilizando os meios tradicionais. Este método de visualização e interação da informação destaca-se na possibilidade de as imagens possuírem vários ângulos de visualização ao contrário dos materiais convencionais onde as imagens são estáticas e de difícil abstração.

### III. IMPLEMENTAÇÃO DA APLICAÇÃO

Como foi referido nas secções anteriores, pretende-se criar uma aplicação de realidade aumentada para o ensino de sólidos geométricos, com conceitos de estrutura num ambiente ARToolkit [17] (biblioteca digital de código aberto desenvolvida para aplicações de RA). Para tal foi desenvolvido um painel com um marcador do sistema ARToolKit, em que os seus elementos podem ser visualizados de forma diferente pelo utilizador (aluno).

Até ao momento foram desenvolvidos dois sólidos de forma a mostrar as potencialidades da aplicação e o seu funcionamento: o cubo e a pirâmide. No entanto a aplicação permite ser constantemente alargada de forma a incorporar novos sólidos.

No suporte da aplicação consta um marcador fiducial para reconhecimento onde depois permite inserir o sólido, informação adicional sobre o contexto educativo e quatro “botões,” v.d. Fig. 1. Pelo colocar/sobrepor um dedo no botão do cartão do marcador fiducial, a aplicação permite no primeiro botão visualizar as arestas do sólido em questão, o segundo as faces, o terceiro os vértices e um quarto que permite alternar entre sólidos. Alterando a visualização entre arestas, faces e vértices, os modelos virtuais dos sólidos também estes se alteram em tempo real. Desde o início a intenção é manter o interface muito simples e de forma intuitiva no seu uso. A organização visual de toda a informação contida no painel está de forma a não prejudicar a comunicação dos seus conteúdos e pelo mesmo motivo as cores adotadas para a simulação dos sólidos procuram o contraste. Uma versão mais ecológica e económica (preto e branco) será também disponibilizada on line brevemente.

Com o recurso destas ferramentas manipuláveis são exploradas formas de representação de vistas de sólidos geométricos de todas as perspetivas que se espera desafiante para a maioria dos alunos visto grande parte da aprendizagem ocorrer por livre exploração, por imitação, e, fundamentalmente, por brincadeiras e jogos.

Incialmente o software utilizado para testar os primeiros estudos de RA foi a biblioteca FLARToolKit. Após uma pesquisa mais aprofundada de bibliotecas ou outro tipo de software que permitisse a produção de conteúdos em RA, foi encontrada uma biblioteca para o Adobe Flash, que disponibiliza a possibilidade de capturar e interpretar o sinal vindo da câmara, associando um dado

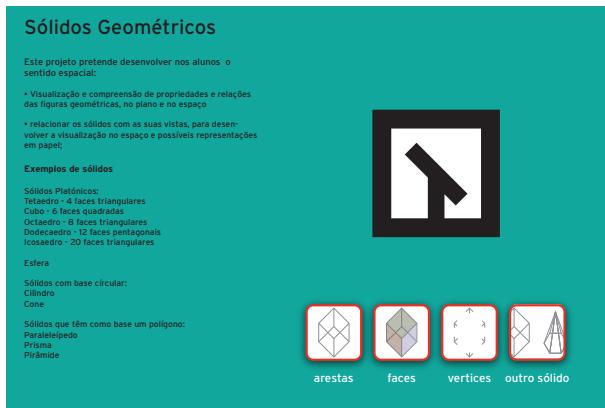


Fig. 1. Fiducial e botões de interação com os sólidos.

padrão, onde é então possível inserir um objeto 3D.

O passo seguinte foi o de reconhecimento de um padrão por parte da biblioteca FLARToolKit, um modelo 3D carregado e manipulado através do Papervision 3D.

Desta forma, todo o trabalho inicial em RA, foi realizado com base em duas bibliotecas e na programação em ActionScript 3.0.

Para a produção desta aplicação foram necessários os seguintes passos: (a) O desenvolvimento do trabalho de modelação 3D e de aplicação de texturas ao objeto 3D. (b) O converter o modelo para Low Poly recorrendo à aplicação 3DS Max.

(c) A exportação do modelo. O Papervision 3D importa modelos externos no formato collada (DAE), no entanto não foi suficiente exportar, no 3DS Max para o formato nativo Autodesk Collada, pois este formato não é reconhecido pelo Papervision 3D. Tornou-se necessário instalar um plugin gratuito, de nome ColladaMax\_FREE\_3.05C, da Feeling Software.

Por fim, (d) o trabalho foi realizado com base nas bibliotecas FLARToolkit e Papervision 3D. Foram utilizadas, fundamentalmente três classes: A classe “ARAppBase.as” que é responsável (sucintamente) pelo reconhecimento da Webcam, captura do vídeo e reconhecimento do padrão, através da utilização das funcionalidades da biblioteca FLARToolkit. A esta classe estão também associados dois ficheiros de dados. O camera\_para.dat consiste em parâmetros de distorção e perspectiva da matriz de projeção. Desta forma é representado pelos valores do campo de visão, razão de aspeto, fator de inclinação e centro da imagem, não contendo as componentes translação e rotação. O flarlogo.pat contém a informação relativa ao padrão, fazendo com que a aplicação consiga distinguir um determinado padrão dos restantes elementos capturados pela webcam.

Todos os padrões usados nas aplicações concebidas, possuem padrões personalizados gerados automaticamente por uma aplicação de nome ARToolKit Marker Generator. Esta aplicação gera um ficheiro (.pat) de acordo com uma fotografia retirada pela webcam ou uma imagem fornecida pelo utilizador.

A classe PV3ARApp.as, basicamente, é responsável

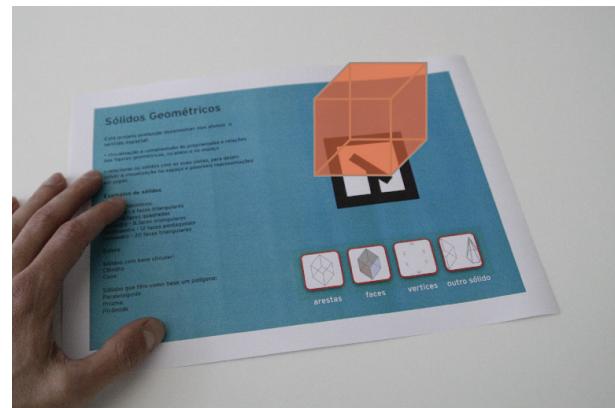


Fig. 2. Exemplo da aplicação a funcionar para o caso de um cubo.

pela síntese do modelo 3D através da utilização das classes e funções do Papervision 3D.

Para além destas classes existe uma classe “principal” que vai ser responsável pelo carregamento do modelo collada (.dae) utilizando, posteriormente, as classes anteriormente descritas para o sintetizar em determinado padrão captado por um determinado dispositivo de vídeo. A Fig. 2 ilustra a aplicação a funcionar para o caso de um cubo.

#### IV. CONCLUSÕES

Muitos estudantes têm dificuldades de resolução de tarefas que exigem habilidades de visualização espacial e raciocínio espacial, a RA é um interface avançado que facilita a interação em situações difíceis de estar na vida real [18]. A RA pode contribuir para uma melhor representação e compreensão dos desenhos bidimensionais dos livros ou de modelos desenhados no quadro, que necessitam de alto nível de abstração dos alunos para a compreensão da estrutura, conceito, teorias até mesmo das próprias representações. No que diz respeito à sua relação os métodos tradicionais: as imagens e os desenhos aumentam a abstração e dificultam a transferência de conhecimento; a distribuição de modelos de madeira por todos os alunos, não permite que estes explorem todos os sólidos nem na variedade nem na quantidade, tornando a gestão dos sólidos mais complicada.

Nesta aplicação que se encontra ainda em fase de desenvolvimento, os sólidos são apresentados através de simulação como se de fato eles existissem, proporcionando a visualização e interação do estudante com o conhecimento abstrato (modelo geométrico) de maneira completa. Assim, facilita-se o caminho para a compreensão das características dos sólidos como as arestas, faces e vértices, tal como de conceitos de geometria, facilitando a visualização e compreensão de propriedades e relações das figuras geométricas, no plano e no espaço.

A aplicação proporciona a relação dos sólidos com as suas vistas de forma a desenvolver a visualização no espaço, tal como possíveis representações em papel. No que respeita à articulação com o professor, apresenta no futuro próximo a existência deste projeto na internet, e a

consequente fácil difusão por todas as escolas, o acesso intemporal, etc.

A possibilidade de introdução de novos modelos é outro fator de flexibilidade que promove a sua constante atualização. O desenvolvimento da aplicação da RA, através da biblioteca FLARToolkit em conjunto com a biblioteca Papervision 3D, é uma boa solução quando os modelos 3D não possuem um elevado grau de detalhe ou complexidade (no que toca à malha do modelo 3D e à qualidade de síntese). Adicionalmente, com esta técnica as escolas não necessitam da instalação de um plugin adicional, nem de equipamentos dispendiosos. Em geral já se encontram nas escolas webcams e impressoras.

Quanto aos pontos fracos e limitações, destaca-se a necessidade de um dispositivo para a aquisição de imagem, tipicamente uma webcam, e o desenvolvimento das aplicações exige conhecimentos de programação, de preferência C ou Java; necessidade de modelagem 3D e conhecimentos de computação gráfica.

Um cuidado importante na utilização desta tecnologia é evitar o seu uso funcionar como um fim em vez de como um meio de comunicação. Ao deixarmos guiar pelas possibilidades das ferramentas tecnológicas apresentamos por vezes aos alunos um conjunto de efeitos que apenas chamam à atenção pela novidade. Se o conteúdo e a metodologia pedagógica não tornarem a atividade interessante e significativa para os alunos, de nada adiantará todo este processo.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos os comentários úteis do Prof. Adérito Marcos. O terceiro autor é parcialmente suportado pelo projeto I&D FCT, PEst-OE/EEI/LA0009/2011.

#### REFERÊNCIAS

- [1] L. K. Barrett and B. V. Long, "The Moore method and the Constructivist theory of learning: Was R. L. Moore a Constructivist?", PRIMUS: Problems, Resources, and Issues in Mathematics Undergraduate Studies, Vol. 22, no. 1, pp. 75-84, 2012.
- [2] H.M Huang, U. Rauch and S.S. Liaw, "Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach," Computers & Education, Vol. 55, Issue 3, pp. 1171-1182, Nov. 2010.
- [3] M. Sprenger, Brain-based teaching: In the digital age, ASCD, 2010.
- [4] I. Jukes and A. Dosaj, Understanding digital kids: Teachings & learning in the new digital landscape. The InfoSavvy Group, 2004.
- [5] J.M.F. Rodrigues, R. Lam and J.M.H. du Buf, "Cortical 3D Face and Object Recognition Using 2D Projections", Int. J. of Creative Interfaces and Computer Graphics, Vol. 3, No 1, pp. 45-62, 2012. doi: 10.4018/jcicg.2012010104
- [6] H. Touré, Opening Keynote, Global INET, Geneva Switzerland, April 23, 2012.
- [7] J. T. Bell and H. S. Fogler, "The investigation and application of virtual reality as an educational tool," American Society for Engin Education, 1995.
- [8] H. Rose and M. Billinghamurst, "Zengo Sayu: An immersive educational environment for learning Japanese," University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, Report no. r-95-4, 1995.
- [9] H. Rose, "Assessing learning in VR: Towards developing a paradigm virtual reality in roving vehicles," University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, HITL Report no. R-95-1, 1995.
- [10] S. Matsutomo, T. Miyauchi, S. Noguchi and H. Yamashita, "Real-Time visualization system of magnetic field utilizing augmented reality technology for education," IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 48 , Issue 2, pp. 531 - 534, 2012.
- [11] H. Kaufmann, Geometry education with augmented reality, Doctoral Dissertation, Vienna University of Technology, 2004.
- [12] H. Kaufmann and D. Schmalstieg, "Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality," Computers & Graphics, Vol. 27, Issue 3, pp. 339-345, June 2003.
- [13] J. P. Ponte, "O ensino da matemática em Portugal: Uma prioridade educativa?," presented at seminar O Ensino da Matemática: Situação e Perspectivas, Lisboa, 28 November 2002.
- [14] K. M. Osberg, "Virtual reality and education: A Look at both sides of the sword," 1992. accessed at 6/2012 <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-7/>
- [15] R. C. Schank, "The virtual University," CyberPsychology & Behavior, Vol. 3, pp. 9-16, 2000.
- [16] S. Lim, H. Jee, J. Youn and J. Lee, "Augmented reality-based role-playing contents for education," in Proc. Int. Conf. on It Convergence and Security, Ed. K. J. Kim and S. J. Ahn, Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol. 120, Part 4, pp. 337-344, Springer, Dordrecht, 2012.
- [17] L. A. Consularo, J. N. Calonego, C. A. Dainese, T. R. Garbin, C. Kirner, J. Trindade and C. Fiolhais, "ARToolKit: Aspectos técnicos e aplicações educacionais." in Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática, Livro dos Minicursos do SVR2004, Ed. A. Cardoso, J. E. Lamounier, SBC, São Paulo, pp. 141-183 2004.
- [18] C. Kirner and A. R. Siscoutto, "Fundamentos de realidade virtual e aumentada," in Proc. VIII Symp. on Virtual Reality. Sociedade Brasileira da Computação. Porto Alegre, pp. 2-21, 2006.