

Realidade Aumentada em Contextos Educativos: Um Mapeamento de Estudos Nacionais e Internacionais

TERESA COIMBRA ⁱ

LE@D – Laboratório de Educação a Distância e
Elearning, Universidade Aberta, Portugal
coimbra.teresa@gmail.com

TERESA CARDOSO ⁱⁱ

LE@D – Laboratório de Educação a Distância e
Elearning, Universidade Aberta, Portugal
Teresa.Cardoso@uab.pt

ARTUR MATEUS ⁱⁱⁱ

Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado
de Produto do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal
artur.mateus@ipleiria.pt

Resumo: As tecnologias da informação e comunicação (TIC) têm tido um crescimento exponencial, sobretudo recentemente. Uma das características que mais se destacou nos recursos e dispositivos tecnológicos de acesso e publicação de informação e de comunicação, nos últimos 4 anos, é a cada vez maior portabilidade, mobilidade e acesso à rede. O desenvolvimento tecnológico, também ao nível das aplicações informáticas disponíveis para a implementação de conteúdos tridimensionais, tem vindo a acompanhar esta tendência. Importa, pois, conhecer se, e como é que, tais conteúdos estão a ser integrados em contextos educativos, nomeadamente no que respeita à realidade aumentada e ao *m-learning*. Assim, neste texto, e sob uma perspetiva cronológica que acompanha a própria evolução das TIC, apresentamos uma síntese de casos práticos, nacionais e internacionais, que traduzem experiências relevantes naqueles domínios. Com este mapeamento pretendemos contribuir para o estado da arte das tecnologias tridimensionais (intangíveis) em educação. E, ainda, enquadrar o desenvolvimento e a implementação de conteúdos 3D no ensino superior português, na área da matemática, no âmbito de uma investigação em curso na Universidade Aberta e no Instituto Politécnico de Leiria.

Palavras-chave: Conteúdos tridimensionais, *m-learning*, Realidade Aumentada, tecnologias da informação e comunicação.

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias tridimensionais, baseadas quer numa perceção tangível, como o caso da impressão 3D, quer numa perceção intangível, como a realidade aumentada (RA), encontram-se atualmente num estado de maturidade que permite de forma relativamente acessível e eficiente a sua aplicação e capitalização no domínio do ensino. A sua articulação com as tecnologias da informação e comunicação (TIC) flexibilizam a sua utilização e o seu acesso, de forma presencial ou remota. Estamos, assim, inseridos num ecossistema com condições ótimas para dinamizar o ensino e a aprendizagem através do desenvolvimento de conteúdos que rentabilizem os recursos que temos ao nosso dispor. Nesta matéria, verifica-se a nível internacional uma grande dinâmica exploratória com o desenvolvimento de diversos trabalhos de investigação, dinâmica que começa a ser registada também a nível nacional.

Com este texto, pretendemos traçar um mapeamento da evolução das tecnologias tridimensionais, nomeadamente no que respeita à aplicação ao ensino da RA e de conteúdos 3D, apresentando uma síntese de casos práticos. Assim, começamos por contextualizar a inserção das tecnologias tridimensionais (intangíveis) nos diversos setores da sociedade. Posteriormente, apresentamos uma descrição de alguns dos trabalhos que a

nível internacional e nacional se estão a desenvolver pela aplicação dessas mesmas tecnologias, principalmente no domínio da educação e do ensino. Para o efeito, e na linha de Cardoso et al. (2013 e 2010), fizemos uma intensa pesquisa bibliográfica, com especial enfoque nos últimos anos (entre 2010 e 2014, no que diz respeito à aplicação à educação), embora o enquadramento tecnológico retome alguns factos e marcos importantes dos últimos 80 anos. Por último, descrevemos parte do trabalho de investigação que estamos a desenvolver, no que diz respeito à sua componente de tecnologias tridimensionais intangíveis, em particular a aplicação da RA, e que visa a capitalização destas tecnologias em contextos educacionais presenciais e a distância.

Para realizar a pesquisa, recorreu-se ao Google, utilizando palavras-chave e marcadores booleanos, com termos como, entre outros, «realidade aumentada», «tridimensional», «ensino», «matemática», os seus correspondentes em inglês e «m-learning». De referir que a pesquisa bibliográfica foi complementada, com recurso àqueles descritores, na b-on, Biblioteca do Conhecimento Online, onde se focou com maior relevo, nomeadamente pela pesquisa nas revistas “Computers and Education”, “Computers in Human Behavior”, “Journal of Systems and Software”, “Computer Science”, “Advances in Engineering Software” e “Social Behavior Sciences”. A pesquisa foi efetuada sobretudo durante 2013, tendo sido feita uma atualização nos dois primeiros meses de 2014.

Recorde-se que no presente trabalho se apresenta uma perspetiva cronológica da evolução tecnológica ao nível de equipamentos e de *software*, evolução que se traduz atualmente em condições únicas para a implementação efetiva das tecnologias tridimensionais apoiadas por RA e pelas TIC no domínio da educação. Deste modo, os trabalhos selecionados, essencialmente artigos, foram publicados na sua maioria entre 1997 e 2014, e refletem desenvolvimentos tidos desde 1961 até aos nossos dias. Em síntese, para se apresentar o mapeamento numa perspetiva histórica e evolutiva, efetuou-se uma primeira pesquisa bibliográfica que procurou as origens da Realidade Aumentada, abordando os desenvolvimentos essenciais que ocorreram desde esses primeiros tempos; depois, focalizámo-nos essencialmente nos estudos dos últimos 3 anos (ou seja, desde 2010).

Além disso, a pesquisa não foi restringida aos trabalhos de investigação realizados somente em Portugal, até porque, e como primeira constatação do nosso mapeamento, é reduzida a quantidade de trabalhos neste domínio a serem implementados em território nacional.

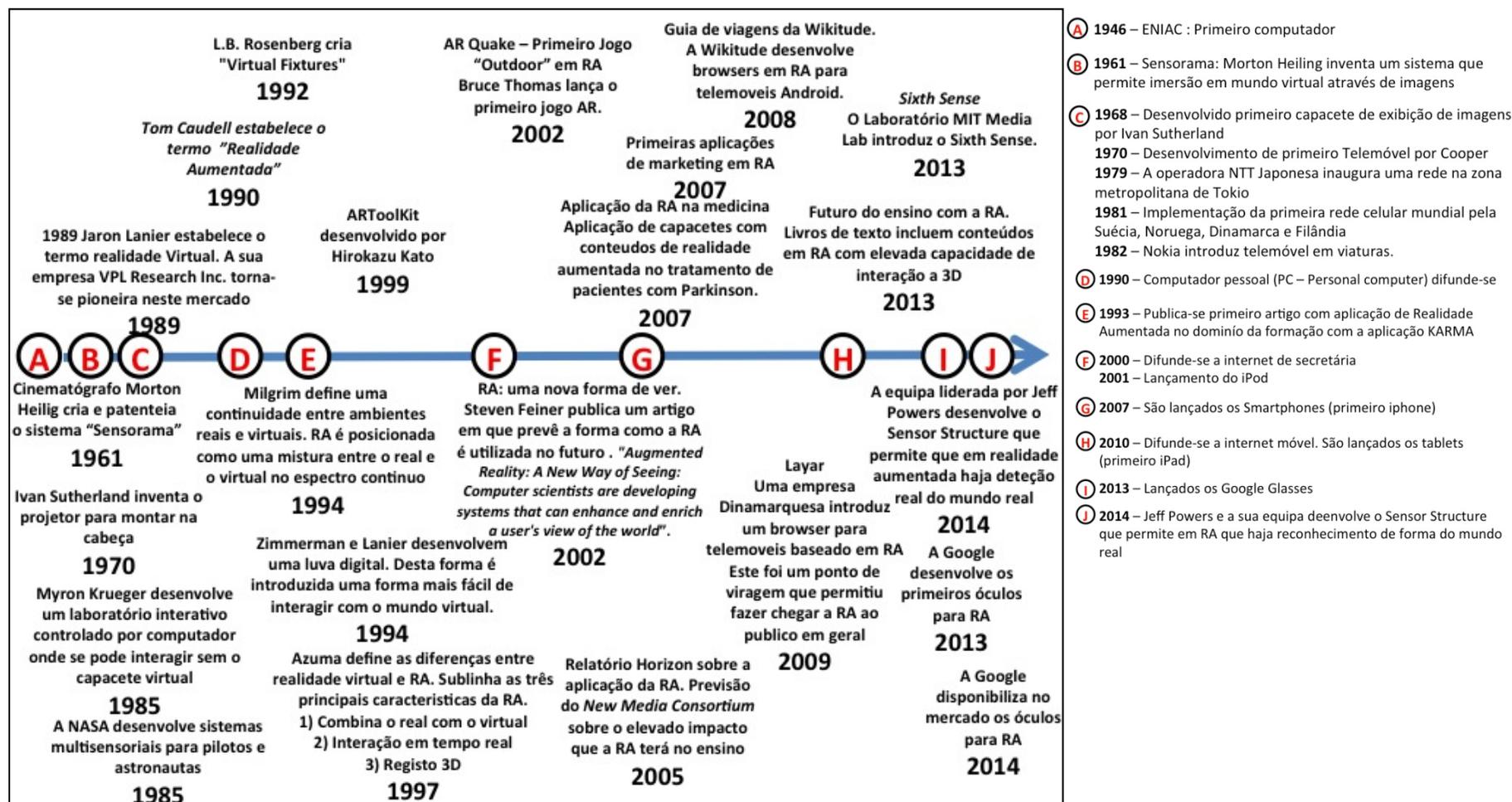
Constituiu-se, portanto, um *corpus* de 33 referências, na sua maioria de revistas científicas internacionais, com revisão, acedidas via b-on, em que se privilegiou as que refletem uma evolução cronológica das tecnologias de realidade aumentada, as relações destas com a evolução das tecnologias da informação e da comunicação e, por último, os estudos de implementação de conteúdos tridimensionais de RA no ensino superior, em particular em unidades curriculares de matemática.

2. REALIDADE AUMENTADA E SUA EVOLUÇÃO

Quando falamos de tecnologias tridimensionais, como a capacidade de fazer a impressão tridimensional (3D), a captura de formas tridimensionais (Digitalização 3D) e a integração no mundo real de elementos virtuais (RA), verificamos que o seu desenvolvimento tem em comum a evolução tecnológica no domínio dos computadores e que se encontra ligado à integração das tecnologias da informação e comunicação no nosso quotidiano. As tecnologias tridimensionais de conteúdos intangíveis, como a RA, estão estreitamente ligadas à capacidade e ao cálculo computacional e, desta forma, a sua disponibilização está relacionada com o trajeto do desenvolvimento dos computadores pessoais. A RA representa a integração de imagens virtuais no mundo real; esta integração é efetuada através da utilização das TIC.

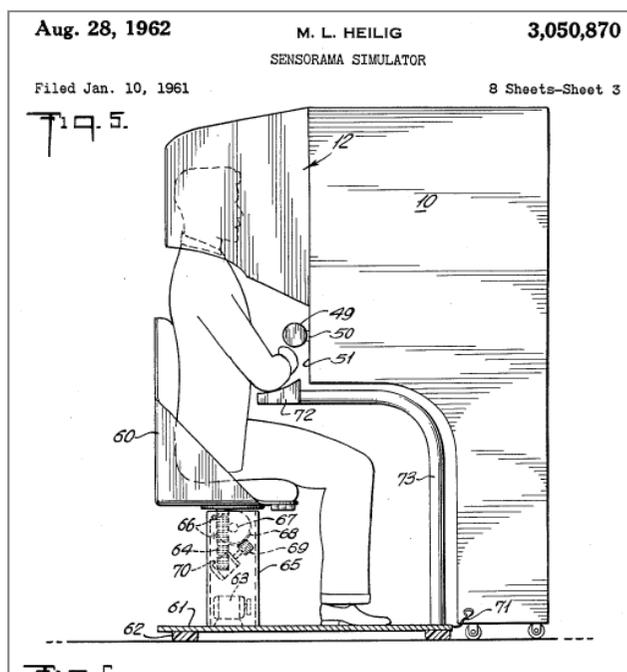
O mundo real, ou, numa palavra, a realidade é aumentada de elementos virtuais: basta ter um dispositivo móvel com uma câmara, tal como um *tablet*, um telemóvel com sistema operativo *android* ou *IOX*, ou mesmo um computador, para que qualquer um de nós possa ter acesso a conteúdos disponibilizados com RA. O desenvolvimento de conteúdos em RA tem vindo a acompanhar o desenvolvimento tecnológico dos computadores e das TIC. Na Figura i) apresenta-se um resumo cronológico dos principais acontecimentos que contribuíram para o atual estágio de desenvolvimento nestes domínios.

FIGURA i – Evolução histórica da RA com referência a marcos importantes no domínio da evolução tecnológica dos computadores, das TIC e dos sistemas de exibição de imagem.



Por exemplo, em 1961, o cinematógrafo Morton Heilig regista a patente de um sistema inovador, o *Sensorama*, que permite ao utilizador experimentar uma sessão cinematográfica imersiva (Figura ii).

FIGURA ii – *Sensorama* (Fonte: U.S. Patent 3050870).



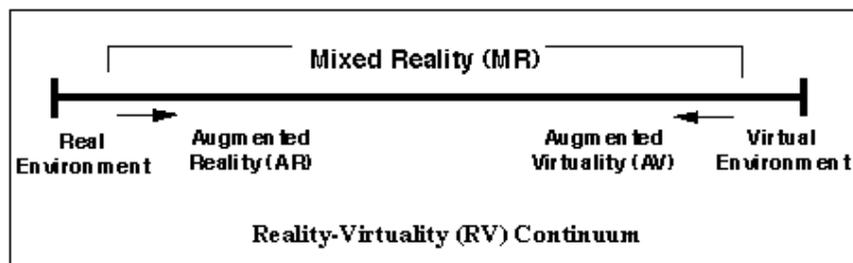
Em 1968, Ivan Sutherland desenvolve um capacete imersivo, com controlo por computador (Carmigniani et al., 2011; Sutherland, 1968). Este constituiu o primeiro sistema de realidade virtual e RA; foi desenvolvido na Universidade de Harvard em Utah. Na década de 70, esta tecnologia ficou conhecida como Realidade Artificial (em inglês, *Artificial Reality*) (Zhao, 2009). Mais tarde, Myron Kruger, na Universidade de Connecticut, desenvolveu o *videoplace*, constituído por uma sala para a interação entre o ser humano e o computador. Este sistema usava a informação de uma

câmara que era transmitida para um computador e depois projetada num ecrã, o qual permitia a interação com a Realidade Artificial (Nagler, 1994).

Feiner e colaboradores publicam, em 1993, o primeiro artigo a ser apresentado no domínio da RA. A aplicação então desenvolvida, de nome KARMA, foi validada na formação de técnicos na manutenção de impressoras. Dois anos antes, Feiner (1991) concluía que os conteúdos baseados em RA iriam ter um importante papel na formação e que, para isso ocorrer com maior intensidade, bastava que as dimensões dos sistemas de visualização diminuíssem e a sua funcionalidade fosse flexibilizada. De facto, há 22 anos os sistemas de visualização/exibição eram relativamente grandes, pouco flexíveis e pouco confortáveis. A investigação e o desenvolvimento nesta nova perspetiva do mundo real continuou, principalmente em aplicações militares da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) para o treino de pilotos, astronautas, exército e na área médica.

Muitas das inovações e dos desenvolvimentos no domínio da Realidade Artificial nunca chegaram a ser aplicadas com sucesso até que Zimmerman e Lanier introduziram a “Dataglove”, que representou uma forma mais amigável de interação com o ambiente virtual (Sturman e Zeltzer, 1994), sendo que os utilizadores podiam manipular objetos no mundo virtual através de uma luva. Nessa altura, em 1989, Jaron Lanier cunhou o termo Realidade Virtual e foi o primeiro a trazer a tecnologia para o público, vendendo as “datagloves” como pontos de entrada para o mundo virtual (Zhao, 2009). Um ano mais tarde, em 1990, surge a designação Realidade Aumentada, a qual é atribuída a Tom Caudell que estabeleceu o termo enquanto trabalhava na Boeing ao desenvolver um sistema que se encaixava na cabeça com um dispositivo de visualização e que servia de ajuda à montagem das cablagens dos aviões, através da apresentação esquemática de aviões no chão da fábrica (Vaughan-Nichols, 2009). Esta sobreposição do virtual sobre o real é explicada por Milgram e colaboradores, em 1994, como uma continuidade entre ambientes reais e virtuais (cf. também Milgram, 2006), como se pode observar na Figura iii).

FIGURA iii – Continuidade entre a realidade virtual e o mundo real (Milgram et al, 1994).



Em 1997, Ronald Azuma escreveu um relatório em que definia o campo da RA e enumerou três critérios importantes que a definem, separando-a das “realidades artificiais e virtuais”. Assim, os três critérios de Azuma para a definição da RA são: combinação entre o real e o virtual; interação em tempo real; apresentação em 3D. A partir desta altura, o domínio do desenvolvimento da RA cresceu e em 2002 foi apresentado o primeiro jogo *outdoor* em RA chamado “Quake” (Thomas et al., 2002). Em 2005, o relatório Horizon descreve a RA como uma tecnologia chave para o desenvolvimento de aplicações em 5 anos. De facto, a popularidade e o desenvolvimento dos *smartphones* permitiu colocar a RA nas mãos dos utilizadores. Nessa altura, foram identificadas e definidas duas formas diferentes de RA: a baseada na localização geográfica e a baseada em marcas ou padrões. No caso da RA baseada na localização geográfica, a utilização do GPS do telemóvel determina a localização e, dessa forma, é colocada uma camada de informação sobre o que estamos a ver com a câmara (Billinghurst, 2011; Carmigniani et al, 2011). Podem referir-se dois exemplos de aplicações que funcionam desta maneira: a aplicação *Wikitude*, disponibilizada em 2008, e a aplicação *Layar*, disponibilizada em 2009; ambas são disponibilizadas para dispositivos móveis.

No caso da RA baseada em marcas ou padrões, o dispositivo móvel (telemóvel, *tablet* ou câmara do computador portátil) reconhece marcas que disponibilizam informação ou elementos tridimensionais. O laboratório

HITLab da Nova Zelândia foi o primeiro a produzir marcadores em RA impressos em jornais, que serviam, por exemplo, de elemento publicitário do jardim zoológico de Wellington. Assim que os leitores registassem o marcador através do dispositivo móvel, um animal em 3D surgia sobre a página (Schmalstieg, Langlotz & Billinghurst, 2011). Outro exemplo do avanço tecnológico são os óculos da Google que foram lançados em 2013 para teste e cujo lançamento ao público está previsto para 2014. Apesar da patente registada pela Google, outras aplicações foram já desenvolvidas por outras empresas e estão a preparar-se para surgirem no mercado.

A incorporação de elementos virtuais no mundo real começa agora a apresentar uma nova dimensão. A título ilustrativo, referimos a integração de tecnologias, como a RA e a digitalização tridimensional de não contacto, que possibilitou a Jeff Powers e à sua equipa desenvolverem um sistema que, para além de permitir a visualização do mundo real através da “janela” de um *tablet*, digitaliza esse mesmo mundo real, de modo a que as fronteiras geométricas dos elementos do mundo real sejam reconhecidas em tempo real pelos elementos virtuais sobrepostos em forma de RA (Figuras iv e v).

FIGURA iv) – Integração da tecnologia de digitalização de não contacto com conteúdos virtuais: digitalização do campo de visão do sensor identificando objetos e suas formas (Occipital, 2014).

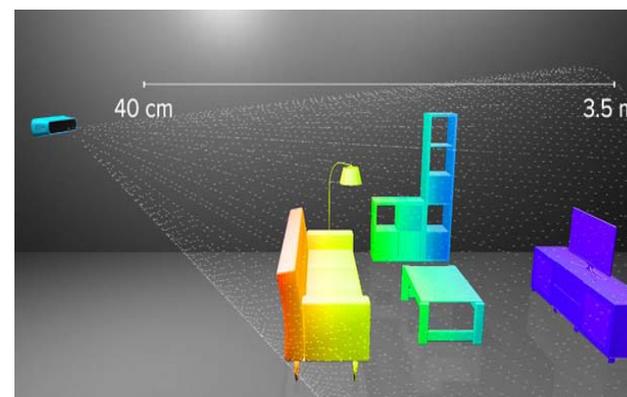


FIGURA v) – Integração da tecnologia de digitalização de não contacto com conteúdos virtuais: exemplo de aplicação (Structure sense, 2014).



Esta nova funcionalidade abre um campo ainda maior de aplicações e formas de expor os conteúdos. O exemplo da Figura v) pode ser observado na Internet em forma de vídeo e representa a interação de um conjunto de bolas que cai sobre um banco e esse meio envolvente (Structure sensor, 2014). Neste caso, é notório o efeito da gravidade e das fronteiras dos objetos. Diversas são as aplicações em desenvolvimento com a expansão das TIC e da acessibilidade aos dispositivos móveis. As áreas de potencial aplicação da RA são transversais a todas as disciplinas, incluindo as ciências da vida, ciências sociais e engenharias, entre outras. De seguida, apresentamos diversos exemplos destas aplicações, sobretudo em contexto educativo.

3. REALIDADE AUMENTADA EM CONTEXTOS EDUCATIVOS

No que concerne as tecnologias tridimensionais, e apesar de estas ainda se encontrarem num estado embrionário em relação à sua aplicação no ensino/aprendizagem, são diversas as áreas de conhecimento em que têm vindo a ser implementadas e estudadas recentemente, por diversos autores (entre outros: Bujak et al., 2013; Fonseca et al., 2013; Kamarainen et al., 2013; Wojciechowski, 2013; Wu, 2013; Di Serio, 2012; Kesin, 2012;

Martin-Gutierrez et al., 2012; Nee et al., 2012; Kaufmann & Schmalstieg, 2003). No entanto, e para se poder ter uma perspetiva histórica e mais alargada da aplicação de conteúdos e tecnologias de RA no domínio da educação, formação e ensino, apresentamos alguns estudos e aplicações dos últimos 20 anos. Assim, retomamos o caso de Feiner e dos seus colaboradores que, em 1993, e como antes mencionado, implementaram a aplicação KARMA, que permitia acelerar o processo de formação no domínio da manutenção de impressoras a laser. Ainda na década dos anos noventa do século XX, Kancherla e colaboradores (1995) descrevem a aplicação das tecnologias de realidade virtual e RA na análise dinâmica e cinemática do movimento do corpo aplicada a disciplinas de anatomia.

Em 1997, Inkpen apresentou um estudo em que foram desenvolvidos conteúdos específicos para estimular a aprendizagem via computador. Estes conteúdos não foram desenvolvidos em RA. Contudo, foram precursores na análise do efeito da aprendizagem baseada em tecnologias. Além do desenvolvimento específico de aplicações e de *software* para estímulo da aprendizagem, analisou a possibilidade de trabalho simultâneo com dois ratos nos computadores. Os resultados mostraram que a motivação e a aprendizagem foram incrementadas com o trabalho em grupo, potencializada pela utilização simultânea de dois dispositivos de interação com o computador (ratos) em comparação com a utilização individual por cada criança. Também em 1997, Lu apresentou um estudo na sessão de abertura do CIRP (*Collège International pour la Recherche en Productique*), importante academia de engenharia a nível mundial, no qual sublinhou a importância da RA no domínio do desenvolvimento e fabrico de produtos.

No ano de 2000, Weidenbach e a sua equipa desenvolveram um sistema com conteúdos em RA para a área médica, em particular para o treino na análise de ecocardiografias em duas dimensões. Um ano mais tarde, Taxen e colaboradores (2001) desenvolveram ambientes virtuais com a imersão de um AVATAR (apresentação pictórica de si mesmo que o internauta usa em ambientes virtuais), para o ensino da matemática, no

contexto dos conteúdos de aprendizagem. No referido trabalho, com o objetivo de motivar a aprendizagem, desenvolveram-se funções matemáticas tridimensionais e ambientes virtuais, em que alunos e professores poderiam estar presentes em forma de AVATAR. No mesmo ano e igualmente no domínio da matemática, Billinghursta desenvolveu conteúdos apresentados em RA, com o nome de “MagicBook”. Ainda no domínio científico da matemática, mas em 2003, Kaufmann e colaboradores descrevem a implementação do sistema “Construct3D” que permitiu avaliar a importância e flexibilidade que a RA representa, mesmo em ambientes colaborativos, e atestar o relevo destes ambientes na interação entre estudantes e entre estudantes e o professor. Este sistema é constituído por conteúdos tridimensionais no domínio da matemática apoiados por equipamentos de visualização e trabalho colaborativo, presencial ou remotamente (a distância) – cf. figuras vi a) e vi b), respetivamente.

FIGURA VI – Sistema *Construct3D* para aprendizagem colaborativa (a) presencial e (b) remotamente (Fonte: Kaufmann et al, 2003).



Noutros domínios, e continuando o nosso mapeamento numa perspetiva de evolução temporal, Liarokapis (2004) e Nee et al. (2012) estudaram a aplicação da RA no âmbito dos projetos e processos de fabrico nas áreas da engenharia. Por sua vez, Quirós et al. (2008) e Maier et al. (2009) desenvolveram aplicações orientadas para a química, potenciando,

assim, a visualização de átomos e moléculas, bem como de reações químicas. Já Martín-Gutiérrez et al. (2010) estudaram a aplicação da RA no ensino e na perceção espacial de alunos de engenharia mecânica e, mais tarde, em 2012, estudaram a sua aplicabilidade na área da engenharia eletrotécnica, enquanto que Fonseca et al. (2013) exploraram a sua aplicabilidade nos domínios da arquitetura. Neste mesmo ano, Salinas et al. (2013) desenvolveram um *software* específico para modelação tridimensional de funções matemáticas e conduziram um estudo evidenciando o importante papel destas tecnologias na motivação de grupos e na potenciação do trabalho colaborativo.

Nos trabalhos analisados, verificaram-se algumas vantagens interessantes na aplicação da RA. No caso do estudo de Martín-Gutiérrez et al. (2012), foi sublinhado o incremento da capacidade de auto-aprendizagem dos estudantes, proporcionando ao docente mais tempo para se focar na explicação de questões mais complexas. No caso do estudo de Fonseca et al. (2013) referem-se as vantagens que as ferramentas de RA conferem no incremento da perceção espacial, a qual proporciona, *in situ*, a visualização de cenários hipotéticos para construção futura, e, desta forma, permite uma exploração e análise de diversas soluções.

Num outro estudo anterior, sobre Sistemas de Aprendizagem Móveis (em inglês, *m-learning systems*), Ismail, Idrus & Gunasegaran (2010) constataam a manifesta satisfação por parte dos utilizadores em usar estas ferramentas de aprendizagem adicionais (de *mobile learning*), sentindo-se apoiados e motivados para a utilização de aplicativos móveis com uma linguagem acessível. De facto, os sistemas usualmente utilizados em *m-learning*, como os referidos sistemas móveis de comunicação, podem, quando integrados com conteúdos de RA, potenciar as observações e explorações de campo porque se pode explicar a Realidade observada com a adição (Aumentada) de conteúdos virtuais adicionais (vídeos explicativos, esquemas, desenhos tridimensionais, entre outros). Esta interação contribui para uma maior autonomia no processo de aprendizagem. Recorde-se que conteúdos disponibilizados e desenvolvidos

com recurso às tecnologias de RA podem ser acedidos em qualquer contexto a partir de sistemas de apoio ao *m-learning*, como os já referidos telemóveis ou *tablets*.

A RA permite que se desenvolvam os usuais conteúdos (como por exemplo livros, sebatas, apresentações), de forma convencional, acrescentado, porém, elementos gráficos que uma aplicação de RA reconheça e que tenham sido programados, para que, quando visualizados, ativem elementos adicionais de explicação (tais como ficheiros tridimensionais, vídeos explicativos e/ou imagens). Na Figura vii) apresentamos um exemplo que desenvolvemos em RA para apoio ao ensino da matemática.

FIGURA vii – Representação tridimensional da obtenção de uma hipérbole por interseção de um plano num sólido geométrico.



Os conteúdos de ensino/aprendizagem, neste caso em particular da matemática, podem ser concebidos sob a forma usual, baseada numa explicação disponível em papel, que se complementa com a descrição de equações, baseada em figuras bidimensionais. A estes elementos *standard* podem ser acrescentados conteúdos como ficheiros tridimensionais, vídeos

e explicações de passos intermédios. Faz-se assim uma integração entre um modo tradicional de visualização de conteúdos, através da sua consulta em papel, e o recurso à tecnologia da RA que a complementa.

A RA possibilita, como antes mencionado, uma integração entre o mundo real e o mundo virtual, permitindo a simulação e a visualização de situações e contextos impossíveis de implementar de outra forma. As áreas de estudo e aprendizagem para as quais esta tecnologia pode ser útil são diversas e representam uma mais-valia significativa naquelas que exigem mais interação prática e experimental, como no caso dos cursos de engenharia e de ciências. Além da integração entre o real e os conteúdos virtuais em sala, também se podem fazer conteúdos conjugando diversos outros ambientes. A RA permite, pois, o desenvolvimento de conteúdos a aceder em diversos contextos/ambientes, por cada indivíduo, além dos mais comuns (em casa, num escritório, numa sala de sala), potenciando portanto a interação entre a observação *in situ* do mundo real e a adição de conteúdos teóricos e explicativos. Esta flexibilidade que as ferramentas de RA oferecem permite uma maior experimentação e exploração do real, com a introdução de explicações virtuais em tempo real. Um exemplo disso pode ser apresentado no âmbito do projeto “EcoMobile”, descrito por Kamarainen (2013), e que permitiu uma avaliação da aplicação da RA à aprendizagem, através da utilização de dispositivos móveis em contextos em que os estudantes se encontram expostos a situações reais. Neste caso prático, avaliou-se a influência da existência de conteúdos de RA durante visitas de estudo, concluindo-se que permitiram aos estudantes, expostos a situações reais, interpretarem com maior flexibilidade e obterem explicações sobre a observação real, efetuada em tempo real. Desta forma, a aprendizagem centra-se no indivíduo e cada um pode ter acesso a explicações e apoio sob a forma de conteúdos de RA, sendo estes diferenciados dos demais, e no momento em que a aprendizagem se processa.

4. REALIDADE AUMENTADA E ESTUDOS PRÉVIOS

O mapeamento histórico-cronológico, breve e necessariamente sintético, que traçamos nos parágrafos anteriores permite-nos concluir que o campo da RA em educação é um terreno fértil. Evidencia-se igualmente que a aplicação da RA em contextos educativos tem beneficiado do desenvolvimento tecnológico, em particular no que se refere aos dispositivos móveis, e ainda da expansão do próprio *m-learning*. Acreditamos pois, que as tecnologias tridimensionais e mais especificamente as intangíveis, de que a RA é um exemplo, vão continuar a constar da agenda educacional. Neste sentido, damos conta de parte do trabalho conjunto que estamos a desenvolver na área da matemática no ensino superior, que visa, entre outros objetivos, avaliar conteúdos produzidos através de tecnologias tridimensionais, tangíveis (impressão 3D) e intangíveis (RA).

O trabalho de investigação que está a ser realizado apresenta duas vertentes que se complementam. Uma primeira vertente que se centra na aprendizagem da matemática com o apoio das tecnologias tridimensionais e que representa o trabalho de doutoramento com o tema “*Tecnologias Tridimensionais como contributo para a aprendizagem da Matemática no Ensino Superior*”. Uma segunda vertente, que se pretende mais abrangente, no âmbito de um projeto I&D entre a Universidade Aberta e o Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado de Produto do Instituto Politécnico de Leiria, que abarca igualmente a área da matemática, mas também as áreas das ciências da vida, da química e da optoelectrónica.

Com o objetivo de desenvolver estas duas vertentes de investigação no domínio da utilização das tecnologias tridimensionais (tangíveis e intangíveis), fizeram-se estudos prévios de aplicabilidade de ambas as tecnologias. Nesses estudos prévios, que sustentam o nosso estudo atual, parte dos autores deste texto desenvolveram conteúdos na aplicação *Metaio*, os quais podem ser acedidos através da aplicação *Junaio*, disponibilizada para diversos dispositivos móveis. Tais conteúdos foram

criados no contexto de uma análise exploratória da visualização de elementos relacionados com as áreas da medicina e da biologia (cf. figuras viii e ix).

FIGURA viii – Representação tridimensional de um coração humano.



FIGURA ix – Representação tridimensional da dupla hélice de ADN.



Estes dois casos práticos permitem-nos constatar que com as tecnologias de RA é possível integrar simultaneamente conhecimento teórico em contextos reais e contextos reais em formas de apresentação mais teóricas. Da aproximação/integração de ambos os formatos de informação advêm importantes vantagens se os conteúdos forem desenvolvidos de forma adequada. Em suma, a integração e a utilização de aplicações baseadas na RA para o desenvolvimento de conteúdos, nomeadamente de acesso formal, constitui, portanto, uma mais-valia que pretendemos também corroborar na área da matemática, conforme antes explicitámos, num tempo favorável à democratização da tecnologia, cada vez mais portátil, mais pessoal e mais social.

O trabalho em curso, no âmbito das “*Tecnologias Tridimensionais como contributo para a aprendizagem da Matemática no Ensino Superior*”, encontra-se em fase de implementação. Esta consiste em testar e validar os conteúdos desenvolvidos em RA, acedidos em sala de aula por estudantes inscritos na unidade curricular de Análise Matemática. Para a implementação deste estudo, encontram-se em desenvolvimento conteúdos em RA que estão a ser preparados com o envolvimento de docentes desta unidade curricular da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria. Para a implementação de tais conteúdos tridimensionais em RA estão a ser utilizadas aplicações informáticas de modelação tridimensional, assim como aplicações de matemática e programação em ferramentas de RA. Além dos conteúdos intangíveis em desenvolvimento estão a elaborar-se conteúdos tangíveis (de impressão 3D) e uma ferramenta/aplicação designada por *e-printing3D*.

O trabalho encontra-se numa fase inicial, mas é expectável que durante os próximos 12 meses decorram avanços relevantes, quer do ponto de vista da implementação de conteúdos, quer da sua exploração por parte dos estudantes e subsequente análise de resultados.

5. REALIDADE AUMENTADA E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A aplicação da Realidade Aumentada e das tecnologias de Impressão 3D constitui hoje em dia tema de notícia em jornais e revistas generalistas. A maturidade das TIC permite que estas tecnologias, até há poucos anos

apenas do conhecimento de alguns especialistas, passassem para o interesse público de uma forma geral. Estas evoluções tecnológicas decorrem numa escala com uma graduação quase diária e, por isso, nalguns casos, difícil de acompanhar. Todos os dias surgem notícias de novos desenvolvimentos e invenções, veja-se por exemplo a criação dos óculos da Google, antes aludida, e de sistemas de impressão 3D.

Assim, e estando perante um contexto tecnológico, social e educativo favorável para a implementação de conteúdos tridimensionais na educação, para além do tema específico em desenvolvimento, “*Tecnologias Tridimensionais como contributo para a aprendizagem da Matemática no Ensino Superior*”, estamos a apostar numa generalização dos conteúdos para outras áreas através de um projeto de I&D, que descrevemos a seguir.

O projeto que estamos a desenvolver, de escala internacional, 3D4&DU – *Three-Dimensional Interactive Contents in Higher Education*, constitui um forte desafio e uma aposta decisiva na elaboração avançada de conteúdos tridimensionais de forma a democratizá-los e a torná-los acessíveis. Se por um lado apostamos nos conteúdos tridimensionais intangíveis e acessíveis por Realidade Aumentada, por outro apostamos igualmente na democratização da impressão 3D de baixo custo. Esta tecnologia tem vindo nos últimos três anos a ganhar uma grande projeção junto do público em geral e devemos sublinhar as grandes potencialidades da mesma no desenvolvimento de produto, na perceção tangível de conceitos em diversas áreas para além da matemática. Tendo sido primeiramente utilizada nos domínios da engenharia de produto, a importância destas tecnologias (agora ao alcance de muitos) tem crescido nos domínios da educação e aprendizagem. Um dos muitos objetivos do referido projeto, e do trabalho em desenvolvimento, passa por permitir que estudantes cegos possam ter a perceção tridimensional, até mesmo de conceitos mais abstratos como funções matemáticas. Sobre este tema das tecnologias tridimensionais tangíveis, como a impressão 3D, estamos a ultimar um texto que foca a sua evolução, a sua implementação ao nível da educação, o seu potencial de disseminação e democratização através da implementação do conceito de *e-printing3D*.

Com este projeto pretendemos então o desenvolvimento de conteúdos noutras áreas para além da matemática, tais como, a química, as ciências da vida e a optoeletrónica. Consequentemente, o trabalho em curso a nível nacional no ensino superior, no domínio da matemática, será alargado a outros contextos, disciplinares e internacionais, com o envolvimento de investigadores e colaboradores do Brasil, da China, Índia, Inglaterra e Tailândia. A dimensão que se pode alcançar no âmbito das áreas de intervenção e das diferentes latitudes potenciará a internacionalização de metodologias de ensino e de competências inerentes à rentabilização das novas tecnologias nesses domínios.

O mapeamento apresentado permitiu-nos traçar e perceber o perfil de desenvolvimento da Realidade Aumentada, em particular nas aplicações orientadas para o ensino. Deve-se sublinhar o enorme impulso que estas aplicações têm vindo a ter com a massificação das TIC e dos dispositivos móveis como *tablets* e *smartphones*. O crescimento da sua utilização, que se verificou em especial desde 2009, justifica em parte o aumento de aplicações de Realidade Aumentada disponíveis, e que se reflete também num aumento de estudos científicos e publicações no domínio da sua aplicação à educação e aprendizagem.

Apesar de neste texto se ter feito referência a trabalhos que remontam a 1961, e que representaram acontecimentos essenciais para o desenvolvimento da Realidade Aumentada, devemos referir que nos encontramos numa fase que poderá representar o despertar destas tecnologias para aplicações no domínio da educação e da formação. Como referido, os estudos e publicações nesta área têm crescido nos últimos 3 anos. No entanto, e se olharmos para o espectro nacional, é-nos ainda difícil identificar a aplicação destas tecnologias na área da educação em Portugal. Por isso, a curto prazo, pretendemos contribuir com ferramentas/aplicações e conteúdos que venham dinamizar a sua implementação no domínio da educação. Mais especificamente, e complementando os trabalhos que temos vindo a desenvolver em RA, estamos a desenvolver aplicações para a utilização de impressoras 3D de forma remota e a distância (*e-printing3D*), com o objetivo de potenciar as suas valências no domínio da aprendizagem, numa primeira fase na área da matemática.

Em suma, de modo geral, esperamos e acreditamos poder contribuir para a consciencialização, implementação e análise dos efeitos da aplicação das tecnologias tridimensionais (não só de RA mas também de impressão 3D), nomeadamente no Ensino Superior.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Billinghurst, M. (2011). The Future of Augmented Reality in Our Everyday Life. In *Proceedings of the 19th International Display Workshops*. Nagoya, Japan.
- Billinghurst, M., Katob, H., Poupayev, I. (2001). CyberMath – The MagicBook: a transitional AR interface, *Computers & Graphics* 25, Elsevier Science Ltd., 745-753.
- Cardoso, T. et al. (2013). MAECC@: um caminho para mapear investigação. *Indagatio Didactica*, 5 (2) Tecnologias da Informação em Educação. Disponível em <http://revistas.ua.pt/index.php/ID/article/view/2452/2323>.
- Cardoso, T., et al. (2010). *Revisão da Literatura e Sistematização do Conhecimento*. Porto: Porto Editora. Coleção Nova CIDInE, nº 3.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377.
- Di Serio, Á. et al. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.
- Feiner, S., Macintyre, B., Selgman, D. (1993). Knowledge-Based Augmented Reality, *Communications of ACM*, vol 36, n.7, 53-62

- Fonseca, D. et al. (2104). Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. *Computers in Human Behavior*, 31, 434-445.
- Inkpen, K. (1997). *Adapting the Human-Computer Interface to Support Collaborative Learning Environments for Children*, Phd Thesis, Department of Computer Science, The University of British Columbia.
- Ismail, I., Idrus, R. & Gunasegaran, T. (2010). Motivation, Psychology and Language Effect on Mobile Learning in Universiti Sains Malaysia. Universiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia.
- Kamarainen, A. et al. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556
- Kancherla A., Rolland, J., Wright, D., Burdea, G. (1995), A Novel Virtual Reality Tool for Teaching Dynamic 3D Anatomy, *Proceedings of CVRMed 95*, 163-169.
- Kaufmann, H. & Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers & Graphics*, 27, p. 339-345.
- Liarokapis, F., Mourkoussis, N., White, M., Darcy, J., Sifniotis, M., Petridis, P., Basu, A., Lister, P. (2004). Web3D and augmented reality to support engineering education, *World Transactions on Engineering and Technology Education*, Vol.3, No.1, 11-14.
- Lu, S. C-Y., Shpitalni, M., Gadh, R. (1999). Virtual and Augmented Reality Technologies for Product Realization, *Annals of the CIRP* Vol. 48/2/1999, 471-495.
- Maier, P., Klinker, G., Tonnis, M. (2009). Augmented Reality for teaching spatial relations, *Conference of the International Journal of Arts & Sciences* (Toronto, Canada).
- Martin-Gutierrez, J. et al. (2012). Improving strategy of self-learning in engineering: laboratories with augmented reality. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 5, 832-839.
- Milgram, P. (2006). Some Human Factors Considerations for Designing Mixed Reality Interfaces. In *Virtual Media for Military Applications* (pp. KN1-1 – KN1-14). Meeting Proceedings RTO-MP-HFM-136, Keynote 1. Neuilly-sur-Seine, France: RTO. Disponível em <http://www.rto.nato.int/abstracts.asp>.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum, *SPIE Vol. 2351, Telemanipulator and Telepresence Technologies*, 282-292.
- Nagler, E., (1994). Two-dimensional reality courtesy of camera and computer: No headset, no mouse, no keyboard even - videoplace does it all. *New York Times* (1857-Current File). In *ProQuest Historical Newspapers, The New York Times* (1851 - 2008) (Document ID: 116374743).
- Nee, A. et al. (2012). Augmented reality applications in design and manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 61, p. 657-679.
- New Media Consortium. (2005). *The Horizon Report. National Learning Infrastructure Initiative*. Stanford: McGraw Hill.
- Occipital (2014). Video de apresentação do sensor Structure [ficheiro em vídeo]. Disponível em <http://structure.io>.
- Quirós, M., Carda, I., CAMAHORT, E. (2008). Collaborative Augmented Reality for Inorganic Chemistry Education, 5th WSEAS / IASME International Conference on ENGINEERING EDUCATION (EE'08), Heraklion, Greece.
- Salinas, P., González-Mendivil, E., Quintero, E., Ríos, H., Ramírez, H., Morales, S. (2013). The Development of a Didactic Prototype for the Learning of Mathematics Through Augmented Reality, 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, *Procedia Computer Science* 25, 62-70.

- Schmalstieg, D., Langlotz, T., & Billinghurst, M. (2011). *Augmented reality 2.0*. Vienna: Springer Vienna.
- Structure sensor (2014), Vídeo demonstrativo da integração entre realidade aumentada e digitalização tridimensional. Disponível em <http://youtu.be/39v5OoBJFDk>.
- Sturman, D.J., Zeltzer, D. (1994). "A survey of glove-based input". *IEEE Computer Graphics and Applications* 14 (1): 30-39.
- Sutherland, I. (1968). A Head-Mounted Three Dimensional Display. In *Proceeding of AFIPS'68 Joint computer conference (Fall, part I)*. Thompson Books, 757-764.
- Taxén, G. & Naeve, A. (2001). *CyberMath: A Shared Virtual Environment for Mathematics Exploration*. Report number CID-129, CID- Centre for user oriented IT Design, ISSN 1403 – 0721.
- Thomas, B., Close, B., Donoghue, J., Squires, J., Bondi, P. D., & Piekarski, W. (2002). First person Indoor/Outdoor augmented reality application: ARQuake. *Personal and Ubiquitous Computing*, 6(1), 75-86.
- Vaughan-Nichols, S. J., & Vaughan-Nichols, S. J. (2009). Augmented reality: No longer a novelty? *Computer*, 42(12), 19-22.
- Weidenbach M., Wick C., Pieper S., Quast K. J., Fox T., Grunst G., Redel D. A. (2000). Reality Simulator for Training in Two-Dimensional Echocardiography, *Computers and Biomedical Research* 33, 11-22.
- Wojciechowski, R. & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners attitude toward learning. In *ARIES augmented reality environments*. *Computers & Education*, 68, 570-585.
- Wu, H. et al. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.
- Zhao, Q. (2009). A survey on virtual reality. *Science in China Series F: Information Sciences*, 52(3), 348-400..

Augmented reality in educational contexts: Mapping national and international studies

Abstract:

Technologies of information and communication have been increasingly growing, especially in recent times. The core characteristic evidenced in the use of mobile equipment and software, in the last four years, has been their portability, mobility and network access. The technological development, including software applications available for the implementation of three-dimensional contents, has been following this trend. Hence, it is important to know whether and how these contents are being integrated in educational situations, namely regarding augmented reality and m-learning. Thus, herewith, we present a synthesis of Portuguese and international cases studies and works related to the use of 3D augmented reality, framed by a chronological perspective on the evolution of technologies of communication and information. Our main goal, with this knowledge mapping, is to contribute to the state of art in 3D augmented reality technologies in education. In addition, we aim to frame the creation and implementation of 3D content in Portuguese Higher Education, specifically in mathematics, within a research work and project that is being developed at the Universidade Aberta and the Polytechnic Institute of Leiria

Keywords: Augmented reality, m-learning, three-dimensional contents, technologies of information and communication.

Texto:

- Submetido: outubro de 2013.
- Aprovado: dezembro de 2013.

Para citar este artigo:

Coimbra, T., Cardoso, T., Mateus, A. (2013). Realidade Aumentada em Contextos Educativos: Um Mapeamento de Estudos Nacionais e Internacionais. *Educação, Formação & Tecnologias*, 6 (2), 15-28 [Online], disponível a partir de <http://eft.educom.pt>.

Notas biográficas dos autores

Teresa Coimbra

ⁱ Teresa Coimbra, docente de Matemática, com licenciatura pela Universidade de Coimbra. Lecionou no 3º ciclo, secundário e ensino superior, nomeadamente no Instituto Politécnico de Leiria. Especializada em Probabilidades e Estatística pelo DEIO da Universidade de Lisboa. É diretora geral de um Centro de Estudos, desde 2010, exercendo ainda as funções de explicadora.

Teresa Cardoso

ⁱⁱ Teresa Cardoso é docente da Universidade Aberta, onde integra o LE@D – Laboratório de Educação a Distância e Elearning. Participa em projetos I&D e interessa-se por questões de avaliação, leitura, representações e TIC, sendo especialista em meta-análise multimodal. Membro de comissões científicas e de organização de publicações e eventos científicos internacionais.

Artur Mateus

ⁱⁱⁱ Artur Mateus é Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria (IPL), Subdiretor do Centro para o Desenvolvimento Rápido e Sustentado de Produto (CDRSP) e Administrador Incubadora, Associação para Oportunidades Específicas de Negócio (OPEN).