

Manual Escolar em Realidade Aumentada: um Estudo Quase-experimental em Sala de Aula

Casteleiro-Pitrez, J., LabCom, Universidade da Beira Interior

Title—Augmented reality textbook: a classroom quasi-experimental study

Abstract—Augmented Reality (AR) has evolved considerably over the last ten years, having been implemented in several areas, including education. Multiple AR systems have been developed and tested in the laboratory dissociated from the reality of the classroom and without considering the pedagogical material used by students and teachers. We developed an AR prototype based on a natural sciences sixth-grade textbook. This prototype allows the use of the traditional textbook without changes, admitting the creation of new layers of virtual information. We describe the comparative analysis of using the augmented textbook versus the textbook without AR. This research was developed with a quasi-experimental study with 50 students in an elementary school. The results show that the AR textbook prototype can have a positive impact on the perception of understanding, the perception of innovation, satisfaction, emotional induction, and student learning. These results, also allow us to generate guidelines that could help to design future augmented textbooks.

Index Terms— Augmented reality, augmented reality design, guidelines, elementary education, improving classroom teaching, interactive learning environments, textbooks.

I. INTRODUÇÃO

Realidade Aumentada (RA) é caracterizada pela sobreposição de informação digital sobre o mundo físico, permitindo uma interação em tempo real e o alinhamento preciso entre conteúdo virtual e o conteúdo real [1].

A aplicação da RA na área educativa é promissora, uma vez que amplifica as possibilidades de acesso à informação e traz novas oportunidades para a aprendizagem [2], [3]. Vários autores defendem o potencial da aplicação da RA na educação [4]–[9]. Ainda mais porque a nova geração de nativos digitais facilita a implementação destas novas aplicações e tem interesse nelas [10], [11]. Contudo, a recente literatura relacionada com aprendizagem em RA determina que “mais estudos devem ser feitos considerando as diferenças do processo cognitivo” e também considerando “O design de RA para a sala de aula” ([12], p.16). A literatura destaca ainda a necessidade de focar os

aspectos pedagógicos em detrimento dos aspectos comerciais [8]. Portanto apesar das exigências da nova geração e do esforço de utilizar tecnologia na área educativa, os professores devem utilizar tecnologia adequada aos seus objetivos pedagógicos.

Hoje temos acesso a um conjunto diversificado de materiais pedagógicos. Porém o mais utilizado dentro das salas de aula continua a ser o manual escolar. Mas será suficiente? Devemos perguntar-nos se o manual escolar e a informação nele contida é adequada às necessidades pedagógicas e expectativas da nova geração. Uma breve análise dos manuais escolares revela que os editores já fizeram a mesma questão e incluíram as novas tecnologias nos seus produtos, providenciando CD-ROMs ou plataformas de e-learning. Todavia, consideramos que esta forma de incluir a tecnologia no manual escolar não o transforma num produto integrado, mas sim, num produto com a mesma quantidade de informação apresentada de forma diferente. Esta apropriação da tecnologia pelo manual escolar tem sido mais lenta do que seria de esperar, com menos qualidade do que seria expectável e pouco acessível a todos.

Pretendemos criar um protótipo de RA baseado no manual escolar tradicional e tendo em conta as necessidades descritas pelos autores acima mencionados. Conduzimos posteriormente um estudo quase-experimental para analisar o impacto pedagógico desse manual aumentado. Vários estudos [13]–[15] relacionados com os sistemas de RA para aprendizagem forma conduzidos, e os protótipos resultantes foram testados maioritariamente em laboratório. No nosso caso, não quisemos excluir a complexidade da sala de aula, pois só nesse caso as reações dos alunos ao manual aumentado serão próximas do contexto real. A maior contribuição deste artigo é a validação do impacto da aprendizagem de um manual de RA num ambiente de sala de aula. O nosso propósito foi validar estudos prévios no contexto de sala de aula e provar que é possível elaborar manuais de RA tendo como base os manuais já em utilização na escola.

A nossa investigação não tem o objetivo de testar a eficiência de um meio sobre outro. Um meio pode possuir um conjunto de atributos que podem ser explorados para melhorar a prática pedagógica [16]. São esses atributos que pretendemos testar, compreendendo os efeitos sobre dois grupos distintos de alunos.

II. REVISÃO DA LITERATURA

A investigação científica desenvolvida ao longo das últimas décadas no campo da educação com RA é vasta e interessante. A revisão da literatura permitiu compreender

que, no campo da educação, a RA:

- fornece ao aluno a possibilidade de ver e manusear objetos de todos os ângulos e todas as distâncias, que pelas suas características não são possíveis de manusear, explorar ou ver sem ajuda tecnológica. O estudo de Gillet et al. [17] com estruturas biológicas complexas é um exemplo disso;
- permite a percepção das consequências da ação do aluno sobre os objetos virtuais. No estudo de Maier, Klinker e Tonnis [18] a união de objetos reais é traduzida na observação de reações químicas entre as moléculas virtuais;
- permite o treino e a simulação [19];
- torna a colaboração viável [20];
- permite o acesso a informação contextual [21];
- permite a aprendizagem em qualquer espaço e a qualquer hora;
- permite a criação de outra camada de informação sobre os manuais escolares tradicionais. Rekimoto [22] desenvolveu um dos primeiros livros com aplicações de RA.

Algumas das características descritas em cima são uma remediação de outro meio, o mobile, e começaram a existir assim que o m-learning atingiu a maturidade. Além disso, um envolvimento mais profundo do aluno, melhor percepção da satisfação e atitudes positivas são relatados como efeitos do uso de RA. Diegmann, Schmidt-Kraepelin, Eynden, e Basten [23] reportaram os benefícios do uso da RA na educação: a) aumento da motivação: os utilizadores estão mais ansiosos interessados e comprometidos; b) aumento da atenção; c) aumento da concentração; d) aumento da satisfação; e) aumento da aprendizagem centrada no aluno: os alunos são mais responsáveis pelo seu próprio progresso educativo; f) melhoria da aprendizagem colaborativa: promovendo novas formas de cooperação; g) mais detalhes: a RA fornece melhor conteúdo gráfico; h) Mais acesso à informação; I) maior interatividade: "as interações em RA envolvem os alunos com o conteúdo e permitem que o conhecimento seja adquirido por meio da manipulação do conteúdo (...), apoiado pela teoria de aprendizagem construtivista" ([24], p.113); J) melhoria da curva de aprendizagem: os alunos aprendem mais depressa e de forma fácil; k) aumento da criatividade; l) memória aprimorada: a RA proporciona melhor retenção de conhecimento e aumenta a vividez da memória.

Os livros de RA e os seus efeitos são os temas que mais nos interessam neste estudo. Vários foram os investigadores que se interessaram por este tema: o impacto dos livros aumentados em diversas áreas de ensino. O estudo de Gopalan et al. [25], especificamente acerca da aprendizagem das ciências naturais conclui que os recursos do livro aumentado podem ser aplicados para ampliar o interesse na aprendizagem das ciências. Além disso, espera-se que esses recursos sejam capazes de explicar termos científicos complexos, processos e fenômenos mais facilmente em comparação com o método tradicional de ensino. Alguns livros aumentados foram testados através de métodos qualitativos: foi testado o protótipo miBook-multimedia interactive Book [13]. O estudo, tinha como amostra cinco participantes adultos e concluiu que: a) o livro aumentado

intensifica a experiência de aprendizagem; b) o texto torna-se mais fácil de ler, promovendo o processo de aprendizagem; c) o conteúdo audiovisual é atrativo para os participantes; d) adicionar recursos audiovisuais ao livro tradicional, aumenta o seu valor como material pedagógico. Mahadzir e Phung [26] estudam o uso de um livro aumentado pop-up para aprender inglês no ensino primário. Os resultados revelaram que o livro pop-up em RA gera um sentimento de satisfação e os alunos percebem-no como motivador na medida em que aumenta a atenção e promove a confiança.

A necessidade de replicar, generalizar e validar externamente os estudos dos livros de RA traduz-se no uso de métodos quantitativos. Os investigadores Pasaréti et al. [27] analisaram um livro de exercícios de química em RA, utilizando métodos quantitativos. Um total de noventa alunos do nono e décimo ano participaram na experiência. Os resultados indicaram que os cadernos de exercícios em RA facilitam a compreensão de determinados modelos. Alunos e professores demonstraram interesse em utilizar a tecnologia. Outro exemplo é o da investigação que analisou o livro AR-Dehaes [28] que permitia a visualização de elementos espaciais. Dos vinte e quatro estudantes universitários que participaram na experiência, com pré- e pós-teste, houve um impacto positivo relacionado à habilidade espacial de quem utilizou o livro aumentado. Outro estudo [29] teve como objetivo determinar as atitudes de crianças em idade pré-escolar em relação aos livros ilustrados de RA e o seu desempenho na compreensão de histórias. Este estudo, com uma amostra de noventa e duas crianças de cinco e seis anos de idade, demonstrou que os livros ilustrados de RA podem ser usados para melhorar a cognição e as habilidades auditivas de crianças em idade pré-escolar. Contudo, noutro estudo [30] tentou examinar se os livros de RA aumentavam significativamente a motivação para leitura de alunos da quarta classe. Os participantes foram convidados a preencher o questionário, ler livros de RA ao longo de 3 semanas e repetir o questionário no final do estudo. O t -teste e o qui-quadrado foram usados para fazer a análise estatística. Os resultados deste estudo não indicaram significância estatística na motivação para leitura dos alunos.

Dos seis estudos analisados, dois utilizaram métodos qualitativos que demonstraram a satisfação e a intensificação da experiência de aprendizagem com o uso de livros aumentados. Quatro dos estudos usaram métodos quantitativos e a maioria (três em quatro) mostrou que os livros aumentados têm o potencial de ajudar na aprendizagem dos alunos de vários anos letivos. Um dos estudos também demonstrou que a RA por si só não aumenta a motivação para leitura. Nestes quatro estudos, o grupo de controle utilizou materiais impressos tradicionais, como livros, notas, entre outros. Apenas dois dos seis estudos realizaram a investigação durante o período escolar em sala de aula [28], [30]. A nossa breve revisão demonstra que nesses estudos os livros de RA foram criados do zero sem considerar os materiais pedagógicos já utilizados pelos alunos.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Estudo quase-experimental

O objetivo do nosso estudo é investigar se um livro de RA destinado a alunos do sexto ano pode ter um impacto sobre a aprendizagem (conhecimento de retenção de curto prazo) dentro da sala de aula. A pergunta de investigação que direciona este estudo é: PI. Um livro de RA pode facilitar a aprendizagem em sala de aula? E provocar mudanças na percepção da compreensão, inovação, satisfação, indução emocional e compreensão do aluno?

Para responder à questão de investigação, elaboramos uma experiência (manual escolar com RA vs manual escolar tradicional), com desenho quase-experimental: pré-pós-teste com grupo de controlo. Envolveu um grupo experimental que usou o manual escolar com RA e um grupo que usou o manual escolar tradicional durante as aulas. Os dois grupos responderam ao questionário, pré e pós-teste (Tabela I).

TABELA I
DESENHO DA EXPERIÊNCIA

Fases	Método quase-experimental	Trabalho de campo
1. Desenvolvimento de materiais	Desenvolvimento de variável independente - manual de RA baseado no manual escolar tradicional	
2. Implementação da experiência	Questionário parte 1	Escola básica
	Pré-teste	
	Manipulação de experiências Manual com RA vs. Manual tradicional (dois grupos de 25 participantes em salas de aula diferentes)	
	Questionário parte 2	
	Pós-teste	
3. Processamento de dados	Tratamento de dados e análise estatística	

B. Procedimento

A autorização para a execução deste estudo foi solicitada à escola e aos responsáveis. Os alunos tiveram aulas na mesma sala de aula a que estão habituados e sentaram-se em grupos, como de costume, garantindo a rotina normal dos alunos e o controle de variáveis estranhas ao estudo.

No início da aula, a professora resumiu a aula anterior e explicou o que os alunos iriam aprender naquela aula particular, aproveitando para nos apresentar aos alunos. De seguida, a professora iniciou a aula com procedimentos diferentes para cada grupo. No final da aula a professora costuma dar uma tarefa individual aos alunos, desta vez a tarefa foi o pós-teste.

Como a professora de ciências costuma trabalhar em grupos nas suas salas de aula, optamos por utilizar um computador por grupo e, assim, usamos cinco computadores preparados com as mesmas características técnicas. Esclarecemos a natureza e o objetivo do estudo aos participantes,

solicitámos que respondessem com sinceridade e garantimos o sigilo das suas respostas. De seguida, procedeu-se à primeira parte do questionário, cujo objetivo era testar a homogeneidade dos grupos. Questões relacionadas com informações sociodemográficas, hábitos de uso do computador e perguntas específicas sobre a RA. Após o preenchimento da primeira parte do questionário, os alunos responderam a um pré-teste com quatro questões com o tempo limite de 15 minutos. Posteriormente, a mesma professora transmitiu a matéria aos dois grupos de participantes. Nesta etapa, os procedimentos foram diferenciados para cada grupo:

- em relação à experiência do protótipo (manual escolar com RA), a professora pediu aos alunos que abrissem seus manuais escolares habituais e colocassem os adesivos do kit de RA nos locais apropriados. De seguida os alunos acompanharam a aula, virando as páginas do manual, explorando os conteúdos de RA quando solicitados, e discutindo-os com o grupo.
- a experiência com o manual escolar seguiu a rotina usual da aula, com os alunos acompanhando a matéria com o manual, observando as suas imagens e discutindo-as com o grupo.

Após a apresentação da matéria, os participantes responderam à segunda parte do questionário, incluindo afirmações relacionadas a quatro grupos de variáveis dependentes. Por último, os participantes responderam às quatro questões do pós-teste (que medem o conhecimento de retenção a curto prazo) dentro do limite de tempo estabelecido (também 15 minutos). A Tabela II resume o procedimento.

TABELA II
PROCEDIMENTO DA EXPERIÊNCIA

Procedimento	Tempo	Procedimento	Tempo
Grupo de controlo (sala A.1) Horário 9h		Grupo experimental (Sala B.9) Horário 14h	
Apresentação aos alunos explicando os objetivos e o procedimento	10 min	Apresentação aos alunos explicando os objetivos e o procedimento	10 min
Preenchimento da primeira parte do questionário	10 min	Preenchimento da primeira parte do questionário	10 min
Resposta ao pré-teste	15 min	Resposta ao pré-teste	15 min
	3 min	Colocação dos autocolantes de RA no manual escolar	
Aula dada com o manual escolar tradicional	45 min	Aula dada com o manual escolar aumentado	45 min
Preenchimento da segunda parte do questionário relacionado com as variáveis dependentes.	15 min	Preenchimento da segunda parte do questionário relacionado com as variáveis dependentes.	15 min
Preenchimento do pós-teste	15 min	Preenchimento do pós-teste	15 min

C. Participantes

Foram selecionadas duas turmas do sexto ano entre as dez existentes numa escola do concelho da Covilhã em Portugal. Uma dessas turmas tinha 26 alunos matriculados e a outra também 26, mas um dos alunos adoeceu no dia da

experiência. Para padronizar o número de participantes deste estudo, escolhemos aleatoriamente 25 alunos da turma de 26 alunos, e um aluno foi deixado de fora. A amostra é de conveniência, dada a definição das turmas no início do ano letivo. Conforme demonstramos de seguida, os grupos eram equivalentes, sem diferenças significativas no pré-teste ou em outras variáveis relevantes.

D. Materiais

1) Variáveis independentes

As variáveis independentes deste estudo são o manual escolar aumentado "Fig. 1" e o manual adotado pela escola "Fig. 2". Um protótipo de RA foi preparado para este estudo, com base no livro "CSI-Ciências Sobre Investigação" adotado pela escola para a disciplina de ciências naturais. Para projetar o protótipo de RA, utilizámos recomendações e diretrizes [31]: a RA deve ser flexível e adaptável às necessidades das crianças e capaz de transferir conteúdos durante o mesmo período de tempo que os conteúdos tradicionais. Além disso, as crianças devem ser capazes de explorar os conteúdos e essa exploração requer uma abordagem de design centrada no utilizador para potencializar a aprendizagem. Algumas das guias recomendadas por Braga [32] consideram: 1) o planeamento do projeto desde a fase inicial; 2) o conhecimento de estratégias de ensino / aprendizagem; 3) o conhecimento do público alvo; 4) a identificação de tarefas; 5) a possibilidade de configuração do sistema pelo utilizador. Para potencializar o carácter pedagógico do protótipo, utilizámos a teoria cognitiva de aprendizagem multimédia de Mayer [33] e os princípios de:

- 1) personalização: as pessoas aprendem melhor quando as palavras são em estilo coloquial;
- 2) princípio da contiguidade espacial: as pessoas aprendem melhor quando as palavras e imagens correspondentes são colocadas próximas umas das outras;
- 3) princípio da contiguidade temporal: as pessoas aprendem melhor quando as palavras e imagens correspondentes são apresentadas ao mesmo tempo;
- 4) multimédia: as pessoas aprendem melhor com palavras e imagens do que apenas com palavras;
- 5) modalidade: use palavras faladas ao invés de palavras impressas;
- 6) princípio da sinalização: as pessoas aprendem melhor quando são acrescentadas pistas que destacam a organização do material.

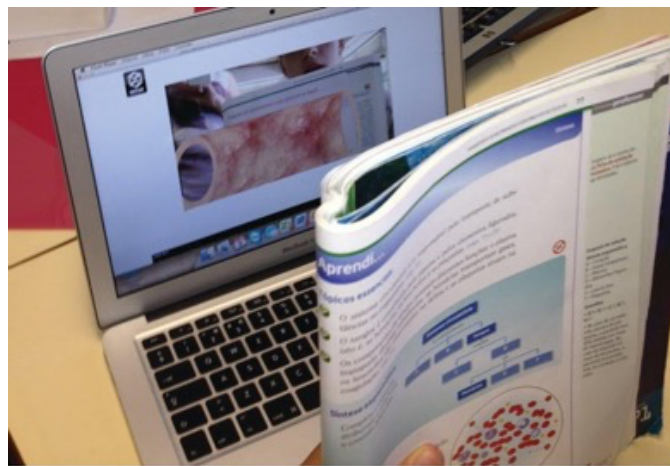


Fig. 1: CSI-Ciências sobre investigação livro aumentado.

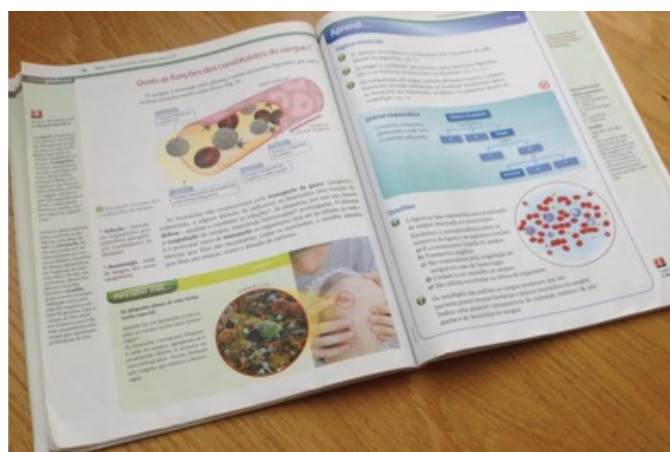


Fig. 2: Manual escolar CSI-Ciências sobre investigação da Areal editores, utilizado na sala de aula.

O protótipo que construímos foi baseado em cinco princípios de design:

1. Personalização: o protótipo foi concebido de acordo com as necessidades dos alunos e do professor. A linguagem e as palavras utilizaram um estilo coloquial, para melhor aprendizagem, conforme preconiza o princípio de personalização da teoria de Mayer [33]. O professor e o designer trabalharam juntos desde o estágio inicial, conforme recomendado [34]. Além disso, foi proposta a hipótese de configuração do sistema por alunos e professores (com inclusão de um kit de autocolantes) "Fig. 3" conforme as diretrizes [31] declaradas. A ideia de integrar os alunos no processo de design [34] traz a possibilidade de criar ambientes mais motivadores. A partir dos autocolantes, o manual escolar aumentado é construído e configurado por alunos e professores, a qualquer momento, em qualquer situação, de acordo com suas necessidades, potencialmente melhorando a compreensão do aluno em relação a determinados conteúdos. Esta solução vai ao encontro das diretrizes de Tapscott [35] para a educação da geração de nativos digitais: em vez de dar palestras, os professores devem interagir com os alunos e ajudá-los a descobrir as informações por conta própria enquanto adaptam a matéria para se adequar ao modo de aprendizagem de cada criança.



Fig. 3: Kit de autocolantes para ser usado com o manual aumentado. Na barra lateral encontramos os autocolantes que indicam a localização das experiências de RA; no centro, os adesivos que permitem a interação com o objeto virtual. No verso, podemos encontrar as instruções.

2. Contextualização: o elemento virtual surge em contexto, durante a apresentação da matéria, estabelecendo uma ligação entre o ambiente real e os conteúdos digitais. No protótipo, tudo aparece contextualmente à medida que uma página é virada, de acordo com o ritmo da matéria, o objeto virtual surge e pode ser explorado, acompanhando a voz do professor que facilita sua compreensão "Fig. 4". O princípio de contiguidade espacial e temporal de Mayer [33], afirma que a aprendizagem é aprimorada quando o espaço e/ou o tempo entre as informações é minimizado. Este princípio de Mayer pode ser enriquecido em ambientes de RA porque é possível não só minimizar a distância e o tempo entre palavras e imagens, mas sobrepor-las, criando camadas de informação. A contextualização das imagens e palavras com o ambiente real completam a mensagem comunicativa.

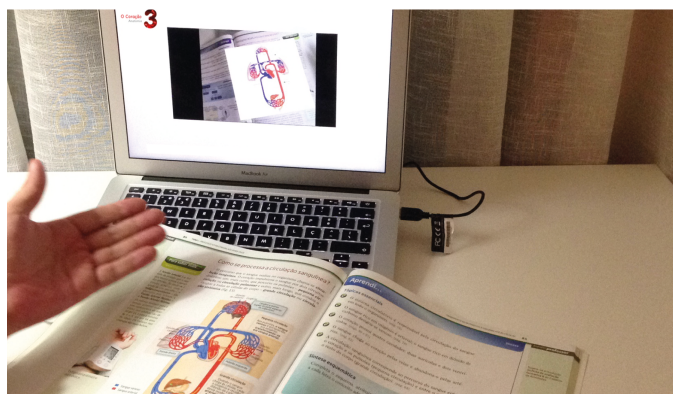


Fig. 4: Infográficos aumentados.

3. Multimídia, *experiência e interação com utilizador*, criatividade: no protótipo, considerámos a produção estética, multimídia e interativa como um poderoso recurso educacional. O princípio da modalidade de Mayer [33], que indica que a aprendizagem pode ser melhorada se os conteúdos visuais forem acompanhados por som em vez de texto, foi utilizado nos infográficos com um som que permitisse ao aluno compreender o texto narrado ao observar a animação. Utilizámos o espaço em branco e o espaço da imagem ao lado do texto para implementar diversas camadas de informação, sobrepondo objetos tridimensionais estáticos e animados, bem como animações bidimensionais com som, explorando assim o princípio multimídia de Mayer [33] que indica que as pessoas

aprendem melhor com as palavras e imagens, em vez de apenas com palavras. Esses conteúdos também permitem um maior conhecimento sobre um determinado assunto, ao invés do uso repetido das mesmas informações. Seguimos aqui as descobertas de Sweller [36], que afirma que a redundância ocorre quando a mesma informação é apresentada em várias formas e vai dificultar ao invés de facilitar a aprendizagem. Quanto à experiência do utilizador, testámos diversos marcadores, optando-se pelos marcadores de imagem, pois estes não interrompiam o ritmo de leitura do livro impresso. Foi permitida a inclusão de ícones no manual escolar por meio de autocolantes que indicam a localização das experiências de RA. O sistema também incluía instruções no manual escolar e no sistema virtual. Aqui seguimos o princípio de sinalização de Mayer [33], que indica que as pessoas aprendem melhor quando dicas/pistas que destacam a organização estão disponíveis. A interatividade foi estudada para estimular a interação do aluno com o objeto virtual "Fig. 5", promovendo o feedback do sistema.

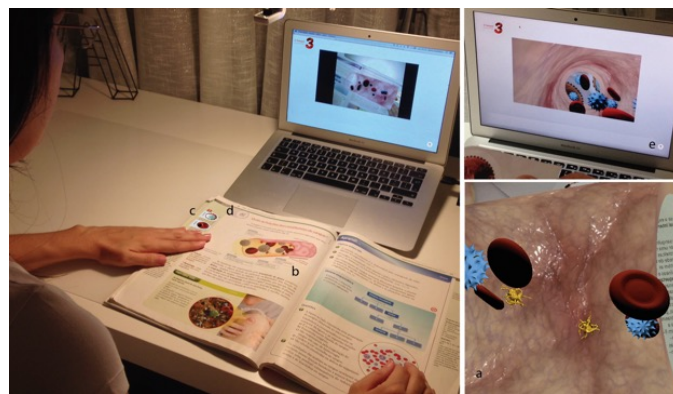


Fig. 5: Observação da forma e movimento dos componentes do sangue em RA (a). Uso do marcador de imagem natural (b), juntamente com os autocolantes interativos (c). Quando um dos autocolantes é escondido pela mão, um dos três componentes do sangue deixa de ser visível. O adesivo de identificação da experiência de RA foi colocado na parte superior da página (d). O botão de ajuda da interface (e) está sempre visível.

4. Abordagem hiper-responsiva: cunhámos este termo devido à capacidade que a RA possui de se adaptar não apenas a vários dispositivos, mas também a elementos físicos e temporais, proximidade, distância, orientação, posição, entre outros. No protótipo, considerámos a adaptação a diversos dispositivos de visualização - computador, *tablet* "Fig.6" e *smartphone* - adaptação à sala de aula, adaptação ao manual escolar, adaptação e exploração de diversos tipos de conteúdos. Devido às características específicas da RA, este princípio de design aprimora os princípios pedagógicos de Mayer [33]. É possível que o professor adapte a experiência ao ritmo da sala de aula e use o estilo conversacional para explicar a atividade, gerando valor pedagógico e novas informações. Aqui vemos o princípio da personalização em ação. Além disso, as características únicas desta experiência de RA oferecem a possibilidade de alterar a localização de palavras e imagens no manual escolar, juntando-as e seguindo os princípios de contiguidade espacial e temporal. A experiência reage à proximidade, tornando os conteúdos virtuais maiores ou menores tendo em conta a localização dos elementos físicos, distorcendo os conteúdos para que fiquem na perspetiva correta e apresentando-os no momento

certo à medida que as páginas do livro são viradas. Esta experiência é uma experiência multimídia, portanto, é possível visualizar diferentes tipos de conteúdos, como palavras, imagens, animações e modelos 3D, explorando o princípio multimídia de Mayer [33].

5. Transparência: a transparência está presente nos conteúdos (para conectar o real e virtual) e na interface (para torná-la mais intuitiva). No protótipo final, a transparência permite a observação simultânea do objeto real e dos conteúdos virtuais "Fig. 7". Esta observação simultânea ultrapassa a contiguidade espacial e a contiguidade temporal dos princípios de Mayer [33] porque é possível sobrepor palavras e imagens no mesmo período de tempo.

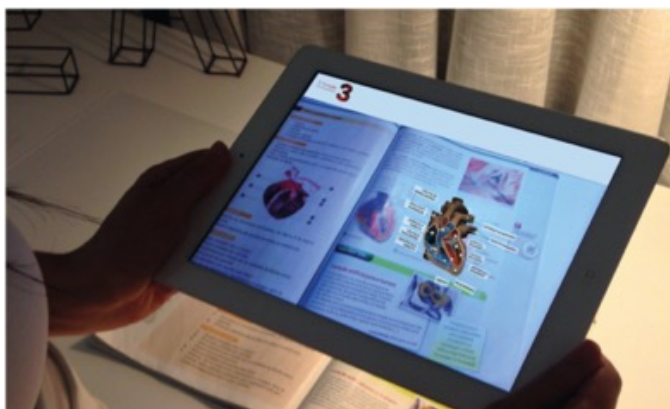


Fig. 6: Utilização do sistema num tablet

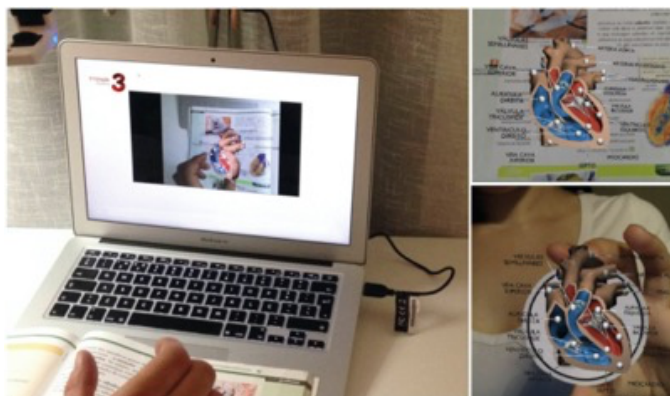


Fig. 7: Interface tangível

Uma interface gráfica foi projetada e programada para servir de portal de entrada para a experiência de RA. Os marcadores foram projetados e pré-processados pela plataforma IN2AR. Os conteúdos foram compostos por objetos 3D, modelados e animados, e animações bidimensionais com som e voz. O protótipo foi testado várias vezes antes de ser utilizado no trabalho de campo.

2) Variáveis dependentes

As variáveis dependentes utilizadas neste estudo são:

- Percepção de compreensão: para verificar até que ponto os participantes sentem que compreenderam o assunto do estudo. O termo compreensão implica que o aluno consiga entender a mensagem que o professor pretende passar e isso está relacionado a fatores como memória e conhecimentos prévios [37]. Para evitar variáveis contaminadoras nos resultados, utilizamos a variável percepção de compreensão. Para

avaliar essa variável, foram utilizadas quatro afirmações;

- Inovação/adequação/expectativa: que tenta avaliar a opinião dos intervenientes no que diz respeito à inovação – os participantes percebem que as experiências apresentam elementos inovadores – adequação – os participantes entendem a experiência como adequada ao ambiente escolar e adequada aos propósitos da matéria explicada – e expectativa – a forma como a matéria é transmitida suplanta as suas expectativas. Diante deste objetivo, foram utilizadas cinco afirmações;
- Satisfação: que pretende avaliar a influência significativa sobre o nível de conforto do utilizador e as suas expectativas, conforme utilizado por Joo-Nagata, Giner e García-Peñalvo, [38]. Diante deste objetivo, foram utilizadas quatro afirmações;
- Indução emocional: para verificar o tipo de emoções que a variável independente exerce sobre os participantes. As emoções positivas podem influenciar a motivação dos participantes, facilidade de memorização, capacidade de resolver problemas, influenciar o processo cognitivo e promover a construção do conhecimento [39], [40]. Em relação à aprendizagem multimídia, o design e a estética dos materiais pedagógicos podem induzir emoções que afetam o desempenho do utilizador e o processo cognitivo [41]. Para avaliar as emoções sentidas durante a experiência, utilizamos oito itens e perguntamos a cada participante em que medida sentia cada emoção. Os itens de emoção positiva foram interesse, felicidade, surpresa, curiosidade e admiração; os itens de emoção negativa foram vergonha, tristeza e medo;
- Compreensão: para compreender o grau de compreensão do assunto em função da variável independente. Vários estudos medem o impacto da tecnologia no ensino em termos de testes que comprovam a compreensão dos conceitos básicos [42]. Questões de escolha múltipla, uma avaliação objetiva na qual os respondentes são solicitados a selecionar apenas as respostas corretas das opções oferecidas como uma lista, também foram utilizadas para medir a compreensão do aluno [43]. Para avaliar a compreensão, aquisição do conhecimento e retenção de memória de curto prazo, utilizamos quatro questões relacionadas à matéria lecionada no pré-teste, duas questões com formato de escolha múltipla (Exemplo: o que os leucócitos fazem? a. Transportam oxigênio e outros gases; b. defendem o organismo; c. coagulam o sangue; d. substância transportadora e células sanguíneas) e outras duas com formato aberto (Exemplo: descreva a circulação pulmonar). Os alunos responderam ao pré-teste antes de serem submetidos à experiência. Também utilizamos um pós-teste com o mesmo desenho, ao qual os alunos responderam após explorarem as experiências. O pré-teste e o pós-teste tiveram o mesmo tempo de resposta (15 minutos) e grau de dificuldade.

Os participantes avaliaram cada item das quatro primeiras variáveis dependentes de acordo com seu nível de concordância com cada afirmação numa escala de 10

pontos, de 1 (muito pouco) a 10 (muito).

3) Recolha de dados

Os dados foram recolhidos por meio de questionários, pré-testes e pós-testes. O questionário incluiu seis questões sociodemográficas de escolha múltipla e quatro questões associadas às variáveis dependentes, utilizando uma escala do tipo Likert de 10 pontos. Os questionários foram validados por validade de conteúdo, o que exigiu uma seleção de juizes, entre os quais três professores do sexto ano, um professor universitário (Ph.D.) especializado em educação e um professor universitário (Ph.D.) especializado em design. A avaliação favorável do instrumento, pelos especialistas, foi consensual. A confiabilidade das escalas do questionário foi medida por meio do Alpha de Cronbach. O mesmo grupo de revisores especialistas também avaliou favoravelmente os pré-testes e pós-testes.

4) Análise de dados

Os dados foram introduzidos no SPSS (Statistical Package for Social Sciences) permitindo a análise das diferenças que os distintos tratamentos experimentais produziram nos grupos de participantes e nas variáveis dependentes. Utilizou-se um tipo bivariável de análise estatística (prova *t* de *Student* e χ^2). A prova *t* de *Student* apresenta-se na variante: *t*-teste de médias independentes, onde dois grupos homogêneos de participantes testam duas experiências diferentes. Nesta prova estatística podemos verificar o nível de significância (*p*), ou seja, a probabilidade de nos enganarmos ao descartar a hipótese nula. Se o nível de significância associado ao valor estatístico exceder 0.05 ($p > 0.05$), não se poderá excluir a hipótese nula e por tanto não há diferenças significativas entre grupos. Há diferenças significativas quando $p \leq 0.05$. O valor estatisticamente significativo associado ao *t*, pode por vezes ter um efeito pouco importante. O tamanho do efeito foi medido através do coeficiente de correlação de Pearson (*r*). Os resultados do efeito indicam que se $r = 0$ (nenhum efeito), $r = 0.1$ (efeito pequeno), $r = 0.30$ (efeito médio), $r = 0,50$ (efeito grande), $r = 1$ (efeito perfeito).

Para verificar a independência estatística de duas variáveis categóricas (como por exemplo o género sexual) utilizou-se neste estudo a prova χ^2 . No que diz respeito aos pré e pós-testes, estes foram avaliados pela professora de ciências naturais das turmas em questão e os dados desses resultados seguiram os procedimentos acima descritos.

Para comprovar a fiabilidade das escalas do questionário, utilizou-se ainda o coeficiente Alpha de Cronbach. Um Alpha de Cronbach entre 1-0,90 indica muito boa consistência interna, entre 0,70-0,90 boa consistência interna, entre 0,60-0,70 uma consistência aceitável, entre 0,50-0,60 uma consistência fraca, menor que 0,50 uma consistência inaceitável.

IV. RESULTADOS

A. Verificação da homogeneidade dos grupos experimentais

Não se observaram diferenças estatisticamente significativas no que diz respeito às variáveis sexo ($\chi^2(1, N = 50) = 0.33, p = .57$), e idade ($t(48) = 1.23, p = .23$), anos de utilização de computador ($t(43) = -0.44, p = .66$), tempo diário no computador ($t(48) = -0.88, p = .38$), Conhecimento de RA ($\chi^2(1, N = 49) = 2.58, p = .11$), ou de experiência

com jogos de RA ($\chi^2(1, N = 50) = 0.32, p = .57$).

Apesar do grupo que utilizou o manual escolar ter demonstrado uma maior cotação no pré-teste ($M = 53.00, SD = 23.18$), em relação ao grupo que utilizou o protótipo de RA ($M = 40.00, SD = 25.00$) essa diferença não era significativa ($t(48) = -1.91, p = .06$). Podemos afirmar que os grupos são estatisticamente homogêneos.

B. Impacto na percepção da compreensão

A análise da consistência interna da escala utilizada para avaliar a variável percepção da compreensão, reconheceu uma boa fiabilidade da mesma ($\alpha = .87$).

Identificaram-se diferenças significativas na percepção da compreensão ($t(48) = 7.35, p = .00$) (Tabela III), sendo que o grupo de alunos que utilizou o protótipo ($M = 35.28, SD = 4.69$) mostrou uma percepção da compreensão maior, em comparação com o outro grupo de alunos que utilizou somente o manual escolar ($M = 25.16, SD = 5.04$). O tamanho do efeito é grande, $r = .73$.

TABELA III
IMPACTO NA PERCEÇÃO DA COMPREENSÃO – PROTÓTIPO RA VS MANUAL ESCOLAR

Variável Dependente	Aula utilizando o...		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
	Protótipo RA	Manual escolar			
Percepção da compreensão	35.28	25.16	7.35	48	.00
N	25	25			

Escala: Desde 4 (pontuação mínima) até 40 (pontuação máxima).

C. Impacto na inovação /adequação /expectativa

No que diz respeito à variável inovação/adequação /expectativa também se verificaram diferenças significativas ($t(36) = 7.28, p = .00$) (Tabela IV). Sendo que, o grupo que utilizou apenas o manual escolar ($M = 32.16, SD = 8.45$) interpretou esta experiência como menos inovadora, menos adequada e menos de acordo com as suas expectativas em relação ao grupo que utilizou o protótipo ($M = 46.04, SD = 4.43$). O tamanho do efeito é grande, $r = .77$. A análise da fiabilidade da escala indicou uma consistência interna muito boa ($\alpha = .93$).

TABELA IV
IMPACTO NA INOVAÇÃO/ADEQUAÇÃO/EXPECTATIVA – PROTÓTIPO VS MANUAL ESCOLAR

Variável Dependente	Aula utilizando o...		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
	Protótipo RA	Manual escolar			
Inovação /adequação /expectativa	46.04	32.16	7.28	36	.00
N	25	25			

Escala: Desde 5 (pontuação mínima) até 50 (pontuação máxima)

D. Impacto na satisfação

A escala utilizada para medir a variável foi analisada quanto à sua consistência interna demonstrando uma muito boa fiabilidade ($\alpha = .91$). Observaram-se diferenças

significativas entre grupos em relação à variável satisfação ($t(43) = 8.25, p = .00$) (Tabela V). O grupo que utilizou o protótipo ($M = 36.24, SD = 4.58$) para aprender, demonstrou uma maior satisfação do que o grupo que utilizou apenas o manual escolar ($M = 23.08, SD = 6.53$). O tamanho do efeito é grande, $r = .78$.

TABELA V
IMPACTO NA SATISFAÇÃO – PROTÓTIPO VS MANUAL ESCOLAR

Variável Dependente	Aula utilizando o...		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
	Protótipo RA	Manual escolar			
Satisfação	36.24	23.08	8.25	43	.00
N	25	25			

Escala: Desde 4 (pontuação mínima) até 40 (pontuação máxima)

E. Impacto na indução emocional

Agrupamos as emoções positivas (interesse, alegria, surpresa, curiosidade e admiração) e as emoções negativas (vergonha, tristeza e medo). A análise da consistência interna da escala positiva indicou uma fiabilidade boa ($\alpha=.89$) já a fiabilidade da escala negativa demonstrou ser fraca ($\alpha=.50$). Não se verificaram diferenças significativas entre grupos em relação à indução emocional negativa ($t(48) = -1.89, p = .07$), o tamanho do efeito é pequeno $r = .28$. No entanto, foram observadas diferenças estatisticamente significativas nas repostas à indução emocional positiva ($t(42) = 5.69, p = .00$), o tamanho do efeito é grande, $r = .66$. Sendo que o grupo que utilizou o protótipo ($M = 42.96, SD = 6.98$) demonstrou mais emoções positivas que o grupo que utilizou o manual escolar ($M = 28.84, SD = 10.27$). Ao analisar o impacto de cada um dos itens relacionados com cada uma das emoções, verificaram-se diferenças significativas em todos os itens pertencentes ao grupo das emoções positivas. O item *tristeza*, relacionado com as emoções negativas também demonstrou na análise individual diferenças significativas ($t(32) = -2.90, p = .04$). Com o grupo que utilizou o manual escolar ($M = 2.00, SD = 1.50$) a demonstrar uma maior tristeza em relação ao grupo que utilizou o protótipo ($M = 1.32, SD = 0.63$). O tamanho do efeito é pequeno, $r = .16$.

F. Impacto na compreensão

No pós-teste verificaram-se diferenças significativas entre grupos ($t(48) = 4.97, p = .00$) (Tabela VI). Sendo que o grupo que utilizou o protótipo ($M = 77.00, SD = 21.55$) teve uma maior pontuação no teste efetuado depois da experiência, do que o grupo que utilizou o manual escolar ($M = 45.00, SD = 23.94$). O tamanho do efeito é grande, $r = .58$.

TABELA VI
IMPACTO NA COMPREENSÃO – PROTÓTIPO VS MANUAL ESCOLAR

Variável Dependente	Aula utilizando o...		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P</i>
	Protótipo RA	Manual escolar			
Compreensão	77.00	45.00	4.97	48	.00
N	25	25			

Escala: Desde 0 (pontuação mínima) até 100 (pontuação máxima)

V. DISCUSSÃO

O trabalho de campo foi norteado pela hipótese de que o uso de um manual escolar aumentado em sala de aula pode facilitar a aprendizagem, além de provocar mudanças na percepção de compreensão, inovação, satisfação, indução emocional e compreensão dos alunos. O trabalho de campo produziu evidências empíricas que apoiam seriamente esta hipótese. Os resultados revelaram que os alunos que utilizaram o manual escolar com RA demonstraram maior percepção de compreensão, consideraram o protótipo como mais inovador, mais adequado e mais de acordo com suas expectativas e sentiram satisfação em utilizá-lo. O protótipo obteve uma resposta emocional positiva significativa, e o uso do manual escolar tradicional obteve uma reação de tristeza dos alunos, com um tamanho de efeito pequeno. Além disso, houve diferenças significativas entre os grupos na compreensão, o grupo de alunos que utilizou o protótipo obteve média superior no pós-teste. Essas conclusões parecem sustentar um maior número de vantagens na utilização do manual escolar com RA, em detrimento do manual escolar tradicional. Este estudo contribui para o corpo emergente de estudos quantitativos cujo objetivo é avaliar o desempenho pedagógico da RA em sala de aula [44], [45] e comparar outros materiais pedagógicos com os manuais escolares tradicionais [15]. Os resultados que obtivemos com esta experiência em sala de aula são consistentes com os resultados de outros estudos indicando que a RA pode ter um impacto na aquisição de conhecimento [27], [28], na satisfação e expectativas do aluno [15], [46], e também na sua resposta emocional [47]. Os resultados indicam ainda que o manual escolar tradicional pode ser aprimorado com experiências de RA sem comprometer a compreensão e leitura do manual de forma tradicional. Em vez disso, juntamos informação digital à informação impressa e criamos um produto unificado e consistente. Esta forma de produzir livros de RA traz mais percepção de compreensão, inovação, satisfação, indução emocional e compreensão aos alunos.

Acreditamos que o presente estudo pode ajudar a esclarecer a eficiência pedagógica da RA na educação. Empregamos os princípios de Mayer [33]: a personalização, a contiguidade espacial e temporal, o multimídia, a modalidade e a sinalização. Estes princípios foram utilizados no design do protótipo do manual em RA e, como comprovado pelos nossos resultados, demonstra benefícios pedagógicos para os alunos. Este estudo também pode recomendar diretrizes para o desenvolvimento de manuais escolares de RA. Essas diretrizes tiradas dos nossos princípios de design podem ser resumidas como:

- 1) projetar o manual de RA de acordo com as necessidades de professores e alunos;
- 2) utilizar um estilo coloquial;
- 3) organizar uma equipa multidisciplinar (designers, professores e outros profissionais);
- 4) encontrar uma forma de deixar o sistema ser configurado por alunos e professores (utilizámos um kit de autocolantes que podem ser adicionados ou retirados conforme a necessidade);
- 5) contextualizar os elementos virtuais. Esses elementos

devem aparecer durante a apresentação da matéria e à medida que os alunos vão virando as páginas do manual escolar o professor deve explicar o conteúdo visual;

6) sobrepor conteúdos virtuais relacionados ao conteúdo real do manual, minimizando a distância e o tempo entre palavras e imagens;

7) usar os infográficos do manual escolar e dar-lhes vida com animações e sons virtuais;

8) usar o espaço em branco e o espaço da imagem do manual para apresentar o conteúdo virtual;

9) utilizar diferentes tipos de conteúdos (objetos tridimensionais estáticos e animados, animações bidimensionais, sons, etc.);

10) escolher conteúdos virtuais que possibilitem um aumento da informação disponibilizada, ao invés de repetir a mesma informação em diferentes mídias;

11) utilizar marcadores de imagem porque não interrompem o ritmo de leitura do livro impresso;

12) incluir ícones para indicar a localização dos conteúdos de RA;

13) incorporar instruções de uso no manual;

14) utilizar a interatividade para estimular a interação do aluno;

15) tornar o sistema de RA hiper-responsivo, passível de visualização em diferentes dispositivos, adaptável a diferentes tipos de sala de aula, a diferentes objetos reais (manuais escolares), e com diferentes tipos de conteúdos;

16) tornar a interface o mais invisível possível;

17) utilizar interfaces tangíveis sempre que possível.

O nosso estudo indica um grande número de questões para estudos futuros. Em primeiro lugar, apesar de terem sido definidos alguns conceitos básicos para o projeto e desenvolvimento de um protótipo de RA, o estudo experimental não prova que este quadro teórico e conceitual explique os resultados obtidos. Para isso, estudos futuros devem comparar um manual escolar com RA elaborado de acordo com os conceitos teóricos e de design apresentados e, outro manual escolar de RA onde esses conceitos não sejam aplicados. Em segundo lugar, é importante analisar e comparar a eficiência pedagógica dos conteúdos aumentados com os elementos digitais fornecidos com o manual escolar tradicional (DVD's ou plataformas de e-learning). Terceiro, estudos futuros podem incluir novos públicos em diferentes níveis de escolaridade. Em quarto lugar, estudos adicionais também poderiam provar que o conjunto recomendado de diretrizes é necessário e suficiente, que nenhuma delas é redundante e que são adequadas para o sucesso dos manuais escolares de RA. Como em qualquer investigação, há limitações para o presente estudo. Reconhecemos que nos focamos na aquisição e retenção de conhecimento a curto prazo. Seria interessante examinar se a RA também tem um impacto positivo na retenção de conhecimento a longo prazo.

VI. CONCLUSÃO

A RA surgiu do profundo progresso tecnológico e da necessidade permanente de aumentar os sentidos humanos. O uso da RA expandiu-se para diversos domínios do conhecimento, um deles é a educação. Muitos dos estudos empíricos que analisamos neste campo são desenvolvidos em laboratório, retirados da complexidade da sala de aula.

Os protótipos elaborados para esses estudos são criados do zero, sem levar em consideração os manuais escolares que os alunos devem levar para a escola. Com o objetivo de reverter esta situação, desenvolvemos um protótipo para o presente estudo que foi baseado no manual escolar adotado pela escola e que permite a personalização de acordo com as necessidades de professores e alunos.

Este estudo teve como objetivo quantificar os benefícios pedagógicos que um manual escolar aumentado pode trazer para a aprendizagem em sala de aula. As evidências empíricas que recolhemos parecem indicar que o uso do manual escolar aumentado em sala de aula, promove a compreensão e aprendizagem, provoca maiores índices de satisfação, percepção da compreensão e percepção da inovação, favorecendo emoções positivas. Além disso, as evidências empíricas permitiram-nos fornecer diretrizes para o futuro desenvolvimento de manuais escolares aumentados. Após a investigação elaborada acreditamos que o manual escolar, quando projetado com realidade aumentada e considerações de design, pode ir ao encontro das exigências e expectativas da nova geração de aprendizes.

REFERÊNCIAS

- [1] R. Azuma, "A Survey of Augmented Reality", *Teleoperators and virtual environments*, vol. 6, nº 4, pp.355-385, 1997.
- [2] A. Craig, *Understanding Augmented Reality*. Waltham: Morgan Kaufmann, 2013.
- [3] L. Johnson, S. Adams, M. Cummins, V. Estrada, A. Freeman and C. Hall, *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin: The New Media Consortium, 2016.
- [4] L. Bailey, "Virtual and Augmented Reality: Exploring the Potential for Instructional Application", in *Educational Technology and the New World of Persistent Learning*, L. Bailey, Hershey, PA: IGI Global. 2019, pp. 12-23.
- [5] M. Billingham, *Augmented reality in education. New Horizons for Learning*, 2002 [Online], Available at http://www.solomonalexis.com/downloads/ar_edu.pdf.
- [6] C. Dede, "Augmented Reality technology brings learning to life" *Usable Knowledge: connecting research to practice*. 2009 [Online], Available at <http://www.gse.harvard.edu/news/uk/09/09/augmented-reality-technology-brings-learning-life>
- [7] L. Johnson, R. Smith, H. Willis, A. Levine and K. Haywood, *The 2011 Horizon report*. Austin: The New Media Consortium, 2011
- [8] S. Yuen, G. Yaoyuneyong and E. Johnson, "Augmented reality: An overview and five directions for AR in education", *Journal of educational technology development and exchange*, vol.4, nº1, pp. 119-140, 2011.
- [9] F. Marcel, "Mobile augmented reality learning objects in higher education" *Research in Learning Technology*, vol. 27. <https://doi.org/10.25304/rlt.v27.2133>. 2019.
- [10] M. Cheli, J. Sinapov, E. Danahy and C. Rogers, C. 2018 "Towards an Augmented Reality Framework for K-12 Robotics Education", in: *VAM-HRI'18*, Chicago, on 5-8 March 2018, pp.17-30.
- [11] T. Wang, H., Zhang, X. Xue, and Cai S., "Augmented Reality-Based Interactive Simulation Application in Double-Slit Experiment", in: *Online Engineering & Internet of Things. Lecture Notes in Networks and Systems*, M. Auer and D. Zutin, Springer: Cham. Vol 22. 2018.
- [12] P. Chen, X. Liu, W. Cheng and R. Huang, "A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016", in *Innovations in Smart Learning*, E. Popescu, Kinshuk, M. Khrib, R. Huang, M. Jenni, N. Chen and D. Sampson, Singapore: Springer Singapore, 2017, pp 13-18.
- [13] A. Dias, "Technology enhanced learning and Augmented Reality: An Application on Multimedia Interactive Books" *International Business & Economics Review*, vol.1, nº1, pp. 69-79, 2009.
- [14] E. İbili, M. Çat, D. Resnyansky, S. Şahin and M. Billingham, "An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students' 3D geometry thinking skills", *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, vol.50, nº1, 2019, DOI: 10.1080/0020739X.2019.1583382.

- [15] Y. Hung, C. Chen and S. Huang, "Applying augmented reality to enhance learning: a study of different teaching materials", *Journal of computer assisted learning*, vol.33, n°3, pp. 252-266, 2016.
- [16] R. Kozma, "A reply: Media and methods" *Educational Technology Research and Development*, vol.42, n°3, pp1-14, 1994.
- [17] A. Gillet, M. Sanner, D. Stoffler, D. Goodsell, and A. Olson, "Augmented Reality with tangible auto-fabricated models for molecular biology applications", in *Visualization '04*, Washington, 2004, pp. 235-241.
- [18] P. Maier, G. Klinker and M. Tonnis, "Augmented Reality for teaching spatial relations", in: *Conference of the International Journal of Arts & Sciences*. Toronto, 26 May 2009, pp. 1-8.
- [19] M. Aebbersold, T. Voepel-Lewis, L. Cherara, M. Weber, C. Khourie, R. Levine and A. Tait "Interactive Anatomy-Augmented Virtual Simulation Training" *Clinical Simulation in Nursing*, vol.15 pp. 34-41, 2018.
- [20] H. Kaufmann, *Geometry education with augmented reality*. PhD Dissertation. Universidade de Viena, 2004.
- [21] A. Kamarainen, M. Thompson, S. Metcalf, T. Grotzer, M. Tutwiler and C. Dede, "Prompting Connections Between Content and Context: Blending Immersive Virtual Environments and Augmented Reality for Environmental Science Learning", in *Immersive Learning Research Network*. iLRN 2018, D. Beck, et al. Communications in Computer and Information Science, Springer: Cham. 2018, Vol 840.
- [22] J. Rekimoto, "Matrix: A real time object identification and registration method for augmented reality", in *Computer Human Interaction*, 3rd Asia Pacific, Shonan, 17 July 1998, pp. 63-68.
- [23] P. Diegmann, M. Schmidt-Kraepelin, S. Eynden and D. Basten, "Benefits of Augmented Reality in Educational Environments - A Systematic Literature Review", in *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*. [Online] Available at <http://aisel.aisnet.org/wi2015/103>.
- [24] A. Dünsen, L. Walker, H. Horner and D. Bentall, "Creating Interactive Physics Education Books with Augmented Reality", in *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*, Melbourne, 26-30 November 2012, pp. 107-114.
- [25] V.Gopalan, A. Zulkifli, N. Mohamed, A.Alwi, R. Mat, J. Bakar and
- [26] N. Mahadzir and L. Phung, "The use of augmented reality pop-up book to increase motivation in english language learning for national primary school", *IOSR-Journal of Research & Method in Education*, n°1, pp. 26-38, 2013.
- [27] O. Pasaréti, H. Hajdú, T. Matuszka, A. Jámbori, I. Molnár and M. Turcsányi-Szabó, "Augmented Reality in education" in: *INFODIDACT Informatika Szakmódszertani konferencia cdkiadvány*, Helyszin, 2011, pp.1-15.
- [28] J. Martin-Gutierrez, J. Saorin, M. Contero, M. Alcaniz, D. Perez-Lopez and M. Ortega, "Education: Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students", *Journal Computers and Graphics*, vol. 24, n° 1 pp. 77-91, 2010.
- [29] R. Yilmaz, S. Kucuk and Y. Goktas, "Are augmented reality picture books magic or real for preschool children aged five to six?" *British Journal of educational Tecnology*, vol.48, n°3 pp. 824-841, 2017.
- [30] C. Rodgers, *Augmented Reality Books and the Reading Motivation of Fourth-Grade*. USA: Union University.2014.
- [31] L. Kerawalla, R. Luckin, S. Seljeflot and A. Woolard "Making it real: Exploring the potential of Augmented Reality for teaching primary school science". *Virtual Reality*, vol10, n°3-4 pp.163-174, 2006.
- [32] M. Braga, *Diretrizes para o design de mídias em realidade aumentada: situar a aprendizagem colaborativa online*. PhD Dissertation. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: Brasil, 2012.
- [33] R. Mayer, *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- [34] A. Druin and C. Solomon. *Designing multimedia environments for children*. New York: John Wiley & Sons, Inc, 1996.
- [35] D. Tapscott, *Growing up digital: How the net generation is changing your world*. New York: McGraw-Hill, 2009.
- [36] J. Sweller, "The Redundancy Principle in Multimedia Learning" In *The Cambridge handbook of multimedia learning*, R. Mayer. New York, NY, US: Cambridge University Press, 2005, pp. 159-167.
- [37] A. Van Dijk, *La noticia como discurso; comprensión, estructura y producción de la información*. Barcelona: Paidós comunicación, 1990.
- [38] J. Joo-Nagata, F. Abad, J. Giner and F. García-Peñalvo, "Augmented reality and pedestrian navigation through its implementation in m-learning and e-learning: Evaluation of an educational program in Chile". *Computers & Education*, vol.111, pp.1-17, 2017.
- [39] A. Isen and J. Reeve "The influence of positive affect on intrinsic and extrinsic motivation: Facilitating enjoyment of play, responsible work behavior, and self-control", *Motivation and Emotion*, vol. 29, n°4, pp. 297-325, 2005.
- [40] E. Um, H. Song and J. Plass "The effect of positive emotions on multimedia learning" in *World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, Vancouver, 25 June 2007, pp. 4176-4185.
- [41] R. Mayer and R. Moreno "A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual processing systems in working memory", *Journal of Educational Psychology*, n° 90 pp. 312-320, 1998.
- [42] J. Jenkinson, "Measuring the effectiveness of educational technology: what are we attempting to measure?" *Electronic Journal of e-Learning*, vol.7, n°3, pp. 273 – 280, 2009.
- [43] A. Ferreira, and J. Costa, *Instrumentos de avaliação de compreensão da leitura*. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2011.
- [44] O. Scriver, J. Madewell, C. Buckley and N. Perez, "Augmented reality digital technologies (ARDT) for foreign language teaching and learning", in *Future Technologies Conference (FTC)*, San Francisco, 6-7 December 2016, pp.1-4.
- [45] Y. Wang, "Exploring the effectiveness of integrating augmented reality-based materials to support writing activities" *Computers & Education*, n° 113, pp. 62-176, 2017.
- [46] A. Di Senio, B. Ibanéz, and C. Kloos, "Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course" *Computers & Education*, n°68: pp.586-596, 2013.
- [47] J. Harley, E. Poitras, A. Jarrell, M. Duffy and S. Lajoie, "Comparing virtual and location-based augmented reality mobile learning: emotions and learning outcomes". *Educational Technology Research and Development*, vol.64, n°3, pp. 359-388, 2016.

Joana Casteleiro-Pitrez (Covilhã, Portugal, 1983) Licenciada em Design Multimédia pela Universidade da Beira Interior, possui também mestrado na mesma área. É doutorada em Design de Comunicação pela Faculdade de Belas Artes da Universidade de Lisboa. No seu Ph.D. dedicou-se a estudar novas formas de design para a realidade aumentada (fazendo protótipos e testando-os) testando o seu impacto na educação infantil. É Professora Auxiliar do Departamento de Arte da Universidade da Beira Interior. Anteriormente, trabalhou como professora auxiliar na Escola de Comunicação, Arquitetura, Artes e Tecnologias da Informação, na Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias de Lisboa e na Escola Superior de Artes e Tecnologia de Lisboa. Anteriormente trabalhou como designer digital para a agência digital Tribal DDB Lisboa e outras agências europeias do mesmo grupo (Tribal DDB Amsterdam, Milan, London, Paris). Trabalhou com marcas como Volkswagen, Nike, Johnson & Johnson, Unicef, CGD, Henkel, Millenium BCP, Guardian Newspapers, Pfizer, Ziggo, Albero, Phillips, Neutrogena, KLM Royal Dutch Airlines.