UNIVERSIDADE ABERTA

REALIDADE AUMENTADA NUM SIMULADOR VIRTUAL DE TOMADA DE DECISÃO CLÍNICA

Nelson Ribeiro Jorge

Doutoramento em Educação na área de especialização em

Educação a Distância e Elearning

Tese de doutoramento orientada pela Professora Doutora Lina Maria Gaspar Morgado e co-orientada pelo Professor Doutor Pedro João Soares Gaspar

2016

Resumo

A presente investigação teve como objetivo verificar se a Realidade Aumentada (RA) potencia o desenvolvimento de competências de tomada de decisão clínica no diagnóstico e tratamento de feridas crónicas, aumenta a motivação dos estudantes e a usabilidade do simulador virtual e-FER.

O e-FER é um simulador online de tomada de decisão clínica utilizado na formação inicial de enfermeiros, permitindo simular o diagnóstico e tratamento de casos clínicos virtuais de feridas crónicas. Para o presente estudo foi acrescentada uma componente de RA com novos casos clínicos, no sentido de investigar os seus efeitos na motivação, usabilidade e desenvolvimento de competências no diagnóstico e tratamento de feridas crónicas.

Desenvolveu-se um estudo quase-experimental com uma amostra de 54 estudantes a frequentar o primeiro ano de Enfermagem. Realizou-se uma análise comparativa entre o desempenho dos grupos experimental (que utilizou o e-FER tradicional e depois com RA) e de controlo (que utilizou apenas o e-FER tradicional), com base nos dados extraídos a partir do simulador virtual e-FER. Os dados relativos à motivação dos estudantes e usabilidade do sistema foram recolhidos através de questionário.

Os resultados obtidos permitem concluir que a RA potenciou o desempenho dos estudantes, particularmente nos parâmetros de diagnóstico da ferida, com diferenças estatisticamente muito significativas (p<0,001) nos testes de Mann-Whitney U e Wilcoxon, registando-se ainda índices elevados de motivação e usabilidade do simulador, mesmo com a introdução de um dispositivo adicional na atividade.

Palavras-chave: realidade aumentada; educação médica; simulador virtual; tomada de decisão clínica; feridas.

Abstract

The goal of this investigation was to verify if Augmented Reality (AR) enhances the development of clinical decision-making skills in wound diagnosis and treatment, increases student motivation and the usability of the e-FER virtual simulator.

The e-FER is an online clinical decision-making simulator used in the initial training of nurses, allowing to simulate the diagnosis and treatment of virtual clinical cases of chronic wounds. In this study an AR component was added with new clinical cases, in order to investigate its effects on motivation, usability and the development of wound diagnosis and treatment skills.

A quasi-experimental study was conducted with a sample of 54 students attending the first year of a Nursing program. A comparative analysis between the progress of the experimental group (who used the traditional e-FER and then with AR) and the control group (who used only the traditional e-FER) was made using the data extracted from the e-FER virtual simulator. Data on student's motivation and system usability were collected through a questionnaire.

The results showed that AR enhanced student performance, particularly in wound diagnostic parameters, with highly statistically significant differences (p<0,001) in the Mann-Whitney U and Wilcoxon tests, and registering high levels of motivation and simulator usability, even with the introduction of an additional device in the activity.

Keywords: augmented reality; medical education; virtual simulator; clinical decision making; wounds.

Ao meu filho Rodrigo,
que aumenta a minha realidade todos os dias.

To my son Rodrigo,
who augments my reality every day.

Agradecimentos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio de algumas pessoas, a quem quero agradecer.

À Doutora Lina Morgado, pela amizade, compreensão, orientação e encorajamento.

Ao Doutor Pedro Gaspar, pela amizade, encorajamento, dedicação ao projeto e profissionalismo exemplar.

Aos professores e colegas do doutoramento, pelo espírito de camaradagem e *feedback* oportuno.

Ao Enfermeiro Pedro Favas e à Leirivida, pela recolha fotográfica.

Ao Duarte Ferreira, pelo apoio na produção dos conteúdos 3D.

À Unidade de Investigação em Saúde da ESSLei, por facilitar a realização deste estudo.

Aos colegas e amigos da Unidade de Ensino a Distância do IPL, pela amizade, alegria e espírito de equipa.

Aos colegas e amigos de TU Delft, pela amizade, motivação, suporte e interesse no projeto.

Aos meus pais, irmãos, restantes familiares e amigos, por acreditarem e quererem o melhor para mim.

À Elsa e ao Rodrigo, por tudo.

Índice

Resumo iii

Abstract iv

Agradecimentos vi

Índice vii

Índice de Quadros xi

Índice de Figuras xiii

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos xvii

Capítulo 1. Introdução 19

1.1. Contextualização do Estudo 21

1.2. Objetivos e Questões de Investigação 27

1.3. Desenho do Estudo 28

1.4. Estrutura da Tese 29

PARTE I. ENQUADRAMENTO TEÓRICO 31

Capítulo 2. Enquadramento teórico 33

2.1. Realidade Aumentada em Educação 35

2.1.1. Definições de Realidade Aumentada 37

2.1.2. Evolução das tecnologias RA 43

2.1.3. Características dos ambientes de aprendizagem com RA 44

2.1.4. Limitações dos sistemas de RA educacionais 49

2.2. Realidade aumentada na educação médica 51

2.2.1. Revisão da literatura sobre RA na educação médica 52

2.2.2. RA no treino da Laparoscopia 54

2.2.3. RA para visualização 62

2.2.4. RA no treino da Neurocirurgia 64

2.2.5. RA no treino da Oftalmoscopia 68

2.2.6. RA no treino da Punção Cirúrgica 69

2.2.7. RA no treino da Ortopedia 74

2.2.8. RA no treino da Medicina Legal 76

2.2.9. Outros estudos 77

- RA no treino da Auscultação pulmonar 77

- RA no treino da Cateterização 77

- RA na Dermatologia 77

- RA na prescrição de medicamentos 78

- RA no treino da realização de Eletrocardiogramas (ECG) 79

- RA na Ecocardiografia 80

- RA no treino do Acesso vascular 81

- RA no treino da Palpação mamária 81

2.2.10. RA na educação médica 82

PARTE II. ESTUDO EMPÍRICO 85

Capítulo 3. Metodologia de investigação 87

3.1. Métodos 89

3.1.1. Questões de investigação 89
3.1.2. Objetivos do estudo 89
3.1.3. Design da Investigação 90
3.1.4. Participantes do estudo 92
3.1.5. Considerações éticas 92
3.1.6. Implementação do estudo 92
3.2. Materiais 95
3.2.1. Caracterização da plataforma e-FER 95
3.2.2. Indicadores de desempenho extraídos do e-FER 99
3.2.3. Escolha e configuração da aplicação de RA 100
3.2.4. Escala de Motivação para o e-FER 103
3.2.5. Escala de Usabilidade para o e-FER 108
3.2.6. Análise e tratamento dos dados recolhidos 115
Capítulo 4. Apresentação e discussão dos resultados 117
4.1. Caracterização da amostra 119
4.2. Motivação em função da RA 119
4.3. Usabilidade em função da RA 123
4.4. Desempenho em função da RA 127
4.4.1. Desempenho na fase de Diagnóstico 127
4.4.2. Desempenho na fase de Tratamento 130
4.4.3. Confrontação do desempenho com a fundamentação teórica 134
5. Conclusões 137

5.1. Síntese reflexiva do estudo 139
5.2. Resposta às questões de investigação 142
5.3. Limitações do estudo 144
5.4. Perspetivas futuras 144
5.5. Divulgação do estudo na comunidade académica 145
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 149
ANEXOS 171
1. Imagens do simulador virtual e-FER 173
2. Revisão da literatura na *Web of Science* sobre RA na educação médica 179
3. Questionários 185

Índice de Quadros

Quadro 2.1. Critérios de inclusão e exclusão utilizados na análise dos artigos encontrados na revisão da literatura. 53
Quadro 3.1. Estatísticas de homogeneidade dos itens e coeficientes de consistência interna (Alfa de Cronbach) da escala de motivação. 104
Quadro 3.2. Análise fatorial da Escala de Motivação pelo método de condensação em componentes principais. Solução após rotação varimax. 106
Quadro 3.3. Matriz de correlações de Pearson entre os quatro fatores e o total da EAPIIS. 107
Quadro 3.4. Estatísticas de homogeneidade dos itens e coeficientes de consistência interna (Alfa de Cronbach) da escala de motivação. 110
Quadro 3.5. Análise factorial da Escala de Usabilidade pelo método de condensação em componentes principais. Solução após rotação varimax. 113
Quadro 3.6. Matriz de correlações de Pearson entre os quatro fatores e o total da EAPIIS. 115
Quadro 4.1. Distribuição por género dos grupos de controlo e experimental. 119
Quadro 4.2. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto à motivação no primeiro momento de avaliação. 120
Quadro 4.3. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto à motivação no segundo momento de avaliação. 121
Quadro 4.4. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente à motivação do grupo de controlo. 122
Quadro 4.5. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente à motivação do grupo experimental. 122
Quadro 4.6. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação entre grupos quanto à usabilidade do sistema no primeiro momento de avaliação. 124
Quadro 4.7. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação entre

grupos quanto à usabilidade do sistema no segundo momento de avaliação. 125
Quadro 4.8. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente à usabilidade do sistema percecionada pelo grupo de controlo. 125
Quadro 4.9. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente à usabilidade do sistema percecionada pelo grupo experimental. 126
Quadro 4.10. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto aos acertos nos parâmetros de diagnóstico no primeiro momento de avaliação. 127
Quadro 4.11. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto aos acertos nos parâmetros de diagnóstico no segundo momento de avaliação. 128
Quadro 4.12. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente aos acertos do grupo de controlo nos parâmetros de diagnóstico. 129
Quadro 4.13. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente aos acertos do grupo experimental nos parâmetros de diagnóstico. 130
Quadro 4.14. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto aos acertos nos parâmetros de tratamento no primeiro momento de avaliação. 131
Quadro 4.15. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto aos acertos nos parâmetros de tratamento no segundo momento de avaliação. 131
Quadro 4.16. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente aos acertos do grupo de controlo nos parâmetros de tratamento. 132
Quadro 4.17. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente aos acertos do grupo experimental nos parâmetros de tratamento. 133

Índice de Figuras

Figura 1.1. Desenho da investigação. 29
Figura 2.1. O dispositivo identifica o marcador (1) e revela, de seguida, o conteúdo no ecrã (2). 36
Figura 2.2. Exemplos de equipamentos HMD para RA: Steve Mann's *Digital Eye Glass* (1980) (Mann, 2012) à esquerda e *Google Glass* (2013) à direita, em exibição na *History of AR Vision, 2013 Augmented World Expo*. (*MannGlas and GoogleGlass1 crop by Glogger*). 37
Figura 2.3. Escala que relaciona a realidade com a virtualidade (Milgram & Kishino, 1994). 40
Figura 2.4. Espetro de RA (Klopfer, 2008). 41
Figura 2.5. Modelo tridimensional das características da RA (Broll *et al.*, 2008). 42
Figura 2.6. O técnico realiza a ecografia abdominal e o observador acompanha com o HMD (Bajura *et al.*, 1992). 51
Figura 2.7. Imagem visualizada pelo observador com o HMD, onde se vê o interior do abdómen (Bajura *et al*., 1992). 51
Figura 2.8. *ProMIS Augmented Reality laparoscopic simulator* (Botden *et al*., 2007). 55
Figura 2.9. *LapSim Virtual Reality laparoscopic simulator* (Botden *et al*., 2007). 55
Figura 2.10. Realização de tarefas no *LapSim virtual reality simulator* (Botden *et al*., 2007). 56
Figura 2.11. Realização de tarefas no *LapSim virtual reality simulator* (Botden *et al.*, 2007). 56
Figura 2.12. Realização de tarefas no *ProMIS augmented reality simulator* (Botden *et al*., 2007). 56
Figura 2.13. Realização de tarefas no *ProMIS augmented reality simulator* (Botden *et al*., 2007). 56
Figura 2.14. Módulo de suturação do ProMIS v2.0 AR onde podemos observar as linhas que orientam o estudante na execução da tarefa

(Botden, de Hingh & Jakimowicz, 2009). 59
Figura 2.15. Módulo de suturação do ProMIS v2.0 AR onde podemos observar as linhas que orientam o estudante na execução da tarefa (Botden, de Hingh & Jakimowicz, 2009). 59
Figura 2.16. Plataforma ART, constituída por 2 componentes: o simulador de laparoscopia utilizado pelo estudante da imagem e o equipamento de monitorização (Vera *et al*., 2014). 61
Figura 2.17. (A) As peças do modelo são usadas como interface; (B) e (C) a informação digital é visualizada quando o dispositivo deteta o marcador (John & Lim, 2007:5). 63
Figura 2.18. Utilização de marcadores para visualização de conteúdos 3D (Koehring *et al*., 2008:704). 64
Figura 2.19. Formando a realizar o módulo de rizotomia trigeminal percutânea (procedimento craniano) (Alaraj *et al*., 2013). 65
Figura 2.20. Treino do procedimento de vertebroplastia trans-pedicular (procedimento na coluna vertebral) (Alaraj *et al*., 2013). 66
Figura 2.21. Formas de planeamento: (a) visualização 2D de cortes axial/coronal/sagital; (b) representação XP dos cortes 2D; (c) visualização 3D; (d) sobreposição da imagem virtual em ambiente RA, com recurso a óculos Vuzix 920AR (Vuzix corporation, Rochester, NY, USA) (Abhari *et al*., 2015). 68
Figura 2.22. Simulador de oftalmoscopia indireta EYESi (© 2012 *VRmagic* GmbH, Mannheim, Alemanha). 69
Figura 2.23. Inserção da agulha no alvo (*phantom*) com o *Perk Station* (Yeo *et al*., 2011). 70
Figura 2.24. (a) Utilização do Targeting Tutor, (b) sobreposição da imagem ultrassom no modelo virtual e (c) imagem ultrassom (Ungi *et al*., 2012). 71
Figura 2.25. (a) Utilização do Lumbar Tutor, (b) imagem ultrassom sobreposta ao processo espinal lombar com *phantom* (c) imagem ultrassom (Ungi *et al*., 2012). 71
Figura 2.26. (a) Utilização do Prostate Biopsy Tutor, (b) imagem ultrassom da próstata *phantom* (c) imagem ultrassom sobreposta ao modelo virtual

(Ungi *et al*., 2012). 72
Figura 2.27. Tratamento do pneumotórax de tensão num modelo de cadáver humano, com o auxílio de óculos de RA (Wilson *et al*., 2013). 74
Figura 2.28. Aplicação mARble® no módulo de treino de medicina legal: simulação com RA de uma ferida de bala e conteúdos multimédia associados (Albrecht *et al*., 2013). 76
Figura 2.29. Visualização de um melanoma maligno na face de um estudante através da aplicação mARble® (Noll *et al*., 2014). 78
Figura 2.30. A aplicação RA deteta a embalagem e apresenta informação adicional ao utilizador (Nifakos, Tomson & Zary, 2014). 79
Figura 2.31. Exemplo dos cenários com RA: instruções no dispositivo de ECG (a) e (b); instruções para aplicação dos vários elétrodos no manequim (c) e (d) e no tórax de um paciente real (e) e (f) (Bifulco *et al*., 2014:153). 80
Figura 2.32. Realização de um exame mamário no ambiente de realidade mista, enquanto recebe *feedback* visual em tempo-real das sua performance (Kotranza, Lind & Lok, 2012). 81
Figura 3.1. Desenho da investigação. 91
Figura 3.2. Registo fotográfico do ambiente clínico simulado onde o grupo experimental resolveu os casos clínicos com RA. 94
Figura 3.3. Vista do estudante que utiliza o *tablet* para visualização da ferida através da RA e o computador para registo da tomada de decisão clínica. 94
Figura 3.4. Página de entrada do simulador virtual e-FER. 95
Figura 3.5. Página de construção de casos clínicos na plataforma e-FER (vista do administrador). 97
Figura 3.6. Resolução de um caso clínico virtual no e-FER – questionário de diagnóstico. 98
Figura 3.7. Utilização do software *Autodesk® 123D® Catch* para criação das feridas crónicas em 3D. 100
Figura 3.8. *Thumbnail* dos objetos 3D dos novos casos clínicos criados utilizados no estudo. 101

Figura 3.9. *Dashboard* da aplicação *ViewAR* para upload e gestão dos objetos 3D. 102
Figura 3.10. Ao detetar o marcador, a aplicação *ViewAR* carrega o objeto 3D previamente selecionado. 102

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

ART	*Augmented reality telementoring*
DP	Desvio padrão
e-FER	Simulador virtual (*web-based*) de tomada de decisão clínica em feridas crónicas
ESSLei	Escola Superior de Saúde de Leiria
GPS	*Global Positioning System*
HMD	*Head mounted display*
IPL	Instituto Politécnico de Leiria
mARble	*mobile Augmented Reality based blended learning environment*
M	Média total
MISTELS	*McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills*
QR code	*Quick Response code*
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
RV MIST	*Minimally Invasive Surgical Trainer*
SPSS	*Statistical Package for the Social Sciences*
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UIS	Unidade de Investigação em Saúde
VA	Virtualidade aumentada
VIP	*Virtual interactive presence*

Capítulo 1. Introdução

1.1. Contextualização do Estudo

O eLearning caracteriza-se essencialmente pela separação física entre os atores do processo de ensino e aprendizagem, conferindo flexibilidade e pressupondo um papel ativo dos aprendentes, que acumulam saberes e desenvolvem competências num contexto virtual. A realização de atividades de caráter mais prático, como por exemplo experiências em laboratórios ou a observação direta de fenómenos ou pessoas, nem sempre disponíveis e de fácil acesso, exige que se encontrem alternativas pedagógicas eficazes, acessíveis e *user-friendly* de forma a dar resposta a estas necessidades. A utilização de laboratórios e simuladores virtuais são exemplos de ferramentas e tecnologias que procuram suplementar esta necessidade, no sentido de proporcionar contextos de aprendizagem mais significativos, próximos da realidade. Quando estas alternativas não existem e o factor distância não é tido como problema, o formato *blended learning*, que integra as componentes online e presencial, apresenta-se normalmente como a melhor solução, assumindo que o espaço físico reúne as condições necessárias para tal.

Na área da saúde, o eLearning integra um conceito mais abrangente denominado *eHealth* que, segundo a Declaração Ministerial de Bruxelas, refere-se à utilização das modernas tecnologias de informação e comunicação como resposta às necessidades dos cidadãos, dos doentes, dos profissionais de saúde, das instituições de saúde e das políticas de saúde (eHealth, 2003). Contudo, e numa perspetiva educacional, o mesmo tem sido definido de uma forma bastante redutora como o uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) para facilitar a aprendizagem (Farrel, 2006).

Na educação médica, o eLearning é prática comum tanto para a aprendizagem de módulos teóricos como para o desenvolvimento de competências práticas com recurso a simuladores virtuais. Contudo, a mera digitalização de conteúdos educativos e disponibilização online na forma de *electronic books* e vídeo-aulas é um problema identificado por diversos autores (Cook *et al.*, 2005; Davis *et al.*, 2008; Feeg, Bashatah & Langley, 2005). Relativamente à simulação, quando comparado com metodologias de treino

tradicionais, nomeadamente a formação em cenários clínicos reais, uma das limitações encontradas prende-se com o nível de realismo proporcionado pela interação com um computador, podendo ser significativamente distinta da interação direta com um paciente. Mais ainda, a formação em cenário clínico real nem sempre é possível, quer por motivos éticos, quer pela indisponibilidade de pacientes com determinadas patologias.

Tradicionalmente a formação em saúde é realizada em três formatos principais. Em primeiro lugar existe uma autoaprendizagem baseada na leitura de livros e revistas da especialidade. Em segundo lugar, o suporte didático é dado sob a forma de palestras e tutoriais. Em terceiro lugar, e provavelmente o método mais importante, surge a aprendizagem baseada no trabalho. E nesta fase, embora tenham já alguma experiência e sejam geralmente bem aceites nos meios operacionais, os estudantes têm importantes limitações, algumas das quais podem ser superadas pelo uso de ferramentas de simulação clínica, como forma complementar de formação (Wong *et al*., 2002).

Temos assistido a um aumento do interesse pela prática simulada na educação médica devido às suas vantagens na gestão de riscos e redução de custos, bem como pelo facto de permitir uma vasta gama de demonstrações e exercícios e avaliar um amplo leque de competências (Costa, 2010). Do ponto de vista pedagógico, a simulação tem a vantagem de centrar a aprendizagem nos estudantes, possibilitando a realização em segurança de um dado procedimento várias vezes, de uma forma ativa e controlada.

Camilo (2008), num texto onde acentua a aposta na simulação e em simuladores como um dos caminhos a seguir para a mudança dos modelos pedagógicos tradicionais em educação médica, no sentido de melhorar e tornar o processo de ensino e aprendizagem mais eficaz, identificou várias vantagens educativas da sua utilização do ponto de vista do estudante, do docente e da profissão médica em geral:

- A possibilidade do estudante obter *feedback* sobre a prática;
- A prática repetitiva permite potenciar aprendizagens mais profundas;

- A possibilidade de proporcionar diversas experiências de aprendizagem;
- A aprendizagem ativa e individualizada dos estudantes;
- O papel interventivo e regulador que o docente pode assumir;
- Um contexto objetivo, reprodutível e padronizado para a avaliação dos estudantes;
- Poderá auxiliar no aumento da confiança do público na profissão, através de práticas que aumentam a segurança e previnem o erro médico.

De acordo com o mesmo autor (Camilo, *ibid*), a simulação pode ser dividida em duas grandes categorias, que diferem quanto à utilização ou não de tecnologia computorizada.

- *Low-tech*: caracteriza-se pela utilização de ferramentas não computorizadas, como por exemplo modelos físicos tridimensionais e manequins, bem como indivíduos que simulam pacientes reais em atividades de *role-playing*;
- *High-tech*: caracteriza-se pela utilização de tecnologias operadas por computador onde se incluem simuladores de tomada de decisão, simuladores de procedimentos de alta fidelidade e simuladores de realidade virtual.

Embora o conceito de simulação seja visto como uma técnica e não como uma tecnologia, tal como Gaba (2004:i2) refere, *"Simulation is a technique – not a technology – to replace or amplify real experiences with guided experiences that evoke or replicate substantial aspects of the real world in a fully interactive manner"*, não podemos negar o impacto da evolução tecnológica nos últimos anos neste domínio.

O uso de tecnologia computorizada tem permitido criar ambientes, cenários e pacientes virtuais e, também, simular práticas para ajudar os estudantes e formandos na área da saúde a desenvolverem as competências e conhecimentos requeridas (Hogan *et al.,* 2007; Lewis *et al.*, 2005). Estas simulações são técnicas

educativas que permitem atividades interativas e por vezes imersivas, pela recriação de experiências clínicas sem exporem os doentes aos riscos (Maran & Glavin, 2003), e permitem ao estudante e formando repetir um número infinito de vezes uma manobra ou técnica até se assegurar da sua correta realização, antes de a praticar em situação real (Rey *et al.,* 2006).

Nos últimos anos têm surgido tecnologias que, aplicadas ao ensino, procuram simular ambientes onde os aprendentes, representados por avatares, executam tarefas num mundo virtual. Algumas experiências na utilização de mundos virtuais no ensino procuram tornar conceitos abstratos em concretos para os aprendentes, onde a sua perceção requer atenção às características ambientais em que tal processo ocorre.

Contudo, a utilização de ambientes tridimensionais ricos em aspetos visuais e interativos, como tentativa comum de transpor os conceitos abstratos para variantes concretas, através de metáforas visuais, é uma abordagem que tem vindo a proporcionar resultados ambivalentes, não sendo adquirido que a animação de algoritmos proporcione uma melhor ou mais profunda compreensão do mesmo ou não seja mesmo prejudicial (Parker & Mitchell, 2006). A Realidade Virtual (RV) imerge por completo o aprendente num ambiente sintético, impedindo o mesmo de ver o mundo real no seu redor e atuando num ambiente diferente daquele onde vão ter de atuar. Segundo Ellaway (2010) existe mesmo um afastamento entre os aprendentes e o ambiente real onde os mesmos terão de atuar, principalmente devido às diferenças encontradas nas ações e respostas realizadas no mundo virtual.

> *"(…) in medicine and medical education aspects of virtual reality have found their way into the mainstream through the use of 3D animations, digital imaging tools that can make 3D models (…) and more interactively through the use of synthetic worlds such as Second Life and haptic simulators for technical procedures such as laparoscopic surgery.*
>
> *A key limitation however for virtual reality in medical education is that it requires participants to step away from the environment in which the practice for which they are preparing takes place. Virtual reality is therefore essentially divergent from real world practice and the embodied experiences within it. For example, when an individual enters a Second Life simulation although things may look superficially real the differences in representation, action and response are essentially different and render*

> *such environments unsuitable for much in the way of detail beyond broad gestures and somewhat predefined events."*
>
> (Ellaway, 2010: 791)

Por outro lado, a introdução de conteúdos digitais num ambiente real, com objetos sobrepostos ou combinados a este, complementando a realidade em vez de substituí-la pode trazer benefícios para a educação em geral e para o ensino online em particular. Surge assim a Realidade Aumentada (RA) como uma variante da RV, tecnologia que permite a introdução de conteúdos digitais em ambientes reais, enriquecendo desse modo a visão do utilizador.

São já conhecidas várias experiências de utilização da RA (Azuma, 1997; Azuma *et al.*, 2001) em áreas como a publicidade, turismo, jogos, design do produto, arquitetura, aviação, indústria automóvel, medicina e educação. A RA, identificada como uma tecnologia emergente na educação em 2010, 2011 e 2016 pelos relatórios *Horizon Higher Education Edition* (Johnson *et al.*, 2010, 2011, 2016), permite a visualização e, em certos casos, a interação e manipulação de objetos virtuais no mundo real de uma forma imersiva, colmatando até o caráter prático muitas vezes dissociado do eLearning.

A RA é particularmente importante no ensino médico onde a visualização desempenha um papel determinante, principalmente na fase do diagnóstico. Contudo, o potencial da RA no ensino médico é muito mais vasto, encontrando-se estudos sobre diversas especialidades médicas e que abordam procedimentos clínicos distintos, como por exemplo na laparoscopia, oftalmoscopia, neurocirurgia, dermatologia, punção cirúrgica, medicina legal, entre outros. A capacidade de criar casos clínicos virtuais com as características desejadas e a sua inserção no mundo real, como forma de enriquecer a experiência de aprendizagem, fazem da RA uma tecnologia com enorme potencial pedagógico.

O foco deste projeto é precisamente a integração da RA numa ferramenta de eLearning, nomeadamente numa plataforma virtual de tomada de decisão clínica na área das feridas crónicas.

De acordo com Gaspar (2010), feridas crónicas são aquelas que não cicatrizam seguindo uma série de etapas ordenadas e previsíveis, e no limite de tempo expectável. Neste sentido, considera-se pertinente o desenvolvimento de experiências de aprendizagem com o objetivo de aumentar as competências dos futuros e atuais profissionais de saúde no diagnóstico e tratamento de feridas crónicas. A formação dos técnicos de saúde nesta área desempenha um papel determinante que se traduz num impacto muito positivo nos resultados clínicos e económicos (Gaspar, 2010).

É neste sentido que se enquadra o surgimento da RA como tecnologia que, aliada ao diagnóstico e tratamento de feridas crónicas, poderá permitir um diagnóstico imersivo e mais pormenorizado das feridas, podendo trazer benefícios para o desenvolvimento de competências de tomada de decisão clínica.

A presente investigação testou a utilização da RA no ensino da enfermagem, simulando a resolução de casos clínicos práticos utilizando objetos digitais imersos no mundo real. O projeto foi desenvolvido com recurso à plataforma e-FER, desenvolvida por um grupo de investigadores do Instituto Politécnico de Leiria (IPL), onde se acrescentaram casos clínicos que os participantes poderiam resolver com recurso à RA. A plataforma e-FER incide sobre o tratamento de feridas crónicas por se tratar de uma situação patológica com elevada incidência e prevalência em todo o mundo e representar uma elevada carga económica para os doentes e seus familiares, para as instituições de saúde, para os sistemas de saúde e para a sociedade em geral (Gaspar, 2010).

No estudo realizado por Costa (2010) comprovou-se a efetividade da plataforma e-FER na progressão das competências dos estudantes em todos os parâmetros de avaliação, à exceção da profundidade da ferida. Sendo este parâmetro um indicador importante no diagnóstico das feridas, acreditamos que a introdução da RA pode atenuar esta lacuna, uma vez que os objetos 3D poderão permitir uma melhor perceção da profundidade.

Assim, o objeto de estudo centra-se nos efeitos da RA num simulador virtual de aprendizagem de tomada de decisão que incide sobre o diagnóstico e tratamento de feridas crónicas, pois acreditamos que esta tecnologia pode proporcionar uma maior usabilidade do sistema e-FER, motivar e potenciar a aprendizagem dos estudantes.

1.2. Objetivos e Questões de Investigação

Segundo Quivy e Campenhoudt (1998:32) deve-se: "(…) procurar enunciar o projeto de investigação na forma de uma pergunta de partida, através da qual o investigador tenta exprimir o mais exatamente possível o que procura saber, elucidar, compreender melhor." Assim, e tendo em conta os critérios para a elaboração de questões apresentados por estes autores, definiu-se a seguinte questão de investigação:

De que forma a implementação da RA pode potenciar a aprendizagem dos estudantes através de um simulador de tomada de decisão (plataforma e-FER)?

Da questão de investigação derivam subquestões mais específicas para facilitar a abordagem do problema, nomeadamente:

- Será que a observação de uma ferida crónica com recurso à RA permite aos estudantes realizar um melhor diagnóstico dessa mesma ferida?
- Será que a observação de uma ferida crónica com recurso à RA permite aos estudantes escolher um melhor tratamento para essa mesma ferida?
- Será que a RA no ensino da enfermagem aumenta a motivação dos estudantes?
- Será que a RA aumenta a usabilidade do e-FER percecionada pelos estudantes?

Assim, e de acordo com a questão de investigação, este estudo tem como objetivos verificar se:

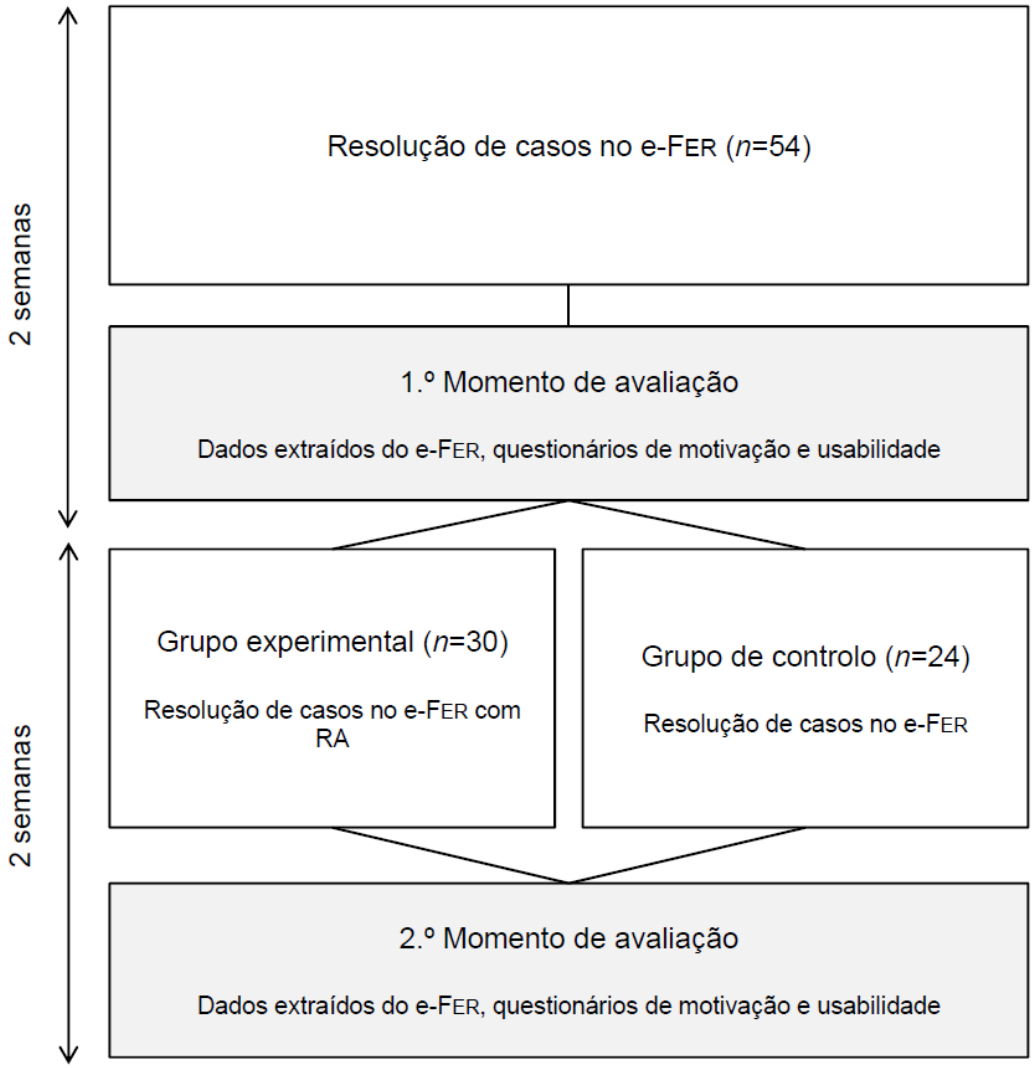
- a introdução da RA potencia melhores resultados no diagnóstico de feridas crónicas no simulador e-FER;
- a introdução da RA potencia melhores resultados no tratamento de feridas crónicas no simulador e-FER;
- a RA no ensino da enfermagem aumenta a motivação dos estudantes;
- a RA aumenta a usabilidade do e-FER percecionada pelos estudantes.

Os objetivos e as subquestões estabelecidas constituem o foco do presente estudo, sendo alvo de confrontação com os dados obtidos e com o estado da arte nos capítulos 4 (Apresentação e Discussão dos Resultados) e 5 (Conclusões).

1.3. Desenho do Estudo

O estudo realizado insere-se na modalidade de investigação do tipo quantitativo – quase experimental. A investigação focou-se essencialmente na análise comparativa da aplicação de casos clínicos com e sem RA aos participantes no estudo (*n*=54), estudantes do 1.º ano da Licenciatura em Enfermagem, divididos em grupo de controlo (*n*=24) e grupo experimental (*n*=30). Cada etapa teve a duração de duas semanas, seguido de um momento de avaliação, no sentido de recolher os registos de desempenho dos participantes no sistema e-FER e as respostas aos questionários de motivação e de usabilidade. A Figura 1.1 ilustra sumariamente o desenho do estudo.

Figura 1.1. Desenho da investigação.



1.4. Estrutura da Tese

A presente tese é constituída por cinco capítulos, divididos em duas partes: *Enquadramento teórico* e *Estudo empírico*. Os capítulos 1 e 2 apresentam uma contextualização e fundamentação teórica de suporte ao estudo. Os restantes capítulos apresentam a componente empírica da investigação, culminando com as reflexões e conclusões finais. Apresenta-se, de seguida, um breve resumo de cada um dos cinco capítulos.

1. **Introdução.** No primeiro capítulo faz-se uma contextualização do estudo, apresentando-se o problema de investigação e a sua pertinência, os

objetivos e questões de investigação, uma síntese do desenho do estudo e uma breve introdução de cada capítulo.

2. **Enquadramento teórico.** No capítulo 2 caracteriza-se a RA e o seu potencial educativo, partindo-se do geral para o particular: a primeira parte apresenta uma abordagem pedagógica generalista sobre a RA, incluindo a sua definição, evolução e características com exemplos de aplicações educativas em diversas áreas; a segunda parte deste capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre a RA na educação médica.

3. **Metodologia da Investigação**. O capítulo 3 divide-se em duas partes: métodos e materiais. Na primeira parte explicitamos as questões de investigação e os objetivos do estudo, o desenho e a metodologia da investigação, a caracterização da amostra bem como considerações éticas e legais. Na parte dos materiais apresentamos uma descrição pormenorizada da ferramenta e-FER, da atividade desenvolvida, as unidades de análise onde se incluem as escalas de motivação e usabilidade validadas.

4. **Apresentação e Discussão dos Resultados**. No capítulo 4 apresentamos os resultados obtidos e a respetiva análise desses mesmos dados. A apresentação e análise dos dados são contextualizadas e discutidas à luz da revisão teórica realizada no capítulo 2.

5. **Conclusões**. No capítulo 5 apresentamos uma conclusão do estudo, a partir das relações identificadas pela confrontação dos dados obtidos com a fundamentação teórica, indo ao encontro dos objetivos inicialmente propostos. O capítulo termina com as limitações do estudo e sugestões para investigações futuras.

Por fim identificamos as referências bibliográficas utilizadas na redação desta tese, bem como os anexos.

PARTE I. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Capítulo 2. Enquadramento teórico

2.1. Realidade Aumentada em Educação

O relatório anual *Horizon Higher Education Edition*, que identifica tecnologias emergentes com potencial no ensino superior, reconheceu a RA como uma das tecnologias passíveis de causar um impacto positivo na educação nos próximos anos, nas edições de 2010, 2011 e mais recentemente na edição de 2016 (Johnson *et al.*, 2010, 2011, 2016).

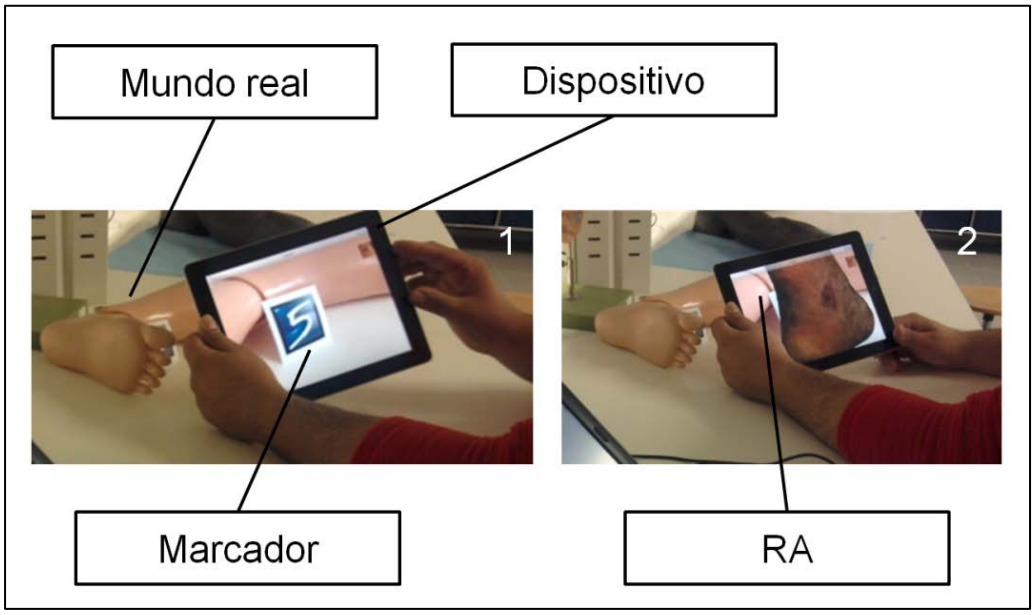
> *"Augmented reality has strong potential to provide both powerful contextual, in situ learning experiences and serendipitous exploration and discovery of the connected nature of information in the real world."*
>
> (Johnson *et al.*, 2011:22)

O reconhecimento do potencial da RA na educação em geral mas, mas especialmente no ensino superior tem crescido entre educadores, possibilitando novas formas de ensinar e aprender com recurso a esta tecnologia. Várias abordagens pedagógicas têm sido utilizadas no planeamento de atividades com a RA, como por exemplo o *game-based learning* (Rosenbaum, Klopfer & Perry, 2007; Squire & Jan, 2007; Squire & Klopfer, 2007), *problem-based learning* (Liu, Tan, & Chu, 2009; Squire & Klopfer, 2007), atividades de *role-playing* (Rosenbaum, Klopfer & Perry, 2007) e aprendizagem situada (Klopfer, 2008; Mathews, 2010). Através da coexistência de objetos virtuais e ambientes reais, a RA poderá trazer vários benefícios a nível educacional, pois permite ao aprendente:

- visualizar relações espaciais complexas e conceitos abstratos (Arvanitis *et al.*, 2007);
- experienciar fenómenos que na vida real não seria possível (Klopfer & Squire, 2008);
- interagir com objetos virtuais de duas e três dimensões numa realidade mista (Kerawalla *et al*., 2006);
- desenvolver práticas importantes e literacias que não podem ser desenvolvidas e fornecidas noutros ambientes de aprendizagem enriquecidos pela tecnologia (Squire & Jan, 2007; Squire & Klopfer, 2007).

Mas antes de avançarmos em maior detalhe para a definição da RA, a sua evolução, características e uma descrição do seu potencial na educação em geral e educação médica em particular, importa clarificar, do ponto de vista de um utilizador, como funciona esta tecnologia. De um modo bastante simples, a RA combina a visualização do mundo real com conteúdos digitais a ele adicionados. Para tal é necessário um dispositivo computorizado que, através do seu ecrã, age como uma janela que mostra o mundo. Para que os conteúdos digitais sejam visíveis no ecrã é necessário um *software* específico que aumenta a realidade, combinando o real com o virtual. Uma das técnicas mais comuns para a RA é a utilização de marcadores que, quando detetados pelo *software*, despoletam o aparecimento do conteúdo digital no ecrã do dispositivo (Figura 2.1). Os marcadores utilizados são normalmente *Quick Response* (QR) *codes* ou objetos físicos.

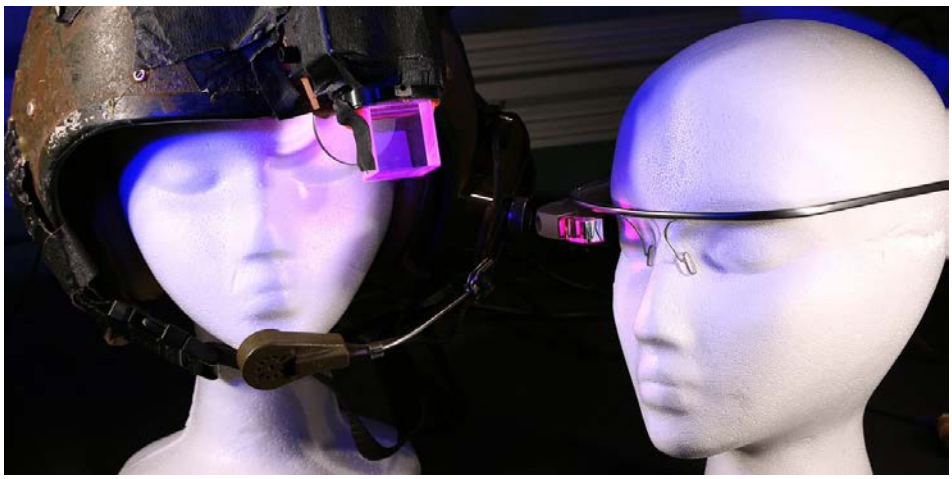
Figura 2.1. O dispositivo identifica o marcador (1) e revela, de seguida, o conteúdo no ecrã (2).



A RA também pode ser visualizada sem recurso a marcador – *markerless augmented reality* – recorrendo a informação posicional, isto é, à localização e orientação do utilizador através de um dispositivo com *Global Positioning System* (GPS) (Genc *et al.*, 2002).

Existem diversos tipos de dispositivos que podem ser utilizados para RA, tais como *tablets*, *smartphones*, computadores e os *head mounted displays* (HMD). Estes últimos apresentam como grande vantagem o facto do *display* acompanhar a visão do utilizador (Figura 2.2), mantendo este as mãos desocupadas, ao contrário do que acontece com equipamentos como os tablets e smartphones.

Figura 2.2. Exemplos de equipamentos HMD para RA: *Steve Mann's Digital Eye Glass* (1980) (Mann, 2012) à esquerda e *Google Glass* (2013) à direita, em exibição na *History of AR Vision*, 2013 *Augmented World Expo*.



MannGlas and GoogleGlass1 crop by Glogger, CC BY-SA 3.0 via *Commons*.

2.1.1. Definições de Realidade Aumentada

Ao longo do tempo, a RA foi acumulando uma série de significados que têm sido apresentados e defendidos por diversos investigadores. As tecnologias de RA existentes e a sua evolução ao longo do tempo têm também o seu papel no surgimento de conceitos relacionados com esta tecnologia. Contudo, e à semelhança de outras inovações que têm surgido no mundo da educação, o potencial da RA não se baseia apenas na utilização da tecnologia, mas principalmente na forma como esta é planeada e integrada nos contextos educativos.

Na literatura encontramos várias definições de RA apresentadas por investigadores na área das ciências da computação e tecnologias educativas, que serão apresentadas neste tópico.

A RA é uma tecnologia que permite que um objeto (imago) virtual computadorizado seja sobreposto direta ou indiretamente num ambiente real e em tempo real (Azuma, 1997; Zhou, Duh & Billinghurst, 2008). A RA é uma variante da RV que utiliza também objetos virtuais. Contudo, a RA difere da RV na medida em que a RA é uma realidade mista que combina o mundo real com objetos virtuais, enquanto a RV imerge o utilizador por completo num ambiente virtual criado por computador. Tal como Parker e Mitchell (2006) referem, os mundos virtuais imergem por completo o aprendente num ambiente sintético, impedindo o mesmo de ver o mundo real no seu redor, o que, nalguns estudos, tem-se revelado prejudicial para os utilizadores. A RA distingue-se por suplementar a realidade em vez de a substituir, fazendo a ponte entre o mundo real e virtual de uma forma perfeita (Chang, Morreale & Medicherla, 2010).

A definição de RA defendida por Milgram *et al.* (1994: 283) contempla duas abordagens: uma ampla e outra restrita. No sentido amplo, estes autores definem a RA como *"augmenting natural feedback to the operator with simulated cues"*. No sentido restrito o enfoque é dado na tecnologia, definindo-se a RA como *"a form of virtual reality where the participant's head-mounted display is transparent, allowing a clear view of the real world"* (*ibidem*).

Outra definição de RA tem como base as suas características, nomeadamente a definição apresentada por Azuma (1997), que refere um sistema que compreende três características básicas:

1. A combinação do mundo real e virtual;
2. A interação em tempo real;
3. O registo preciso de objetos 3D virtuais e reais.

Contudo, certos autores defendem que a RA não deve ser definida de uma forma restrita, como é o caso de Klopfer (2008). Segundo este autor, o termo

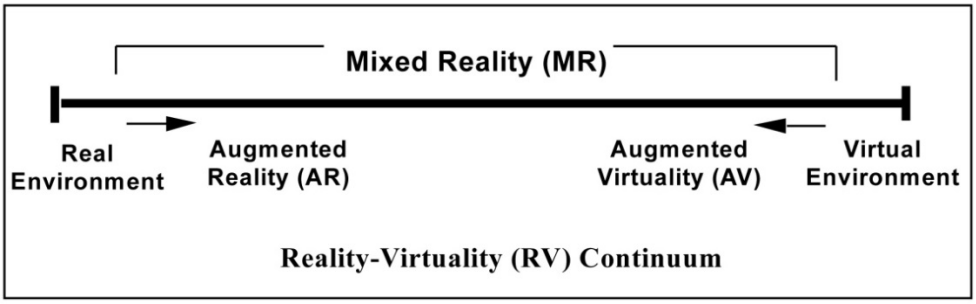
pode ser aplicado a qualquer tecnologia que misture informação real e virtual com significado. De acordo com Klopfer e Squire (2008), a RA pode ser definida de uma forma mais abrangente como uma situação em que um contexto do mundo real é dinamicamente sobreposto com informação virtual, localizada de forma coerente ou sensível a esse mesmo contexto. Assim, definir a RA desta forma poderá ser mais conveniente do ponto de vista educacional, pois esta definição de sentido lato sugere que a RA pode ser criada e implementada com várias tecnologias, tais como computadores, dispositivos móveis, HMD, entre outros (Broll *et al*., 2008; Johnson *et al*., 2010; Liu, Tan & Chu, 2009). Em suma, podemos assumir que a RA não está limitada ao tipo de tecnologia e que a mesma deva ser conceptualizada para além da tecnologia por si só.

A RA pode proporcionar aos utilizadores experiências imersivas mediadas pela tecnologia onde os mundos real e virtual são misturados (Klopfer & Sheldon, 2010) e as interações e o envolvimento dos utilizadores é aumentado (Dunleavy, Dede & Mitchell, 2009). De acordo com Squire e Klopfer (2007), a RA explora os atributos do mundo real fornecendo informação adicional e contextual que aumenta a experiência de realidade do aprendente. A RA representa uma variação da realidade virtual e assume um papel suplementar ao invés de substituir a realidade (Azuma,1997; Martin-Gutierrez *et al.*, 2010).

Várias taxonomias têm sido desenvolvidas no sentido de descrever em que medida a realidade é complementada ou aumentada. Milgram *et al.* (1994) propuseram o *Reality-Virtuality continuum*, variando entre um ambiente completamente real e outro completamente virtual.

A abordagem de Milgram e Kishino (1994) relativamente a estes conceitos apresenta-nos uma escala com dois extremos: de um lado, os Ambientes Reais e do outro, os Ambientes Virtuais, onde a RA surge como uma parte da Realidade Mista (ou Realidade Misturada), conforme ilustra a Figura 2.3.

Figura 2.3. Escala que relaciona a realidade com a virtualidade.



Milgram & Kishino (1994)

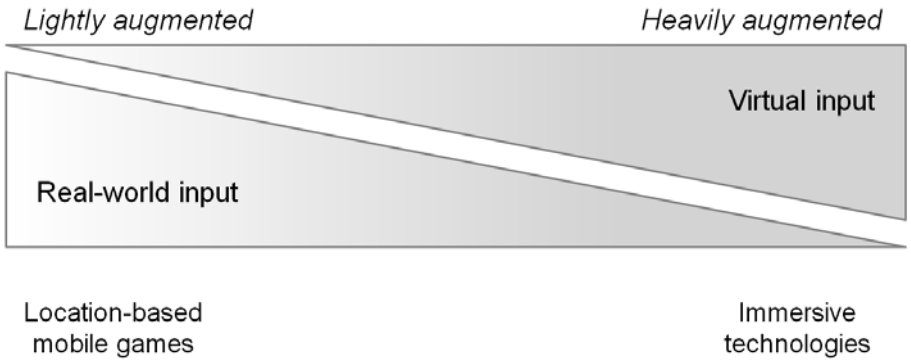
Dentro deste *continuum* encontramos uma realidade mista assente em duas ideias principais: a RA e a Virtualidade Aumentada (VA). Na RV e na VA o ambiente é sintetizado pelo computador, enquanto que na RA o ambiente é real.

De acordo com Milgram *et al.*, a RA é uma combinação do real e do virtual que contém mais informação real do que virtual, enquanto a VA refere-se à adição de elementos reais num ambiente virtual que inclui mais informação virtual. Ou seja, enquanto na RA se introduzem objetos virtuais num ambiente real, na VA introduzem-se objetos reais num ambiente virtual. A sua distinção depende da quantidade de informação real e virtual existente, ou seja, do ambiente real/virtual que serve de contexto e onde a informação virtual/real, em menor quantidade, é adicionada. O enfoque dado a cada um dos mundos determina qual deles (realidade ou virtualidade) está a ser *aumentado*, ideia defendida por Liu *et al.* (2007). Embora os objetos virtuais e reais coexistam do mesmo modo num ambiente de aprendizagem imersivo, tal como defendido, a RA e a VA continuam a merecer esta distinção. Assim, a RA pode ser encarada como uma realidade mista, que provavelmente contém mais informação real do que virtual.

Na RV e na VA o ambiente é sintetizado pelo computador, enquanto na RA o ambiente é real. Neste sentido, a RA tem o potencial de envolver e motivar os aprendentes na exploração de objetos virtuais no mundo real, de diferentes e variadas perspetivas, que de outra forma não seria possível (Kerawalla *et al.*, 2006).

No que diz respeito à questão da distinção entre VA e RA, Klopfer (2008) apresentou mais tarde um espetro para enfatizar o contributo aumentativo na RA (Figura 2.4).

Figura 2.4. Espetro de RA.

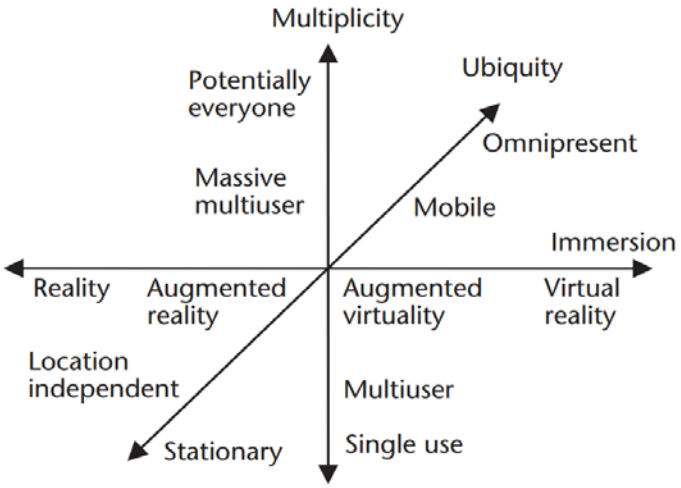


Klopfer (2008)

Mais uma vez, a quantidade de informação fornecida aos utilizadores determina este contributo. Um sistema *lightly augmented* de RA refere-se a uma situação onde os utilizadores usam uma grande quantidade de informação e objetos físicos do mundo real, e têm acesso a relativamente pouca informação virtual. Por outro lado, um sistema *heavily augmented* de RA contém uma forte presença de conteúdos virtuais, onde a maioria das tecnologias imersivas, como por exemplo os HMD, é implementada. Numa RA mais *leve* os utilizadores interagem praticamente com objetos reais e manipulam e acedem ocasionalmente a informação virtual. A realidade mista criada através do reconhecimento-local com dispositivos móveis é um exemplo típico (Klopfer & Yoon, 2005).

Numa tentativa de destacar as características da RA, Broll *et al.* (2008) propuseram um modelo tridimensional (Figura 2.5) que consiste na *imersividade* (do real para o virtual), *ubiquidade* (estacionário para omnipresente) e *multiplicidade* (de apenas um utilizador para vários potenciais utilizadores).

Figura 2.5. Modelo tridimensional das características da RA.



Broll *et al.* (2008)

A dimensão *imersão* equivale ao *continuum* realidade-virtualidade apresentado por Milgram e Kishino (1994). A dimensão *ubiquidade* refere-se a *como* e *onde* o sistema pode ser utilizado, enquanto a dimensão *multiplicidade* está relacionada com o seu grau de utilização. Deste modo, a RA pode situar-se no meio de cada uma destas dimensões. Este modelo fornece ainda diretrizes para o design de um sistema de RA que pode ser construído integrando várias tecnologias.

Na presente investigação, entendemos a nossa solução de RA como:

- um sistema *lightly augmented*, pois apenas as feridas observadas pelos participantes são apresentadas como conteúdo 3D adicionado à realidade;
- mais real do que virtual e por isso menos imersivo;
- disponível em qualquer lugar, pois utiliza marcadores e um *software* específico de RA para dispositivos móveis;
- um sistema que pode ser utilizado por qualquer pessoa.

2.1.2. Evolução das tecnologias RA

A tecnologia desempenha um papel importante na investigação em RA. Em estudos anteriores o termo *tecnologia* estava incluído na definição de RA. Klopfer e Sheldon (2010), por exemplo, definem a RA como uma *tecnologia* que mistura a experiência do mundo real e virtual. As definições mais restritas descrevem a RA como uma forma de RV onde se utiliza um capacete com um *display* (Milgram *et al*., 1994). Esta definição reflete os primeiros desenvolvimentos da RA onde os HMD eram normalmente utilizados para sobrepor informação virtual no mundo real.

Com a rápida evolução da tecnologia o conceito de RA pode ser ampliado, tendo em conta que cada vez mais dispositivos de *hardware* e *software* podem ser utilizados na criação de ambientes de RA. Os avanços nas tecnologias móveis, por exemplo, trouxeram novas oportunidades para a RA (Martin *et al.*, 2011; Squire & Klopfer, 2007) e criaram um novo ramo de RA: *mobile augmented reality* (Feng, Duh & Billinghurst, 2008). De facto, a proliferação de dispositivos móveis, como os *tablets* e os *smartphones,* trouxe novas possibilidade de utilização da RA por qualquer pessoa.

A mobilidade proporcionada pelo dispositivos móveis permite reforçar a autenticidade do ambiente de aprendizagem e aumentar as interações dos aprendentes (Klopfer & Sheldon, 2010). Adicionalmente, os dispositivos móveis vieram permitir a criação de sistemas de RA mais *intensos*, termo utilizado por Broll *et al.* (2008) para se referir à imersividade. Assim, esta RA *intensa* deixa de ser possível apenas com os HMD, mas também por intermédio de dispositivos móveis que podem ainda ser usados com tecnologia de geolocalização (GPS). Embora existam atualmente diversos equipamentos HMD muito mais leves e avançados (*e.g. Google Glass*[1], *Microsoft Hololens*[2], *Samsung Gear VR*[3]), o aparecimento dos sistemas *mobile* RA veio contribuir para uma utilização mais

[1] *Google Glass:* https://www.google.com/glass/start/ [acedido em 15/11/2015]
[2] *Microsoft Hololens:* https://www.microsoft.com/microsoft-hololens/ [acedido em 15/11/2015]
[3] *Samsung Gear VR:* http://www.samsung.com/global/galaxy/wearables/gear-vr/ [acedido em 15/11/2015]

fácil e acessível da RA, com equipamentos menos obstrutivos que se focam no ambiente real.

2.1.3. Características dos ambientes de aprendizagem com RA

De acordo com a literatura, a RA possibilita: (1) conteúdos educativos 3D, (2) aprendizagem ubíqua, colaborativa e situada, (3) sentido de presença, imediatismo e imersividade, (4) visualização do invisível e (5) confluência entre a aprendizagem formal e informal (Wu *et al.*, 2013). Analisaremos de forma detalhada e com alguns exemplos cada um destes pontos nos parágrafos seguintes.

(1) Conteúdos educativos 3D

A utilização de conteúdos em formato 3D é um dos pontos da definição de RA apresentada por Azuma (1997), embora existam definições mais simplistas, como vimos anteriormente neste capítulo. De acordo com Arvanitis *et al.* (2007), a utilização de objetos virtuais 3D pode aumentar a perceção visual de um determinado ambiente de RA. Os estudantes podem explorar os objetos 3D de várias perspetivas diferentes para reforçarem a sua compreensão (Chen *et al.*, 2011).

A RA tem o potencial de motivar os estudantes através da manipulação de objetos virtuais de várias perspetivas (Kerawalla *et al*., 2006). No estudo de Kaufmann *et al.* (2005), a utilização de um sistema geométrico e dinâmico 3D (*Construct 3D*) teve como objetivo facilitar a aprendizagem da matemática e geometria. Segundo estes autores, o *Construct 3D* não só promoveu um contexto real de colaboração aos estudantes, como possibilitou a compreensão de relações espaciais através da manipulação e medição de objetos virtuais 3D.

Na aprendizagem da matemática no ensino superior encontramos o projeto de Coimbra, Cardoso e Mateus (2013), que combina a utilização de conteúdos 3D usando a RA (intangíveis) e a impressão 3D (tangíveis). Estes autores

apresentam uma interessante revisão da literatura sobre RA em contextos educativos, contribuindo para o estado da arte das tecnologias 3D em educação, o seu desenvolvimento e implementação na área da matemática.

A importância do estudo da anatomia na medicina levou um grupo de investigadores a desenvolver uma aplicação com RA para a criação de um sistema interativo de aprendizagem, permitindo aos estudantes uma melhor compreensão e memorização da estrutura anatómica 3D (Chien *et al.*, 2010).

Um outro exemplo de RA é a ferramenta *learnAR*[4] que permite a visualização e interação com conteúdos 3D na área das ciências, matemática e línguas.

A nossa investigação baseia-se na utilização de conteúdos digitais em 3D que representam feridas crónicas, observadas pelos estudantes através da RA. Embora a interação do estudante com o conteúdo seja mínima, pois o sistema apenas permite observar a ferida, esta visualização é fundamental para um correto diagnóstico e posterior tratamento do caso clínico em resolução.

(2) Aprendizagem ubíqua, colaborativa e situada

A utilização de dispositivos móveis com ligação *wireless* e tecnologia GPS poderá permitir uma aprendizagem ubíqua, colaborativa e situada, reforçada pela utilização de jogos, simulações de computador, modelos e objetos virtuais em ambientes reais (Broll *et al.*, 2008; Dunleavy *et al*., 2009). As suas características podem ainda incluir portabilidade, interação social, sensibilidade do contexto, conetividade e individualidade (Klopfer, 2008; Squire & Jan, 2007; Squire & Klopfer, 2007).

Os jogos *mobile-RA Environmental Detectives* (Squire & Klopfer, 2007; Klopfer, 2008) e *Mad City Mystery* (Squire & Jan, 2007) são exemplos que promovem a aprendizagem fora da sala de aula, através da realização de investigações em contexto de forma a tornar o processo de tomada de decisão

[4] *learnAR* (SSAT e Smartassess): http://www.learnar.org [acedido em 15/11/2015]

mais informado. A disponibilização de diferentes percursos de investigação pode ser realizada para promover a individualidade (Klopfer, 2008). Birchfield e Megowan-Romanowicz (2009) referem que a interatividade social pode ser reforçada quando os estudantes colaboram utilizando dispositivos móveis em rede, bem como em interações presenciais.

A RA tem a capacidade de envolver os estudantes em investigações e explorações autênticas no mundo real através de objetos virtuais como textos, vídeos e imagens, elementos suplementares adicionados ao meio envolvente (Dede, 2009). Segundo Johnson *et al*. (2010), o registo de determinados locais com informação sobreposta utilizando a geolocalização é uma das utilizações mais comuns da RA.

Relativamente à aprendizagem situada em contextos de eLearning na educação médica, Feng *et al.* (2013:181) concluem que:

> *"Situated e-learning is an effective method to improve novice learners' performance. The effect of the situated e-learning on the improvement of cognitive ability is limited when compared to traditional learning. Situated e-learning may be a useful adjunct to traditional learning for medical and nursing students, but does not appear to have any benefit over traditional learning methods for practicing clinicians."*
>
> Feng *et al.* (2013: 181)

Segundo estes autores a aprendizagem situada em contexto de eLearning potencia a aprendizagem de estudantes sem experiência, quando comparado com métodos de ensino tradicionais de ensino clínico. Quanto a profissionais experientes não se revelam benefícios evidentes. Veremos alguns estudos com RA na secção *2.2. Realidade aumentada na educação médica* que corroboram esta conclusão.

(3) Sentido de presença, imediatismo e imersividade

Bronack (2011), num artigo sobre o papel dos *media* imersivos na educação online, refere que tecnologias emergentes como a RA, os mundos virtuais, as simulações e os *serious games* conseguem transmitir um sentido de

presença, imediatismo e imersividade, até agora indisponíveis a educadores, tanto do ensino presencial como do ensino a distância.

Sentido de presença, uma vez que a RA pode proporcionar um espaço mediado que poderá levar a que os estudantes reconheçam a comunidade de aprendizagem (Squire & Jan, 2007).

Imediatismo, uma vez que a RA pode incluir *feedback* em tempo real e fornecer informação verbal e não verbal aos estudantes (Kotranza *et al.*, 2009).

Imersividade, pois fornece aos estudantes *"the subjective impression that one is participating in a comprehensive, realistic experience"* (Dede, 2009:66). Segundo este autor, a imersão pode possibilitar uma aprendizagem situada em ambientes, problemas e questões do mundo real.

Um estudo recente com *mobile-RA* revelou o sentido de presença, imediatismo e imersividade na promoção da aprendizagem dos estudantes relativamente a uma questão científica e social, nomeadamente a utilização da energia nuclear e radiação poluente no contexto dos acidentes na central nuclear de *Fukushima Daiichi* após o terramoto no Japão (Chang, Wu & Hsu, 2012). Os estudantes utilizaram *tablets* para recolher dados de radiação simulada no seu campus, hipoteticamente num local a 12 km da Central Nuclear e um dia depois da explosão na central. Este estudo mostrou uma correlação significativa na perceção dos estudantes sobre a energia nuclear, evidenciando que a RA pode afetar o domínio afetivo dos estudantes em questões do mundo real.

A simulação médica é outro exemplo onde se procura imediatismo e imersividade, no sentido de tornar a experiência de aprendizagem o mais próximo possível da realidade. Na educação médica encontramos aplicações educacionais de RA para a prática, planeamento e orientação de procedimentos cirúrgicos (Shuhaiber, 2004; Reitinger *et al.*, 2006; De Paolis, Pulimeno & Aloisio, 2008; Hansen *et al.*, 2009).

(4) Visualização do invisível

A sobreposição de objetos ou informação virtual em ambientes reais com recurso à RA possibilita a visualização de conceitos ou eventos invisíveis (Arvanitis *et al.*, 2007; Dunleavy *et al.*, 2009). Aumentar a realidade em objetos reais cria novas visualizações que têm o potencial de promover a compreensão dos estudantes acerca de conceitos ou fenómenos abstratos e invisíveis.

A integração de conteúdos educativos digitais no mundo real com recurso à RA permite a criação de experiências de aprendizagem imersivas e nalguns casos de difícil concretização no mundo real. Os sistemas de RA podem apoiar os estudantes na visualização de conceitos abstratos ou fenómenos inobserváveis, como por exemplo correntes de convecção, campos eletromagnéticos, modelos atómicos, estruturas moleculares, diversos tipos de forças, entre outros.

Klopfer e Squire (2008) demonstraram que a utilização da RA possibilita aos estudantes experienciar fenómenos científicos de difícil recriação no mundo real, como por exemplo a realização de reações químicas. Também Liu *et al*. (2007) criaram vários sistemas educativos utilizando a RA com esta finalidade, isto é, os estudantes conseguiram visualizar o sistema solar na sala de aula e o processo de fotossíntese com recurso à RA. Na área da química encontramos alguns exemplos onde os estudantes observam, através da RA, modelos moleculares 3D (Fjeld & Voegtli, 2002; Chen, 2006). Ainda no ensino da química encontramos o programa Orbitário, uma aplicação de RA para a exploração de orbitais atómicas do hidrogénio (Trindade, Kirner & Fiolhais, 2004).

(5) Confluência entre a aprendizagem formal e informal

Outra finalidade identificada na literatura é o potencial da RA em unir contextos de aprendizagem formais e informais. O projeto *CONNECT*, por exemplo, juntou a RA a outras tecnologias para desenvolver um parque de ciência virtual, composto por um museu e uma escola (Sotiriou & Bogner, 2008). Uma primeira avaliação deste projeto indicou que o ambiente influenciou de forma positiva a motivação dos estudantes para a aprendizagem da ciência.

2.1.4. Limitações dos sistemas de RA educacionais

Vários problemas na utilização da RA em educação têm sido identificados por diversos autores, tanto a nível tecnológico como pedagógico.

Do ponto de vista tecnológico, podemos considerar a utilização de equipamentos HMD clássicos como um problema, embora cada vez menos presente considerando as inovações registadas neste sentido, nomeadamente o desenvolvimento de óculos de RA menos obstrutivos e mais confortáveis. O peso e o custo do dispositivo pode originar desconforto e prejudicar a perceção da profundidade (Kerawalla *et al*., 2006).

Embora os sistemas de RA com geolocalização possam oferecer ambientes mais contextualizados, os mesmos apresentam limitações ao nível da portabilidade e flexibilidade, pois requerem um local específico para a sua realização (Klopfer & Sheldon, 2010).

A nível pedagógico, poderemos encontrar uma resistência natural à mudança de práticas de ensino, mais ativas e contextualizadas com a RA, centradas no aprendente, ao invés do método tradicional de transferência de informação, centrado no professor (Kerawalla *et al.*, 2006; Mitchell, 2011; Squire & Jan, 2007). Contudo, a integração de novas metodologias de ensino ou de tecnologias emergentes não é restrito à RA, sendo um problema transversal em educação. Importa por isso saber *como*, *quando* e *onde* a RA deve ser integrada nos processos educativos, de modo a potenciar uma aprendizagem significativa com benefícios para os estudantes.

O planeamento de atividades educativas com a RA, nomeadamente o modo como a informação deve ser distribuída entre os dois mundos e os diferentes dispositivos, é outra dificuldade apresentada por Klopfer e Squire (2008). A rigidez de alguns sistemas de RA, difíceis ou mesmo impossíveis de modificar por parte dos professores, limita a possibilidade de adaptar os conteúdos aos objetivos definidos e às necessidades dos estudantes. A utilização de ferramentas de autor pode contribuir para resolver esta limitação (Bergig *et al.*,

2009), permitindo a professores e estudantes a edição e criação de atividades e aplicações de RA (Klopfer & Squire, 2008).

Contudo, ao nível da aprendizagem, os estudantes podem ser sobrecarregados cognitivamente pela grande quantidade de informação que encontram, a utilização de vários dispositivos simultaneamente e a complexidade das tarefas a realizar (Wu *et al.*, 2013).

Misturar a realidade com o virtual pode também causar alguma confusão nos aprendentes, embora este aspeto possa ser visto também como positivo pois revela autenticidade. Tal como Dunleavy *et al*. (2009) referem, perder o sentido do ambiente real poderá não ser produtivo para os aprendentes e constituir uma ameaça à sua segurança física.

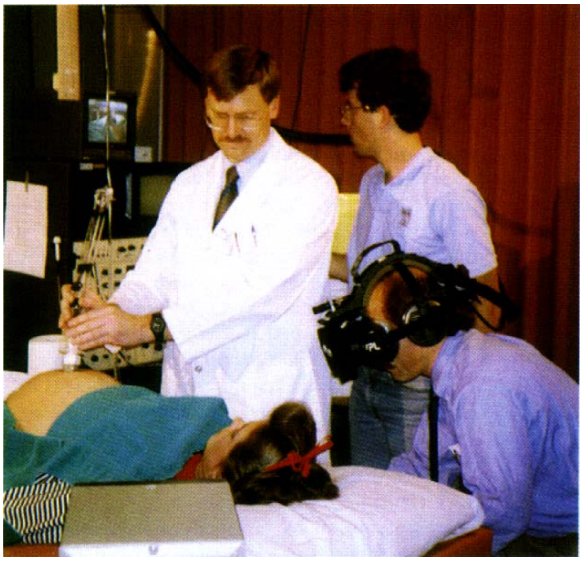
Embora a RA envolva naturalmente o uso de tecnologias, nem sempre de fácil utilização e acesso, o enfoque deve ser dado no modo como estas tecnologias podem suportar e facilitar aprendizagens significativas. É neste sentido que a RA deve ser vista, isto é, como um conceito e não como uma tecnologia. Contudo, a usabilidade do sistema é um aspeto muito importante a ter em conta, sendo este um dos objetivos que o nosso estudo também pretende investigar.

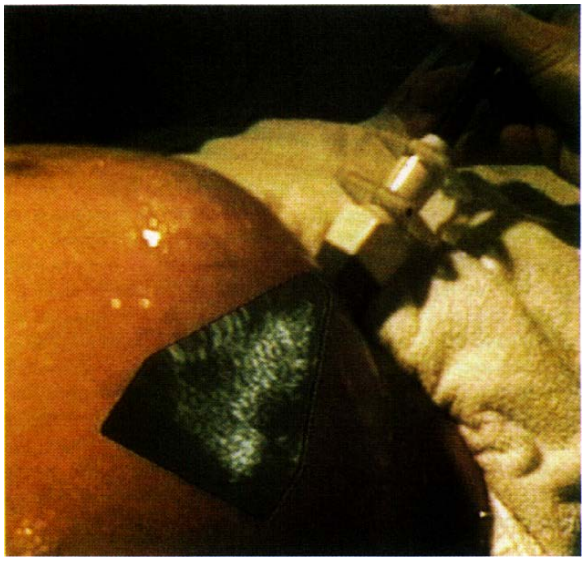
Na próxima secção apresentamos uma revisão da literatura específica sobre a utilização da RA na educação médica.

2.2. Realidade aumentada na educação médica

O primeiro estudo encontrado na literatura que sobrepôs conteúdos digitais num cenário clínico real foi realizado por Bajura, Fuchs e Ohbuchi em janeiro de 1992, na *University of North Carolina*. O equipamento utilizado consistia num HMD com uma pequena câmara de vídeo que permitia ver, em tempo real, imagens de uma ecografia de uma grávida de 38 semanas sobrepostas no seu abdómen (Bajura *et al.*, 1992). Desta forma, o observador conseguia "visualizar" o feto no interior do abdómen através da composição das imagens geradas por ultrasons (Figuras 2.6 e 2.7).

Figura 2.6 (esquerda). O técnico realiza a ecografia abdominal e o observador acompanha com o HMD; Figura 2.7 (direita). Imagem visualizada pelo observador com o HMD, onde se vê o interior do abdómen.





Bajura *et al.* (1992)

Embora muitos problemas técnicos persistissem na altura, os próprios investigadores reconheceram que tinham sido dados os primeiros passos numa tecnologia promissora na área da computação gráfica e visualização, com várias aplicações futuras. Esta constatação veio a confirmar-se com o surgimento de diversas linhas de investigação onde se estudam os benefícios da RA na medicina em geral e o seu impacto pedagógico quando usada como ferramenta

de treino de profissionais da saúde. De seguida serão apresentados os estudos mais relevantes na formação em saúde onde a RA tem sido mais utilizada.

2.2.1. Revisão da literatura sobre RA na educação médica

Para o presente estudo foi feita uma revisão da literatura no sentido de identificar, selecionar e avaliar criticamente investigação importante que demonstre a efetividade da utilização da RA na educação médica, constituindo-se como o estado da arte da temática em estudo.

A revisão da literatura foi baseada na revisão sistemática que, segundo Whittemore (2005), é útil na recolha de evidências de estudos primários com metodologias de investigação semelhantes, para o estudo de hipóteses idênticas ou semelhantes. Neste sentido, foi feita uma pesquisa no portal *Web of Science*™[5] utilizando os termos *augmented reality*, *medical* ou *healthcare* e *education* ou *training*, conforme a *query* seguinte:

((augmented reality OR mixed reality) AND (medical OR healthcare) AND (training OR education))

De referir que a pesquisa com a palavra-chave *nursery* não devolveu qualquer resultado, pelo que foi necessário alargar a pesquisa utilizando as palavras *medical* e *healthcare*.

A revisão da literatura sobre a utilização da RA na educação médica incidiu sobre os artigos publicados até 29 de julho de 2015. A pesquisa realizada devolveu 118 resultados no total, de todas as bases de dados incluídas no portal, incluindo a MEDLINE® (*U.S. National Library of Medicine® journal citation database*). Contudo, nem todos os artigos apresentados se centram exclusivamente na utilização da RA em educação médica, tendo sido necessário aplicar critérios de inclusão e de exclusão adicionais para chegar às investigações que lidam especificamente com esta temática.

[5] *Web of Science*™ disponível em https://www.webofknowledge.com [acedido em 29/07/2015]

Assim, foi feita uma análise por dois investigadores independentes aos 118 artigos listados no sentido de compreender os estudos efetuados e obter uma base de trabalho mais relevante. Tal como definido no capítulo anterior, a RA é uma tecnologia que permite a introdução de conteúdos digitais no mundo real e em tempo real, sendo distinta da RV que emerge por completo o utilizador num ambiente virtual computadorizado. Neste sentido, apenas os estudos que contemplavam a RA ou esta associada a RV foram incluídos, excluindo-se aqueles que se referem apenas à RV. Apresentam-se de seguida numa tabela os critérios de inclusão e exclusão relativamente ao conteúdo dos artigos analisados (Quadro 2.1).

Quadro 2.1. Critérios de inclusão e exclusão utilizados na análise dos artigos encontrados na revisão da literatura

Critérios de inclusão (estudos sobre)	Critérios de exclusão (estudos sobre)
medical education OU *medical training* OU *healthcare education* OU *healthcare training* E *augmented reality* OU *augmented and virtual reality* (quando combinados)	*medical* OU *healthcare* apenas, sem *education* OU *training* (como por exemplo a telemedicina) *veterinary education* OU *veterinary training* Estudos técnicos sobre *Augmented reality* (como por exemplo métodos de calibração) Apenas *virtual reality*

A RA pode ser entendida como uma realidade mista, de acordo com o *continuum* apresentado por Milgram e Kishino (1994), que inclui também a virtualidade aumentada neste espetro. No sentido de verificar se o termo “realidade mista" (*mixed reality*) acrescentaria mais resultados à revisão sistemática da literatura, procedeu-se a uma nova pesquisa que devolveu mais 45 resultados, perfazendo um total de 163 publicações para análise (*cf*. Anexo, p.179). Contudo, apenas um dos resultados estava em conformidade com os

critérios definidos, o que comprova a adequação dos termos inicialmente utilizados. O mesmo foi integrado para revisão no presente estudo.

Após aplicação dos critérios apresentados no Quadro 2.1 selecionámos um total de 43 publicações relevantes para o presente estudo. Deste total, 30 foram publicados desde 2010, o que significa que aproximadamente 70% da investigação realizada neste domínio e publicada nas bases de dados incluídas no portal *Web of Science*™ aconteceu nos últimos 5 anos. Este dado confirma, de certo modo, as previsões dos relatórios anuais *Horizon* de 2010 e 2011 que apontavam a RA como uma tecnologia emergente no ensino superior (Johnson *et al*., 2010, 2011).

Todos os artigos foram analisados quanto à área de atuação ou especialidade, o método, os participantes, o equipamento utilizado e os resultados obtidos, sempre que a leitura dos mesmos o permitiu. Os artigos foram agrupados de acordo com a especialidade médica, pois entendeu-se que esta seria uma forma coerente de apresentar e relacionar temáticas que, nalguns casos, têm em comum o método de investigação e equipamento de RA utilizado. As páginas seguintes apresentam a informação mais relevante para suporte ao nosso estudo.

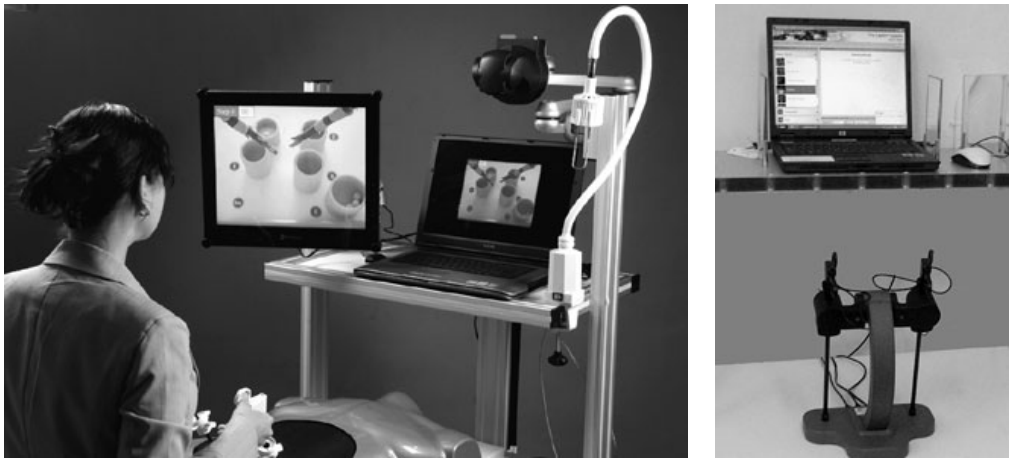
2.2.2. RA no treino da Laparoscopia

O treino médico com recurso a ferramentas de simulação tem um enorme potencial, particularmente na fase inicial da curva de aprendizagem da laparoscopia e de outras técnicas cirúrgicas minimamente invasivas, que requerem diferentes competências quando comparadas com a tradicional cirurgia aberta (Nugent *et al.*, 2013).

Dada a importância desta técnica, vários simuladores foram criados para o desenvolvimento de competências antes da realização da cirurgia em contexto clínico, entre eles simuladores que recorrem à RA para proporcionar experiências de aprendizagem mais realistas e significativas.

De facto, a utilização da RA no desenvolvimento de competências de laparoscopia tem sido estudada por diversos autores, tais como Botden *et al*. (2007), que compararam a efetividade de dois simuladores: o *ProMIS Augmented Reality laparoscopic simulator* da *Haptica* (Figura 2.8) e o *LapSim Virtual Reality laparoscopic simulator* da *Surgical Sciences* (Figura 2.9).

Figura 2.8 (esquerda). *ProMIS Augmented Reality laparoscopic simulator*; Figura 2.9 (direita). *LapSim Virtual Reality laparoscopic simulator*.

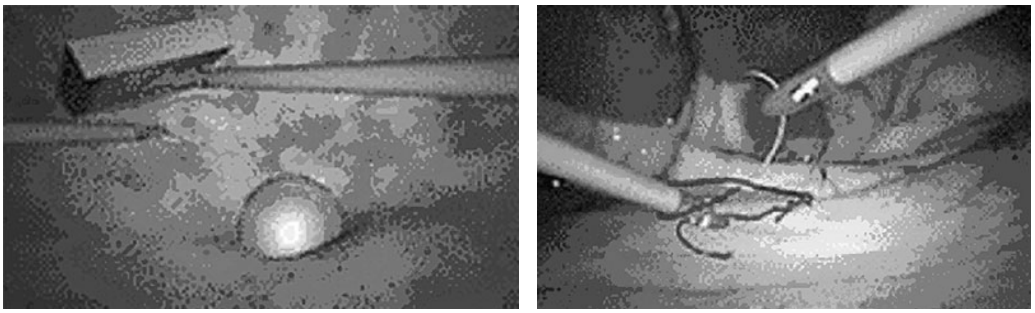


Botden *et al.* (2007)

O estudo focou-se no treino, simulação e avaliação de competências em cirurgia laparoscópica envolvendo 90 participantes, agrupados de acordo com diferentes níveis de experência, que realizaram uma tarefa básica (*translocation task*) e uma tarefa de suturação (*suturing task*) em ambos os simuladores (Figuras 2.10 - 2.13).

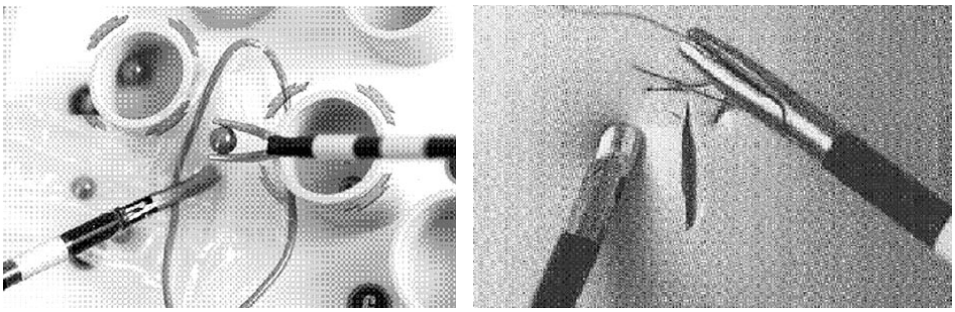
Os participantes realizaram o conjunto de tarefas propostas, primeiro num simulador e depois no outro, sem ordem definida, tendo respondido a um questionário entre cada situação. Para além dos questionários foram extraídos os dados dos simuladores que revelam informações sobre o desempenho dos participantes na execução das tarefas.

Figuras 2.10 (esquerda) e 2.11 (direita). Realização de tarefas no *LapSim virtual reality simulator.*



Botden *et al.* (2007)

Figuras 2.12 (esquerda) e 2.13 (direita). Realização de tarefas no *ProMIS augmented reality simulator*.



Botden *et al.* (2007)

Os resultados obtidos permitiram aos autores concluir que o simulador *ProMIS AR* revela-se como uma melhor ferramenta no treino da laparoscopia do que o *LapSim VR*, considerando as tarefas testadas. Esta conclusão pode ser explicada, na opinião dos autores, pelo facto da RA proporcionar uma experiência mais realista, o manequim utilizado possuir *feedback* háptico (inexistente no simulador de RV), apresentar maior valor didático e a sua validade de construto, com diferenças estatisticamente significativas nos parâmetros avaliados. É neste sentido que os autores recomendam a introdução do simulador *ProMIS AR* no plano curricular de cirurgia para o desenvolvimento não só de competências básicas como também de suturação na laparoscopia.

Noutro estudo realizado pelos mesmos autores (Botden *et al.*, 2008), 50 participantes realizaram as mesmas tarefas e responderam a um questionário para avaliar o realismo, *feedback* háptico e valor didático exclusivamente do

simulador *ProMIS AR*. Os participantes consideraram o *ProMIS AR* como uma ferramenta útil para o desenvolvimento de competências na laparoscopia, muito realista, com bom *feedback* háptico e valor didático.

Embora determinadas ferramentas e estratégias possam produzir, teoricamente, melhor grau de satisfação e melhores resultados de aprendizagem, não é clara a forma como devem ser incorporados nos programas curriculares. É neste sentido que Brinkman *et al*. (2012a) realizaram um estudo onde compararam dois grupos de estudantes sem experiência em laparoscopia, utilizando diferentes métodos de treino na realização de quatro competências básicas de laparoscopia. Neste caso não se trata de uma comparação entre a RV e a RA, mas antes dos métodos de treino, isto é, da variedade de estratégias que leva ao desenvolvimento das mesmas competências. Um dos grupos realizou as tarefas exclusivamente no simulador *LAP Mentor 2* de RV, enquanto o outro grupo realizou as tarefas no *LAP Mentor 2*, numa caixa de treino e no *ProMIS 3*. No final da experiência verificou-se que ambos os grupos melhoraram o seu desempenho significativamente, e que o facto de usarem diferentes metodologias de treino não resultou em diferentes objetivos de aprendizagem. Assim, comprovou-se que ambos os métodos de treino são apropriados para o desenvolvimento de competências básicas de laparoscopia, podendo ser incluídos em programas de formação no futuro.

O simulador *ProMIS AR* foi, ao longo do tempo, objeto de vários estudos. Para além dos dados obtidos através de questionários no sentido de compreender o caráter realista, o *feedback* háptico e o potencial didático do simulador, parâmetros como o tempo, a distânica percorrida e a suavidade de movimentos pode ser extraída para posterior análise quantitativa do desempenho dos participantes.

Oostema, Abdel e Gould (2008) realizaram um estudo onde procuravam obter correlações entre os dados extraídos do simulador *ProMIS AR* e o desempenho dos participantes com diferentes níveis de experiência. O tempo de execução de cada tarefa, a distância percorrida (distância que a extremidade de cada instrumento percorre durante a tarefa) e a suavidade (número de vezes que

um instrumento muda de velocidade durante a execução da tarefa) foram os dados extraídos do simulador.

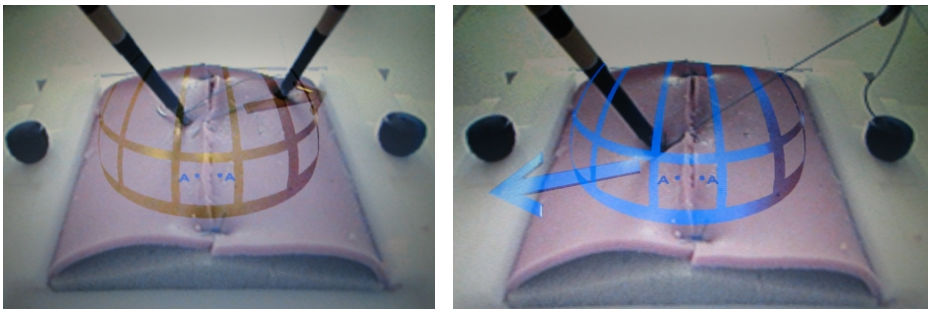
Cada participante realizou quatro tarefas com crescente grau de complexidade, sendo que as três tarefas mais complexas revelaram uma correlação estatisticamente significativa entre a experiência do utilizador e o seu desempenho, nos três parâmetros analisados. Esta correlação apresenta uma tendência maior nos parâmetros tempo e suavidade, principalmente na última tarefa com maior grau de complexidade.

Feifer, Delisle e Anidjar (2008) avaliaram a utilidade, fiabilidade e aplicabilidade do parâmetro suavidade (*smoothness*) do simulador *ProMIS AR* com 15 urologistas, divididos em dois grupos (júnior e sénior) de acordo com a sua experiência. Os participantes realizaram um total de seis sessões baseadas no sistema *MISTELS* (*McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills*), constituído por um conjunto de tarefas validadas que avaliam competências na laparoscopia. A comparação dos dois grupos ao longo das sessões revelou diferenças estatisticamente significativas em todas as tarefas realizadas, com o grupo mais experiente a obter uma melhor performance, o que reflete a capacidade do simulador em diferenciar dois grupos com experiência e competências distintas. Desta forma, a investigação sugere que o parâmetro suavidade do *ProMIS AR* demonstra validade de construto no treino da laparoscopia, com base no conjunto de tarefas *MISTELS* validado para o efeito.

Contudo, os dados extraídos do simulador podem não ser suficientes para avaliar o desempenho dos participantes, isto é, se realizaram ou não as tarefas corretamente. Neste sentido, a presença de avaliadores externos pode ser necessária para avaliar determinadas tarefas, como por exemplo a força do nó dado na suturação. Botden, de Hingh e Jakimowicz (2009) desenvolveram um estudo com 18 estudantes de medicina sem experiência em laparoscopia que realizaram previamente quatro tarefas no simulador de *RV MIST* (*Minimally Invasive Surgical Trainer*) para adquirirem algumas competências básicas, antes de avançarem para o foco do estudo, isto é, a realização de tarefas de suturação no *ProMIS v2.0 AR*.

Foram extraídos do simulador *ProMIS v2.0 AR* os dados relativos ao desempenho dos estudantes nas tarefas de suturação, nomeadamente o tempo despendido, o percurso percorrido e a suavidade do movimento, medido com base nas mudanças de velocidade e direção do instrumento utilizado. A avaliação dos estudantes teve como base o tempo despendido na área correta, identificada no simulador (Figuras 2.14 e 2.15), e a qualidade do nó (a sua força) avaliada posteriormente por dois observadores independentes com vasta experiência em laparoscopia.

Figuras 2.14 (esquerda) e 2.15 (direita). Módulo de suturação do *ProMIS v2.0 AR* onde podemos observar as linhas que orientam o estudante na execução da tarefa.



Botden, de Hingh & Jakimowicz (2009)

A combinação destes dados permitiu verificar que o desempenho dos estudantes melhorou ao longo do tempo, e que os mesmos precisaram apenas de 7 tentativas em média, de entre 16 realizadas, para atingir o topo da sua curva de desempenho, demonstrando assim o poder do simulador no desenvolvimento de competências de suturação em laparoscopia.

A utilização de um simulador de RV (*LAP Mentor*) seguido de um simulador de RA (*ProMIS*) foi também testada por Brinkman *et al.* (2012b), neste caso para comparar o treino realizado por objetivos com o treino realizado em função do tempo. O estudo, que utilizou a RA para medir a transferibilidade das competências desenvolvidas previamente no simulador de RV, demonstrou que o desenvolvimento de competências básicas de laparoscopia por objetivos permite reduzir o tempo de treino total, sem causar impacto nos objetivos de

aprendizagem e na capacidade de transferir as competências adquiridas para uma nova situação, neste caso o simulador de RA.

Contudo, existem tarefas onde a RA pode não apresentar benefícios claros quando comparado com métodos de treino mais convencionais, como é o caso da laparoscopia colorretal. Num estudo comparativo entre a utilização de cadáveres e um simulador de RA, LeBlanc *et al.* (2010a) verificaram que, embora os participantes apresentassem melhores resultados no simulador de RA, a satisfação foi maior com a utilização de um cadáver humano, representando também um grau de dificuldade maior. Os autores concluem que o treino em simulador seguido de treino com cadáver pode representar uma metodologia adequada que tira proveito dos benefícios de ambos, contribuindo para a mesma curva de aprendizagem. O simulador foi também utilizado por LeBlanc *et al.* (2010b) para comparar dois métodos diferentes de realizar a laparoscopia colorretal, concluindo-se que o *ProMIS AR* apresenta-se como um modelo fiável para comparar, com precisão, o tempo de operação e os erros intra-operação nas duas abordagens.

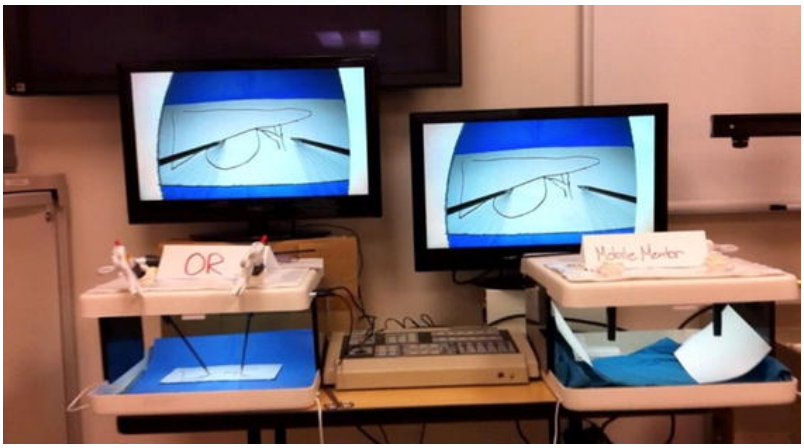
Como referido anteriormente, importa também compreender de que forma estas metodologias podem ser incorporadas, de forma estruturada, no processo de ensino e aprendizagem. Torna-se por isso importante definir objetivos de desempenho e desenvolver módulos de treino nesta base, trabalho este realizado por Nugent *et al.* (2012). Estes autores recrutaram especialistas em laparoscopia para definirem objetivos e níveis de desempenho para três módulos de treino no simulador de RA *ProMIS*. O estudo teve como objetivo não só a definição de metas de desempenho, como também demonstrar a validade de construto dos módulos de formação e verificar se os cirurgiões inexperientes conseguiam atingir essas mesmas metas. Os resultados revelaram diferenças estatisticamente significativas no tempo, movimentos e erros entre os quatro grupos participantes, agrupados de acordo com o respetivo nível de experiência em laparoscopia, demonstrando assim validade de construto. Foi também possível verificar que o grupo mais inexperiente conseguiu atingir as metas de desempenho pré-definidas

num período de tempo razoável, indo ao encontro dos resultados de Brinkman et al. (2012b) relativamente às vantagens do treino da laparoscopia por objetivos.

Num estudo mais recente, realizado por Vera *et al.* (2014), encontramos uma outra plataforma desenvolvida para facilitar a aquisição de competências mais complexas em laparoscopia, apoiada por um tutor que acompanha e tem a possibilidade de demonstrar ao estudante, em tempo real, as técnicas de suturação a executar no simulador. Uma das vantagens deste sistema é o facto da tutoria poder ser realizada a distância, embora neste caso tenha sido de forma presencial.

Neste estudo os participantes, divididos em dois grupos – experimental e controlo – realizaram tarefas de suturação, guiados passo a passo por um tutor. A variável independente era a utilização da plataforma *Augmented reality telementoring* (*ART*) no grupo experimental, enquanto que no grupo de controlo a tutoria era feita de forma tradicional. Os resultados obtidos demonstraram que o grupo experimental desenvolveu as competências mais rapidamente e errou menos vezes do que o grupo de controlo. Os investigadores concluíram que a plataforma *ART* (Figura 2.16) pode ser um método mais eficiente para o treino de tarefas mais complexas em laparoscopia, em comparação com métodos tradicionais.

Figura 2.16. Plataforma *ART*, constituída por 2 componentes: o simulador de laparoscopia utilizado pelo estudante (esquerda) da imagem e o equipamento de monitorização (direita).



Vera *et al.* (2014)

Os estudos apresentados testam, na sua generalidade, em que medida as atividades de aprendizagem realizadas no simulador de RA correspondem às atividades reais que decorrem durante uma cirurgia. Para além da dimensão realista que a RA acrescenta, os estudos revelam que tanto os cirurgiões mais experientes como os futuros cirurgiões consideram o sistema fidedigno e com enorme potencial pedagógico quando usado como ferramenta de treino. O treino por objetivos é também um ponto importante a destacar, pois permite o desenvolvimento de competências básicas de laparoscopia num menor período de tempo.

Relativamente a competências mais complexas de laparoscopia, como é o caso da suturação, podemos verificar nos estudos de Botden, de Hingh e Jakimowicz (2009) e de Vera *et al*. (2014) a participação de um terceiro ator (especialista), para além do utilizador (aprendente) e do simulador de RA. A diferença aqui reside no papel que este assume e no espaço por ele ocupado: no primeiro estudo atua como avaliador, testando o nó dado pelo estudante; no segundo como tutor, que acompanha e orienta o estudante ao longo da tarefa.

Nos estudos acima analisados, onde é feita uma comparação entre a RV e a RA, há uma clara preferência pela RA por ser mais realista, ou seja, mais próxima do ambiente clínico real. O mesmo sucede quando se compara a RA com corpos reais, como é o caso do estudo de LeBlanc *et al.* (2010a) sobre o treino da laparoscopia colorretal.

2.2.3. RA para visualização

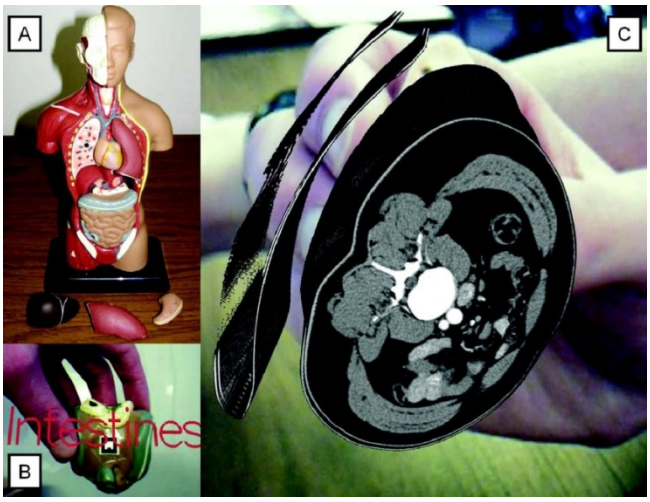
A utilização da RA para visualização de modelos tridimensionais (e.g. órgãos) tem contribuído, de um modo geral, para o desenvolvimento de competências de planeamento pré-operatório, treino cirúrgico e suporte ao diagnóstico. A visualização de conteúdos digitais sobrepostos no mundo real é obviamente uma das características da RA, pelo que, quando falamos em RA, a visualização está sempre presente. Os estudos seguintes referem-se à

visualização de conteúdos 3D de um modo geral, sem focarem a sua utilização numa determinada especialidade médica, tal como acontece noutros estudos.

Mastrangelo *et al*. (2003) conduziram um estudo com estudantes de medicina onde comprovaram a efetividade da RA no treino de visualizações de imagens tridimensionais, em alternativa à tomografia computadorizada, como forma de planeamento de intervenções cirúrgicas.

Num artigo sobre ferramentas de cibermedicina para comunicar e aprender, John e Lim (2007) desenvolveram uma ferramenta de RA para a aprendizagem de anatomia (Figura 2.17), utilizando um modelo de plástico como interface e marcadores para despoletar os conteúdos.

Figura 2.17. (A) As peças do modelo são usadas como interface; (B) e (C) a informação digital é visualizada quando o dispositivo deteta o marcador.



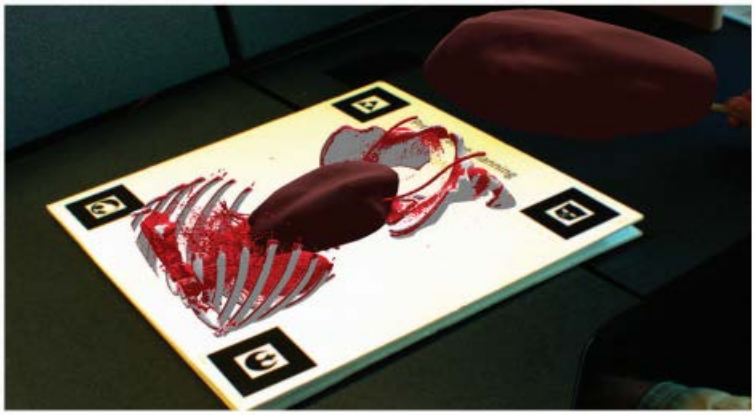
John & Lim (2007:5)

O estudo de Koehring *et al.* (2008) destaca-se pela sua simplicidade, evidenciada pela utilização de marcadores para visualização dos conteúdos 3D (Figura 2.18).

> *"All of the interaction is hands on, using physical objects. These minimal, but still useful, interfaces are what set this system apart from existing applications. Advanced visualization is now a tool that can be shared among radiologists, surgeons, and other medical professionals."*
>
> (Koehring *et al.*, 2008:705)

Esta elevada usabilidade é, segundo os autores, o que distingue a aplicação de outras existentes. Contudo, sabemos que esta é uma generalização discutível pois existem várias aplicações semelhantes, e que a usabilidade pode depender do dispositivo utilizado.

Figura 2.18. Utilização de marcadores para visualização de conteúdos 3D.



Koehring *et al.* (2008: 704)

Os estudos apresentados neste ponto são os que mais se assemelham com a presente investigação, pois estão centrados na simples visualização de conteúdos no sentido de proporcionar uma experiência de aprendizagem mais imersiva. A própria criação de aplicações de RA deste género, sem interação ou *feedback* háptico, é obviamente um processo mais simples mas igualmente eficaz desde que alinhados com os objetivos a atingir. No nosso caso a visualização é fundamental para a realização do diagnóstico da ferida.

2.2.4. RA no treino da Neurocirurgia

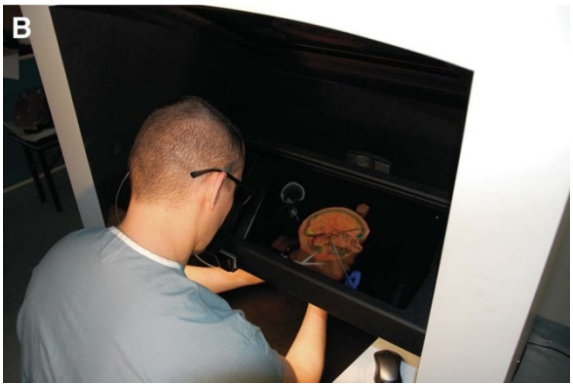
Na área da neurocirurgia encontramos simuladores de RA que permitem aos cirurgiões planear e ensaiar um procedimento cirúrgico antes da operação, tais como o *VR-workbench* (Poston & Serra, 1994), o *ImmersiveTouch* (Luciano *et al.*, 2005) e o *Dextroscope* (Stadie, 2008).

Na revisão da literatura realizada encontramos publicações onde o sistema *ImmersiveTouch* foi utilizado no treino de procedimentos cirúrgicos (Luciano *et al.*,

2005; Alaraj *et al.*, 2013; Yudkowsky *et al.*, 2013). Trata-se de um sistema de RA e virtual que combina *feedback* háptico em tempo real com imagem estereoscópica de alta resolução, desenvolvido por investigadores da *University of Chicago* (Luciano *et al.*, 2005). O *ImmersiveTouch* inclui diversos módulos de treino, divididos em dois grupos de procedimentos (Alaraj *et al.*, 2013):

- Procedimentos no crânio (Figura 2.19): ventriculostomia; perfuração óssea; rizotomia trigeminal percutânea.
- Procedimentos na coluna vertebral (Figura 2.20): colocação de parafuso pedicular; vertebroplastia; punção lombar.

Figura 2.19. Formando a realizar o módulo de rizotomia trigeminal percutânea (procedimento craniano).

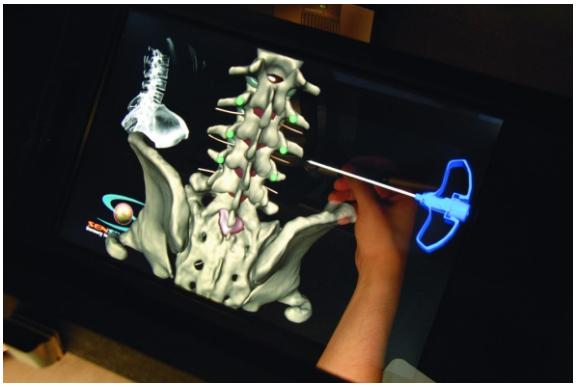


Alaraj *et al.* (2013)

Luciano *et al.* (2011) realizaram um estudo que teve como objetivo avaliar a performance de 51 participantes na colocação do parafuso pedicular torácico. Após uma fase de treino inicial limitada a seis tentativas de colocação do parafuso pedicular, com duração total de 5 minutos (aproximadamente), os participantes realizaram uma sessão de avaliação com condições semelhantes às encontradas no bloco operatório, como por exemplo o acesso limitado a imagens em fluoroscopia. A comparação do desempenho dos participantes na sessão inicial de treino com a sessão de avaliação revelou uma melhoria na performance, com diferenças estatisticamente significativas. A taxa de erro associada mostrou-se consistente com a referida na literatura na prática clínica, contribuindo ainda para

uma validação preliminar do simulador *ImmersiveTouch* como um sistema indicado para treino.

Figura 2.20. Treino do procedimento de vertebroplastia transpedicular (procedimento na coluna vertebral).



Alaraj *et al.* (2013)

De um modo geral, a efetividade do sistema no treino de procedimentos cirúrgicos no crânio e na coluna vertebral, bem como a satisfação manifestada pelos seus utilizadores relativamente às suas características realistas, fazem do *ImmersiveTouch* uma alternativa viável ao treino tradicional.

Contudo, Alaraj *et al.* (2013) referem que mais estudos devem ser realizados para explorar a transferência das competências desenvolvidas em treino simulado para o bloco operatório, com pacientes reais. Neste sentido, e à semelhança da metodologia utilizada na presente investigação, os mesmos autores sugerem a realização de um estudo com grupo experimental e de controlo, ambos com participantes inexperientes, onde UM dos grupos utiliza o simulador e o outro não, para que se possa determinar, à posteriori, qual dos grupos apresenta melhor desempenho em contexto de operação real, onde a saúde do paciente está em risco.

Yudkowsky *et al.* (2013) realizaram um estudo deste género, com pré-teste e pós-teste, utilizando um sistema *ImmersiveTouch* de 2.ª geração, no sentido de avaliar a eficácia do treino com cérebros virtuais na melhoria do desempenho na ventriculostomia, primeiro com cérebros apresentados no simulador e segundo

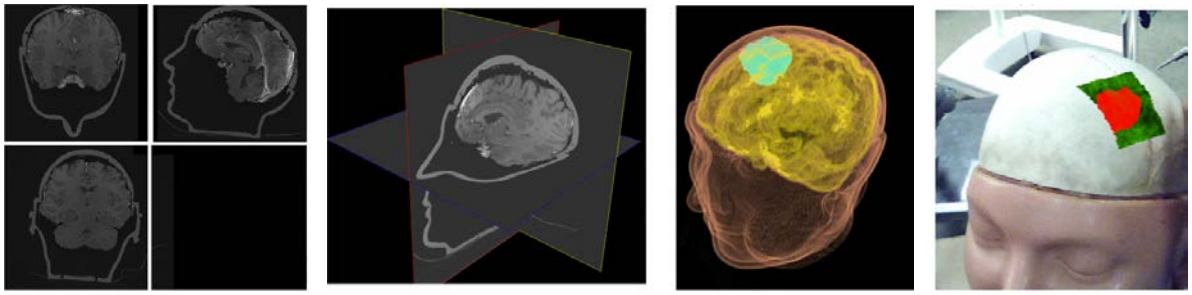
durante cirurgia real. O estudo focou-se exclusivamente na inserção do cateter no ventrículo, competência crítica neste tipo de intervenções. Embora os resultados obtidos tenham revelado uma melhoria na performance dos neurocirurgiões internos, os autores apresentam como limitação do estudo o reduzido número de participantes (*n*=16).

Num estudo sobre a utilização da RA e VR no treino de procedimentos neurocirúrgicos endovasculares, os autores fazem uma analogia muito interessante com a aviação pelo facto desta tecnologia permitir, em ambos os contextos, a prática e o aperfeiçoamento de procedimentos simulados antes de uma situação real de intervenção (Mitha *et al.*, 2013). Através de uma análise dos métodos utilizados no treino de pilotos de aviação, estes autores discutem as potencialidades da simulação para colmatar as lacunas evidenciadas no treino da neurocirurgia endovascular.

De facto, a utilização de um ambiente de treino simulado pode contribuir para acelerar o processo de formação de futuros profissionais de saúde, sem risco e de forma altamente realista, permitindo que os mesmos possam transferir as competências desenvolvidas naturalmente para um contexto real. A possibilidade de realizar um procedimento clínico num ambiente de simulação, sem riscos associados, permite não só melhorar o desempenho na realização da tarefa bem como a rapidez de execução.

Num estudo mais recente realizado por Abhari *et al.* (2015), um sistema misto de RA e RV foi desenvolvido para facilitar o treino do planeamento de um procedimento neurocirúrgico comum – a resseção de um tumor cerebral. Neste estudo 21 participantes (14 sem experiência) realizaram tarefas de avaliação espacial com o objetivo de determinar a menor distância ao tumor, alinhar o instrumento cirúrgico com o eixo mais longo do tumor e especificar uma trajetória que evitasse áreas críticas funcionais. Os sistemas de treino (a), (b) e (c) revelaram-se menos eficazes quando comparados com o sistema de RA (d) (Figura 2.21).

Figura 2.21. Formas de planeamento: (a) visualização 2D de cortes axial/coronal/sagital; (b) representação XP dos cortes 2D; (c) visualização 3D; (d) sobreposição da imagem virtual em ambiente RA, com recurso a óculos *Vuzix 920AR* (Vuzix corporation, Rochester, NY, USA).



(a) (b) (c) (d)

Abhari *et al.* (2015)

Os resultados indicaram que, quando comparado com métodos de planeamento convencionais, o sistema de RA desenvolvido melhorou significativamente a performance sensório-motor dos participantes sem experiência (p<0,01), e reduziu o tempo de execução das tarefas realizadas por profissionais com experiência (p<0,05). Assim, a hipótese de que o sistema de RA oferece uma visualização mais intuitiva, permitindo melhorar as capacidades cognitivas no planeamento de procedimentos neurocirúrgicos, foi comprovada.

2.2.5. RA no treino da Oftalmoscopia

Na área da oftalmoscopia, Schuppe *et al.* (2009) apresentam o *EYESi*, um simulador de RA para o treino da oftalmoscopia indireta que contém uma base de dados com várias patologias clínicas (Figura 2.22). O *EYESi* permite simular a examinação da retina de pacientes e o diagnóstico de padrões que revelam determinadas doenças oftalmológicas.

Figura 2.22. Simulador de oftalmoscopia indireta *EYESi*.

© 2012 VRmagic GmbH, Mannheim, Alemanha

O *EYESi* foi testado por Leitritz *et al.* (2014), que estudaram as potencialidades do simulador no treino da oftalmoscopia binocular indireta com estudantes de medicina sem formação na área. Neste estudo, 37 estudantes foram divididos aleatoriamente em dois grupos. Um grupo (n=18) realizou formação de forma tradicional fazendo a observação de uma pessoa real, enquanto outro grupo (n=19) utilizou o simulador de RA. Após 15 minutos de treino os participantes, utilizando um sistema de oftalmoscopia convencional, examinaram um paciente real e desenharam o padrão vascular observado em redor do disco ótico. Os resultados indicaram uma melhor performance do grupo que utilizou o *EYESi*, com diferenças estatisticamente significativas (p<0,0033). Através dos resultados de um questionário foi também possível verificar que o grupo que utilizou o *EYESi* não sentiu receio por examinar um paciente real, tendo apenas realizado treino com pacientes virtuais, o que reforça o potencial do simulador na educação médica.

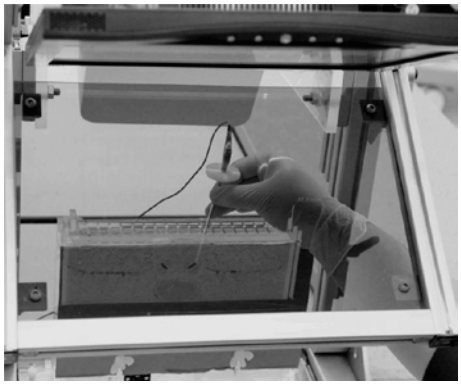
2.2.6. RA no treino da Punção Cirúrgica

As cirurgias minimamente invasivas requerem diferentes competências quando comparadas com a tradicional cirurgia aberta (Nugent *et al.*, 2013). Tal como no treino da cirurgia laparoscópica, também a punção cirúrgica serve-se da RA para simular procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos.

O *Perk Station* é um dos sistemas de RA existentes que permite simular a inserção de uma agulha num alvo (*phantom*), com o auxílio de uma imagem sobreposta e orientação com laser, permitindo um treino padronizado e a medição do desempenho dos formandos (Vikal *et al.*, 2010).

Yeo *et al.* (2011) utilizaram o *Perk Station* (Figura 2.23) para determinar se a utilização da RA, através do sistema de sobreposição de imagem e orientação *laser*, auxilia os formandos a desenvolver competências que permitam realizar uma correta inserção da agulha em injeções percutâneas.

Figura 2.23. Inserção da agulha no alvo (*phantom*) com o *Perk Station.*



Yeo *et al.* (2011)

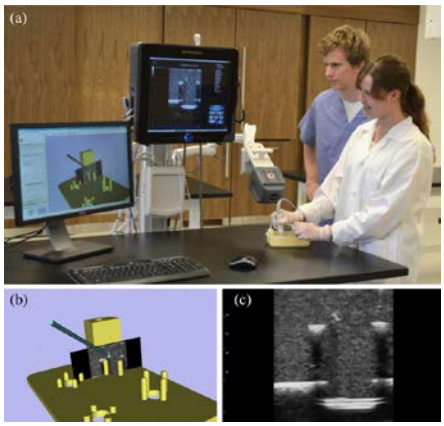
Para tal dividiram aleatoriamente um total de 40 voluntários em dois grupos (*n*=20), sendo que o grupo experimental utilizou o *Perk Station* e o grupo de controlo realizou a mesma tarefa de forma clássica, sem RA. No final da sessão de treino ambos os grupos realizaram a tarefa sem RA, tendo o grupo experimental apresentado melhores resultados, com uma taxa de sucesso de 83,3% *versus* 68,4% no grupo de controlo (*p*=0,002).

Um simulador semelhante foi desenvolvido para a prática de punções guiadas por ultrassom. Designado por *Perk Tutor*, este sistema caracteriza-se por ser de código-aberto e pela possibilidade de ser configurado de diferentes modos através do simples rearranjo de componentes de *hardware* e *software*, tal como revela o estudo realizado por Ungi *et al.* (2012). Esta adaptabilidade do sistema permite realizar diferentes procedimentos e acomodar diferentes objetivos de

aprendizagem. Os autores demonstraram esta característica ao testarem três configurações diferentes, nomeadamente:

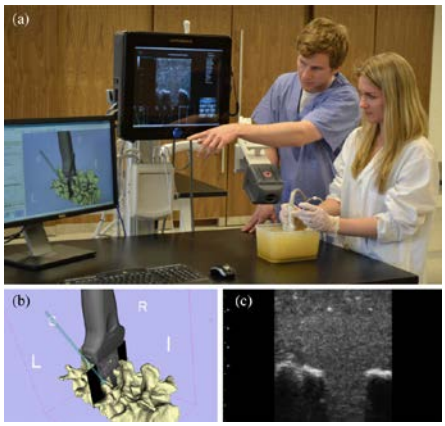
1) *Targeting Tutor*, para desenvolver competências de inserção da agulha no alvo orientado por ultrassom (Figura 2.24).
2) *Lumbar Tutor*, para praticar procedimentos na espinal lombar guiados por ultrassom (Figura 2.25).
3) *Prostate Biopsy Tutor*, configurado para biópsias à próstata guiadas por ultrassom (Figura 2.26).

Figura 2.24. (a) Utilização do *Targeting Tutor*, (b) sobreposição da imagem ultrassom no modelo virtual e (c) imagem ultrassom.



Ungi *et al.* (2012)

Figura 2.25. (a) Utilização do *Lumbar Tutor*, (b) imagem ultrassom sobreposta ao processo espinal lombar com *phantom* (c) imagem ultrassom.



Ungi *et al.* (2012)

Figura 2.26. (a) Utilização do *Prostate Biopsy Tutor*, (b) imagem ultrassom da próstata *phantom* (c) imagem ultrassom sobreposta ao modelo virtual.

Ungi *et al.* (2012)

Moult *et al*. (2013) compararam a utilização do *Lumbar Tutor* com o método de treino tradicional no sentido de avaliar a eficácia do simulador. No estudo piloto realizado com 26 estudantes de medicina verificou-se que o grupo que utilizou o *Perk Tutor* obteve melhores resultados do que o grupo de controlo. Contudo, não se registaram diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos no que concerne ao tempo despendido e à distância percorrida pela agulha, durante a realização do procedimento.

A possibilidade de configurar o sistema à medida das necessidades de formação e o facto de estar disponível gratuitamente, em código-aberto[6], fazem do *Perk Tutor* um simulador com grande potencial de expansão na educação e investigação médica. Assim, tal como Ungi *et al*. (2012) concluem, o *Perk Tutor* atende simultaneamente os três grandes inconvenientes encontrados nos simuladores atuais usados na formação médica: especificidade do procedimento, falta de acesso por parte de investigadores educacionais e o custo elevado.

A utilização de manequins com características semelhantes ao corpo humano é recorrente na educação médica. Sutherland *et al*. (2013) apresentam um protótipo para um simulador de RA com *feedback* háptico para o treino de punções cirúrgicas constituído por um manequim, um sistema de rastreio ótico,

[6] Disponível em http://perktutor.github.io [acedido em 15/11/2015]

um dispositivo háptico e uma interface gráfica para fornecer *feedback* visual. O sistema permite aos utilizadores simularem uma punção cirúrgica num manequim à qual é sobreposto, através da RA, o corte anatómico do paciente. O estudo piloto, onde participaram dois grupos, um com experiência em punções cirúrgicas e outro sem, mas com conhecimento sobre imagens médicas e punções, avaliou a funcionalidade, o *feedback* visual (RA) e o *feedback* háptico do sistema. Os resultados obtidos demonstraram o seu potencial para uso na formação, embora sejam apontadas sugestões de melhoria, entre as quais a criação de módulos de treino que orientem os formandos durante a utilização do sistema.

A existência de módulos de formação associados aos simuladores revela-se como um fator determinante para o desenvolvimento de competências na educação médica, devidamente contextualizadas. Neste sentido, não basta ter a tecnologia, mas sim um programa de formação adequado que contemple diferentes tipos de procedimentos e diversas tarefas no sentido de extrair, do ponto de vista educacional, o máximo proveito dos sistemas. No presente estudo onde utilizamos a plataforma e-FER, a mesma contempla casos clínicos para resolver, ou seja, o estudante tem de propor uma solução de diagnóstico e tratamento. O propósito formativo é evidente e constitui a base deste simulador de tomada de decisão clínica. A integração da RA pretendeu criar uma experiência de aprendizagem mais real no sentido de potenciar a aprendizagem dos estudantes na área das feridas crónicas.

A utilização da RA na formação médica possibilita o desenvolvimento de competências e a aquisição, de forma simulada, de experiência na realização de determinados procedimentos clínicos. Estas competências revelam-se críticas em situações de combate, tal como revelado no estudo de Wilson *et al*. (2013), onde a hipótese de que a RA pode preencher a lacuna entre a falta de treino e a pouca experiência é testada. Neste caso, o potencial da RA não se centra apenas na sua utilização como ferramenta de treino, mas também em reanimações em tempo real no campo de batalha. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial da utilização de óculos de RA (*Context-Aware Mobile Mix Reality Assistive Device headsets* – Juxtopia, Baltimore, Maryland) como ferramenta de

suporte clínico na redução de causas de morte evitáveis no campo de batalha (Figura 2.27).

Figura 2.27. Tratamento do pneumotórax de tensão num modelo de cadáver humano, com o auxílio de óculos de RA.

Wilson *et al.* (2013)

Participaram no estudo 34 estudantes de medicina, divididos em grupo experimental (n=13) e grupo de controlo (n=21). Após uma breve explicação sobre o pneumotórax de tensão, o grupo experimental realizou o tratamento com auxílio dos óculos de RA, enquanto o grupo de controlo realizou o mesmo procedimento clínico apenas com base na informação apreendida. Os estudantes que realizaram o tratamento do pneumotórax de tensão com o auxílio de óculos de RA tiveram melhor performance (p<0,008) do que o grupo de controlo, embora precisassem de mais tempo para a execução da intervenção, mas sem significância estatística (p=0,0684).

2.2.7. RA no treino da Ortopedia

Em 1998, num artigo publicado por Blackwell, Morgan e DiGiola (1998), discutem-se as técnicas e potencialidades da RA na formação em medicina, no planeamento pré-operatório, na visualização de dados no pré e intra-operatório, e como ferramenta para orientação no intra-operatório. Tendo como base os

sistemas de RA utilizados em medicina naquela altura, podemos dizer que estes autores exploram o futuro da RA aplicada à ortopedia.

A plataforma *VIP – virtual interactive presence* (©Vipaar, Birmingham, AL, USA) é uma das aplicações para o treino de procedimentos ortopédicos, desenvolvida por Ponce *et al.* (2014). Esta plataforma permite que um utilizador assista remotamente, em tempo real, um outro utilizador, através de uma ligação normal à Internet. Trata-se de uma aplicação com enorme potencial em várias áreas de formação médica, tendo sido testada por Ponce *et al.* (*ibid*) num estudo piloto em que 15 pacientes foram submetidos a uma artroscopia do ombro. O estudo teve como objetivos avaliar a eficácia e performance do sistema *VIP* implementado numa sala de operações, determinar o seu potencial na orientação de procedimentos cirúrgicos e avaliar a segurança do sistema. Para tal foram utilizadas duas estações *VIP*, uma na sala de operações e outra numa sala adjacente, onde um cirurgião supervisionava e orientava, com recurso à RA, as cirurgias realizadas na sala de operações. Após cada procedimento, os cirurgiões (supervisores e em treino) preencheram um questionário relativamente ao potencial educativo, eficiência de utilização e segurança do sistema. O estudo revelou que o sistema *VIP* foi eficiente, seguro e eficaz como ferramenta de treino, promovendo a aprendizagem dos cirurgiões assistidos com recurso à RA, sem incrementar o tempo da operação. Embora reconhecendo a necessidade de quantificar estas conclusões, os cirurgiões responsáveis acreditam que esta tecnologia melhorou a eficácia do ensino e que os resultados obtidos são promissores.

De facto, o sistema desenvolvido pela ©*Vipaar* pode ser utilizado em diversas áreas que beneficiem de assistência remota com recurso à RA. A ferramenta *Help Lightning*™[7] é uma marca registada da ©*Vipaar* e que está hoje em dia facilmente acessível para qualquer utilizador. Disponível para dispositivos *iPad*, *iPhone* e *Android*, a aplicação pode ser utilizada em vários contextos, tais como educação, assistência médica e veterinária, apoio ao consumidor, manutenção e reparação de automóveis e aeronaves, entre outras.

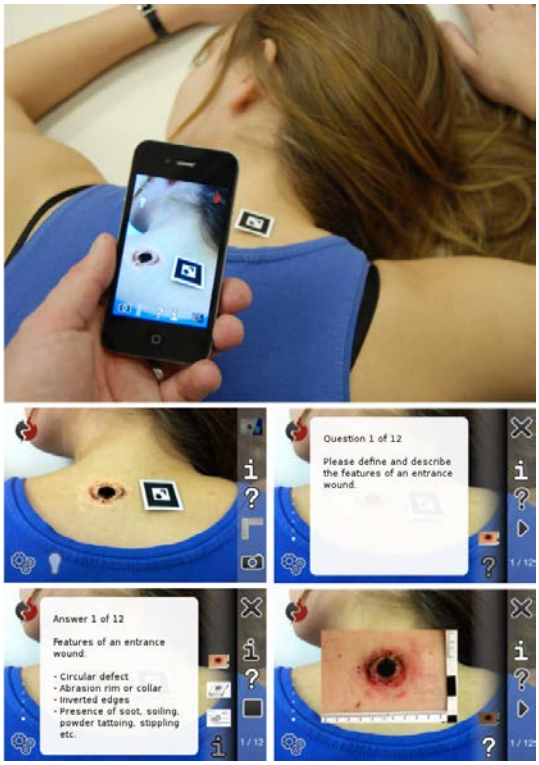
[7] Disponível em http://www.helplightning.com [acedido em 15/11/2015]

2.2.8. RA no treino da Medicina Legal

Na área da medicina legal, Albrecht *et al.* (2013) demonstraram a validade da aplicação para dispositivos móveis *mARble*® (*mobile Augmented Reality based blended learning environment*) através da realização de um estudo comparativo com a aprendizagem baseada em recursos educativos tradicionais, neste caso o livro. O estudo apontou para uma maior motivação e eficiência da aprendizagem dos estudantes que utilizaram a aplicação *mARble*®, para além de revelarem fascínio pela sua utilização e uma componente emocional (Figura 2.8).

Esta conclusão preliminar pode ser resultado do simples facto de estarem a utilizar diferentes *media*, isto é, a utilização de livros *versus* dispositivos móveis (*smartphone/tablet*), e não pela utilização da RA em si. Neste sentido, os autores revelam a necessidade de aprofundar a investigação na busca de conclusões mais específicas e significativas.

Figura 2.28. Aplicação *mARble*® no módulo de treino de medicina legal: simulação com RA de uma ferida de bala e conteúdos multimédia associados.



Albrecht *et al.* (2013)

Outro aspeto interessante que sobressai da utilização da aplicação *mARble*® em medicina legal está relacionado com o envolvimento emocional gerado nos estudantes quando confrontados com os cenários recriados pela aplicação, ou seja, o facto dos marcadores serem colocados em pessoas reais, simulando uma ferida de bala (Albrecht, Noll & von Jan, 2013).

2.2.9. Outros estudos

Apresentamos nesta secção, de forma resumida, outros estudos sobre RA na educação médica, em que a revisão da literatura efetuada devolveu apenas um artigo publicado, tendo em conta os critérios que demonstram a sua aplicabilidade em áreas muito diversas.

- RA no treino da Auscultação pulmonar

Sun *et al.* (2007) desenvolveram um protótipo que utiliza a RA baseada em sons para aumentar a capacidade dos pacientes *standard* em revelar distúrbios físicos, nomeadamente o som da respiração, em tempo real, no final de uma inspiração. O som é detetado pelos formandos através de um estetoscópio eletrónico sem fios.

- RA no treino da Cateterização

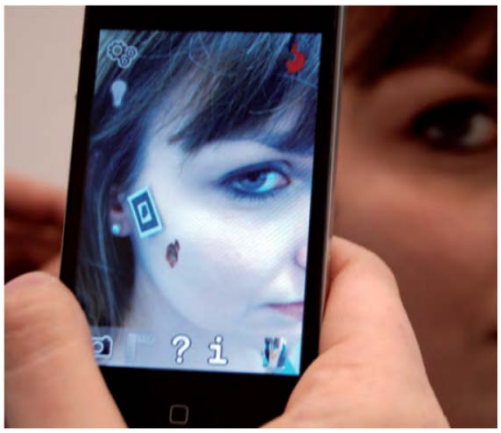
O trabalho de Fisher e Porter (2002) utiliza técnicas *chromakey* para combinar imagens reais e virtuais, permitindo ao formando observar as suas mãos e instrumentos médicos enquanto simula a inserção de cateteres num *phantom* com *feedback* háptico.

- RA na Dermatologia

Noll *et al.* (2014) utilizaram a aplicação para dispositivos móveis *mARble*® para o estudo dos efeitos da RA num módulo de treino na especialidade médica

de dermatologia (Figura 2.29). Através de um estudo do tipo pré/pós-teste com estudantes de medicina, divididos aleatoriamente em dois grupos, verificou-se que o grupo experimental obteve melhores resultados do que o grupo de controlo.

Figura 2.29. Visualização de um melanoma maligno na face de um estudante através da aplicação *mARble*®.



Noll *et al.* (2014)

Ambos os grupos utilizaram dispositivos móveis com a aplicação *mARble*® instalada. Contudo, o grupo de controlo utilizou a aplicação sem RA, como recurso educacional de consulta, enquanto o grupo experimental usou os marcadores para a realização de diagnósticos a si próprios, interagindo com os conteúdos da aplicação.

- RA na prescrição de medicamentos

Nifakos, Tomson e Zary (2014) utilizaram a RA para desenvolver um protótipo que consiste numa aplicação para dispositivo móvel que potencie a aprendizagem do processo de prescrição de antibióticos. Estes investigadores procuraram descobrir, em primeiro lugar, que informação deveria ser fornecida aos formandos através da RA, durante o processo de prescrição.

Figura 2.30. A aplicação RA deteta a embalagem e apresenta informação adicional ao utilizador.

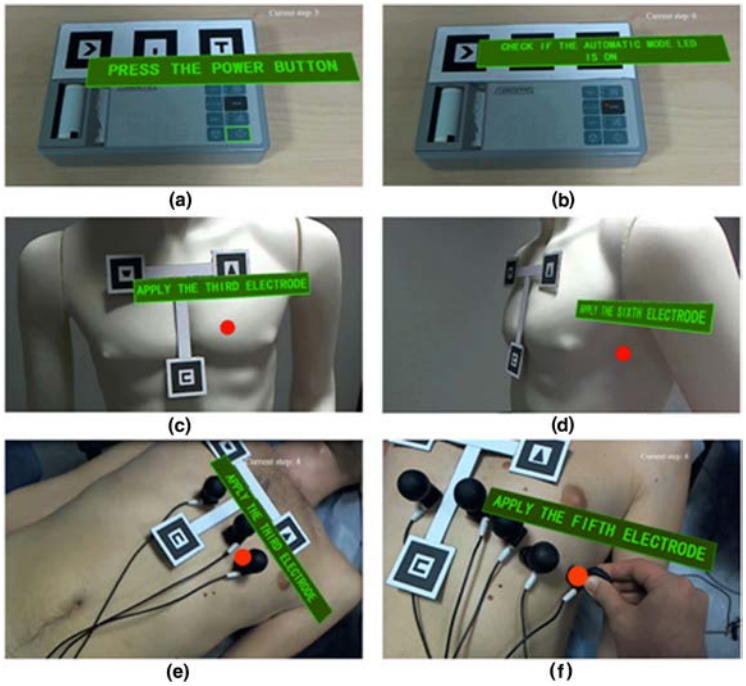
Nifakos, Tomson & Zary (2014)

Concluiu-se que a combinação de informação virtual com objetos reais pode ser utilizada com sucesso neste sentido, embora a interface e a funcionalidade da aplicação possam ser melhorados.

- RA no treino da realização de Eletrocardiogramas (ECG)

O estudo de Bifulco *et al*. (2014) teve como participantes indivíduos sem experiência que realizaram um ECG num manequim e posteriormente num paciente real, com recurso à RA. Através da utilização de marcadores e de óculos RA, o sistema fornece instruções ao utilizador, auxiliando na aplicação dos elétrodos, conforme observado na Figura 2.31.

Figura 2.31. Exemplo dos cenários com RA: instruções no dispositivo de ECG (a) e (b); instruções para aplicação dos vários elétrodos no manequim (c) e (d) e no tórax de um paciente real (e) e (f).



Bifulco *et al*. (2014:153)

O tempo despendido para a realização do procedimento e a margem de erro baixa revelada sugerem a efetividade e validade da aplicação desenvolvida em cenários de treino e telemedicina.

- RA na Ecocardiografia

Weidenbach *et al.* (2004) testaram o *EchoCom2*, um simulador de RA para ecocardiografia, desenvolvido pelo Instituto *Fraunhofer*. Este estudo revelou que apenas o simulador não era suficiente, pois durante o procedimento clínico era sempre necessária a presença de um supervisor experiente. Neste sentido, surgiu a necessidade de desenvolver e integrar uma componente de inteligência artificial no sistema, isto é, um "formador" virtual que suporta e motiva o formando com base na análise das suas ações.

- RA no treino do Acesso vascular

Jeon, Choi e Kim (2014) investigaram o uso da RA num dispositivo de ultrassom, em comparação com técnicas tradicionais de acesso vascular, utilizando um *phantom* vascular. Os participantes realizaram a técnica de acesso vascular de forma tradicional e com recurso à RA, tendo sido medido o tempo de execução e o percurso da agulha. A técnica com recurso à RA diminuiu, de forma significativa, tanto o tempo de execução como o redirecionamento da agulha durante o procedimento, comprovando a eficiência da técnica de orientação ultrassom de acesso vascular com RA.

- RA no treino da Palpação mamária

Kotranza, Lind e Lok (2012) realizaram um estudo onde comprovaram a eficácia de um ambiente de realidade mista no treino da palpação mamária. O ambiente utilizado caracteriza-se pelo facto de fornecer *feedback* em tempo real e de promover o treino de tarefas cognitivas e psico-motoras, semelhantes às do mundo real (Figura 2.32).

Figura 2.32. Realização de um exame mamário no ambiente de realidade mista, enquanto recebe *feedback* visual em tempo-real das sua performance.

Kotranza, Lind & Lok (2012)

Através da comparação entre dois grupos de médicos (*n*=69), com e sem experiência, constatou-se que o grupo sem experiência apresentou resultados semelhantes ou até melhores do que o grupo com experiência. Estes autores realizaram ainda um segundo estudo com apenas oito médicos sem experiência, onde comprovaram o desenvolvimento de competências nos participantes e a sua transferência para o mundo real.

2.2.10. RA na educação médica

Nos artigos que abordam a RA na educação médica em geral, os mesmos referem o seu potencial, limitações e exemplos. Tal como descrito anteriormente, o potencial pedagógico da RA na educação é evidente, embora vários autores apontem para a necessidade de realizar mais investigação para comprovar a sua efetividade. No caso da educação médica torna-se crucial perceber o seu impacto de modo a prevenir situações de risco para os pacientes.

Monkman e Kushniruk (2015) referem que a RA estará cada vez mais presente na medicina em geral. Contudo, os mesmo alertam para a necessidade de investigar os seus benefícios relativamente aos métodos tradicionais e que as aplicações de RA devem ser testadas cuidadosamente, de forma a evitar que novos erros sejam introduzidos na prática clínica, colocando em causa a segurança dos pacientes.

Para Kamphuis *et al.* (2014:300) a RA tem o "*potential to offer a highly realistic situated learning experience supportive of complex medical learning and transfer*". Segundo este autor (*ibid*) a RA apresenta vantagens ao nível organizacional, nomeadamente:

- O ambiente físico de treino com recurso à RA pode ser similar ou até idêntico ao ambiente de trabalho profissional;
- A diversidade de tarefas possíveis de realizar;
- O *feedback* em tempo real;
- O facto de nem sempre necessitar de um formador presente;

- O facto de proporcionar uma aprendizagem situada *just-in-time* e *just-in-place*.

Zhu *et al.* (2014) realizaram uma revisão integrativa da literatura sobre RA na educação em saúde, analisando 25 artigos em detalhe no sentido de identificar potencialidades e fraquezas neste domínio. Embora a maior parte das aplicações de RA analisadas pelos autores estivessem ainda na fase de protótipo, os resultados sugerem várias potencialidades educativas, permitindo ao aprendente:

- Compreender relações espaciais e conceitos;
- Adquirir competências e conhecimento;
- Fortalecer as suas capacidades cognitivas e psicomotoras;
- Diminuir a sua curva de aprendizagem;
- Prolongar a retenção da sua aprendizagem;
- Aumentar o seu interesse e atratividade dos tópicos, através de experiências autênticas simuladas.

Quanto às formas de utilização da RA, o estudo destaca:

- Aprendizagem através de *feedback* ou sistema de orientação;
- Imersão num cenário;
- Realidade participativa;
- Interface inovadora;
- Aplicação com informações relevantes;
- Avaliação e treino remoto;
- Prática simulada.

Como limitação, para além do facto da maioria dos estudos focar-se em protótipos, isto é, em aplicações em desenvolvimento e testes no sentido de serem otimizadas, constatou-se uma lacuna do ponto de vista educacional, uma vez que os modelos teóricos pedagógicos de suporte às atividades desenvolvidas nos estudos não são explícitos. Por fim, outra limitação refere-se às estratégias de aprendizagem adotadas – abordagem tradicional observação–prática – e o

facto de não integrarem competências clínicas que assegurem a segurança dos pacientes.

Neste capítulo foi feita uma revisão da literatura sobre a RA e as suas potencialidades educativas, em particular na educação médica, essencial para estabelecer relações e discutir os resultados obtidos no presente estudo. O capítulo seguinte, dividido em duas secções – métodos e materiais – apresenta a formulação e enquadramento do problema, metodologia de investigação e materiais usados, para depois passarmos à apresentação dos dados e discussão, com vista à conclusão do estudo.

PARTE II. ESTUDO EMPÍRICO

Capítulo 3. Metodologia de investigação

3.1. Métodos

3.1.1. Questões de investigação

Segundo Quivy e Campenhoudt (1998:32) deve-se: "(…) procurar enunciar o projeto de investigação na forma de uma pergunta de partida, através da qual o investigador tenta exprimir o mais exatamente possível o que procura saber, elucidar, compreender melhor." Assim, e tendo em conta os critérios para a elaboração de questões apresentados por estes autores, definiu-se a seguinte questão de investigação:

De que forma a implementação da Realidade Aumentada pode potenciar a aprendizagem dos estudantes através de um simulador de tomada de decisão (plataforma e-FER)?

Da questão de investigação derivam subquestões mais específicas, nomeadamente:

- Será que a observação de uma ferida crónica com recurso à RA permite aos estudantes realizar um melhor diagnóstico dessa mesma ferida?
- Será que a observação de uma ferida crónica com recurso à RA permite aos estudantes escolher um melhor tratamento para essa mesma ferida?
- Será que a RA no ensino da enfermagem aumenta a motivação dos estudantes?
- Será que a RA aumenta a usabilidade do e-FER percecionada pelos estudantes?

3.1.2. Objetivos do estudo

Assim, e de acordo com a questão de investigação, este estudo pretende verificar se:

- a introdução da RA potencia melhores resultados no diagnóstico de feridas crónicas no simulador e-FER;

- a introdução da RA potencia melhores resultados no tratamento de feridas crónicas no simulador e-FER;
- a RA no ensino da enfermagem aumenta a motivação dos estudantes;
- a RA aumenta a usabilidade do e-FER percecionada pelos estudantes.

3.1.3. Design da Investigação

O presente estudo insere-se na modalidade de investigação do tipo quantitativo – quase experimental, com enfoque na predição e explicação através da testagem de teorias e hipóteses (Almeida & Freire, 2003). A investigação quantitativa baseia-se na recolha de dados observáveis e quantificáveis, na observação de factos, de acontecimentos e de fenómenos que ocorrem independentemente do investigador (Fortin, 1999). É por isso um método que procura o desenvolvimento, a validação e a generalização dos conhecimentos.

A investigação desenvolveu-se essencialmente na análise comparativa da aplicação de casos clínicos com e sem RA aos participantes no estudo. Trata-se de um estudo quantitativo que tem como objetivo o estabelecimento de relações causa efeito entre os dois grupos comparativos (Selltiz, Wrightsman & Cook's, 1976).

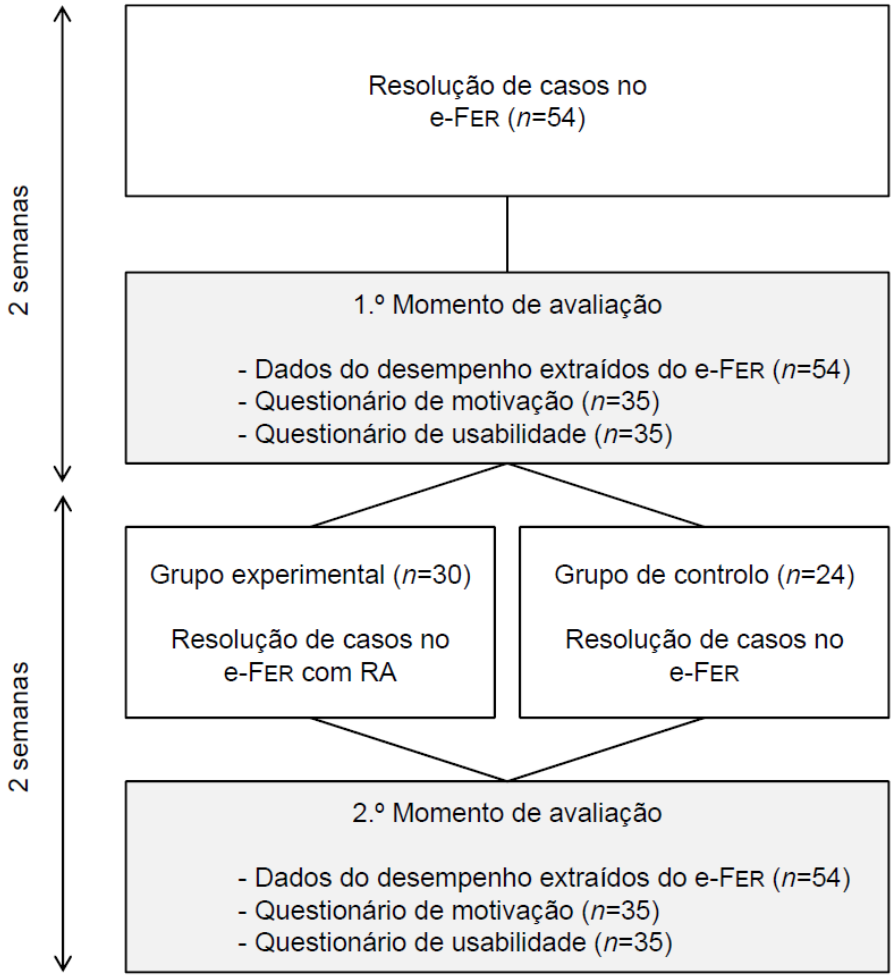
Este desenho de investigação é útil para testar a efetividade de uma intervenção e é considerado dos que mais se aproximam dos cenários naturais. No entanto, e ao contrário do que ocorre nos desenhos verdadeiramente experimentais, a falta de designação aleatória dos sujeitos aos grupos experimental e de controlo expõe este tipo de estudos a um grande número de ameaças às validades tanto interna como externa, que podem diminuir a confiança e comprometer a generalização dos resultados (LoBiondo-Wood & Haber, 2002; Burns & Grove, 2005; Fortin, 2005; Driessnack *et al*., 2007).

Desenvolveu-se um desenho quase-experimental do tipo pré/pós-teste, com grupo de controlo não equivalente, numa amostra acidental de 54 estudantes de enfermagem. Nesta experiência foram examinadas as relações de causa e

efeito entre a variável independente (RA) e as variáveis dependentes (usabilidade da tecnologia implementada, competências dos estudantes e motivação para o uso da ferramenta).

A Figura 3.1 resume o desenho do estudo. Os grupos experimental e de controlo iniciaram a atividade resolvendo casos clínicos no e-FER tradicional. No final de duas semanas procedeu-se ao primeiro momento de avaliação (desempenho no e-FER, motivação e perceção da usabilidade do sistema). De seguida, o grupo de controlo continuou a resolver casos clínicos no e-FER tradicional por mais duas semanas, enquanto o grupo experimental iniciou essa atividade no e-FER com RA. Após este período procedeu-se ao segundo momento de avaliação (desempenho no e-FER, motivação e perceção da usabilidade do sistema).

Figura 3.1. Desenho da investigação.



3.1.4. Participantes do estudo

No presente estudo recorreu-se a uma amostra não probabilística acidental, constituída por 54 estudantes inscritos na unidade curricular *Fundamentos de Enfermagem II*, do 1.º ano – 2.º semestre da Licenciatura em Enfermagem, da Escola Superior de Saúde (ESSLei) do Instituto Politécnico de Leiria (IPL), ano letivo 2012/13.

3.1.5. Considerações éticas

Para a realização da presente investigação foi feito um pedido de autorização ao presidente do Conselho Diretivo da ESSLei, através da Unidade de Investigação em Saúde (UIS), bem como aos estudantes envolvidos, garantindo-se o anonimato e a confidencialidade dos dados recolhidos.

A recolha fotográfica para a construção dos casos clínicos 3D acarreta questões éticas do ponto de vista hospitalar, uma vez que envolve a autorização de pacientes com feridas crónicas e de enfermeiros que possam colaborar na recolha fotográfica. Neste sentido, e beneficiando de protocolos da UIS do IPL com instituições de saúde públicas e privadas, foram recolhidas imagens de feridas na Unidade Avançada de Tratamento de Feridas[8] da clínica Leirivida em Leiria. Neste processo obteve-se o consentimento informado das pessoas com feridas e respeitaram-se os princípios consagrados na Declaração de Helsínquia (World Medical Association, 2013).

3.1.6. Implementação do estudo

A utilização do e-FER é parte integrante do módulo 2 – Cuidar da pessoa com feridas – da unidade curricular *Fundamentos de Enfermagem II.* Este módulo tem a duração de 32 horas, divididas em 12 horas presenciais, à base de aulas teóricas, teórico-práticas e laboratoriais, e 20 horas a distância, utilizando o

[8] A Unidade Avançada de Tratamento de Feridas é uma unidade de saúde integrada na Leirivida. Esta unidade destaca-se por ser a primeira unidade privada dedicada ao tratamento de feridas em Portugal. http://www.leirivida.pt/gp.asp?p=50405122452 [acedido em 15/11/2015]

simulador online e-FER para a resolução de casos clínicos. Os objetivos gerais deste módulo são:

- Desenvolver raciocínio clínico estabelecendo diagnósticos de enfermagem em situações de Pessoa com Feridas;
- Desenvolver a tomada de decisão clínica no tratamento de feridas.

Tal como descrito no Capítulo 3 (*3.1.3. Design da Investigação*), o estudo teve uma duração total de quatro semanas, divididas em dois períodos de duas semanas. Após cada período os participantes responderam aos questionários de motivação e usabilidade, disponíveis na página da unidade curricular na plataforma *Moodle* do IPL.

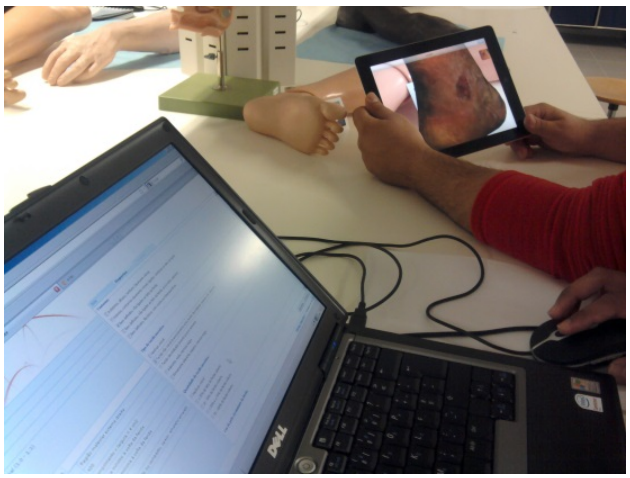
Nas primeiras duas semanas todos os participantes resolveram os casos clínicos online, de forma tradicional, observando a informação pictórica e não pictórica através do simulador e-FER. Após este período, nas duas semanas seguintes, o grupo de controlo continuou a resolução dos casos clínicos da mesma forma, enquanto o grupo experimental utilizou a RA para observação da ferida 3D, usando o simulador e-FER para consultar informações adicionais sobre o paciente e submeter as respostas aos casos clínicos.

Por motivos técnicos optou-se por realizar a experiência com RA num laboratório de enfermagem da ESSLei, de forma a proporcionar aos participantes o equipamento necessário para observação das feridas. Assim, foram definidos blocos horários ao longo de duas semanas onde os participantes se podiam deslocar ao laboratório para resolverem os casos clínicos com recurso à RA. Aos participantes era dada uma breve explicação de como utilizar o equipamento (*iPad*) e selecionar a ferida 3D correspondente ao caso clínico a resolver.

Em suma, todas as resoluções dos casos clínicos foram introduzidas diretamente no e-FER utilizando um computador para o efeito. No e-FER com RA o estudante recolheu a informação visual através de um *iPad*, num ambiente clínico simulado (Figura 3.2), e inseriu os dados no computador onde resolveu os casos (Figura 3.3).

Figura 3.2. Registo fotográfico do ambiente clínico simulado onde o grupo experimental resolveu os casos clínicos com RA.

Figura 3.3. Vista do estudante que utiliza o *tablet* para visualização da ferida através da RA e o computador para registo da tomada de decisão clínica.



3.2. Materiais

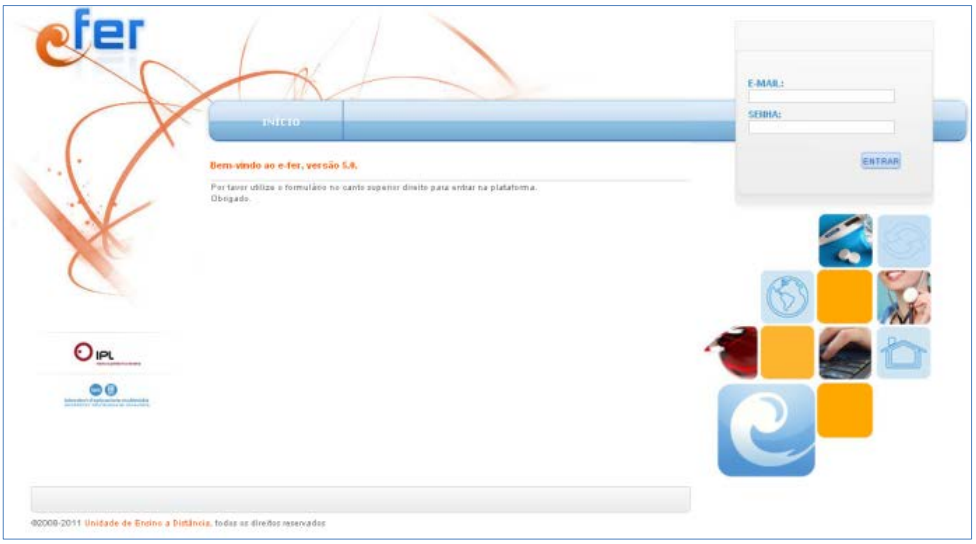
3.2.1. Caracterização da plataforma e-FER

A plataforma e-FER, desenvolvida por um grupo de investigadores, é um sistema que permite simular a tomada de decisão no tratamento de casos clínicos virtuais de feridas (Monguet *et al.*, 2009). Utilizada na formação inicial de futuros enfermeiros e na formação contínua de enfermeiros no ativo, os estudantes/formandos têm como objetivo promover a cicatrização da ferida do seu paciente optando, de forma virtual, pela melhor solução de diagnóstico e tratamento em cada cenário virtual apresentado.

Segundo Gaspar (2010), o simulador virtual e-FER recai sobre o tratamento de feridas por se tratar de uma situação patológica com elevada incidência e prevalência em todo o mundo e representar uma elevada carga económica para os doentes e seus familiares, para as instituições de saúde, para os sistemas de saúde e para a sociedade em geral.

O acesso à plataforma é feito através do endereço http://e-fer.ipleiria.pt (Figura 3.4). Existem duas áreas de acesso distintas, uma para administração e outra para formação (*cf.* Anexo, p.173).

Figura 3.4. Página de entrada do simulador virtual e-FER.



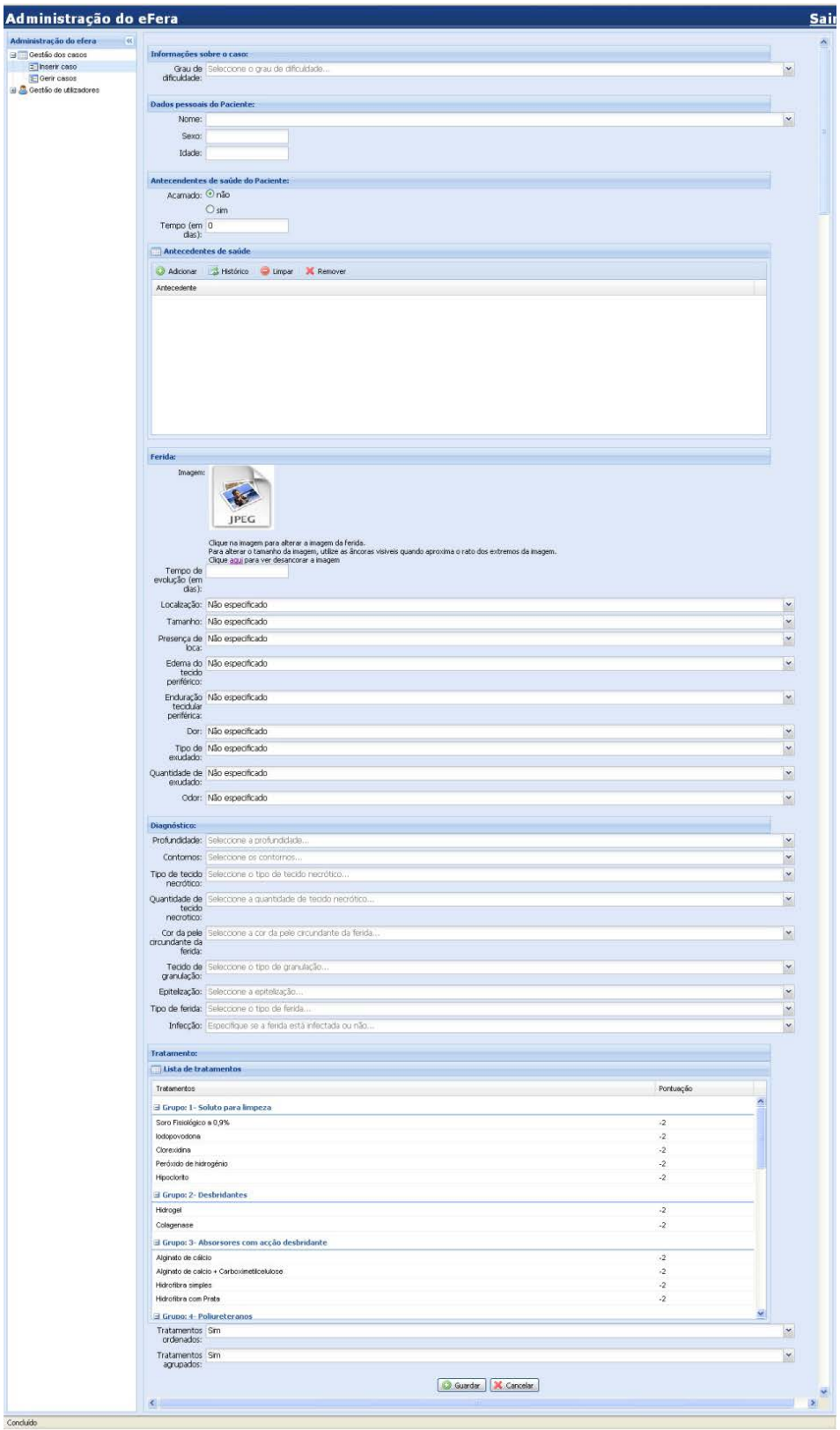
O simulador e-FER permite a construção de casos clínicos virtuais de pessoas com feridas crónicas, integrando a informação pictórica (fotografia) e não pictórica (tempo de evolução, localização, tamanho, tunelização, edema, enduração, odor, exsudado, dor) da ferida, dados sociodemográficos, antecedentes de saúde, status de mobilidade e de nutrição, e as opções diagnósticas e de tratamento corretas (Gaspar, 2010). Para a construção dos casos clínicos são necessários privilégios de administração na plataforma e-FER.

O sistema dispõe de um grupo de especialistas a nível nacional responsável pela construção dos casos clínicos. Todos os casos são submetidos a uma revisão por pares, processo que permite garantir a sua fiabilidade. Depois desta fase ficam disponíveis na plataforma para resolução por parte dos estudantes.

Para a criação de um novo caso o especialista introduz um conjunto de especificações (Figura 3.5):

1. Informação sobre o caso (definição do grau de dificuldade);
2. Dados pessoais do paciente;
3. Antecedentes de saúde do paciente;
4. Ferida (informação pictórica e não pictórica);
5. Diagnóstico (profundidade, contornos, tipo de tecido necrótico, quantidade de tecido necrótico, cor da pele circundante, tecido de granulação, epitelização, tipo de ferida e infeção);
6. Tratamento (soluto de limpeza, desbridantes, absorsores com ação desbridante, poliuretanos, hidrocolóides, películas, apósitos com carvão ativado, material impregnado, promotores da cicatrização, material de penso complementar e procedimento complementar).

Figura 3.5. Página de construção de casos clínicos na plataforma e-FER (vista do administrador).



Cada caso representa uma descrição rigorosa de uma ferida real (imagem 2D) e requer uma análise muito cuidada da informação disponibilizada. Para o presente estudo foram construídos seis novos casos pelos especialistas, tendo como base a recolha fotográfica de feridas crónicas convertidas para um formato 3D.

O objetivo do estudante/formando é melhorar o estado da ferida do seu paciente, optando, de forma virtual, pela melhor solução de diagnóstico e tratamento (Gaspar, 2010). O estudante terá acesso a um novo caso depois de demonstrar o domínio dos conhecimentos propostos em cada cenário virtual, tanto no diagnóstico como no tratamento.

Para a resolução dos casos (Figura 3.6) é necessária uma conta de acesso à plataforma e-FER para estudantes/formandos.

Figura 3.6. Resolução de um caso clínico virtual no e-FER – questionário de diagnóstico.

No estudo realizado por Costa (2010) comprovou-se a efetividade do sistema na progressão das competências dos estudantes em todos os parâmetros de avaliação – infeção, tipo de ferida, tipo de tecido, limpeza da ferida, material de penso e procedimento complementar –, à exceção da profundidade da ferida. Sendo este parâmetro um indicador importante no diagnóstico das feridas,

acredita-se que a introdução da RA poderá atenuar esta lacuna, uma vez que os objetos 3D poderão permitir uma melhor perceção da profundidade.

3.2.2. Indicadores de desempenho extraídos do e-FER

O sistema e-FER permite recolher, para posterior análise, todos os dados relativos ao desempenho do utilizador na tomada de decisão clínica acerca de aspetos fundamentais relacionados com o diagnóstico das feridas, nomeadamente a profundidade, os contornos, tipo e quantidade de tecido necrótico, cor da pele circundante da ferida, tecido de granulação e epitelização, tipo de ferida e presença de sinais de infeção (Jorge, Gaspar & Morgado, 2013).

O sistema assenta numa base de dados estruturada, onde ficam armazenados um conjunto de informações:

- Código do utilizador;
- Nome do utilizador;
- E-mail;
- Total de respostas submetidas;
- Total de respostas submetidas no diagnóstico;
- Total de respostas submetidas no tratamento;
- Total de respostas corretas no diagnóstico;
- Total de respostas corretas no tratamento;
- Total de respostas erradas no diagnóstico;
- Total de respostas erradas no tratamento;
- Total de casos resolvidos;
- Total de visualizações.

3.2.3. Escolha e configuração da aplicação de RA

O sistema virtual e-FER contém casos clínicos que apresentam uma descrição rigorosa, com informação pictórica e não pictórica, de uma ferida real (fotografia) e requer uma análise muito cuidada da informação disponibilizada. Para o presente estudo foram construídos novos casos, tendo como base uma recolha fotográfica de feridas para posterior conversão em objetos 3D e utilização com recurso à RA.

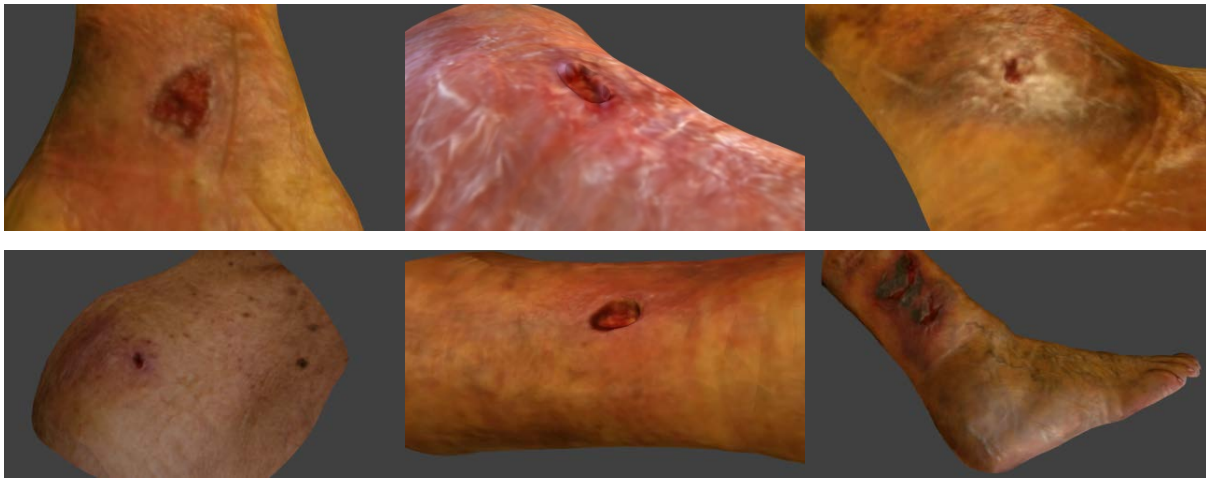
A produção dos conteúdos 3D exigiu, em primeiro lugar, uma recolha fotográfica das feridas em vários ângulos para posterior composição tridimensional com recurso ao software online *Autodesk® 123D® Catch*[9]. A Figura 3.7 exemplifica o método utilizado, nomeadamente as várias fotografias tiradas em diferentes ângulos e a sua edição no software.

Figura 3.7. Utilização do software *Autodesk® 123D® Catch* para criação das feridas crónicas em 3D.

[9] *Software* que permite a criação de objetos 3D através de um conjunto de imagens recolhidas em diferentes ângulos de um mesmo objeto. http://www.123dapp.com/catch [acedido em 15/11/2015]

As feridas foram exportadas para um formato 3D que permite ao utilizador interagir com o objeto digital, analisando-o de perspetivas diferentes e aproximando-o para uma observação mais detalhada. Para cada objeto 3D produzido, foi construído um caso clínico virtual no sistema e-FER, num total de seis novos casos clínicos (Figura 3.8), selecionados previamente por um especialista de acordo com as características e resolução da ferida.

Figura 3.8. *Thumbnail* dos objetos 3D dos novos casos clínicos criados utilizados no estudo.



Posteriormente, procedeu-se à implementação dos conteúdos 3D (constituídos pelo conjunto de ficheiros *.obj*, *.mtl* e *.jpg*) num software específico de RA, nomeadamente o *ViewAR*[10]. Optou-se por esta aplicação dada a simplicidade de utilização e ao facto de poder ser usada gratuitamente[11].

A ferramenta *ViewAR* permite a criação de um canal na Web com vários objetos 3D (Figura 3.9) que podem ser visualizados em RA através de um marcador que, ao ser detetado por um dispositivo (*tablet* ou *smartphone*) com a aplicação instalada, carrega o objeto previamente selecionado, simulando que o mesmo se encontra no mundo real (Figura 3.10). As seis feridas foram

[10] *Software* que permite a criação e gestão de um canal onde podem ser carregados objetos 3D para posterior visualização em realidade aumentada, através da respetiva aplicação instalada em *iPad/iPhone*. http://www.viewar.com [acedido em 15/11/2015]

[11] Atualmente o *ViewAR* tem apenas uma versão comercial da aplicação, não permitindo o *upload* e gestão de conteúdos gratuitamente.

previamente carregadas no *iPad*, de modo a facilitar a realização da atividade no laboratório.

Figura 3.9. *Dashboard* da aplicação *ViewAR* para upload e gestão dos objetos 3D.

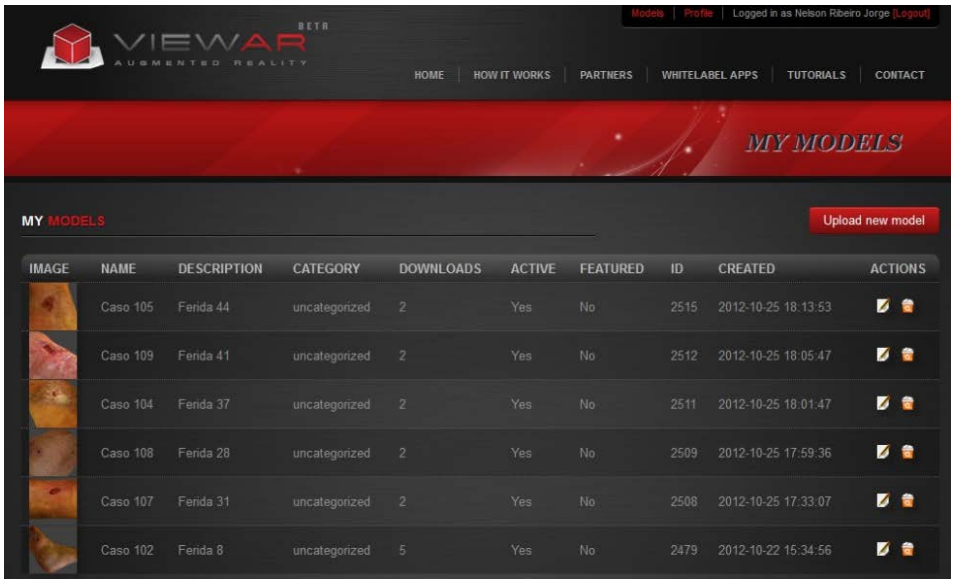


Figura 3.10. Ao detetar o marcador, a aplicação *ViewAR* carrega o objeto 3D previamente selecionado.

3.2.4. Escala de Motivação para o e-FER

A elaboração e validação da Escala de Motivação foi realizada com base em 13 questões do tipo *Likert* com cinco respostas alternativas (*Discordo Plenamente, Discordo Parcialmente, Não concordo nem discordo, Concordo Parcialmente e Concordo Plenamente*). Os itens foram pontuados de 1, para a resposta *Discordo Plenamente*, a 5 para a resposta *Concordo Plenamente.* Pontuações mais elevadas correspondem a perceções mais positivas da Motivação.

Decidiu-se pela construção e validação de um instrumento original (*cf*. Anexo, p.188) pelo facto de não encontrarmos, publicado e validado para a população portuguesa, uma escala de motivação com a especificidade pretendida. A elaboração e seleção dos itens baseou-se na experiência dos investigadores e, sobretudo, na análise de outros instrumentos descritos na literatura.

Características psicométricas da Escala de Motivação

A escala de motivação ficou constituída por 13 itens, e pretende avaliar a motivação para a utilização do sistema e-FER autorelatada pelos estudantes de enfermagem.

Para que qualquer medição seja precisa é essencial que, primeiro, meça o que se pretende medir e não outro aspeto diferente ou parecido (esta característica designa-se por *validade*), e segundo, que se a medição for repetida, nas mesmas condições e com os mesmos respondentes, o resultado obtido seja idêntico (esta característica designa-se por *fidelidade*).

- Fidelidade (consistência interna)

Partindo dos 13 itens iniciais, procedeu-se ao estudo da fidelidade determinando o coeficiente Alfa de Cronbach, tanto para a globalidade dos itens como para o conjunto da escala, após exclusão um a um. Realizou-se a inspeção

da validade dos itens através da inspeção da correlação de cada item com a escala total excluindo o item, análise fatorial pelo método de condensação em componentes principais, segundo a regra de Keiser, e seguida de rotação ortogonal do tipo *varimax,* e inspeção da correlação entre os fatores.

Neste processo foram selecionados os 13 itens que:

- Apresentam correlações com a escala total, excluindo itens superiores a 0,20 pontos;
- Aumentam o Alfa de Cronbach;
- Saturam apenas num fator (diferenças superiores a 0,1 ponto), excepto os itens 7 e 9, em que optámos por mantê-los no fator em que pesam mais;
- Apresentam saturação no fator superior a 0,400 pontos.

O Quadro 3.1 mostra a fidelidade avaliada através da consistência interna de cada um dos itens e da escala total. Os valores são adequados, de acordo com Hill & Hill (2000), (de 0,872 a 0,883 para os itens e 0,886 para o total da escala) e verifica-se que em praticamente todos os casos descem quando os itens são excluídos, o que significa que quando estão presentes melhoram a homogeneidade da escala. O valor mais baixo da correlação (entre cada item e o total da escala a que pertence quando esta não contém o item) é de 0,447.

Quadro 3.1. Estatísticas de homogeneidade dos itens e coeficientes de consistência interna (Alfa de Cronbach) da escala de motivação (*n*=102).

	Descrição do item	*Limites*	M	DP	*r*	*α de Cronbach*
1	O e-FER permite-me controlar o ritmo da minha aprendizagem.	*1-5*	4,36	0,59	0,447	0,883
2	O e-FER desperta-me a vontade de continuar a resolver casos.	*1-5*	4,65	0,54	0,606	0,877
3	O e-FER desperta-me curiosidade para procurar informação noutras fontes.	*1-5*	4,56	0,56	0,640	0,875
4	O e-FER aumenta a minha vontade em usar as tecnologias de informação e	*1-5*	4,37	0,69	0,554	0,878

	comunicação em saúde.					
5	O e-FER aproxima os laboratórios da realidade clínica o que aumenta a minha motivação para aprender.	*1-5*	4,45	0,64	0,494	0,881
6	O e-FER aumenta o meu empenho na resolução de casos clínicos.	*1-5*	4,58	0,57	0,692	0,872
7	O e-FER aumenta a minha auto-estima.	*1-5*	3,66	0,79	0,506	0,882
8	Com o e-FER tenho um envolvimento maior na resolução de casos clínicos.	*1-5*	4,51	0,61	0,691	0,872
9	O e-FER torna a temática das feridas crónicas mais interessante.	*1-5*	4,71	0,54	0,644	0,875
10	O e-FER torna a temática das feridas crónicas mais fácil de compreender.	*1-5*	4,50	0,63	0,606	0,876
11	Com o e-FER fico mais comprometido em resolver casos clínicos.	*1-5*	4,30	0,73	0,502	0,881
12	O tempo passa depressa quando resolvo casos no e-FER.	*1-5*	4,27	0,97	0,586	0,880
13	Gostaria de repetir esta experiência mais vezes.	*1-5*	4,65	0,59	0,677	0,873
Escala Total Motivação		13-65	57,57	5,56		0,886

r do total sem o item

α de Cronbach quando o item é excluído

- Validade

A análise fatorial pelo método de condensação em componentes principais, segundo a regra de Keiser, extraiu dois fatores que após rotação *varimax* explicam 56,03% da variância total.

Todos os itens apresentam uma saturação superior a 0,400 e não se verificam correlações simultâneas com dois fatores em que a distância entre ambos os valores seja inferior a 0,1, à exceção dos itens 7 e 9. Pela sua pertinência teórica optou-se por manter estes itens na escala e no fator onde o peso se revelou maior.

Ao fator 1 (itens 1, 2, 3, 9, 10, 11, 12 e 13) está associada 31,43% da variância total. Este fator é saturado sobretudo pelos itens relacionados com a *Motivação orientada no Conteúdo*.

A motivação orientada no conteúdo coloca a tónica nos fatores internos do indivíduo e na regularidade do comportamento dos mesmos, para que a partir da compreensão das suas necessidades ou valores seja possível explicar a origem da sua motivação (Herzberg, 1966; Maslow, 1968; McClelland, 1987).

Ao fator 2 (itens 4, 5, 6, 7 e 8) está associada 24,59% da variância total, é saturado sobretudo pelos itens relacionados com a *Motivação orientada ao Processo.*

A motivação orientada ao processo centra-se na forma como a motivação se exprime, enfatizando os processos cognitivos que influenciam os indivíduos na tomada de decisão e na escolha de atividades (Bandura, 1976; Locke & Latham, 1984; Deci & Ryan, 1985).

Foi rejeitada a hipótese da matriz de correlação constituir uma matriz de identidade (χ^2=543,19; p<0,0001) e a medida de Keiser-Meyer-Olkin (KMO=0,860) aproxima-se da unidade, garantindo que a adequação do modelo fatorial a esta matriz de correlações é elevada.

No Quadro 3.2 apresentamos a análise fatorial da Escala de Motivação pelo método de condensação em componentes principais.

Quadro 3.2. Análise fatorial da escala de motivação pelo método de condensação em componentes principais. Solução após rotação varimax (n=102).

Fator	Descrição do Item	h2	F1	F2
F1	1. O e-FER permite-me controlar o ritmo da minha aprendizagem.	0,286	0,427	0,322
	2. O e-FER desperta-me a vontade de continuar a resolver casos.	0,575	0,734	0,191
	3. O e-FER desperta-me curiosidade para procurar informação noutras fontes.	0,509	0,555	0,448

	9. O e-FER torna a temática das feridas crónicas mais interessante.	0,528	0,543	0,483
	10. O e-FER torna a temática das feridas crónicas mais fácil de compreender.	0,472	0,571	0,381
	11. Com o e-FER fico mais comprometido em resolver casos clínicos.	0,407	0,617	0,164
	12. O tempo passa depressa quando resolvo casos no e-FER.	0,606	0,770	0,116
	13. Gostaria de repetir esta experiência mais vezes.	0,691	0,814	0,167
F2	4. O e-FER aumenta a minha vontade em usar as tecnologias de informação e comunicação em saúde.	0,679	0,139	0,812
	5. O e-FER aproxima os laboratórios da realidade clínica o que aumenta a minha motivação para aprender.	0,689	0,051	0,829
	6. O e-FER aumenta o meu empenho na resolução de casos clínicos.	0,634	0,451	0,656
	7. O e-FER aumenta a minha auto-estima.	0,333	0,386	0,429
	8. Com o e-FER tenho um envolvimento maior na resolução de casos clínicos.	0,601	0,489	0,602
	Eigenvalues		5,50	1,23
	N.º de itens		8	5
	Total variância explicada (∑=56,03%)		31,43%	24,59%
	Alpha do factor		0,838	0,798
	KMO=0,860			
	Teste de esfericidade de Bartlett's (χ^2=543,19; p<0,0001)			

No Quadro 3.3 podemos observar que todas as correlações entre os diferentes fatores e o total da escala são positivas e muito significativas (p<0,01).

Quadro 3.3. Matriz de correlações de *Pearson* entre os dois fatores e o total da EAPIIS.

Fatores	F1	F2
F1 Motivação orientada no conteúdo	1,000	
F2 Motivação orientada ao processo	0,644	1,000
Escala de Motivação Total	0,900	0,913

* Significativo para p≤0,01

Os valores das correlações são razoáveis (entre 0,900 e 0,913), o que permite afirmar que tendem a medir o mesmo constructo, permitindo interpretações unidimensionais. As correlações entre os fatores são muito significativas (p<0,01). Estes resultados apontam para a utilização quer dos resultados globais da escala, quer dos subtotais dos fatores.

3.2.5. Escala de Usabilidade para o e-FER

Segundo Dillon (2001) a usabilidade define-se como a qualidade ou característica de um produto que revela a sua facilidade em utilizá-lo. A usabilidade assenta também na ergonomia e num conjunto de princípios e técnicas no sentido de conceber produtos usáveis e acessíveis, tendo em conta o design centrado no utilizador (Nunes, 2006).

Os parâmetros para avaliação da usabilidade estabelecidos pela norma ISO/IEC 9241 (1998) são assentes na eficácia, eficiência e satisfação do utilizador, prevendo a facilidade de compreender e aprender com o sistema num ambiente que se pretende *user-friendly*. Segundo esta norma, os três parâmetros da usabilidade definem-se como:

- *Effectiveness is the accuracy and completeness with which specific users achieve their own goals with the system;*
- *Efficiency is the resources expended in relation to the accuracy and completeness of goals achieved; and*
- *Satisfaction is the comfort and acceptability of the system to the users and other people affected by its use.*

Para a avaliação da usabilidade do e-FER utilizámos um instrumento originalmente desenvolvido por Costa (2010) ao qual adicionamos dois itens com pertinência teórica para os objetivos deste estudo, nomeadamente os itens 12 - *É fácil observar as feridas* e 23 - *As imagens das feridas permitiram uma observação detalhada das suas características* (*cf*. Anexo, p.190).

A elaboração e validação da Escala de Usabilidade fez-se com base em 24 questões do tipo Likert com cinco respostas alternativas (*Discordo Plenamente, Discordo Parcialmente, Não concordo nem discordo, Concordo Parcialmente e Concordo Plenamente*). Os itens foram pontuados de 1, para a resposta *Discordo Plenamente*, a 5 para a resposta *Concordo Plenamente.* Pontuações mais elevadas correspondem a perceções mais positivas da Usabilidade do sistema e-FER.

Características psicométricas da Escala de Usabilidade

A escala de usabilidade ficou constituída pelos 24 itens, e pretende avaliar a perceção da usabilidade do sistema e-FER autorelatada pelos estudantes de enfermagem.

- Fidelidade (consistência interna)

Partindo dos 24 itens iniciais (ver Questionário), procedeu-se ao estudo da fidelidade determinando o coeficiente Alfa de Cronbach, tanto para a globalidade dos itens como para o conjunto da escala após exclusão um a um. Realizou-se a inspeção da validade dos itens através da inspeção da correlação de cada item com a escala total excluindo o item, análise fatorial pelo método de condensação em componentes principais, forçando a quatro fatores e seguida de rotação ortogonal do tipo varimax, e inspeção da correlação entre os fatores. Neste processo foram selecionados os 24 itens que:

- Apresentam correlações com a escala total, excluindo itens superiores a 0,20 pontos;
- Aumentam o Alfa de Cronbach (à exceção dos itens 11 e 15, mas que optámos por manter na escala por não prejudicarem muito a consistência interna e serem pertinentes do ponto de vista teórico);
- Saturam apenas num fator (diferenças superiores a 0,1 ponto), excepto os itens 2, 5 e 23, em que optámos por mantê-los no fator em que pesam mais;

- Apresentam saturação no fator superior a 0,400 pontos.

O Quadro 3.4 mostra a fidelidade avaliada através da consistência interna de cada um dos itens e da escala total. Os valores são adequados, de acordo com Hill & Hill (2000), (de 0,903 a 0,912 para os itens e 0,911 para o total da escala) e verifica-se que em praticamente todos os casos descem quando os itens são excluídos, o que significa que quando estão presentes melhoram a homogeneidade da escala. O valor mais baixo da correlação (entre cada item e o total da escala a que pertence quando esta não contém o item) é de 0,293.

Quadro 3.4. Estatísticas de homogeneidade dos itens e coeficientes de consistência interna (Alfa de Cronbach) da escala de motivação (*n*=101).

	Descrição do item	*Limites*	M	DP	*r*	*α de Cron-bach*
1	Estou satisfeito com a minha participação no e-FER.	*1-5*	4,30	0,61	0,379	0,910
2	O sistema e-FER é simples de utilizar.	*1-5*	4,60	0,60	0,448	0,908
3	O e-FER motiva-me a participar em discussões com colegas no âmbito das feridas crónicas.	*1-5*	4,28	0,72	0,510	0,907
4	O e-FER motiva-me a participar em discussões com professores no âmbito das feridas crónicas.	*1-5*	4,00	0,76	0,501	0,908
5	Considero o sistema e-FER agradável.	*1-5*	4,60	0,57	0,688	0,904
6	Considero o sistema e-FER estimulante.	*1-5*	4,62	0,55	0,687	0,904
7	Voltaria a utilizar o e-FER enquanto sistema de apoio ao desenvolvimento de competências no âmbito das feridas crónicas.	*1-5*	4,72	0,53	0,677	0,905
8	Considero fácil a interpretação do *feedback* disponibilizado pelo sistema às minhas respostas.	*1-5*	4,22	0,70	0,516	0,907
9	É fácil iniciar sessão no e-FER.	*1-5*	4,87	0,37	0,318	0,910
10	É fácil terminar sessão no e-FER.	*1-5*	4,91	0,29	0,412	0,910
11	É fácil navegar pelos diversos	*1-5*	4,78	0,48	0,293	0,911

	separadores (diagnóstico e tratamento) do e-FER.					
12	É fácil observar as feridas.	*1-5*	3,83	0,85	0,466	0,909
13	É fácil submeter as minhas respostas de diagnóstico.	*1-5*	4,46	0,73	0,482	0,908
14	É fácil submeter as minhas respostas de tratamento.	*1-5*	4,39	0,82	0,606	0,905
15	É fácil consultar a informação disponível no fórum de discussão.	*1-5*	4,27	0,79	0,335	0,912
16	Com a utilização do sistema e-FER estou mais consciente das minhas dificuldades no diagnóstico de feridas crónicas.	*1-5*	4,64	0,54	0,650	0,905
17	Com a utilização do sistema e-FER estou mais consciente das minhas dificuldades no tratamento de feridas crónicas.	*1-5*	4,67	0,55	0,691	0,904
18	A forma como são apresentados os casos e a terminologia utilizada representam o que se passa na realidade.	*1-5*	4,29	0,73	0,432	0,909
19	Com a utilização do e-FER melhorei a minha capacidade para diagnosticar feridas crónicas.	*1-5*	4,53	0,63	0,714	0,903
20	Com a utilização do e-FER melhorei a minha capacidade para tratar feridas crónicas.	*1-5*	4,40	0,65	0,664	0,904
21	Considero proveitoso o tempo dispendido a utilizar o e-FER.	*1-5*	4,77	0,44	0,628	0,906
22	A informação disponibilizada pelo sistema foi de encontro com a informação que necessitava no momento.	*1-5*	4,21	0,68	0,624	0,905
23	As imagens das feridas permitiram uma observação detalhada das suas características.	*1-5*	3,74	0,86	0,507	0,908
24	Considero muito útil a existência de *feedback* específico no e-FER.	*1-5*	4,72	0,53	0,626	0,905
Escala Total		24-120	106,83	8,79		0,911

- Validade

A análise fatorial pelo método de condensação em componentes principais (Quadro 3.5), forçada a quatro fatores de acordo com a escala original (Costa, 2010), após rotação varimax, explica 57,43% da variância total.

Todos os itens têm uma saturação superior a 0,400 e não se verificam correlações simultâneas com dois fatores em que a distância entre ambos os valores seja inferior a 0,1, à exceção dos itens 2, 5 e 23. Pela sua pertinência teórica optou-se por manter estes itens na escala e no fator onde o peso se revelou maior.

Ao fator 1 (itens 1, 5, 7, 8, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24) está associada 22,62% da variância total. Este fator é saturado sobretudo pelos itens relacionados com a *Satisfação* e *Eficácia*.

Ao fator 2 (itens 3, 4, 15 e 16) está associada 12,38% da variância total, é saturado sobretudo pelos itens relacionados com a *Atitude*.

Ao fator 3 (itens 12, 13 e 14) está associada 11,70% da variância total, é saturado sobretudo pelos itens relacionados com a *Ergonomia*.

Ao fator 4 (itens 2, 9, 10 e 11) está associada 10,72% da variância total, é saturado sobretudo pelos itens relacionados com a *Eficiência*.

Foi rejeitada a hipótese da matriz de correlação constituir uma matriz de identidade (χ^2=1360,25; p<0,0001) e a medida de Keiser-Meyer-Olkin (KMO=0,829) aproxima-se da unidade, garantindo que a adequação do modelo fatorial a esta matriz de correlações é elevada.

O Quadro 3.5 apresenta a análise fatorial da escala de usabilidade pelo método de condensação em componentes principais.

Quadro 3.5. Análise factorial da EU pelo método de condensação em componentes principais. Solução após rotação varimax (*n*=101).

	Descrição do item	h2	F1	F2	F3	F4
F1	1. Estou satisfeito com a minha participação no e-FER.	0,269	**0,547**	0,052	0,060	-0,037
	5. Considero o sistema e-FER agradável.	0,563	**0,527**	0,201	0,489	0,162
	6. Considero o sistema e-FER estimulante.	0,580	**0,549**	0,334	0,433	0,028
	7. Voltaria a utilizar o e-FER enquanto sistema de apoio ao desenvolvimento de competências no âmbito das feridas crónicas.	0,591	**0,672**	0,215	0,296	0,101
	8. Considero fácil a interpretação do *feedback* disponibilizado pelo sistema às minhas respostas.	0,331	**0,479**	0,136	0,230	0,183
	17. Com a utilização do sistema e-FER estou mais consciente das minhas dificuldades no tratamento de feridas crónicas.	0,589	**0,623**	0,388	0,097	0,304
	18. A forma como são apresentados os casos e a terminologia utilizada representam o que se passa na realidade.	0,316	**0,690**	-0,003	-0,081	0,053
	19. Com a utilização do e-FER melhorei a minha capacidade para diagnosticar feridas crónicas.	0,626	**0,744**	0,308	0,129	0,115
	20. Com a utilização do e-FER melhorei a minha capacidade para tratar feridas crónicas.	0,570	**0,673**	0,332	0,158	0,053
	21. Considero proveitoso o tempo dispendido a utilizar o e-FER.	0,504	**0,654**	0,175	0,193	0,198
	22. A informação disponibilizada pelo sistema foi de encontro com a informação que necessitava no momento.	0,505	**0,628**	0,313	0,160	0,003
	23. As imagens das feridas permitiram uma observação detalhada das suas características.	0,668	**0,571**	-0,296	0,487	0,136
	24. Considero muito útil a existência de *feedback* específico no e-FER.	0,489	**0,515**	0,358	0,246	0,189

F2	3. O e-FER motiva-me a participar em discussões com colegas no âmbito das feridas crónicas.	0,627	0,267	**0,743**	0,103	0,016
	4. O e-FER motiva-me a participar em discussões com professores no âmbito das feridas crónicas.	0,591	0,225	**0,734**	0,149	-0,007
	15. É fácil consultar a informação disponível no fórum de discussão.	0,338	0,101	**0,535**	0,028	0,203
	16. Com a utilização do sistema e-FER estou mais consciente das minhas dificuldades no diagnóstico de feridas crónicas.	0,571	0,392	**0,531**	0,177	0,324
F3	12. É fácil observar as feridas.	0,489	0,394	-0,149	**0,641**	-0,015
	13. É fácil submeter as minhas respostas de diagnóstico.	0,276	0,030	0,340	**0,762**	0,074
	14. É fácil submeter as minhas respostas de tratamento.	0,448	0,089	0,433	**0,753**	0,212
F4	2. O sistema e-FER é simples de utilizar.	0,444	0,301	-0,042	0,405	**0,439**
	9. É fácil iniciar sessão no e-FER.	0,817	0,032	0,045	0,093	**0,912**
	10. É fácil terminar sessão no e-FER.	0,624	0,208	0,239	-0,063	**0,783**
	11. É fácil navegar pelos diversos separadores (diagnóstico e tratamento) do e-FER.	0,486	0,021	0,075	0,140	**0,680**
	Eigenvalues		8,64	2,02	1,65	1,47
	Nº de itens		13	4	3	4
	Total variância explicada (∑=57,43%)		22,62%	12,38%	11,70%	10,72%
	Alpha do factor		0,898	0,734	0,730	0,684
	KMO=0,829 Teste de esfericidade de Bartlett's (χ^2=1360,25; p<0,0001)					

No Quadro 3.6 podemos observar que todas as correlações entre os diferentes fatores e o total da escala são positivas e muito significativas (p<0,01).

Quadro 3.6. Matriz de correlações de *Pearson* entre os quatro fatores e o total da EAPIIS

Fatores		F1	F2	F3	F4
F1	Satisfação e Eficácia	1,000			
F2	Atitude	0,493	1,000		
F3	Ergonomia	0,740	0,552	1,000	
F4	Eficiência	0,433	0,299	0,272	1,000
EAPIIS Total		0,857	0,778	0,901	0,506

* Significativo para $p \leq 0,01$;

Os valores das correlações são razoáveis e bons (entre 0,506 e 0,901), o que permite afirmar que tendem a medir o mesmo constructo, permitindo interpretações unidimensionais. As correlações entre os fatores são muito significativas ($p<0,01$). Estes resultados apontam para a utilização quer dos resultados globais da escala, quer dos subtotais dos fatores.

3.2.6. Análise e tratamento dos dados recolhidos

Para tratamento estatístico da informação recolhida foi utilizada a versão 20.0 do *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). Recorreu-se a medidas de tendência central e de dispersão, correlações de Spearman, estudos da fiabilidade (Alfa de Cronbach), análise fatorial exploratória (EFA) e testes de hipóteses não paramétricos (Mann Whitney U para grupos independentes e Wilcoxon para grupos emparelhados).

Neste estudo optámos pela utilização de testes não-paramétricos pois não se verificou a hipótese de normalidade das variáveis dependentes em análise. Por outro lado, os testes não-paramétricos apresentam ainda a vantagem de não ser necessário confiar em correções que apenas têm validade assimptótica, o que constitui grande vantagem devido ao limitado número de observações deste estudo.

Capítulo 4. Apresentação e discussão dos resultados

4.1. Caracterização da amostra

O estudo realizou-se com uma amostra constituída por 54 estudantes, sendo 43 (79,6%) do género feminino e 11 (20,4%) do género masculino, com uma média de idades de 22,1 anos e um desvio padrão de 5,45 anos.

A amostra foi dividida em dois grupos, apresentando o grupo de controlo uma média de idades de 21,7 anos e desvio padrão de 4,39 anos, e o grupo experimental uma média de 22,4 anos e desvio padrão de 6,23 anos.

Relativamente à distribuição por género entre os grupos (Quadro 4.1), o género feminino é o mais representado em ambos os grupos.

Quadro 4.1. Distribuição por género dos grupos de controlo e experimental.

	Grupo de controlo	Grupo experimental
Feminino	21 (87,5%)	22 (73,3%)
Masculino	3 (12,5%)	8 (26,7%)
Total	24	30

Os participantes, a frequentarem o 1.º ano da Licenciatura em Enfermagem, não tinham qualquer tipo de experiência no diagnóstico e tratamento de feridas crónicas, quer em contexto real quer em contexto de simulação com o sistema e-FER.

De referir ainda que, da amostra total de 54 estudantes que participaram no estudo e resolveram casos clínicos no simulador e-FER, apenas obtivemos 35 respostas aos questionários de motivação e usabilidade, razão pela qual a dimensão da amostra é menor nestes casos.

4.2. Motivação em função da RA

Para a avaliação da motivação do estudante nesta experiência de RA, construiu-se um instrumento original pois não foi encontrado nenhum com o nível de adequação desejado para este efeito. A seleção dos itens para a escala da motivação resultou da análise de diversos instrumentos de medida da motivação,

entre os quais destacamos Liu e Chu (2010), Hung, Hwang e Huang (2012) e Santos, Alcará e Zenorinib (2013), com a adaptação dos itens mais apropriados para este estudo.

As características psicométricas da Escala de Motivação revelaram-se adequadas. A versão final com 13 itens apresentou uma elevada consistência interna (Alfa de Cronbach=0,886) e uma estrutura de dois fatores (Motivação orientada ao conteúdo e Motivação orientada ao processo) que explicam 56,03% da variância total.

Quanto aos resultados obtidos, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (U=111,50; *p*=0,179) na motivação após a utilização do e-FER tradicional no primeiro momento de avaliação (Quadro 4.2). Quer a *motivação orientada ao conteúdo*, relacionada com fatores intrínsecos ao indivíduo, quer a *motivação orientada ao processo*, centrada na forma como a mesma se exprime, apresentam valores iniciais elevados em ambos os grupos. O grupo de controlo apresenta uma média total (M) de 4,32 (num máximo de 5) e desvio padrão (DP) de 0,53, enquanto o grupo experimental uma média de 4,57 e desvio padrão 0,28 (Quadro 4.2). O facto dos estudantes utilizarem o simulador e-FER para resolverem casos clínicos online ao seu ritmo, numa abordagem mais flexível, autónoma e desafiante, fora do contexto tradicional de sala de aula, pode explicar a elevada motivação registada no primeiro momento de avaliação.

Quadro 4.2. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto à motivação no primeiro momento de avaliação.

Fatores	Controlo (*n*=16)		Experimental (*n*=19)		Teste Mann-Whitney U	
	M	DP	M	DP	U	*p*
Motivação orientada ao conteúdo	4,41	0,59	4,67	0,27	117,00	0,236
Motivação orientada ao processo	4,23	0,58	4,47	0,37	117,50	0,247
Total	4,32	0,53	4,57	0,28	111,50	0,179

Os valores observados são abonatórios em relação à homogeneidade dos grupos relativamente à motivação para a tarefa no primeiro momento de avaliação.

No segundo momento também não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (U=117,50; *p*=0,359), conforme podemos verificar no Quadro 4.3. Mais uma vez verificamos que a motivação manteve-se elevada em ambos os grupos (média de 4,30 no grupo de controlo e média de 4,49 no grupo experimental), e que a introdução da RA no grupo experimental não alterou este facto. A elevada motivação dos participantes registada ao longo desta experiência constitui um fator positivo, tanto para a utilização do simulador e-FER como para a inclusão da RA.

Quadro 4.3. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto à motivação no segundo momento de avaliação.

Fatores	Controlo (*n*=16)		Experimental (*n*=19)		Teste Mann-Whitney U	
	M	DP	M	DP	U	*p*
Motivação orientada ao conteúdo	4,34	0,59	4,60	0,35	108,00	0,209
Motivação orientada ao processo	4,26	0,53	4,38	0,39	128,00	0,575
Total	4,30	0,53	4,49	0,35	117,50	0,359

Na comparação entre momentos de avaliação por grupo através do Teste de Wilcoxon não se registaram diferenças estatisticamente significativas quer no grupo de controlo (Quadro 4.4) quer no grupo experimental (Quadro 4.5), conforme já verificado anteriormente com a aplicação do Teste de Mann-Whitney U, embora num exercício distinto.

No grupo de controlo, no primeiro momento e para o total da escala obteve-se uma média de 4,32 e desvio padrão de 0,53, enquanto no segundo momento registou-se uma média de 4,30 e desvio padrão de 0,53 (Quadro 4.4). Os valores obtidos em ambos os momentos são muito semelhantes e conotam-se com elevada motivação para a atividade neste grupo.

Quadro 4.4. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente à motivação do grupo de controlo (*n*=16).

Fatores	1.º Momento		2.º Momento		Teste Wilcoxon	
	M	DP	M	DP	Z	*p*
Motivação orientada ao conteúdo	4,41	0,59	4,34	0,59	-0,704	0,481
Motivação orientada ao processo	4,23	0,58	4,26	0,53	-0,450	0,653
Total	4,32	0,53	4,30	0,53	0,000	1,000

No grupo experimental, no primeiro momento e para o total da escala obteve-se uma média de 4,57 e desvio padrão de 0,28, enquanto no segundo momento registou-se uma média de 4,49 e desvio padrão de 0,35 (Quadro 4.5). Os valores obtidos em ambos os momentos conotam-se com elevada motivação para a atividade neste grupo.

Quadro 4.5. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente à motivação do grupo experimental (*n*=19).

Fatores	1.º Momento		2.º Momento		Teste Wilcoxon	
	M	DP	M	DP	Z	*p*
Motivação orientada ao conteúdo	4,67	0,27	4,60	0,35	-0,525	0,600
Motivação orientada ao processo	4,47	0,37	4,38	0,39	-0,987	0,324
Total	4,57	0,28	4,49	0,35	-1,255	0,209

Tal como referido no enquadramento teórico, a RA tem o potencial de motivar para a aprendizagem (Kerawalla *et al*., 2006; Sotiriou & Bogner, 2008; Albrecht *et al*., 2013). No presente estudo a motivação dos participantes manteve-se elevada em ambos os grupos e momentos. Se por um lado poderíamos esperar um aumento da motivação do grupo experimental no segundo momento pela utilização de uma nova tecnologia no processo de aprendizagem, em comparação com o grupo de controlo, a verdade é que a motivação no primeiro momento já apresentava valores elevados, sem diferenças estatisticamente significativas entre grupos e momentos.

O facto dos participantes estarem a utilizar o simulador online e-FER neste módulo e de assumirem um papel ativo na resolução de casos clínicos virtuais ao seu ritmo pode explicar a elevada motivação inicial dos participantes, habituados a métodos de aprendizagem tradicionais mais passivos, baseados em palestras e tutoriais em sala de aula.

Neste sentido, a introdução da RA não teve o efeito esperado na motivação do grupo experimental, que já apresentava índices de motivação elevados no primeiro momento. Contudo, é importante realçar que estes resultados demonstraram a homogeneidade dos grupos e que a motivação elevada foi mantida com a introdução da RA.

4.3. Usabilidade em função da RA

Para avaliar a usabilidade percecionada pelos estudantes utilizou-se a escala originalmente desenvolvida por Costa (2010), à qual foram acrescentadas duas questões direcionadas para a observação e detalhe das imagens das feridas. As características psicométricas revelaram-se adequadas, tal como no estudo original. A versão final com 24 itens apresentou uma elevada consistência interna (Alfa de Cronbach=0,911) e uma estrutura de quatro fatores (Satisfação e eficácia, Atitude, Ergonomia, Eficiência) que explicam 54,43% da variância total.

Em relação à usabilidade total do sistema percecionada pelos estudantes, não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos (U=109,00; *p*=0,154) no primeiro momento de avaliação (Quadro 4.6). Estes resultados são abonatórios em relação à homogeneidade dos grupos relativamente à usabilidade percecionada no primeiro momento de observação, exceptuando no fator ergonomia (U=72,50; *p*=0,006). Este resultado poderá estar relacionado com uma maior facilidade percecionada pelos estudantes inseridos no grupo experimental na submissão das respostas ou na observação das feridas no simulador e-FER. Os casos clínicos existentes no simulador e-FER são distintos e atribuídos aleatoriamente ao estudante, podendo até haver diferenças ao nível

pictórico para casos diferentes, com o mesmo grau de dificuldade. Contudo, não temos qualquer indicador concreto que nos permita explicar esta diferença.

Quadro 4.6. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação entre grupos quanto à usabilidade do sistema no primeiro momento de avaliação.

Fatores	Controlo (*n*=16)		Experimental (*n*=19)		Teste Mann-Whitney U	
	M	DP	M	DP	U	*p*
Satisfação e eficácia	4,32	0,56	4,51	0,32	126,00	0,388
Atitude	4,14	0,68	4,41	0,38	118,50	0,261
Ergonomia	3,79	0,86	4,49	0,49	72,50	0,006
Eficiência	4,84	0,26	4,86	0,27	140,00	0,643
Total	4,27	0,50	4,57	0,25	109,00	0,154

A elevada usabilidade percecionada pelos estudantes de ambos os grupos manteve-se no segundo momento de avaliação (Quadro 4.7), igualmente sem diferenças estatisticamente significativas (U=108,00; *p*=0,145). Neste caso, o grupo experimental resolveu os casos clínicos no simulador e-FER com recurso ao *tablet* para visualização das feridas crónicas através da RA. A introdução de um novo dispositivo não prejudicou a usabilidade total no que se refere à satisfação e eficácia, atitude, ergonomia e eficiência do sistema. Embora não se tenham registado diferenças estatisticamente significativas entre os grupos na usabilidade total, notamos que a ergonomia (U=97,50; *p*=0,065) é o fator onde se revela uma maior diferença entre os grupos, sendo que o grupo experimental apresenta uma média superior (4,47 com desvio padrão de 0,57) relativamente ao grupo de controlo (4,04 com desvio padrão de 0,76). Este fator está relacionado com a facilidade de submissão das respostas no simulador e-FER, tanto na fase de diagnóstico como de tratamento, e com a facilidade de observação das feridas que, no grupo experimental, foi realizada com recurso à RA. Assim, operar com um dispositivo adicional (*tablet*) não se revelou um problema para o grupo experimental.

Quadro 4.7. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação entre grupos quanto à usabilidade do sistema no segundo momento de avaliação.

Fatores	Controlo (*n*=16)		Experimental (*n*=19)		Teste Mann-Whitney U	
	M	DP	M	DP	U	*p*
Satisfação e eficácia	4,30	0,56	4,55	0,33	117,00	0,245
Atitude	4,19	0,62	4,42	0,49	118,50	0,259
Ergonomia	4,04	0,76	4,47	0,57	97,50	0,065
Eficiência	4,72	0,40	4,79	0,35	138,00	0,599
Total	4,31	0,50	4,56	0,34	108,00	0,145

Também entre os dois momentos de avaliação não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos e os valores obtidos conotam-se com elevada usabilidade para a atividade em ambos os grupos (Quadros 4.8 e 4.9).

No grupo de controlo, e para o total da escala, obtiveram-se médias de 4,27 (num máximo de 5) e desvio padrão de 0,50 no primeiro momento, e média de 4,31 e desvio padrão de 0,50 no segundo momento de avaliação (Quadro 4.8).

Quadro 4.8. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente à usabilidade do sistema percecionada pelo grupo de controlo (*n*=16).

Fatores	1.º Momento		2.º Momento		Teste Wilcoxon	
	M	DP	M	DP	Z	*p*
Satisfação e eficácia	4,32	0,56	4,30	0,56	-0,381	0,703
Atitude	4,14	0,68	4,19	0,62	-0,722	0,470
Ergonomia	3,79	0,86	4,04	0,76	-1,495	0,135
Eficiência	4,84	0,26	4,72	0,40	-1,149	0,250
Total	4,27	0,50	4,31	0,50	-0,852	0,394

No grupo experimental, e para o total da escala, obtiveram-se médias de 4,57 (num máximo de 5) e desvio padrão de 0,25 no primeiro momento, e média de 4,56 e desvio padrão de 0,34 no segundo momento de avaliação (Quadro 4.9).

Quadro 4.9. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente à usabilidade do sistema percecionada pelo grupo experimental (*n*=19).

Fatores	1.º Momento		2.º Momento		Teste Wilcoxon	
	M	DP	M	DP	Z	*p*
Satisfação e eficácia	4,51	0,32	4,55	0,33	-0,175	0,861
Atitude	4,41	0,38	4,42	0,49	-0,643	0,520
Ergonomia	4,49	0,49	4,47	0,57	0,000	1,000
Eficiência	4,86	0,27	4,79	0,35	-0,639	0,523
Total	4,57	0,25	4,56	0,34	-0,218	0,828

O facto do grupo experimental percecionar uma elevada usabilidade no segundo momento do estudo é um aspeto importante a realçar, tendo em conta que a introdução de um novo dispositivo (*tablet*) poderia ter um efeito negativo na realização da tarefa, problema identificado por Wu *et al.* (2013).

A elevada usabilidade percecionada pelos estudantes em ambos os momentos demonstra não só a facilidade de utilização do simulador e-FER, como também a utilização do *tablet* para visualização das feridas crónicas em RA.

A tarefa adicional a executar pelo grupo experimental resumia-se à visualização de conteúdos 3D no *tablet*, simulando a observação *in loco* da ferida de um paciente, num sistema *lightly augmented* de acordo com Klopfer (2008). Reconhecer a utilização do tablet como uma lente que permite, através do uso de marcadores, a visualização dos conteúdos 3D, é uma forma simplista de utilização da RA, simplicidade esta destacada no estudo de Koehring *et al*. (2008) e com aplicação em diversas áreas da medicina.

A elevada usabilidade do sistema e-FER mantida com a introdução da RA é um dado positivo que valida a efetividade da solução desenvolvida e que não perturba o desenvolvimento de competências nos estudantes, como poderemos verificar no ponto seguinte.

4.4. Desempenho em função da RA

Os dados extraídos do e-FER foram tratados estatisticamente tendo como base os acertos registados por cada estudante, relativamente ao número total de casos resolvidos. Foram aplicados os Testes de Mann-Whitney U e de Wilcoxin aos resultados obtidos nas fases de Diagnóstico (9 parâmetros) e Tratamento (11 parâmetros), apresentados e discutidos separadamente nos pontos seguintes.

4.4.1. Desempenho na fase de Diagnóstico

Para comparação de dois grupos independentes utilizou-se o Teste de Mann-Whitney U. Conforme verificado no Quadro 4.10, não se registaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos no primeiro momento de avaliação no total dos parâmetros de diagnóstico (U=352,00; p=0,889), o que valida a homogeneidade dos grupos relativamente ao seu desempenho, antes da manipulação da variável independente e quando ambos os grupos usaram o e-FER tradicional, sem RA.

Quadro 4.10. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto aos acertos nos parâmetros de diagnóstico no primeiro momento de avaliação.

Acertos	Controlo (n=24)		Experimental (n=30)		Teste Mann-Whitney U	
	M	DP	M	DP	U	p
Profundidade	2,47	1,49	2,37	1,14	354,50	0,924
Contornos	2,08	1,07	2,01	0,87	347,50	0,828
Tipo de tecido necrótico	2,20	1,14	2,15	0,98	360,00	1,000
Quantidade de tecido necrótico	2,24	1,11	2,09	1,04	324,00	0,531
Cor da pele circundante da ferida	2,04	0,89	1,89	0,73	326,00	0,554
Tecido de granulação	2,15	1,05	2,08	0,83	358,50	0,979
Epitelização	2,41	1,09	2,32	0,92	357,00	0,958
Tipo de ferida	2,79	1,65	2,64	1,42	342,00	0,754
Infeção	2,86	1,66	2,74	1,47	343,50	0,774
Diagnóstico (total)	21,23	10,87	20,28	9,14	352,00	0,889

Relativamente ao segundo momento de avaliação, em que o grupo experimental usou o e-FER e a RA para visualização das feridas, verificaram-se diferenças estatisticamente significativas em todos os parâmetros de diagnóstico analisados, à exceção do *Tipo de tecido necrótico* (Quadro 4.11). Estes resultados são abonatórios relativamente ao impacto positivo da introdução da RA na experiência, em oito dos nove parâmetros avaliados na fase de diagnóstico (U=106,5; *p*=0,000 no diagnóstico total).

Quanto ao parâmetro *Tipo de tecido necrótico* (U=283,50; *p*=0,182), Oliverio *et al.* (2016) referem que em feridas a diferença entre os tipos de tecido necrótico existentes consegue-se observar facilmente, uma vez que dependem essencialmente da sua cor, variando de negra a esbranquiçado/cinzento pálido, e da humidade, variando de seco a muito húmido. Por este motivo as diferenças não foram estatisticamente significativas com a RA pois já existia um elevado padrão de acertos no e-FER tradicional.

Quadro 4.11. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto aos acertos nos parâmetros de diagnóstico no segundo momento de avaliação.

Acertos	Controlo (*n*=24)		Experimental (*n*=30)		Teste Mann-Whitney U	
	M	DP	M	DP	U	*p*
Profundidade	2,03	0,99	4,28	2,18	95,00	0,000
Contornos	1,86	0,79	3,72	1,56	88,50	0,000
Tipo de tecido necrótico	1,92	0,93	2,29	1,10	283,50	0,182
Quantidade de tecido necrótico	1,85	0,89	2,85	0,80	128,50	0,000
Cor da pele circundante da ferida	1,83	0,91	3,52	1,31	97,00	0,000
Tecido de granulação	1,78	0,96	2,48	0,97	183,00	0,002
Epitelização	2,27	1,35	4,14	1,20	106,50	0,000
Tipo de ferida	2,38	1,47	4,69	1,58	105,50	0,000
Infeção	2,43	1,51	5,13	1,91	94,50	0,000
Diagnóstico (total)	18,35	8,92	33,10	11,05	106,50	0,000

Para comparação do mesmo grupo nos dois momentos diferentes de avaliação utilizou-se o Teste de Wilcoxon. No grupo de controlo, e para o total do

diagnóstico, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas (*p*=0,063) entre o desempenho nos dois momentos (Quadro 4.12). A média total baixou do primeiro momento de avaliação (21,23 com desvio padrão de 10,87) para o segundo momento (18,35 com desvio padrão de 8,92), diminuindo até de forma estatisticamente significativa nalguns parâmetros de diagnóstico, nomeadamente na profundidade (*p*=0,048) e no tipo de ferida (*p*=0,040). O pior desempenho registado nestes parâmetros poderá estar relacionado com a lacuna observada por Costa (2010) relativamente à profundidade da ferida, parâmetro onde o simulador e-FER não se revelou tão eficaz na progressão das competências dos estudantes, e ao facto do grau de dificuldade dos casos ser progressivamente maior.

Quadro 4.12. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente aos acertos do grupo de controlo (*n*=24) nos parâmetros de diagnóstico.

Acertos	1.º Momento		2.º Momento		Teste Wilcoxon	
	M	DP	M	DP	Z	*p*
Profundidade	2,47	1,49	2,03	0,99	-1,977	0,048
Contornos	2,08	1,07	1,86	0,79	-1,886	0,059
Tipo de tecido necrótico	2,20	1,14	1,92	0,93	-1,657	0,097
Quantidade de tecido necrótico	2,24	1,11	1,85	0,89	-1,703	0,089
Cor da pele circundante da ferida	2,04	0,89	1,83	0,91	-1,386	0,166
Tecido de granulação	2,15	1,05	1,78	0,96	-1,900	0,057
Epitelização	2,41	1,09	2,27	1,35	-1,314	0,189
Tipo de ferida	2,79	1,65	2,38	1,47	-2,057	0,040
Infeção	2,86	1,66	2,43	1,51	-1,857	0,063
Diagnóstico (total)	21,23	10,87	18,35	8,92	-1,857	0,063

Relativamente ao grupo experimental, os resultados revelam a existência de diferenças estatisticamente significativas do primeiro para o segundo momento de avaliação, havendo uma melhoria nas médias dos acertos nos vários parâmetros considerados na fase de diagnóstico da ferida, à exceção do parâmetro *Tipo de tecido necrótico*, tal como referido anteriormente e registado no Quadro 4.11. No primeiro momento obteve-se uma média de 20,28 com desvio

padrão de 9,14 enquanto que no segundo momento, com a introdução da RA, obteve-se uma média superior com o valor de 33,10 e desvio padrão de 11,05 (Quadro 4.13).

Quadro 4.13. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente aos acertos do grupo experimental (*n*=30) nos parâmetros de diagnóstico.

Acertos	1.º Momento		2.º Momento		Teste Wilcoxon	
	M	DP	M	DP	Z	*p*
Profundidade	2,37	1,14	4,28	2,18	-4,021	0,000
Contornos	2,01	0,87	3,72	1,56	-4,288	0,000
Tipo de tecido necrótico	2,15	0,98	2,29	1,10	-0,562	0,574
Quantidade de tecido necrótico	2,09	1,04	2,85	0,80	-2,910	0,004
Cor da pele circundante da ferida	1,89	0,73	3,52	1,31	-4,145	0,000
Tecido de granulação	2,08	0,83	2,48	0,97	-2,173	0,030
Epitelização	2,32	0,92	4,14	1,20	-4,556	0,000
Tipo de ferida	2,64	1,42	4,69	1,58	-4,206	0,000
Infeção	2,74	1,47	5,13	1,91	-4,247	0,000
Diagnóstico (total)	20,28	9,14	33,10	11,05	-4,103	0,000

4.4.2. Desempenho na fase de Tratamento

A fase de tratamento de cada caso clínico é apresentada aos estudantes pelo simulador e-FER, após um correto diagnóstico. A proposta de tratamento a submeter depende, naturalmente, do diagnóstico prévio efetuado.

Para comparação dos grupos utilizou-se o Teste de Mann-Whitney U, não se registando diferenças estatisticamente significativas (U=332,00; *p*=0,626) entre os grupos no primeiro momento de avaliação no total dos parâmetros de tratamento, o que valida a homogeneidade dos grupos relativamente ao seu desempenho (Quadro 4.14). O grupo de controlo apresentou uma média de 43,73 e desvio padrão de 30,25 enquanto o grupo experimental apresentou uma média de 38,05 e desvio padrão de 23,93.

Quadro 4.14. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto aos acertos nos parâmetros de tratamento no primeiro momento de avaliação.

Acertos	Controlo (*n*=24)		Experimental (*n*=30)		Teste Mann-Whitney U	
	M	DP	M	DP	U	*p*
Soluto de limpeza	4,50	3,19	3,86	2,50	327,50	0,572
Desbridantes	4,12	2,97	3,49	2,22	329,50	0,595
Absorsores com ação desbridante	3,79	2,50	3,34	2,23	324,50	0,537
Poliuretanos	4,13	2,99	3,66	2,36	346,50	0,814
Hidrocolóides	4,29	3,07	3,71	2,41	331,50	0,620
Películas	4,31	3,09	3,78	2,45	341,00	0,741
Apósitos com carvão ativado	4,29	3,08	3,75	2,44	333,00	0,638
Material impregnado	4,30	3,11	3,75	2,47	334,00	0,651
Promotores da cicatrização	4,29	3,06	3,75	2,43	337,50	0,695
Material de penso complementar	3,68	2,67	3,09	2,06	299,50	0,292
Procedimento complementar	2,03	1,00	1,86	0,65	349,50	0,855
Tratamento (total)	43,73	30,25	38,05	23,93	332,00	0,626

Quanto ao segundo momento de avaliação, também não se revelaram diferenças estatisticamente significativas (U=263,00; *p*=0,091) no total do tratamento e em todos os parâmetros de tratamento analisados, à exceção do *Material de penso complementar* (Quadro 4.15). O grupo de controlo apresentou uma média de 42,56 e desvio padrão de 47,68 enquanto o grupo experimental apresentou uma média de 39,35 e desvio padrão de 21,73.

Quadro 4.15. Aplicação do Teste Mann-Whitney U para comparação dos dois grupos quanto aos acertos nos parâmetros de tratamento no segundo momento de avaliação.

Acertos	Controlo (*n*=24)		Experimental (*n*=30)		Teste Mann-Whitney U	
	M	DP	M	DP	U	*p*
Soluto de limpeza	4,25	4,86	3,85	2,18	274,50	0,136
Desbridantes	4,01	4,60	3,77	2,17	266,00	0,100
Absorsores com ação desbridante	3,87	4,56	3,77	2,16	255,00	0,067
Poliuretanos	3,98	4,63	3,83	2,20	258,00	0,075

Hidrocolóides	4,04	4,64	3,84	2,18	268,50	0,111
Películas	4,15	4,71	3,85	2,18	271,50	0,123
Apósitos com carvão ativado	4,21	4,83	3,85	2,18	272,50	0,127
Material impregnado	4,23	4,85	3,85	2,18	273,50	0,132
Promotores da cicatrização	4,19	4,77	3,85	2,18	273,50	0,132
Material de penso complementar	3,48	4,14	3,78	2,19	192,50	0,004
Procedimento complementar	2,14	2,25	1,10	0,15	275,50	0,102
Tratamento (total)	42,56	47,68	39,35	21,73	263,00	0,091

Para comparação do mesmo grupo nos dois momentos diferentes de avaliação utilizou-se o Teste de Wilcoxon. No grupo de controlo, e para o total do tratamento, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas (p=0,278) entre o desempenho nos dois momentos (Quadro 4.16). Registou-se uma média total no primeiro momento de avaliação de 43,73 com desvio padrão de 30,25 e no segundo momento uma média de 42,56 e desvio padrão de 47,68.

Quadro 4.16. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente aos acertos do grupo de controlo (n=24) nos parâmetros de tratamento.

Acertos	1.º momento		2.º momento		Teste Wilcoxon	
	M	DP	M	DP	Z	*p*
Soluto de limpeza	4,50	3,19	4,25	4,86	-1,157	0,247
Desbridantes	4,12	2,97	4,01	4,60	-1,171	0,241
Absorsores com ação desbridante	3,79	2,50	3,87	4,56	-1,000	0,317
Poliuretanos	4,13	2,99	3,98	4,63	-1,095	0,274
Hidrocolóides	4,29	3,07	4,04	4,64	-1,114	0,265
Películas	4,31	3,09	4,15	4,71	-1,086	0,278
Apósitos com carvão ativado	4,29	3,08	4,21	4,83	-1,086	0,278
Material impregnado	4,30	3,11	4,23	4,85	-1,065	0,287
Promotores da cicatrização	4,29	3,06	4,19	4,77	-1,114	0,265
Material de penso complementar	3,68	2,67	3,48	4,14	-1,771	0,076
Procedimento complementar	2,03	1,00	2,14	2,25	-1,157	0,247
Tratamento (total)	43,73	30,25	42,56	47,68	-1,086	0,278

No grupo experimental, e para o total do tratamento, não se verificaram diferenças estatisticamente significativas (*p*=0,441) entre o desempenho nos dois momentos (Quadro 4.17). Registou-se uma média total no primeiro momento de avaliação de 38,05 com desvio padrão de 23,93 e no segundo momento uma média de 39,35 e desvio padrão de 21,73.

A utilização da RA não teve efeito aparente no grupo experimental na fase de tratamento. Inclusivamente, dos 11 parâmetros que constituem o tratamento, o *Procedimento complementar* registou uma diferença estatisticamente significativa (*p*=0,000) do ponto de vista negativo, ou seja, a média do grupo experimental baixou do primeiro para o segundo momento.

Não obstante o desempenho no tratamento estar dependente do desempenho no diagnóstico (onde a RA teve um efeito positivo como vimos anteriormente), os já elevados níveis de desempenho observados no primeiro momento para os dois grupos podem explicar a menor sensibilidade do e-FER para eventuais diferenças introduzidas pela RA na fase de tratamento.

Quadro 4.17. Aplicação do Teste de Wilcoxon para comparação entre momentos de avaliação, relativamente aos acertos do grupo experimental (*n*=30) nos parâmetros de tratamento.

Acertos	1.º momento		2.º momento		Teste Wilcoxon	
	M	DP	M	DP	Z	*p*
Soluto de limpeza	3,86	2,50	3,85	2,18	-0,443	0,658
Desbridantes	3,49	2,22	3,77	2,17	-1,006	0,315
Absorsores com ação desbridante	3,34	2,23	3,77	2,16	-1,388	0,165
Poliuretanos	3,66	2,36	3,83	2,20	-0,751	0,452
Hidrocolóides	3,71	2,41	3,84	2,18	-0,832	0,405
Películas	3,78	2,45	3,85	2,18	-0,616	0,538
Apósitos com carvão ativado	3,75	2,44	3,85	2,18	-0,768	0,443
Material impregnado	3,75	2,47	3,85	2,18	-0,584	0,559
Promotores da cicatrização	3,75	2,43	3,85	2,18	-0,714	0,475
Material de penso complementar	3,09	2,06	3,78	2,19	-1,903	0,057
Procedimento complementar	1,86	0,65	1,10	0,15	-4,660	0,000
Tratamento (total)	38,05	23,93	39,35	21,73	-0,771	0,441

4.4.3. Confrontação do desempenho com a fundamentação teórica

Tal como descrito na fundamentação teórica da presente tese, a utilização da RA contribui para a melhoria da performance dos participantes, quando comparado com outros métodos de treino (Botden *et al.*, 2007; Botden, de Hingh & Jakimowicz, 2009; Luciano *et al.*, 2011; Yeo *et al.*, 2011; Brinkman *et al.*, 2012b; Nugent et al., 2012; Ungi *et al.*, 2012; Albrecht *et al.,* 2013; Moult *et al*., 2013; Nugent *et al*., 2013; Wilson *et al*., 2013; Leitritz *et al*., 2014; Noll *et al*., 2014; Abhari *et al.*, 2015). A maioria dos estudos apresentados realizou-se com participantes sem experiência e constatou-se a efetividade da RA na fase inicial da curva de aprendizagem.

O potencial pedagógico da RA na educação médica é evidente, como comprova também a presente investigação onde o grupo experimental, sem experiência na área em estudo, aumentou significativamente o seu desempenho no diagnóstico das feridas crónicas em comparação com o grupo que não utilizou a RA. É, de facto, na fase de diagnóstico que a visualização assume um papel preponderante para uma correta tomada de decisão. Na fase posterior de tratamento a visualização assume um papel secundário, pois o acerto no tratamento dependerá da realização de um diagnóstico correto. Tal como descrito na caracterização da plataforma e-FER, o sistema apenas permite submeter as respostas de tratamento após o correto diagnóstico do caso clínico. Esta funcionalidade reforça a importância do acerto no diagnóstico para que o estudante possa avançar para a fase seguinte. Num contexto real o sucesso do tratamento dependerá, naturalmente, do correto diagnóstico efetuado.

O treino por objetivos revelou-se mais eficaz no estudo de Brinkman *et al*. (2012b) quando em comparação com o treino realizado em função do tempo. Neste sentido, também o presente estudo revela uma abordagem pedagógica similar, por objetivos, centrada no desenvolvimento de competências de diagnóstico e tratamento de feridas crónicas através da resolução de casos clínicos utilizando a RA.

Podemos ainda destacar a existência de uma abordagem pedagógica e curricular associada que fortalece a integração da atividade no processo de ensino e aprendizagem, lacuna identificada nalguns estudos e que Zhu *et al.* (2014) apresenta como um problema. O simulador e-FER estimula a tomada de decisão através da resolução de problemas, uma abordagem pedagógica com grande potencial na educação médica e que diversos autores defendem (Newby *et al.*, 1996; Docherty *et al*., 2005; Chegwidden, 2006; Ward & Hartley, 2006; Corrigan *et al.*, 2008). É de salientar que, de acordo com Docherty *et al*. (2005), a utilização do eLearning na educação médica assume-se como uma metodologia que pode potenciar o *problem-based learning*, assente numa perspetiva de aprendizagem construtivista.

No presente estudo, que envolve a visualização e subsequente registo das respostas, a informação submetida é validada diretamente pelo simulador que fornece *feedback* automático após cada tentativa, detalhado os acertos e os erros. Assim, o sistema funciona autonomamente, ao contrário de outros estudos que exigem a presença de um formador externo para validar as tarefas realizadas com componente prática, como por exemplo a força de um nó (Botden, de Hingh & Jakimowicz, 2009). Importa clarificar que, nesta comparação, a natureza das tarefas a executar é completamente distinta (visualização *versus* ação). Contudo, não deixa de ser importante referir que o simulador e-FER e a RA conseguem suportar uma aprendizagem individual, ao ritmo de cada estudante, que gere o seu próprio tempo.

A utilização da RA abre uma nova dimensão aos estudantes no ensino e aprendizagem sobre feridas crónicas, proporcionando uma experiência mais realista e contextualizada, com valor pedagógico significativo.

No próximo capítulo apresentaremos as conclusões desta investigação de acordo com os resultados obtidos, as suas limitações e perspetivas futuras, no sentido de contribuir para a integração curricular da RA no ensino em geral e na educação médica em particular.

5. Conclusões

5.1. Síntese reflexiva do estudo

O presente estudo teve como objetivo verificar se a RA potencia melhores resultados no diagnóstico e tratamento de feridas crónicas, aumenta a motivação dos estudantes e a usabilidade do simulador e-FER. Para isso realizou-se uma investigação de natureza quantitativa – quase experimental, onde comparámos a motivação, a usabilidade do sistema e o desempenho de dois grupos de estudantes de Enfermagem na resolução de casos clínicos de feridas crónicas com e sem RA.

No enquadramento teórico vimos que a RA é utilizada em educação com resultados positivos em diversas áreas e níveis de ensino, justificando a pertinência do seu estudo. É interessante verificar que o mais recente relatório *Horizon Higher Education Edition* (2016) volta a apontar a RA como uma tecnologia educativa emergente a médio prazo (Johnson *et al.*, 2016). Ou seja, estamos ainda perante uma tecnologia com grande margem de progressão a nível educativo, com muito por explorar. Acreditamos que este estudo pode representar mais um passo na generalização da RA em educação, desmistificando a ideia da RA como uma tecnologia complexa, podendo ser integrada em contextos de ensino e aprendizagem de uma forma relativamente rápida e simples.

A evolução da tecnologia trouxe equipamentos de RA mais leves, menos obstrutivos e acessíveis a qualquer utilizador. No entanto, e do ponto de vista educacional, a RA deve ser compreendida como um conceito, conceptualizado para além da tecnologia. No presente estudo procurámos utilizar tecnologia *user-friendly* e de fácil acesso, tanto ao nível do equipamento como das aplicações utilizadas para desenvolver a solução de RA. Deste modo, desenvolvemos um sistema de RA simples, autónomo e flexível, podendo ser utilizado em qualquer lugar por qualquer pessoa, mais real do que virtual pois a quantidade de informação adicionada à realidade é reduzida.

Um dos problemas identificados na fundamentação teórica foi a rigidez de alguns sistemas de RA, ou seja, a dificuldade em editar e *costumizar* as

aplicações de RA de acordo com a necessidades educativas. Reconhecemos que algum conhecimento técnico é necessário, principalmente se existir a necessidade de otimizar os modelos 3D. Contudo, a criação dos objetos é um processo bastante simples que pode ser realizado diretamente com um dispositivo móvel, recorrendo à mesma aplicação utilizada neste estudo – *Autodesk 123D Catch*. Desta forma tanto professores como estudantes conseguem produzir conteúdos 3D para posterior implementação numa aplicação RA. Embora a aplicação utilizada neste estudo (*ViewAR*) continue disponível, a mesma já não permite a sua utilização gratuita por qualquer indivíduo, apresentando apenas uma versão comercial orientada ao cliente. Como alternativa poderá ser utilizada a aplicação *Aurasma*[12] ou *Augment*[13]. Estas soluções permitem o *upload* e gestão de conteúdos 3D e a sua visualização no mundo real, usando a respetiva aplicação para dispositivo móvel e um marcador impresso.

Tal como vimos no capítulo *2.1.2. Definições de Realidade Aumentada*, estamos perante uma solução *lightly augmented* e por isso menos imersiva, de acordo com o espetro de RA apresentado por Klopfer (2008). Assim, a possibilidade de sobrecarga cognitiva (Wu *et al.*, 2013) é praticamente nula, bem como a perda do sentido do mundo real (Dunleavy *et al*., 2009), pois a RA focou-se apenas na introdução da ferida crónica 3D no mundo real.

Relativamente à RA na educação médica, verificámos que existem vários estudos que comprovam a sua efetividade no desenvolvimento de competências, mais acentuada em participantes sem experiência, e a transferência das competências adquiridas para o mundo real. A RA na simulação médica apresenta-se como um método seguro e efetivo comparativamente aos métodos de treino tradicionais, permitindo a realização de tarefas um número infinito de vezes e a aquisição de experiência na realização de procedimentos clínicos, através da prática simulada, sem riscos para os pacientes.

[12] *Aurasma*: https://www.aurasma.com [acedido em 15/11/2015]
[13] *Augment (versão de teste gratuita por 30 dias)*: http://www.augment.com [acedido em 15/11/2015]

Na presente investigação comprovámos a efetividade da RA no desenvolvimento de competências de diagnóstico de feridas crónicas, num grupo de participantes sem experiência. Em concreto, o grupo que utilizou a RA na fase de diagnóstico obteve melhores resultados do que o grupo de controlo, com diferenças estatisticamente significativas. A observação da ferida assume um papel fundamental para um correto diagnóstico. Neste sentido, a utilização da RA como ferramenta para observar a ferida crónica permitiu aos estudantes do grupo experimental realizar um melhor diagnóstico dessa mesma ferida, tal como comprova o melhor desempenho registado por este grupo. Fatores como a motivação e usabilidade, também objeto de estudo, mantiveram índices elevados sem interferência nos resultados. A elevada motivação dos participantes é um dado positivo a registar bem como a usabilidade percecionada, já que foi utilizado um dispositivo adicional para visualização da RA, situação que poderia interferir com este último fator.

No nosso estudo destacamos também a existência de uma abordagem pedagógica explícita, de natureza construtivista, centrada no *problem-based learning* e com objetivos de aprendizagem bem definidos, nomeadamente o desenvolvimento de competências de diagnóstico e tratamento de feridas crónicas e de tomada de decisão clínica, através da resolução de casos clínicos utilizando a RA. Este facto contrapõe o que Zhu *et al*. (2014) identificam como um problema nos estudos que integram a RA na educação médica, isto é, a ausência de um modelo pedagógico explícito.

Relativamente à plataforma e-FER, importa referir que este estudo permitiu atenuar o menor efeito, observado por Costa (2010), do simulador e-FER no desenvolvimento de competências diagnósticas em parâmetros relacionados com a profundidade das feridas. Este facto poderá ser explicado pela utilização de conteúdos 3D em RA, adicionando uma terceira dimensão quando comparado com imagens a duas dimensões.

Ainda relativamente ao simulador e-FER, na revisão da literatura efetuada não encontrámos sistemas com princípios semelhantes na área das feridas crónicas. Acreditamos por isso que o sistema e-FER com RA é inovador e que

apresenta características únicas, auxiliando o futuro profissional de saúde na tomada de decisão sobre o diagnóstico e posterior tratamento de feridas crónicas.

5.2. Resposta às questões de investigação

Neste ponto apresentamos, de forma concisa, as respostas às questões que nortearam a presente investigação, partindo das subquestões específicas para a questão final.

Subquestões de investigação:

- *A observação de uma ferida crónica com recurso à RA permite aos estudantes realizar um melhor diagnóstico dessa mesma ferida?*

Os resultados indiciam que o sistema e-FER com RA aumenta as competências na tomada de decisão clínica no diagnóstico de feridas, comparativamente ao sistema e-FER sem RA, com diferenças estatisticamente muito significativas (p<0,001) nos testes Mann-Whitney U e Wilcoxon. Os dados obtidos permitem concluir que a introdução da RA para auxiliar no diagnóstico de feridas potenciou o desempenho dos estudantes na resolução dos casos clínicos propostos.

- *A observação de uma ferida crónica com recurso à RA permite aos estudantes escolher um melhor tratamento para essa mesma ferida?*

Na fase de tratamento não se revelaram diferenças estatisticamente significativas entre os grupos experimental e de controlo. No presente estudo verificámos a importância da RA na observação da ferida, tarefa realizada na fase de diagnóstico. Na fase posterior, do tratamento, as diferenças não foram estatisticamente significativas pois a taxa de sucesso já era bastante elevada antes da introdução da RA.

- *A RA no ensino da enfermagem aumenta a motivação dos estudantes?*

Os estudantes revelaram, na primeira fase de avaliação do estudo, uma motivação inicial elevada, que se manteve elevada ao longo da experiência. Assim, após a introdução da RA continuaram a observar-se elevados índices de motivação entre os estudantes, embora sem diferenças estatisticamente significativas entre os dois momentos.

- *A RA aumenta a usabilidade do e-FER percecionada pelos estudantes?*

Em relação à usabilidade percecionada, os resultados mostram que a introdução da RA não perturbou parâmetros como a *Satisfação e eficácia*, *Atitude*, *Ergonomia* e *Eficiência*, não obstante a necessidade de manuseamento de um equipamento adicional para além de um computador. A elevada usabilidade mantida no sistema e-FER com a RA é um aspeto positivo que revela que o dispositivo adicional introduzido, neste caso um *tablet*, não perturbou o desempenho dos estudantes na realização da tarefa.

Questão de investigação:

- *De que forma a implementação da RA pode potenciar a aprendizagem dos estudantes através de um simulador de tomada de decisão (plataforma e-FER)?*

Com esta investigação concluímos que a RA potenciou a aprendizagem dos estudantes na fase de observação dos casos clínicos, isto é, na fase de diagnóstico, não existindo diferenças estatisticamente significativas na fase de tratamento. Os estudantes revelaram elevada motivação para a realização da tarefa e indicaram que o sistema e-FER tem elevada usabilidade, mesmo com a introdução de um dispositivo adicional para visualização das feridas crónicas em RA.

5.3. Limitações do estudo

Nesta secção identificamos algumas limitações presentes na investigação, com implicações na generalização dos resultados obtidos e na replicação do mesmo.

A principal limitação encontra-se no tamanho da amostra (*n*=54 na avaliação do desempenho dos estudantes através dos dados extraídos do simulador e-FER; *n*=35 na avaliação da motivação e usabilidade através de questionários aos estudantes) e no facto de termos utilizado uma amostra por conveniência, isto é, não aleatória, o que limita a generalização dos resultados.

Outra limitação é o facto da aplicação *ViewAR* usada para visualização da RA já não permitir a sua utilização gratuita, onde era possível fazer o *upload* e gestão dos conteúdos 3D. A ferramenta apresenta apenas uma versão comercial orientada à produção de soluções de RA específicas para clientes, sem versão de teste. Esta mudança tem implicações já que impossibilita a replicação exata, do ponto de vista técnico, do presente estudo. Contudo, existem aplicações online de RA alternativas onde os conteúdos 3D poderão ser carregados e visualizados de forma idêntica, com recurso a uma aplicação para dispositivo móvel e um marcador. Tal como vimos anteriormente a RA deve ser vista para além da tecnologia. Isto significa que deverá ser possível recriar uma experiência de aprendizagem com recurso à RA idêntica, através da implementação dos mesmos conteúdos noutra aplicação e tendo como base os mesmos princípios educacionais definidos para a realização da atividade com os estudantes.

5.4. Perspetivas futuras

A realização desta investigação gerou naturalmente várias ideias que poderão ser desenvolvidas no futuro, no sentido de otimizar o sistema.

Do ponto de vista da usabilidade, seria interessante o desenvolvimento de um sistema único, acessível via dispositivo móvel, que agregasse num mesmo ecrã a visualização da ferida em RA, informação adicional de suporte à tomada de

decisão clínica e o questionário para registo do diagnóstico e tratamento do caso clínico. Desta forma o estudante utilizaria apenas um dispositivo, ao invés de dois, como aconteceu no presente estudo.

A utilização de óculos de RA, como os apresentados no capítulo *2.1.3. Evolução das tecnologias RA*, é outra ideia interessante, pois permitiria uma aproximação ainda maior ao contexto profissional de diagnóstico e tratamento de feridas crónicas, libertando as mãos do utilizador que, no presente estudo, segura um dispositivo móvel. Esta ideia, aliada a um sistema com *feedback* háptico, poderia permitir uma simulação prática do tratamento da ferida, como por exemplo a aplicação de soluções, pomadas, pensos, etc. Desta forma seria possível aliar uma componente de simulação teórica, de tomada de decisão, a uma componente de simulação prática de tratamento de feridas.

5.5. Divulgação do estudo na comunidade académica

Por fim, encontram-se listadas as participações realizadas em eventos de divulgação científica onde a presente investigação e os respetivos resultados obtidos foram apresentados, entre 2012 e 2015.

Jorge, N., Gaspar, P. & Morgado, L. (2012). Realidade aumentada em educação: projeto de e-Learning aplicado na área da saúde. *Livro de Atas da Conferência Internacional Investigação, Práticas e Contextos em Educação*, 431, 25-26 de maio de 2012, Leiria, Instituto Politécnico de Leiria. Disponível em: http://tinyurl.com/gw4a5uk

Jorge, N., Gaspar, P., Morgado, L. (2012). Realidade Aumentada mediada por tecnologias móveis no ensino da enfermagem, In Carvalho, A. A. A., Pessoa, T., Cruz, S., Moura, A., & Marques, C. G. (orgs.) (2012). *Atas do Encontro sobre Jogos e Mobile Learning*. Braga: CIEd. Disponível em http://hdl.handle.net/10400.2/2392.
Apresentação disponível em: http://pt.slideshare.net/ejml/realidade-aumentada-mediada-por-tecnologias-mveis-no-ensino-da-enfermagem

Jorge, N., Morgado, L. & Gaspar, P. (2013). Avaliação das competências dos estudantes num simulador virtual de tomada de decisão clínica. *Livro de resumos da CATES 2013 - 1ª Conferência internacional Avaliação e Tecnologias no Ensino Superior*, 9-10, 18-19 de julho de 2013, Museu das Comunicações, Lisboa. Disponível em: https://cates2013.files.wordpress.com/2013/07/cates-2013_livro-de-resumos1.pdf

Apresentação disponível em: https://prezi.com/as67gf36cryl/avaliacao-das-competencias-dos-estudantes-num-simulador-virtual-de-tomada-de-decisao-clinica/

Jorge, N., Morgado, L. & Gaspar, P. (2013). Realidade Aumentada num simulador virtual de tomada de decisão clínica. Participação no painel temático Investigação em EAD e Elearning: Balanço e perspetivas II, do *III Colóquio Luso-Brasileiro de Educação a Distância e Elearning*, 6-7 de dezembro de 2013, Pavilhão do Conhecimento, Lisboa.

Apresentação disponível em: https://prezi.com/unoqtynkmc5q/realidade-aumentada-num-simulador-virtual-de-tomada-de-decisao-clinica/

Jorge, N., Gaspar, P. & Morgado, L. (2014). Augmented reality for improving clinical decision skills. Resumo apresentado no *2 º Congresso Internacional de Saúde do IPLeiria: Desafios e Inovação em Saúde*, 9-10 de maio de 2014, Leiria, Instituto Politécnico de Leiria.

Apresentação disponível em: https://prezi.com/xawa1zbludtc/augmented-reality-for-improving-clinical-decision-skills/

Jorge, N., Gaspar, P. & Morgado, L. (2014). Augmented reality for improving clinical decision skills. *Revista de Saúde Pública,* 48, 24-30. Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262670592_Augmented_reality_for_improving_clinical_decision_skills

Outros conteúdos e ações de divulgação do estudo:

- Vídeo produzido em 2012 que exemplifica como visualizar os casos clínicos através da RA: https://youtu.be/sMd_NfXBFU8
- Jorge, N. (2015). Augmented reality for improving clinical decision skills. Apresentação da investigação em contexto professional na *Innovation session – Online Course Development Team meeting*, 27 de agosto de 2015. Delft University of Technology.
  Apresentação disponível em: https://prezi.com/gp7ecmjrqraw/augmented-reality-for-improving-clinical-decision-skills/

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abhari, K., Baxter, J. S. H., Chen, E. C. S., Khan, A. R., Peters, T. M., de Ribaupierre, S., & Eagleson, R. (2015). Training for Planning Tumour Resection: Augmented Reality and Human Factors. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62 (6), 1466-1477. doi: 10.1109/TBME.2014.2385874

Alaraj, A., Charbel, F. T., Birk, D., Tobin, M., Luciano, C., Banerjee, P. P., Rizzi, S., Sorenson, J., Foley, K., Slavin, K., & Roitberg, B. (2013). Role of cranial and spinal virtual and augmented reality simulation using immersive touch modules in neurosurgical training. *Neurosurgery*, 72 (1), 115-23. doi: 10.1227/NEU.0b013e3182753093

Albrecht, U., Folta-Schoofs, K., Behrends, M., & von Jan, U. (2013). Effects of Mobile Augmented Reality Learning Compared to Textbook Learning on Medical Students: Randomized Controlled Pilot Study. *Journal Of Medical Internet Research*, 15 (8). doi: 10.2196/jmir.2497

Albrecht, U., Noll, C., & von Jan, U. (2013). Explore and Experience: Mobile Augmented Reality for Medical Training. *Studies in Health Technology and Informatics*, 192, 382-386. MEDINFO 2013: Proceedings of the 14th World Congress on Medical and Health Informatics, Aug 20-23, 2013, Copenhagen, Denmark. doi: 10.3233/978-1-61499-289-9-382

Almeida, L. S., & Freire, T. (2003). *Metodologia da investigação em psicologia e educação*. Braga:Psiquilibrios.

Arango, J., Mazo, J., & Peñapalacio, A. (2013). Sistema para Rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma utilizando Interfaz Cerebro-Computador y Realidad Aumentada. *Iberian Journal of Information Systems and Technologies, 11* (2013), 93-106. doi:10.4304/risti.11.93-106

Arvanitis, T. N., Petrou, A., Knight, J. F., Savas, S., Sotiriou, S., Gargalakos, M., & Gialouri, E. (2007). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. *Personal and Ubiquitous Computing, 13*(3), 243–250. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s00779-007-0187-7

Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 6 (4), 355-385.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & Macintyre, B. (2001). Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computers Graphics and Applications,* 35-47*.*

Bandura, A. (1976). *Social learning theory*. Englewood Cliffs N.J.: Prentice-Hall.

Bergig, O., Hagbi, N., El-Sana, J., & Billinghurst, M. (2009). In-place 3D sketching for authoring and augmenting mechanical systems (pp. 87–94). 8th IEEE international symposium on mixed and augmented reality (ISMAR), Orlando, FL. doi: dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2009.5336490.

Bifulco, P., Narducci, F., Vertucci, R., Ambruosi, P., Cesarelli, M., & Romano, M. (2014). Telemedicine supported by Augmented Reality: an interactive guide for untrained people in performing an ECG test. *Biomedical Engineering Online*, 13. doi: 10.1186/1475-925X-13-153

Birchfield, D., & Megowan-Romanowicz, C. (2009). Earth science learning in SMALLab: a design experiment for mixed reality. *International Journal of Computer-supported Collaborative Learning, 4*(4), 403–421. doi: dx.doi.org/10.1007/s11412-009-9074-8.

Blackwell, M., Morgan, F., & DiGioia, A.M. (1998). Augmented reality and its future in orthopaedics. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 354, 111-122.

Botden, S. M. B. I., Buzink, S. N., Schijven, M. P., & Jakimowicz, J. J. (2008). ProMIS Augmented Reality Training of Laparoscopic Procedures Face Validity. *Simulation in Healthcare*, 3 (2), 97-102. doi: 10.1097/SIH.0b013e3181659e91

Botden, S. M. B. I., Buzink, S. N., Schijven, M. P., & Jakimowicz, J. J. (2007). Augmented versus virtual reality laparoscopic simulation: What is the difference? A comparison of the ProMIS augmented reality laparoscopic

simulator versus LapSim virtual reality laparoscopic simulator. *World Journal of Surgery*, 31 (4), 764-772. doi: 10.1007/s00268-006-0724-y

Botden, S. M. B. I., de Hingh, I. H. J. T., & Jakimowicz, J. J. (2009). Suturing training in Augmented Reality: gaining proficiency in suturing skills faster. *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques*, 23 (9), 2131-2137. doi: 10.1007/s00464-008-0240-2

Brinkman, W. M., Havermans, S. Y., Buzink, S. N., Botden, S. M. B. I., Jakimowicz, J. J., & Schoot, B. C. (2012a). Single versus multimodality training basic laparoscopic skills. *Surgical Endoscopy and other Interventional Techniques*, 26 (8), 2172-2178. 19th International Congress of the European-Association-for-Endoscopic-Surgery (EAES), Jun 15-18, 2011, Turin, Italy. doi: 10.1007/s00464-012-2184-9

Brinkman, W. M., Buzink, S. N., Alevizos, L., de Hingh, I. H. J. T., & Jakimowicz, J. J. (2012b). Criterion-based laparoscopic training reduces total training time. *Surgical Endoscopy and other Interventional Techniques*, 26 (4), 1095-1101. Congress of the EAES, May 16-18, 2011, Turin, Italy. doi: 10.1007/s00464-011-2005-6

Broll, W., Lindt, I., Herbst, I., Ohlenburg, J., Braun, A. K., & Wetzel, R. (2008). Toward next-gen mobile AR games. *Computer Graphics and Applications, IEEE, 28*(4), 40–48. doi: dx.doi.org/10.1109/MCG.2008.85

Bronack, S. C. (2011). The role of immersive media in online education. *Journal of Continuing Higher Education, 59*(2), 113–117. doi: dx.doi.org/10.1080/07377363.2011.583186

Burkle, F. M. Jr., Argent, A. C., & Kissoon, N. (2011). The reality of pediatric emergency mass critical care in the developing world. *Pediatric Critical Care Medicine*, 12 (6), S169-S179. doi: 10.1097/PCC.0b013e318234a906

Burns, N., & Grove, S. (2005). *The practice of nursing research: Conduct, critique, and utilization* (5th ed.). St. Louis, MI: Elesvier Inc.

Camilo, H. (2008). A Educação Médica Baseada na Simulação e em Simuladores. *Essências Educare*, nº8. Direção de Educação Médica da Faculdade de Medicina. Universidade de Coimbra.

Chang, G., Morreale, P., & Medicherla, P. (2010). Applications of Augmented Reality Systems in Education. In D. Gibson & B. Dodge (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010,* 1380-1385. Chesapeake, VA: AACE. Disponível em: http://www.editlib.org/p/33549

Chang, H.-Y., Wu, H.-K., & Hsu, Y.-S. (2012). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *British Journal of Educational Technology*. doi: dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01379.x

Chegwidden, W. R. (2006). A problem-based learning pathway for medical students: Improving the process through action research. Annals Academy of Medicine Singapore, 35, 642-646.

Chen, Y.-C. (2006). A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. In *Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications*, (pp. 369-372). Hong Kong, China.

Chen, Y.-C., Chi, H.-L., Hung, W.-H., & Kang, S.-C. (2011). Use of tangible and augmented reality models in engineering graphics courses. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 137*(4), 267–276.

Chien, C. H., Chen, C. H., & Jeng, T. S. (2010). An Interactive Augmented Reality System for Learning Anatomy Structure. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists* 2010 Vol I, IMECS 2010, Mar 17-19, 2010, Hong Kong.

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.

Coles, T. R., John, N. W., Gould, D. A., & Caldwell, D. G. (2011). Integrating Haptics with Augmented Reality in a Femoral Palpation and Needle Insertion Training Simulation. *IEEE Transactions on Haptics*, 4 (3), 199-209.

Cook, D. A., Dupras, D. M., Thompson, W. G., & Pankratz, V. S. (2005). Web-based learning in residents' continuity clinics: A randomized, controlled trial. *Academic Medicine*, 80(1), 90–97.

Corrigan, M., Reardon, M., Shields, C., & Redmond, H. (2008) "SURGENT"-Student e-Learning for Reality: The Application of Interactive Visual Images to Problem-Based Learning in Undergraduate Surgery. Journal of Surgical Education, 65, 120-125.

Costa, J. (2010). *Efetividade de um Web Based Learning para o desenvolvimento de competências no âmbito das feridas crónicas*. Tesis de doctorado do Programa de Doctorado en Ingeniería Multimedia, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

Davis, J., Crabb, S., Rogers, E., Zamora, J., & Khan, K. (2008). Computer-based teaching is as good as face to face lecture-based teaching of evidence based medicine: A randomized controlled trial. *Medical Teacher*, 30(3), 302–307.

De Paolis, L. T., Pulimeno, M., & Aloisio, G. (2008). An augmented reality application for minimally invasive surgery. In *IFMBE Proceedings 14th Nordic-Baltic Conference on Biomedical Engineering and Medical Physics* (pp. 489-492). Riga, Latvia: Springer Berlin Heidelberg.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.

Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science, 323*(5910), 66–69. doi: dx.doi.org/10.1126/science.1167311

Docherty, C., Hoy, D., Topp, H., & Trinder, K. (2005). eLearning techniques supporting Problem Based Learning in clinical simulation. *International Journal of Medical Informatics*, 74, 527-533.

Driessnack, M., Sousa, V. D., & Mendes, I. A. C. (2007). An overview of research designs relevant to nursing: part 2: qualitative research designs. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 15: 684-688.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology, 18*(1), 7–22. doi: dx.doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1

eHealth (2003). *Ministerial Declaration Brussels*, 22 May 2003. Disponível em: <http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/ehealth/conference/2003/doc/min_dec_22_may_03.pdf >. Acesso em: 03 abr. 2014

Ellaway, R. (2010). eMedical Teacher. *Medical Teacher*, 32:9, 791-793. doi: dx.doi.org/10.3109/0142159X.2010.513223

Farrel, M. (2006). Learning differently: e-learning in nurse education. *Nursing Management*, 13(6), 14-17.

Feeg, V. D., Bashatah, A., & Langley, C. (2005). Development and testing of aCD-ROM based tutorial for nursing students: Getting ready for HIPAA. *Journal of Nursing Education*, 44 (8), 381–386.

Feifer, A., Delisle, J., & Anidjar, M. (2008). Hybrid augmented reality simulator: Preliminary construct validation of laparoscopic smoothness in a urology residency program. *Journal of Urology*, 180 (4), 1455-1459. doi: 10.1016/j.juro.2008.06.042

Feng, J. Y., Chang, Y. T., Chang, H. Y., Erdley, W. S., Lin, C. H., & Chang, Y. J. (2013). Systematic review of effectiveness of situated e-learning on medical and nursing education. *Worldviews Evid-Based Nurs., 10*(3):174–183. doi: 10.1111/wvn.12005

Feng, Z., Duh, H. B.-L., & Billinghurst, M. (2008). *Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR*. 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), Cambridge, UK. doi: dx.doi.org/10.1109/ismar.2008.4637362

Fisher, J. B., & Porter, S. M. (2002). Using mixed reality, force feedback and tactile augmentation to improve the realism of medical simulation. *Studies in Health Technology and Informatics*, 85, 144-149. 10th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference, Jan 23, 2002, Newport Beach, CA.

Fortin, M.F. (2005). *O processo de Investigação: da conceção à realização*. Loures:Lusociencia.

Fjeld, M., & Voegtli, B. M. (2002). *Augmented chemistry: An interactive educational workbench* (pp. 259–321). International symposium on mixed and augmented reality (ISMAR), Darmstadt, Germany. doi: dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2002.1115100.

Gaba D. M. (2004). The future vision of simulation in health care. *Quality and Safety in Health Care,* 13, 2-10.

Gaspar, P. (2010). *Modelo de estimação dos custos da não formação em saúde no âmbito do diagnóstico e tratamento de feridas crónicas: uso de simulação da decisão clínica com ferramentas baseadas na Internet*. Tesis de doctorado do Programa de Doctorado en Ingeniería Multimedia, Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona.

Genc, Y., Riedel, S., Souvannavong, F., Akinlar, C., & Navab, N. (2002). Marker-less tracking for AR: a learning-based approach. *Proceedings of the international symposium on mixed and augmented reality* (ISMAR'02), Darmstadt: IEEE Computer Society, 295-304, IEEE Xplore.

Hansen, C., Wieferich, J., Ritter, F., Rieder, C., & Peitgen, H.-O. (2009). Illustrative visualization of 3D planning models for augmented reality in liver surgery. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery,* 5 (2), 133-41. doi: 10.1007/s11548-009-0365-3.

Herzberg, F. (1966). *The Motivation to Work*. Wiley: London.

Hill, M.M., & Hill, A. (2000). *Investigação por questionário*. Lisboa: Edições Síbalo.

Hogan, M., Sabri, H., & Kapralos, B. (2007). Interactive community simulation environment for community health nursing. *FuturePlay 2007 - International Conference on the Future of Game Design and Technology*. Toronto, Ontario, Canada. Nov 15-17, ACM.

Hung, C. M., Hwang, G. J., & Huang, I. (2012). A Project-based Digital Storytelling Approach for Improving Students' Learning Motivation, Problem-Solving Competence and Learning Achievement. *Educational Technology & Society, 15*(4), 368-379.

Jeon, Y., Choi, S., & Kim, H. (2014). Evaluation of a simplified augmented reality device for ultrasound-guided vascular access in a vascular phantom. *Journal of Clinical Anesthesia*, 26 (6) 485-489. doi: 10.1016/j.jclinane.2014.02.010

John, N. W., & Lim, I. S. (2007). Cybermedicine tools for communication and learning. *Journal of visual communication in medicine*, 30 (1), 4-9. doi: 10.1080/01405110701252963

Johnson, L., Levine, A., Smith, R., & Stone, S. (2010). *The 2010 Horizon Report.* Austin, Texas: The New Media Consortium.

Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K., (2011). *The 2011 Horizon Report*. Austin, Texas: The New Media Consortium.

Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.

Kamphuis, C., Barsom, E., Schijven, M., & Christoph, N. (2014). Augmented reality in medical education? *Perspectives on medical education*, 3 (4), 300-11. doi: 10.1007/s40037-013-0107-7

Kaufmann, H. (2006). *The potential of augmented reality in dynamic geometry education*. 12th International Conference on Geometry and Graphics. Salvador, Brazil.

Kaufmann, H. (2009). *Dynamic differential geometry in education*. Journal for Geometry and Graphics , 13(2), 131-144.

Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2002). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. In *Proceedings of the International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques* (ACMSIGGRAPH 2002) (pp. 37-41). San Antonio, Texas.

Kaufmann, H., Schmalstieg, D., & Wagner, M. (2000). *Construct3D: A virtual reality application for mathematics and geometry education.* Education and Information Technologies , 5(4), 263-276.

Kaufmann, H., Steinbugl, K., Dunser, A., & Gluck, J. (2005). General training of spatial abilities by geometry education in augmented reality. *Cyberpsychology & Behavior, 8*(4), 330.

Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). *"Making it real": Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science*. Virtual Reality , 10(3-4), 163-174.

Klopfer, E. (2008). *Augmented learning: Research and design of mobile educational games*. Cambridge, MA: MIT Press.

Klopfer, E., & Sheldon, J. (2010). Augmenting your own reality: student authoring of science-based augmented reality games. *New Directions for Youth Development, 128*, 85–94. doi: dx.doi.org/10.1002/yd.378

Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental detectives: the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development, 56*(2), 203–228. doi: dx.doi.org/10.1007/s11423-007-9037-6

Klopfer, E., & Yoon, S. (2005). Developing games and simulations for today and tomorrow's tech savvy youth. TechTrends, 49(3), 33–41.

Koehring, A., Foo, J. L., Miyano, G., Lobe, T., & Winer, E. (2008). A Framework for Interactive Visualization of Digital Medical Images. *Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques*, 18 (5), 697-706. doi: 10.1089/lap.2007.0240

Kotranza, A., Lind, D. S., & Lok, B. (2012). Real-Time Evaluation and Visualization of Learner Performance in a Mixed-Reality Environment for Clinical Breast Examination, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 18 (7), 1101-1114. doi: 10.1109/TVCG.2011.132

Kotranza, A., Lind, D. S., Pugh, C. M., & Lok, B. (2009). *Real-time in-situ visual* feedback *of task performance in mixed environments for learning joint psychomotorcognitive tasks* (pp. 125–134). 8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), Orlando, FL. doi: dx.doi.org/10.1109/ISMAR.2009.5336485.

Leblanc, F., Champagne, B. J., Augestad, K. M., Neary, P. C., Senagore, A. J., Ellis, C. N., & Delaney, C. P. (2010a). A Comparison of Human Cadaver and Augmented Reality Simulator Models for Straight Laparoscopic Colorectal Skills Acquisition Training. *Journal of the American College of Surgeons*, 211 (2), 250-255. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2010.04.002

Leblanc, F., Delaney, C. P., Ellis, C. N., Neary, P. C., Champagne, B. J., & Senagore, A. J. (2010b). Hand-Assisted Versus Straight Laparoscopic Sigmoid Colectomy on a Training Simulator: What is the Difference? A Stepwise Comparison of Hand-Assisted Versus Straight Laparoscopic Sigmoid Colectomy Performance on an Augmented Reality Simulator. *World Journal of Surgery*, 34 (12), 2909-2914. doi: 10.1007/s00268-010-0765-0

Lee, S. L., Lerotic, M., Vitiello, V., Giannarou, S., Kwok, K.W., Visentini-Scarzanella, M., & Yang, G. Z. (2010). From medical images to minimally invasive intervention: Computer assistance for robotic surgery. *Computerized Medical Imaging and Graphics, 34* (1), 33-45. doi: 10.1016/j.compmedimag.2009.07.007

Leitritz, M. A., Ziemssen, F., Suesskind, D., Partsch, M., Voykov, B., Bartz-Schmidt, K. U., & Szurman, G. B. (2014). Critical Evaluation of the Usability of Augmented Reality Ophthalmoscopy for the Training of Inexperienced Examiners. *RETINA - The Journal of Retinal and Vitreous Diseases*, 34 (4), 785-791.

Lewis, M. J., Davies, R., Jenkins, D., & Tait, M. I. (2005). A review of evaluative studies of computer-based learning in nursing education. *Nurse Education Today*, *25*, 586-597.

Liu, W., Cheok, A. D., Mei-Ling, C. L., & Theng, Y.-L. (2007). *Mixed reality classroom: Learning from entertainment.* 2nd International Conference on Digital Interactive Media in Entertainment and Arts, Perth, Australia.

Liu, T. Y., & Chu, Y. L. (2010). Using ubiquitous games in an English listening and speaking course: Impact on learning outcomes and motivation. Computers & Education, 55(2), 630-643.

Liu, T.-Y., Tan, T.-H., & Chu, Y.-L. (2009). Outdoor natural science learning with an RFID-supported immersive ubiquitous learning environment. *Educational Technology & Society, 12*(4), 161–175.

LoBiondo-Wood, G., & Haber, J. (2002). *Nursing research: Methods, critical appraisal and utilization* (5ª ed). St.Louis: Mosby.

Locke, E. A., & Latham, G. P. (1984). *Goal setting: A motivational technique that works*. Englewood Cliffs N.J.: Prentice- Hall.

Luciano, C. J., Banerjee, P. P., Bellotte, B., Oh, G. M., Lemole, M. Jr., Charbel, F. T., & Roitberg, B. (2011). Learning Retention of Thoracic Pedicle Screw Placement Using a High-Resolution Augmented Reality Simulator With Haptic Feedback. *Neurosurgery*, 69, 14-19. doi: 10.1227/NEU.0b013e31821954ed

Mann, S. (2012). GlassEyes: The Theory of EyeTap Digital Eye Glass. *IEEE Technology and Society*, 31 (3), 10–14. doi:10.1109/MTS.2012.2216592

Maran, N. J., & Glavin, R. J. (2003). Low- to high-fidelity simulation – a continuum of medical education? *Medical Education*, 37(1), 22-28.

Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2011). New technology trends in education: seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education, 57*(3), 1893–1906. doi: dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.003

Martin-Gutierrez, J., Saorin, J. L., Contero, M., Alcaniz, M., Perez-Lopez, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics, 34*(1), 77–91. doi: dx.doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003

Maslow, A.H. (1968). *Towards a theory of being*. New York: VanNostrand Reinhold.

Mastrangelo, M. J., Adrales, G., McKinlay, R., George, I., Witzke, W., Plymale, M., Witzke, D., Donnelly, M., Stich, J.; Nichols, M., & Park, A. E. (2003). Inclusion of 3-D computed tomography rendering and immersive VR in a third year medical student surgery curriculum. *Studies in Health Technology and Informatics*, 94, 199-203, 11th Annual Medicine Meets Virtual Reality Conference, Jan 22-25, 2003, Newport Beach, CA.

Mathews, J. M. (2010). Using a studio-based pedagogy to engage students in the design of mobile-based media. *English Teaching: Practice and Critique, 9*(1), 87–102.

McClelland, D. C. (1987). *Human Motivation*. New York: Cambridge University Press.

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, *IEICE Transactions on Information Systems*, Vol. E77-D, n. º 12.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality–virtuality continuum. *Proceedings the SPIE: Telemanipulator and Telepresence Technologies, 2351*, 282–292.

Mitchell, R. (2011). Alien contact!: exploring teacher implementation of an augmented reality curricular unit. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 30*(3), 271–302.

Mitha, A. P., Almekhlafi, M. A., Janjua, M. J. J., Albuquerque, F. C., & McDougall, C. G. (2013). Simulation and augmented reality in endovascular neurosurgery: lessons from aviation. *Neurosurgery*, 72 (1), 107-14. doi: 10.1227/NEU.0b013e31827981fd

Monguet, J. M., Costa, J., Gaspar, P., & Costa, R. (2009). Web Based Learning Environment for medical education: E-fer, a practical tool for diagnosis and treatment of chronic wounds. *Handbook of Research on Developments in e-Health and Telemedicine: Technological and Social Perspectives*. Edited by M. Manuela Cunha, Antonio Tavares and Ricardo Simões. Hershey PA: IGI Global.

Monkman, H., & Kushniruk, A. W. (2015). A see through future: augmented reality and health information systems. *Studies in health technology and informatics*, 208: 281-5.

Moult, E., Ungi, T., Welch, M., Lu, J., McGraw, R. C., & Fichtinger, G. (2013). Ultrasound-guided facet joint injection training using Perk Tutor. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 8 (5), 831-836. doi: 10.1007/s11548-012-0811-5

Newby, T. J., Stepich, D. A., Lehman, J. D., & Russell, J. D. (1996). *Instructional technology for teaching and learning: Designing instruction, integrating computers, and using media*. Columbus, OH: Merrilll.

Nifakos, S., Tomson, T., & Zary, N. (2014). Combining physical and virtual contexts through augmented reality: design and evaluation of a prototype using a drug box as a marker for antibiotic training. *PeerJ*, 2. doi: 10.7717/peerj.697

Noll, C., Haeussermann, B., von Jan, U., Raap, U., & Albrecht, U. -V. (2014). mobile Augmented Reality in Dermatology. *Biomedical Engineering-*

Biomedizinische Technik, 59, S1245-S1248. 48th DGBMT Annual Conference, Oct 08-10, 2014,Hannover, DE.

Nugent, E., Shirilla, N., Hafeez, A., O'Riordain, D. S., Traynor, O., Harrison, A. M., & Neary, P. (2013). Development and evaluation of a simulator-based laparoscopic training program for surgical novices. *Surgical Endoscopy and other Interventional Techniques*, 27 (1), 214-221. doi: 10.1007/s00464-012-2423-0

Nunes, I. L. (2006). Ergonomics and Usability–key factors in Knowledge Society. *International Conference on Foresight Studies on Work in the Knowledge Society*, New University Lisbon, Faculty Sciences Technology, Portugal, Oct 19-20, 2006. Disponível em: http://run.unl.pt/bitstream/10362/1725/1/Nunes_EWIS2_2006.pdf

Oliverio, J., Gero, E., Whitacre, K. L., & Rankin, J. (2016). Wound Care Algorithm: Diagnosis and Treatment. *Advances in skin & wound care*, 29(2), 65-72.

Oostema, J. A., Abdel, M. P., & Gould, J. C. (2008). Time-efficient laparoscopic skills assessment using an augmented-reality simulator. *Surgical Endoscopy and other Interventional Techniques*, 22 (12), 2621-2624. doi: 10.1007/s00464-008-9844-9

Pantelidis, V. S. (1995). Reasons to use virtual reality in education. *VR in Schools*, 1(1),9.

Parker, B., & Mitchell, I. (2006). Effective methods for learning: a study in visualization. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 22 (2), 176-182

Ponce, B. A., Jennings, J. K., Clay, T. B., May, M. B., Huisingh, C., & Sheppard, E. D. (2014). Telementoring: use of augmented reality in orthopaedic education: AAOS exhibit selection. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 96, 10, e84. doi: 10.2106/JBJS.M.00928

Quivy, R., & Campenhoudt, L. (1998). *Manual de investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.

Reitinger, B., Bornik, A., Beichel, R., & Schmalstieg, D. (2006). Liver surgery planning using virtual reality. *IEEE Computer Graphics Applications*, 26 (6), 36-47.

Rey, G., Visconti, A., Balaguer, E., & Martínez, J. (2006). Uso de simuladores en ginecología y obstetricia: Experiencia en la enseñanza de pregrado. *Educação Médica, 9* (4b): 229-233.

Rosenbaum, E., Klopfer, E., & Perry, J. (2007). On Location Learning: Authentic Applied Science with Networked Augmented Realities. *Journal of Science Education and Technology*.

Roussos, M., Johnson, A., Moher, T., Leigh, J., Vasilakis, C., & Barnes, C. (1999). *Learning and building together in an immersive virtual world*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments , 8(3), 247-263.

Samseta, E., Schmalstiegb, D., Slotenc Vander, J., & Freudenthal, A. (2008). Augmented Reality in Surgical Procedures. *Proceedings of SPIE and IS&T*.

Santos, A. A. A. D., Alcará, A. R., & Zenorini, R. D. P. C. (2013). Psychometric study of the university's learning motivation scale. *Fractal: Revista de Psicologia, 25*(3), 531-546.

Schuppe, O., Wagner, C., Koch, F., & Maenner, R. (2009). EYESi Ophthalmoscope - A Simulator for Indirect Ophthalmoscopic Examinations. *Studies in Health Technology and Informatics*, 142, 295-300. 17th Conference on Medicine Meets Virtual Reality, Jan 19-22, 2009, Long Beach, CA. doi: 10.3233/978-1-58603-964-6-295

Seevinck, J., Scerbo, M., Belfore, L., Weireter, L., Crouch, J., Shen, Y., McKenzie, F., Garcia, H., Girtelschmid, S., Baydogan, E., & Schmidt, E. (2006). A Simulation-Based Training System for Surgical Wound Debridement. *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 119, 491-496. 14th Conference on Medicine Meets Virtual Reality. Jan 24-27, 2006. Long Beach, CA, USA.

Selltiz, C., Wrightsman, L., & Cook, S. (1976) *Research Methods in Social Relations*. Holt, Rinehart & Winston of Canada Ltd.

Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2002). *Using augmented reality for teaching Earth-Sun relationships to undergraduate geography students*. The First IEEE International Augmented Reality Toolkit Workshop. Damstadt, Germany.

Shuhaiber, J. H. (2004). Augmented reality in surgery. *Archives of Surgery*, 139 (2), 170-174.

Sotiriou, S., & Bogner, F. X. (2008). Visualizing the invisible: augmented reality as an innovative science education scheme. *Advanced Science Letters, 1*, 114–122. doi: dx.doi.org/10.1166/asl.2008.012.

Squire, K., & Jan, M. (2007). Mad city mystery: developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of Science Education and Technology, 16*(1), 5–29. doi: http://dx.doi.org/10.1007/s10956-006-9037-z

Squire, K., & Klopfer, E. (2007). Augmented reality simulations on handheld computers. *Journal of the Learning Sciences, 16*(3), 371–413. doi: http://dx.doi.org/10.1080/10508400701413435.

Sun, B., McKenzie, F. D., Garcia, H. M., Hubbard, T. W., Ullian, J. A., & Gliva, G. A. (2007). Medical Student Evaluation using Augmented Standardized Patients: New Development and Results. *Studies in Health Technology and Informatics*, 125, 454-456. 15th Conference on Medicine Meets Virtual Reality, Feb 06-09, 2007, Long Beach, CA.

Sutherland, C., Hashtrudi-Zaad, K., Sellens, R., Abolmaesumi, P., & Mousavi, P. (2013). An Augmented Reality Haptic Training Simulator for Spinal Needle Procedures. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 60 (11), 3009-3018. doi: 10.1109/TBME.2012.2236091

Tarcoveanu, E., Moldovanu, R., Bradea, C., Dimofte, G., Lupascu, C., Georgescu, St., Andronic, D., Lotz, J. C., Vlad, N., & Vasilescu, A. (2011). Laparoscopic surgical education - the experience of the First Surgical Unit Iasi. *Chirurgia*, 106 (1), 67-76.

Trindade, J., Kirner, C., & Fiolhais, C. (2004). *Orbitário:* Exploração de Orbitais Hidrogenoides com Realidade Aumentada. In J. Pérez, J. Pulido, M. Rodríguez, B. Manjón, J. Rodríguez (Eds.), *Avances en Informática Educativa*, artículos selecionados del VI Simpósio Internacional de Informática Educativa, Cáceres, Espanha, 55.

Ungi, T., Sargent, D., Moult, E., Lasso, A., Pinter, C., McGraw, R. C., & Fichtinger, G. (2012). Perk Tutor: An Open-Source Training Platform for Ultrasound-Guided Needle Insertions. *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, 59 (12), 3475-3481. doi: 10.1109/TBME.2012.2219307

Vera, A. M., Russo, M., Mohsin, A., & Tsuda, S. (2014). Augmented reality telementoring (ART) platform: a randomized controlled trial to assess the efficacy of a new surgical education technology. *Surgical Endoscopy and other Interventional Techniques*, 28 (12), 3467-3472. doi: 10.1007/s00464-014-3625-4

Vikal, S., U-Thainual, P., Carrino, J. A., Iordachita, I., Fischer, G. S., & Fichtinger, G. (2010). Perk Station-Percutaneous surgery training and performance measurement platform. *Computerized Medical Imaging and Graphics*, 34 (1), 19-32. doi: 10.1016/j.compmedimag.2009.05.001

von Jan, U., Noll, C., Behrends, M., & Albrecht, U. V. (2012). mARble – Augmented Reality in Medical Education. *Biomedical Engineering-biomedizinische Technik, 57* (1), 67-70.

Ward, K., & Hartley, J. (2006) Using a virtual learning environment to address one problem with Problem Based Learning. *Nurse Education in Practice*, 6, 185-91.

Weidenbach, M., Trochim, S., Kreutter, S., Richter, C., Berlage, T., & Grunst, G. (2004). Intelligent training system integrated in an echocardiography simulator. *Computers in Biology and Medicine*, 34 (5), 407-425. doi: 10.1016/S0010-4825(03)00084-2

Weidenbach, M., Wild, F., Scheer, K., Muth, G., Kreutter, S., Grunst, G., Berlage, T., & Schneider, P. (2005). Computer-based training in two-dimensional

echocardiography using an echocardiography simulator. *Journal of The American Society of Echocardiography*, 18 (4), 362-366. doi: 10.1016/j.echo.2004.10.025

William, W. (1993). *A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality*. University of Washington, Washington Technology Center. Technical Report. No. TR-93-9.

Wilson, K. L., Doswell, J. T., Fashola, O. S., Debeatham, W., Darko, N., Walker, T. M., Danner, O. K., Matthews, L. R., & Weaver, W. L. (2013). Using Augmented Reality as a Clinical Support Tool to Assist Combat Medics in the Treatment of Tension Pneumothoraces. *Military Medicine*, 178 (9), 981-985. doi: 10.7205/MILMED-D-13-00074

Wong, S. H., Ng, K. F., & Chen, P. P. (2002). The application of clinical simulation in crisis management training. *Hong Kong Medical Journal,* 8 (2), 131-5.

World Medical Association (2013). *WMA Declaration of Helsinki - Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects*. Disponível em: http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html Acesso em: 05 mar. 2014.

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013a). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education, 62*, 41–49. doi: 10.1016/j.compedu.2012.10.024

Yeo, C. T., Ungi, T., U-Thainual, P., Lasso, A., McGraw, R. C., & Fichtinger, G. (2011). The Effect of Augmented Reality Training on Percutaneous Needle Placement in Spinal Facet Joint Injections. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 58 (7), 2031-2037. doi: 10.1109/TBME.2011.2132131

Yudkowsky, R., Luciano, C., Banerjee, P., Schwartz, A., Alaraj, A, Lemole, G. M. Jr., Charbel, F., Smith, K., Rizzi, S., Byrne, R., Bendok, B., & Frim, D. (2013). Practice on an Augmented Reality/Haptic Simulator and Library of Virtual Brains Improves Residents' Ability to Perform a Ventriculostomy. *Simulation In Healthcare - Journal Of The Society For Simulation In Healthcare*, 8 (1), 25-31. doi: 10.1097/SIH.0b013e3182662c69

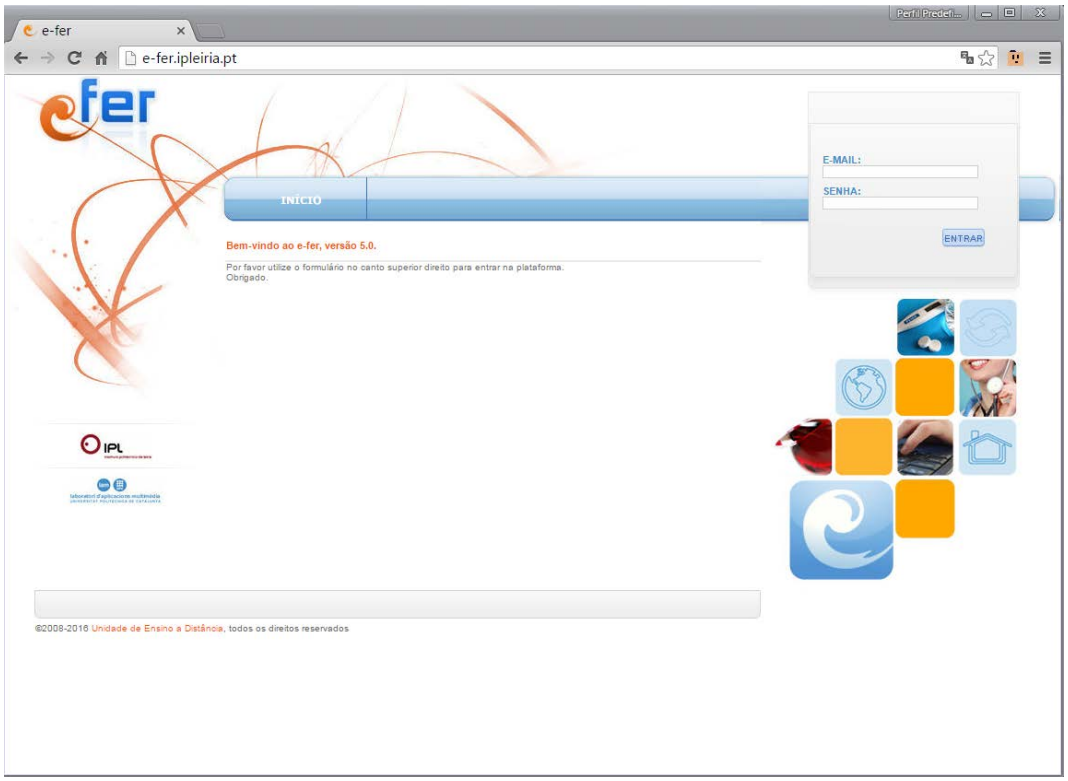
Zhou, F., Duh, H. B.-L., & Billinghurst, M. (2008). Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR. *Proceedings of the 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, 193-202, IEEE Computer Society.

Zhu, E., Hadadgar, A., Masiello, I., & Zary, N. (2014). Augmented reality in healthcare education: an integrative review. *PeerJ*, 2. doi: 10.7717/peerj.469

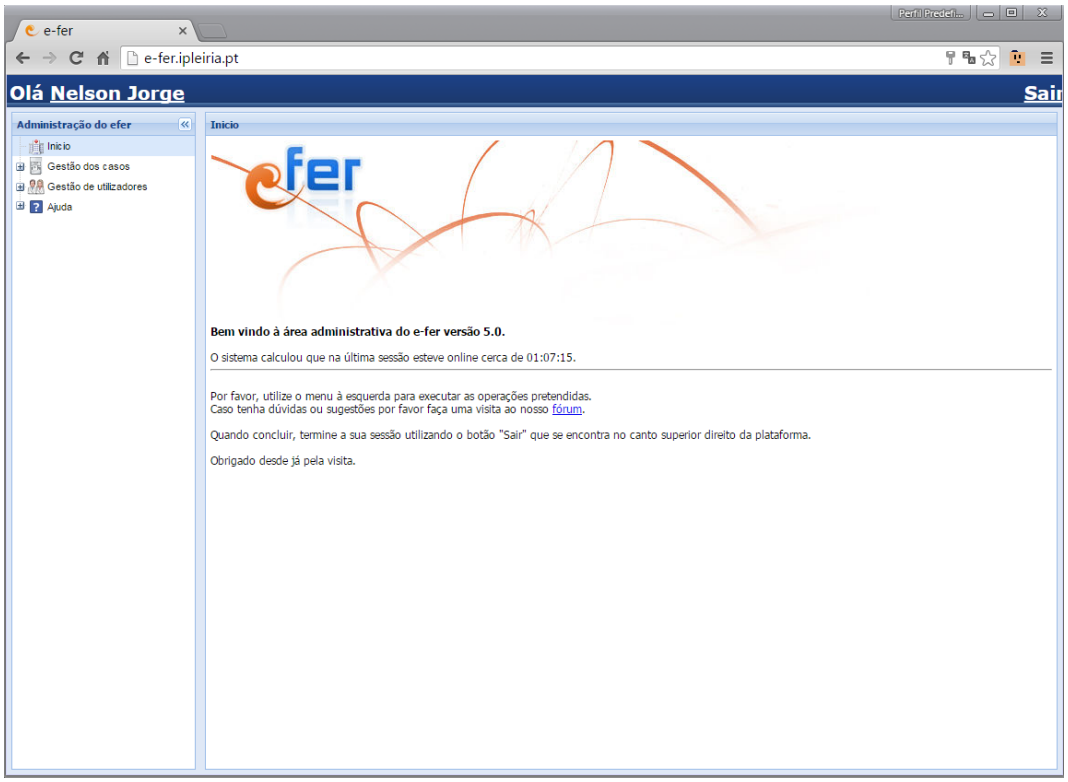
ANEXOS

1. Imagens do simulador virtual e-FER

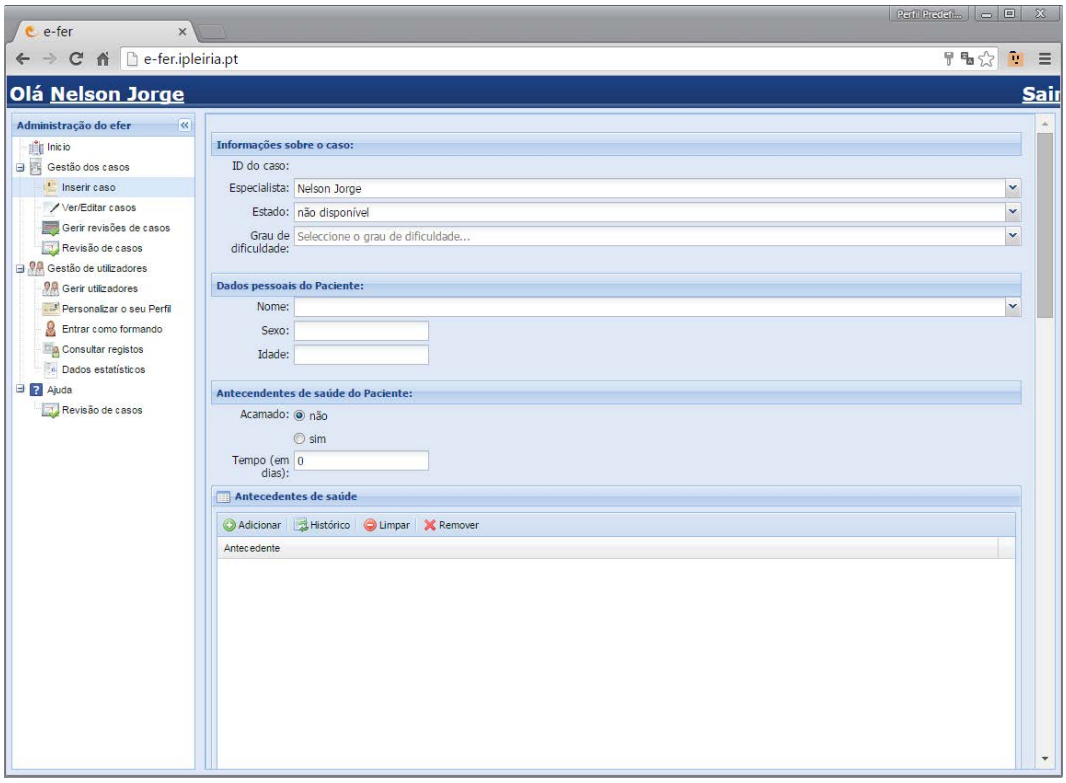
1. Página de *login* (autenticação): http://e-fer.ipleiria.pt/



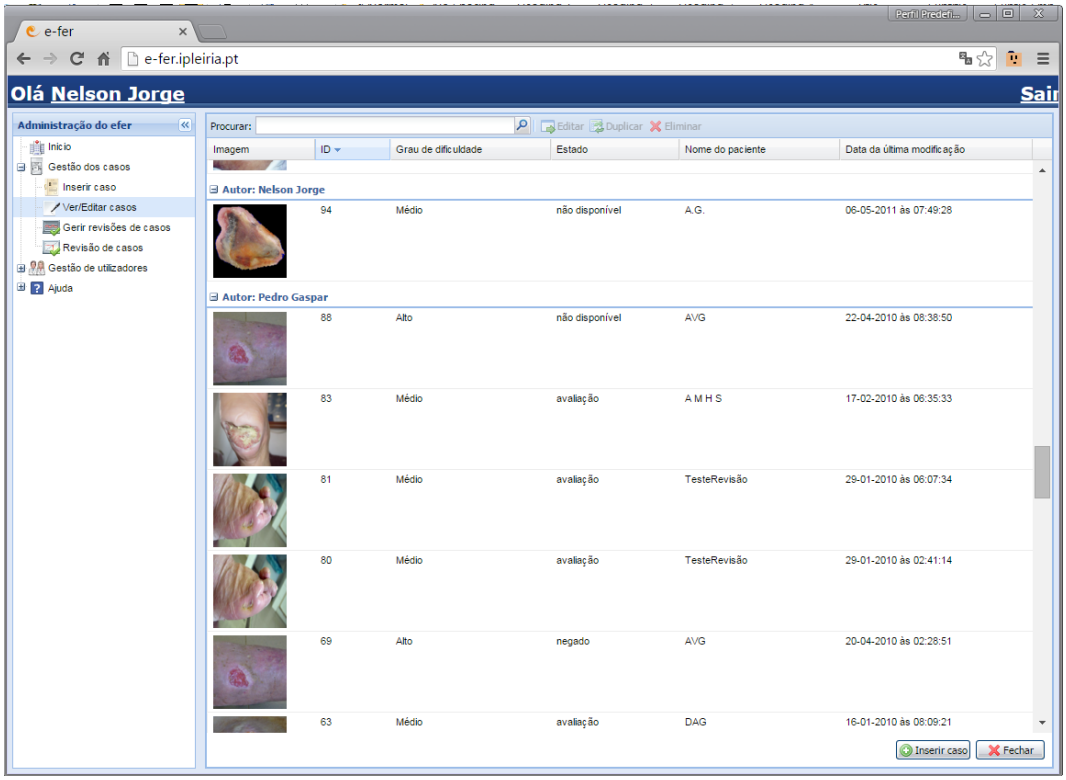
2. Página inicial de administração



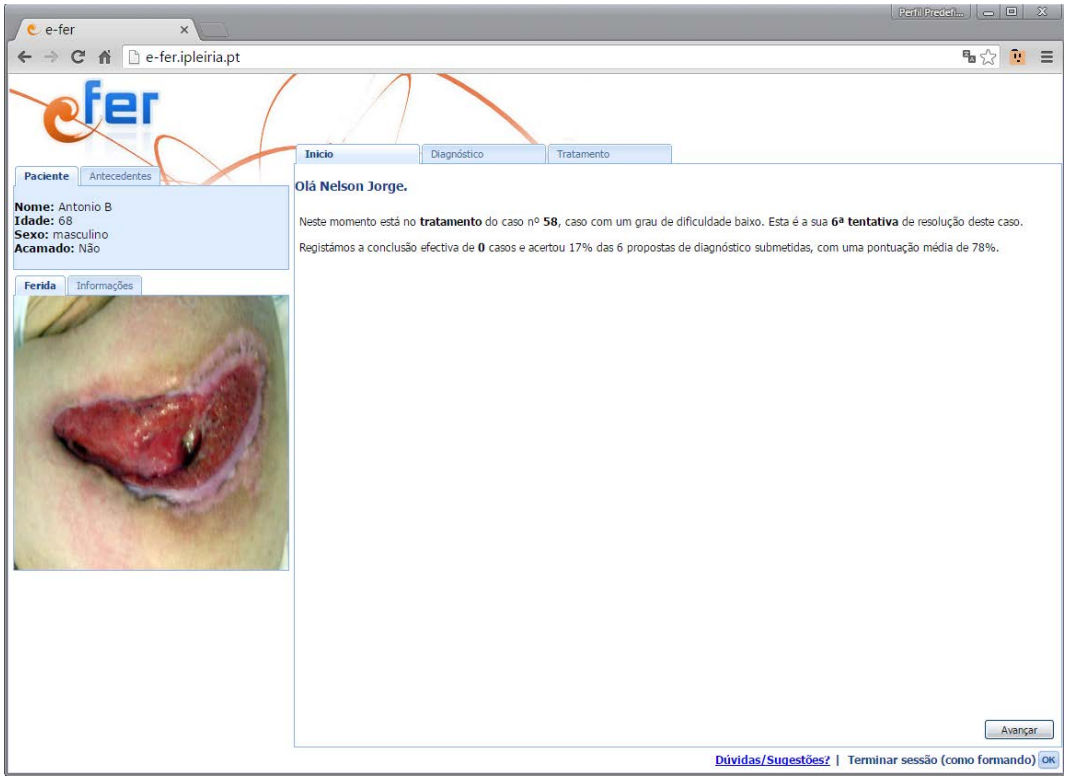
3. Página de criação de casos clínicos (administração)



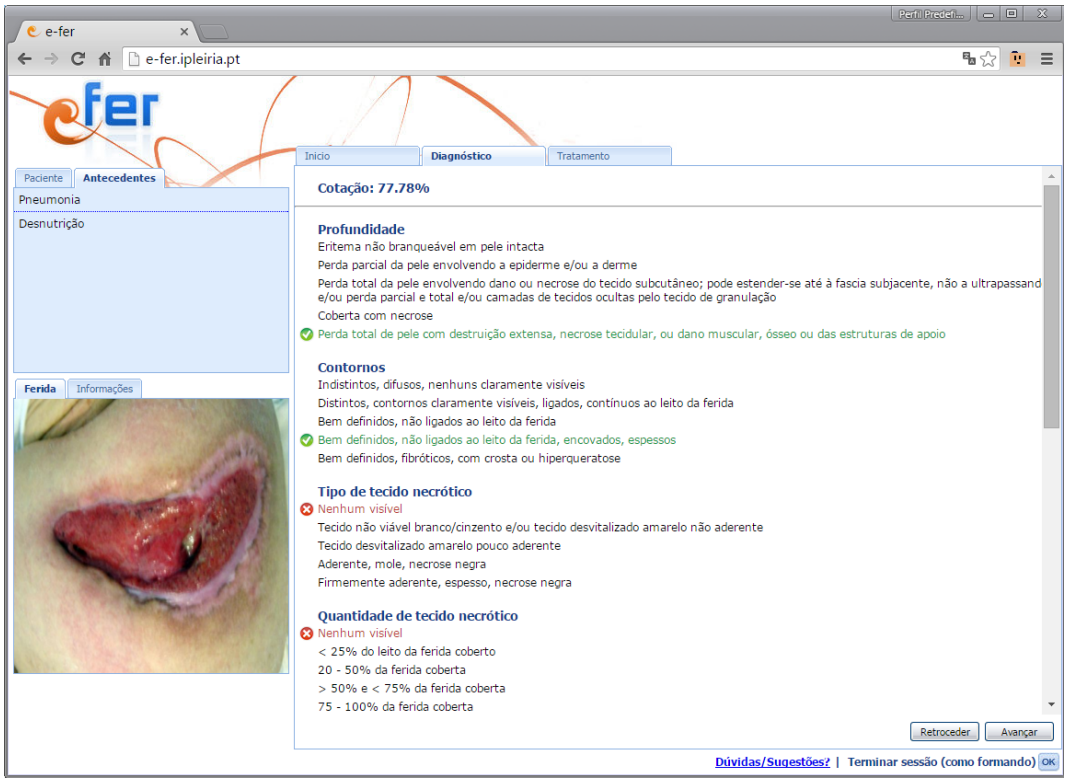
4. Área de gestão dos casos clínicos (administração)



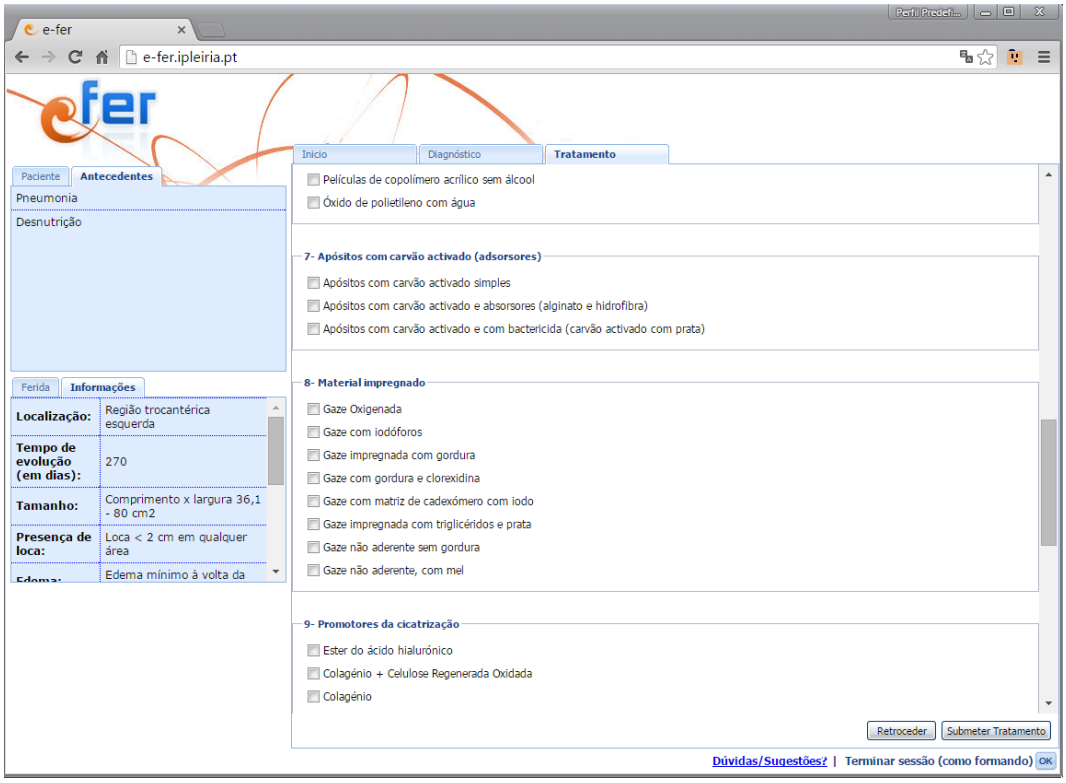
5. Página de entrada na vista de estudante/formando



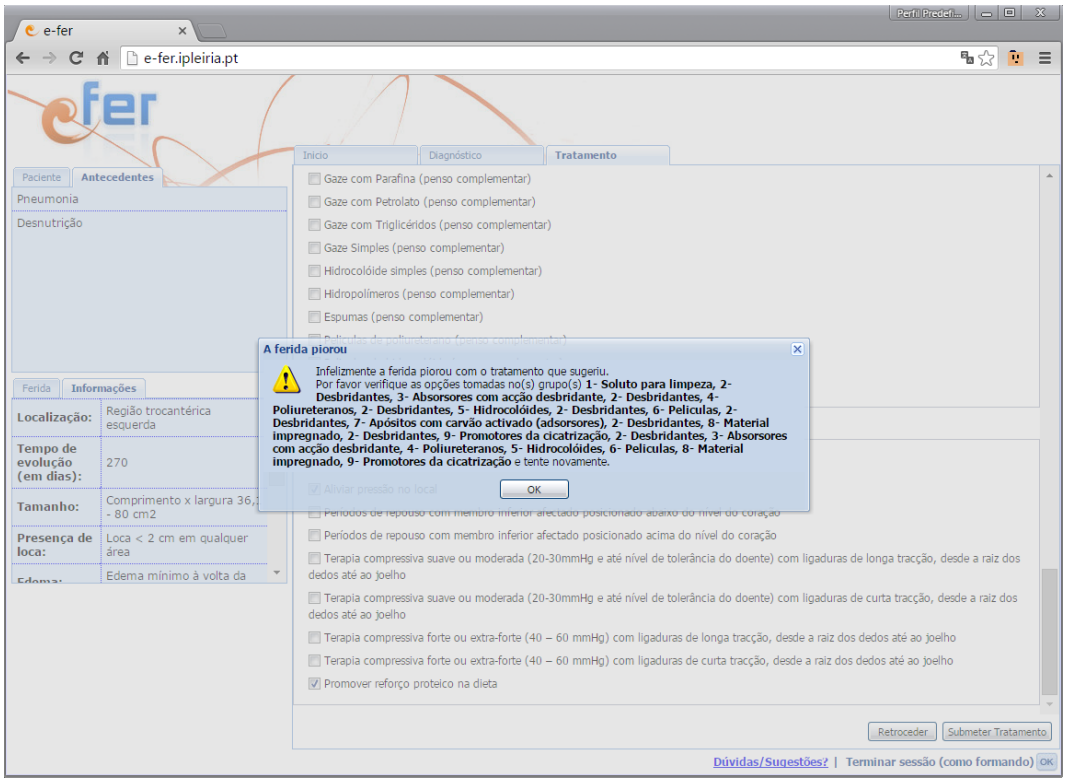
6. Página de diagnóstico de um caso clínico



7. Página de tratamento de um caso clínico



8. *Feedback* detalhado fornecido pelo simulador



2. Revisão da literatura na *Web of Science* sobre RA na educação médica

AU	TI	DI	PY	AR_ME	Focus
Paige, John T.; Yu, Qingzhao; Hunt, John P.; Marr, Alan B.; Stuke, Lance E.	Thinking it Through: Mental Rehearsal and Performance on 2 Types of Laparoscopic Cholecystectomy Simulators	10.1016/j.jsurg.2015.07.012	2015	N	vr
Monkman, Helen; Kushniruk, Andre W	A see through future: augmented reality and health information systems.		2015	Y	educational
Stanisavljevic, Zarko; Nikolic, Bosko; Tartalja, Igor; Milutinovic, Veljko	A classification of eLearning tools based on the applied multimedia	10.1007/s11042-013-1802-4	2015	N	eLearning multimedia
Plopski, Alexander; Itoh, Yuta; Nitschke, Christian; Kiyokawa, Kiyoshi; Klinker, Gudrun; Takemura, Haruo	Corneal-Imaging Calibration for Optical See-Through Head-Mounted Displays	10.1109/TVCG.2015.2391857	2015	N	technical
Rose, Kelsey; Pedowitz, Robert	Fundamental Arthroscopic Skill Differentiation With Virtual Reality Simulation	10.1016/j.arthro.2014.08.016	2015	N	vr
Abhari, Kamyar; Baxter, John S. H.; Chen, Elvis C. S.; Khan, Ali R.; Peters, Terry M.; de Ribaupierre, Sandrine; Eagleson, Roy	Training for Planning Tumour Resection: Augmented Reality and Human Factors	10.1109/TBME.2014.2385874	2015	Y	Neurosurgical
Diana, M.; Marescaux, J.	Robotic surgery	10.1002/bjs.9711	2015	N	robotics
Pottenger, Brent C.; Galante, Joseph M.; Wisner, David H.	The modern acute care surgeon: Characterization of an evolving surgical niche	10.1097/TA.0000000000000496	2015	N	only medical
Frambach, Janneke M.; Manuel, Beatriz A. F.; Fumo, Afonso M. T.; Van der Vleuten, Cees P. M.; Driessen, Erik W.	Students' and junior doctors' preparedness for the reality of practice in sub-Saharan Africa	10.3109/0142159X.2014.920490	2015	N	only medical
Nifakos, Sokratis; Tomson, Tanja; Zary, Nabil	Combining physical and virtual contexts through augmented reality: design and evaluation of a prototype using a drug box as a marker for antibiotic training	10.7717/peerj.697	2014	Y	Drugs prescription
Noll, C.; Haeussermann, B.; von Jan, U.; Raap, U.; Albrecht, U. -V	mobile Augmented Reality in Dermatology		2014	Y	Dermatology
Bifulco, Paolo; Narducci, Fabio; Vertucci, Raffaele; Ambruosi, Pasquale; Cesarelli, Mario; Romano, Maria	Telemedicine supported by Augmented Reality: an interactive guide for untrained people in performing an ECG test	10.1186/1475-925X-13-153	2014	Y	ECG (untrained people)
Kamphuis, Carolien; Barsom, Esther; Schijven, Marlies; Christoph, Noc	Augmented reality in medical education?	10.1007/s40037-013-0107-7	2014	Y	educationa
Zhu, Egui; Hadadgar, Arash; Masiello, Italo; Zary, Nabil	Augmented reality in healthcare education: an integrative review	10.7717/peerj.469	2014	Y	educational
Dixon, Benjamin J.; Daly, Michael J.; Chan, Harley H. L.; Vescan, Allan; Witterick Ian J.; Irish, Jonathan C.	Inattentional blindness increased with augmented reality surgical navigation	10.2500/ajra.2014.28.4067	2014	N	non educational
Cheng, Irene; Shen, Rui; Moreau, Richard; Brizzi, Vicenzo; Rossol, Nathaniel; Basu, Anup	An augmented reality framework for optimization of computer assisted navigation in endovascular surgery	10.1109/EMBC.2014.6944908	2014	N	tecnico Endovascular surgery
De Marsico, M.; Levialdi, S.; Nappi, M.; Ricciardi, S.	FIGI: floating interface for gesture-based interaction	10.1007/s12652-012-0160-9	2014	N	
Vera, Angelina M.; Russo, Michael; Mohsin, Adnan; Tsuda, Shawn	Augmented reality telementoring (ART) platform: a randomized controlled trial to assess the efficacy of a new surgical education technology	10.1007/s00464-014-3625-4	2014	Y	Laparoscopic surgery
Horeman, Tim; van Delft, Freek; Blikkendaal, Mathijs D.; Dankelman, Jenny; van den Dobbelsteen, John J.; Jansen, Frank-Willem	Learning from visual force feedback in box trainers: tissue manipulation in laparoscopic surgery	10.1007/s00464-014-3425-x	2014	N	vr
Akhtar, K S N; Chen, Alvin; Standfield, N J; Gupte, C M	The role of simulation in developing surgical skills	10.1007/s12178-014-9209-z	2014	N	vr
Leitritz, Martin A.; Ziemssen, Focke; Suesskind, Daniela; Partsch, Michael; Voykov, Bogomil; Bartz-Schmidt, Karl U.; Szurman, Gesine B.	CRITICAL EVALUATION OF THE USABILITY OF AUGMENTED REALITY OPHTHALMOSCOPY FOR THE TRAINING OF INEXPERIENCED EXAMINERS		2014	Y	Ophthalmoscopy
Ponce, Brent A; Jennings, Jonathan K; Clay, Terry B; May, Mathew B; Huisingh, Carrie; Sheppard, Evan D	Telementoring: use of augmented reality in orthopaedic education: AAOS exhibit selection.	10.2106/JBJS.M.00928	2014	Y	Orthopaedic
Patel, Ankit; Patel, Meghna; Lytle, Nathaniel; Toro, Juan P.; Medbery, Rachel L.; Bluestein, Sheryl; Perez, Sebastian D.; Sweeney, John F.; Davis, S. Scott; Lin, Edward	Can we become better robot surgeons through simulator practice?	10.1007/s00464-013-3231-x	2014	N	robotics
Robinson, Albert R., III; Gravenstein, Nikolaus; Cooper, Lou Ann; Lizdas, David; Luria, Isaac; Lampotang, Samsun	A Mixed-Reality Part-Task Trainer for Subclavian Venous Access	10.1097/SIH.0b013e31829b3fb3	2014	N	Mixed-reality
Jeon, Yunseok; Choi, Seungpyo; Kim, Heechan	Evaluation of a simplified augmented reality device for ultrasound-guided vascular access in a vascular phantom	10.1016/j.jclinane.2014.02.010	2014	Y	Vascular access
Wright, W Geoffrey	Using virtual reality to augment perception, enhance sensorimotor adaptation, and change our minds.	10.3389/fnsys.2014.00056	2014	N	vr
Landry, Pascal; Pares, Narcis	Controlling and modulating physical activity through Interaction Tempo in exergames: A quantitative empirical analysis	10.3233/AIS-140258	2014	N	
Gelinas-Phaneuf, Nicholas; Choudhury, Nusrat; Al-Habib, Ahmed R.; Cabral Anne; Nadeau, Etienne; Mora, Vincent; Pazos, Valerie; Debergue, Patricia; DiRaddo, Robert; Del Maestro, Rolando F.	Assessing performance in brain tumor resection using a novel virtual reality simulator	10.1007/s11548-013-0905-8	2014	N	vr
Gillan, Stewart N.; Saleh, George M.	Ophthalmic Surgical Simulation A New Era	10.1001/jamaophthalmol.2013.1011	2013	N	only medical
Hamui-Sutton, Alicia	Un acercamiento a los métodos mixtos de investigación en educación médica		2013	N	mixed methods
Sutherland, Colin; Hashtrudi-Zaad, Keyvan; Sellens, Rick; Abolmaesumi, Purang Mousavi, Parvin	An Augmented Reality Haptic Training Simulator for Spinal Needle Procedures	10.1109/TBME.2012.2236091	2013	Y	Surgical puncture
Ray, Wilson Z.; Ganju, Aruna; Harrop, James S.; Hoh, Daniel J.	Developing an Anterior Cervical Diskectomy and Fusion Simulator for Neurosurgical Resident Training	10.1227/NEU.0000000000000088	2013	N	
Chandler, Clare I. R.; DiLiberto, Deborah; Nayiga, Susan; Taaka, Lilian; Nabirye, Christine; Kayendeke, Miriam; Hutchinson, Eleanor; Kizito, James; Maiteki-Sebuguzi, Catherine; Kamya, Moses R.; Staedke, Sarah G.	The PROCESS study: a protocol to evaluate the implementation, mechanisms of effect and context of an intervention to enhance public health centres in Tororo, Uganda	10.1186/1748-5908-8-113	2013	N	
Moult, E.; Ungi, T.; Welch, M.; Lu, J.; McGraw, R. C.; Fichtinger, G.	Ultrasound-guided facet joint injection training using Perk Tutor	10.1007/s11548-012-0811-5	2013	Y	Surgical puncture
Wilson, Kenneth L.; Doswell, Jayfus T.; Fashola, Olatokunbo S.; Debeatham, Wayne; Darko, Nil; Walker, Travelyan M.; Danner, Omar K.; Matthews, Leslie R.; Weaver, William L.	Using Augmented Reality as a Clinical Support Tool to Assist Combat Medics in the Treatment of Tension Pneumothoraces	10.7205/MILMED-D-13-00074	2013	Y	Surgical puncture
Chuah, Joon Hao; Robb, Andrew; White, Casey; Wendling, Adam; Lampotang, Samsun; Kopper, Regis; Lok, Benjamin	Exploring Agent Physicality and Social Presence for Medical Team Training	10.1162/PRES_a_00145	2013	N	
Yudkowsky, Rachel; Luciano, Cristian; Banerjee, Pat; Schwartz, Alan; Alaraj, Ali; Lemole, G. Michael, Jr.; Charbel, Fady; Smith, Kelly; Rizzi, Silvio; Byrne, Richard; Bendok, Bernard; Frim, David	Practice on an Augmented Reality/Haptic Simulator and Library of Virtual Brains Improves Residents' Ability to Perform a Ventriculostomy	10.1097/SIH.0b013e3182662c69	2013	Y	Neurosurgical
Atherton, S; Javed, M; Webster, Sv; Hemington-Gorse, S	Use of a mobile device app: a potential new tool for poster presentations and surgical education.	10.3109/17453054.2013.790794	2013	N	
Lee, S.; Lee, J.; Lee, A.; Park, N.; Lee, S.; Song, S.; Seo, A.; Lee, H.; Kim, J. -I.; Eom, K.	Augmented reality intravenous injection simulator based 3D medical imaging for veterinary medicine	10.1016/j.tvjl.2012.09.015	2013	N	Veterinary
Goksel, Orcun; Sapchuk, Kirill; Morris, William J.; Salcudean, Septimiu E.	Prostate Brachytherapy Training With Simulated Ultrasound and Fluoroscopy Images	10.1109/TBME.2012.2222642	2013	N	vr
Chuah, Joon Hao; Lok, Benjamin; Black, Erik	Applying Mixed Reality to Simulate Vulnerable Populations for Practicing Clinical Communication Skills		2013	N	Mixed-reality
Spillmann, Jonas; Tuchschmid, Stefan; Harders, Matthias	Adaptive Space Warping to Enhance Passive Haptics in an Arthroscopy Surgical Simulator		2013	N	Mixed-reality technical
Robb, Andrew; Kopper, Regis; Ambani, Ravi; Qayyum, Farda; Lind, David; Su, L Ming; Lok, Benjamin	Leveraging Virtual Humans to Effectively Prepare Learners for Stressful Interpersonal Experiences		2013	N	vr
Hasson, Felicity; McKenna, Hugh P.; Keeney, Sinead	Delegating and supervising unregistered professionals The student nurse experience	10.1016/j.nedt.2012.02.008	2013	N	
Blanch, L.; Annane, D.; Antonelli, M.; Chiche, J. D.; Cunat, J.; Girard, T. D.; Jimenez, E. J.; Quintel, M.; Ugarte, S.; Mancebo, J.	The future of intensive care medicine	10.1016/j.medin.2012.12.004	2013	N	only medical
Karadogan, Ernur; Williams, Robert L., II	Haptic modules for palpatory diagnosis training of medical students	10.1007/s10055-013-0220-2	2013	N	vr
Lendvay, Thomas Sean; Hannaford, Blake; Satava, Richard M	Future of Robotic Surgery	10.1097/PPO.0b013e31828bf822	2013	N	robotics
Mitha, Alim P; Almekhlafi, Mohammed A; Janjua, Major Jameel J; Albuquerque Felipe C; McDougall, Cameron G	Simulation and augmented reality in endovascular neurosurgery: lessons from aviation.	10.1227/NEU.0b013e31827981fd	2013	Y	Neurosurgical
Tan, Amy; Ross, Shelley Paige; Duerksen, Kimberley	Death is not always a failure: outcomes from implementing an online virtual patient clinical case in palliative care for family medicine clerkship	10.3402/meo.v1810.22711	2013	N	vr
Alaraj, Ali; Charbel, Fady T; Birk, Daniel; Tobin, Matthew; Luciano, Cristian; Banerjee, Pat P; Rizzi, Silvio; Sorenson, Jeff; Foley, Kevin; Slavin, Konstantin; Roitberg, Ben	Role of cranial and spinal virtual and augmented reality simulation using immersive touch modules in neurosurgical training.	10.1227/NEU.0b013e3182753093	2013	Y	Neurosurgical
Tuomainen, Helena; Cross-Bardell, Laura; Bhoday, Mandeep; Qureshi, Nadeem; Kai, Joe	Opportunities and challenges for enhancing preconception health in primary care: qualitative study with women from ethnically diverse communities.	10.1136/bmjopen-2013-002977	2013	N	

Albrecht, Urs-Vito; Folta-Schoofs, Kristian; Behrends, Marianne; von Jan, Ute	Effects of Mobile Augmented Reality Learning Compared to Textbook Learning on Medical Students: Randomized Controlled Pilot Study	10.2196/jmir.2497	2013	Y	Legal medicine
Albrecht, Urs-Vito; Noll, Christoph; von Jan, Ute	Explore and Experience: Mobile Augmented Reality for Medical Training	10.3233/978-1-61499-289-9-382	2013	Y	Legal medicine
Nugent, Emmeline; Shirilla, Nicole; Hafeez, Adnan; O'Riordain, Diarmuid S Traynor, Oscar; Harrison, Anthony M.; Neary, Paul	Development and evaluation of a simulator-based laparoscopic training program for surgical novices	10.1007/s00464-012-2423-0	2013	Y	Laparoscopic surgery
이동자	Rule of law and human dignity viewed through storie		2013	N	
Tuomainen, Helena; Cross-Bardell, Laura; Bhoday, Mandeep; Qureshi, Nadeem; Kai, Joe	Opportunities and challenges for enhancing preconception health in primary care: qualitative study with women from ethnically diverse communities	10.1136/bmjopen-2013-002977	2013	N	
Alaraj, Ali; Charbel, Fady T.; Birk, Daniel; Tobin, Mathew; Luciano, Cristian; Banerjee, Pat P.; Rizzi, Silvio; Sorenson, Jeff; Foley, Kevin; Slavin, Konstantin; Roitberg, Ben	Role of Cranial and Spinal Virtual and Augmented Reality Simulation Using Immersive Touch Modules in Neurosurgical Training	10.1227/NEU.0b013e3182753093	2013	N	
Maheu, Marlene M.; Pulier, Myron L.; McMenamin, Joseph P.; Posen, Les	Future of Telepsychology, Telehealth, and Various Technologies in Psychological Research and Practice	10.1037/a0029458	2012	N	
Brinkman, Willem M.; Havermans, Sanne Y.; Buzink, Sonja N.; Botden, Sanne M B. I.; Jakimowicz, Jack J.; Schoot, Benedictus C.	Single versus multimodality training basic laparoscopic skills	10.1007/s00464-012-2184-9	2012	Y	Laparoscopic surgery
Fargen, Kyle Michael; Siddiqui, Adnan H.; Veznedaroglu, Erol; Turner, Raymond D.; Ringer, Andrew J.; Mocco, J.	Simulator based angiography education in neurosurgery: results of a pilot educational program	10.1136/neurintsurg-2011-010128	2012	N	
Maxwell, Simon; Mucklow, John	e-Learning initiatives to support prescribing	10.1111/j.1365-2125.2012.04300.x	2012	N	
Ndiaye, M; El Metghari, L; Soumah, M M; Sow, M L	[Biomedical waste management in five hospitals in Dakar, Senegal].	10.1007/s13149-012-0244-y	2012	N	
Akinwuntan, Abiodun Emmanuel; Wachtel, Jerry; Rosen, Peter Newman	Driving Simulation for Evaluation and Rehabilitation o Driving After Stroke	10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2010.12.001	2012	N	
Brinkman, Willem M.; Buzink, Sonja N.; Alevizos, Leonidas; de Hingh, Ignace H J. T.; Jakimowicz, Jack J.	Criterion-based laparoscopic training reduces total training time	10.1007/s00464-011-2005-6	2012	Y	Laparoscopic surgery
Ungi, Tamas; Sargent, Derek; Moult, Eric; Lasso, Andras; Pinter, Csaba; McGraw, Robert C.; Fichtinger, Gabor	Perk Tutor: An Open-Source Training Platform for Ultrasound-Guided Needle Insertions	10.1109/TBME.2012.2219307	2012	Y	Surgical puncture
Kotranza, Aaron; Lind, D. Scott; Lok, Benjamin	Real-Time Evaluation and Visualization of Learne Performance in a Mixed-Reality Environment for Clinical Breast Examination	10.1109/TVCG.2011.132	2012	Y	Palpation
Posner, Glenn; Naik, Viren; Bidlake, Erin; Nakajima, Amy; Sohmer, Benjamin; Arab, Abeer; Varpio, Lara	Assessing residents' disclosure of adverse events: traditional objective structured clinical examinations versus mixed reality.		2012	N	
Eley, D. S.; Synnott, R.; Baker, P. G.; Chater, A. B.	A decade of Australian Rural Clinical School graduates where are they and why?		2012	N	
Edmunds, Timothy; Pai, Dinesh K	Perceptually Augmented Simulator Desig	10.1109/ToH.2011.42	2012	N	technical
Jeon, Seokhee; Choi, Seungmoon; Harders, Matthias	Rendering Virtual Tumors in Real Tissue Mock-Ups Using Haptic Augmented Reality	10.1109/ToH.2011.40	2012	N	Palpation
Burkle, Frederick M., Jr.; Argent, Andrew C.; Kissoon, Niranjan	The reality of pediatric emergency mass critical care in the developing world	10.1097/PCC.0b013e318234a906	2011	N	
Samosky, Joseph T; Baillargeon, Emma; Bregman, Russell; Brown, Andrew; Chaya, Amy; Enders, Leah; Nelson, Douglas A; Robinson, Evan; Sukits, Alison L Weaver, Robert A	Real-time "x-ray vision" for healthcare simulation: an interactive projective overlay system to enhance intubation training and other procedural training.		2011	N	Tecnico Endotracheal intubation
Gorrindo, Tristan; Baer, Lee; Sanders, Kathy M.; Birnbaum, Robert J.; Fromson, John A.; Sutton-Skinner, Kelly M.; Romeo, Sarah A.; Beresin, Eugene V.	Web-Based Simulation in Psychiatry Residency Training: A Pilot Study		2011	N	simulator
Tarcoveanu, E.; Moldovanu, R.; Bradea, C.; Dimofte, G.; Lupascu, C.; Georgescu, St; Andronic, D.; Lotz, J. C.; Vlad, N.; Vasilescu, A.	Laparoscopic surgical education - the experience of the First Surgical Unit Iasi		2011	Y	Laparoscopic surgery
Coles, Timothy R.; John, Nigel W.; Gould, Derek A.; Caldwell, Darwin G.	Integrating Haptics with Augmented Reality in a Femoral Palpation and Needle Insertion Training Simulation	10.1109/ToH.2011.32	2011	N	Surgical puncture
Vankipuram, Mithra; Kahol, Kanav; Cohen, Trevor; Patel, Vimla L.	Toward automated workflow analysis and visualization in clinical environments	10.1016/j.jbi.2010.05.015	2011	N	
Ferrigno, Giancarlo; Baroni, Guido; Casolo, Federico; De Momi, Elena; Gini, Giuseppina; Matteucci, Matteo; Pedrocchi, Alessandra	Medical Robotics	10.1109/MPUL.2011.941523	2011	N	
Yeo, Caitlin T.; Ungi, Tamas; U-Thainual, Paweena; Lasso, Andras; McGraw, Robert C.; Fichtinger, Gabor	The Effect of Augmented Reality Training on Percutaneous Needle Placement in Spinal Facet Joint Injections	10.1109/TBME.2011.2132131	2011	Y	Surgical puncture
Coutu, Marie-France; Legare, France; Durand, Marie-Jose; Corbiere, Marc; Stacey, Dawn; Loisel, Patrick; Bainbridge, Lesley	Fostering shared decision making by occupational therapists and workers involved in accidents resulting i persistent musculoskeletal disorders: A study protocol	10.1186/1748-5908-6-22	2011	N	
Tanaka, Toshiaki	Clinical Application for Assistive Engineering - Mixed Reality Rehabilitation	10.5405/jmbe.792	2011	N	
Luciano, Cristian J.; Banerjee, P. Pat; Bellotte, Brad; Oh, G. Michael; Lemole, Michael, Jr.; Charbel, Fady T.; Roitberg, Ben	Learning Retention of Thoracic Pedicle Screw Placement Using a High-Resolution Augmented Reality Simulator With Haptic Feedback	10.1227/NEU.0b013e31821954ed	2011	Y	Neurosurgical
Beard, J. D.; Marriott, J.; Purdie, H.; Crossley, J.	Assessing the surgical skills of trainees in the operating theatre: a prospective observational study of the methodology	10.3310/hta15010	2011	N	
Courteille, O; Fellander-Tsai, L; Hedman, L; Kjellin, A; Enochsson, L; Lindgren G; Fors, U	Mixed virtual reality simulation--taking endoscopic simulation one step further.		2011	N	mixed virtual reality
Freudenthal, Adinda; Stuedeli, Thomas; Lamata, Pablo; Samset, Eigil	Collaborative co-design of emerging multi-technologies for surgery	10.1016/j.jbi.2010.11.006	2011	N	tecnico medico Surgery
Mittal, Mayank K.; Kreitz, Keith A.; Resnick, Andrew S.; Morris, Jon B.; Williams, Noel N.; Dumon, Kristoffel R.	A Novel Approach for Augmenting Percutaneous Endoscopic Gastrostomy Tube Placement Training	10.1097/SIH.0b013e3181f8eafa	2010	N	
Leblanc, Fabien; Delaney, Conor P.; Ellis, Clyde N.; Neary, Paul C.; Champagne Bradley J.; Senagore, Anthony J.	Hand-Assisted Versus Straight Laparoscopic Sigmoid Colectomy on a Training Simulator: What is the Difference? A Stepwise Comparison of Hand-Assisted Versus Straight Laparoscopic Sigmoid Colectomy Performance on an Augmented Reality Simulator	10.1007/s00268-010-0765-0	2010	Y	Laparoscopic surgery
Leblanc, Fabien; Champagne, Bradley J.; Augestad, Knut M.; Neary, Paul C.; Senagore, Anthony J.; Ellis, Clyde N.; Delaney, Conor P.	A Comparison of Human Cadaver and Augmented Reality Simulator Models for Straight Laparoscopic Colorectal Skills Acquisition Training	10.1016/j.jamcollsurg.2010.04.002	2010	Y	Laparoscopic surgery
Vikal, Siddharth; U-Thainual, Paweena; Carrino, John A.; Iordachita, Iulian Fischer, Gregory S.; Fichtinger, Gabor	Perk Station-Percutaneous surgery training and performance measurement platform	10.1016/j.compmedimag.2009.05.001	2010	Y	Surgical puncture
Karadogan, Ernur; Williams, Robert L., II; Howell, John N.; Conatser, Robert R., Jr.	A Stiffness Discrimination Experiment Including Analysis of Palpation Forces and Velocities	10.1097/SIH.0b013e3181e9e783	2010	N	Palpation
Halic, Tansel; Kockara, Sinan; Bayrak, Coskun; Rowe, Richard	Mixed reality simulation of rasping procedure in artificial cervical disc replacement (ACDR) surgery	10.1186/1471-2105-11-S6-S11	2010	N	tecnico Surgery
Bowyer, Mark W.; Hanson, Janice L.; Pimentel, Elisabeth A.; Flanagan, Amy K.; Rawn, Lisa M.; Rizzo, Anne G.; Ritter, E. Matthew; Lopreiato, Joseph O.	Teaching Breaking Bad News Using Mixed Reality Simulation	10.1016/j.jss.2009.04.032	2010	N	Mixed-reality
Mutter, D.; Soler, L.; Marescaux, J.	Recent advances in liver imaging	10.1586/EGH.10.57	2010	N	Visualizatior
Bradley, Paul; Cooper, Simon; Duncan, Fiona	A mixed-methods study of interprofessional learning of resuscitation skills	10.1111/j.1365-2923.2009.03432.x	2009	N	mixed methods
Fuenfer, Michael M.; Spinella, Philip C.; Naclerio, Anne L.; Creamer, Kevin M.	The US Military Wartime Pediatric Trauma Mission: How Surgeons and Pediatricians are Adapting the System to Address the Need		2009	N	
Botden, S. M. B. I.; de Hingh, I. H. J. T.; Jakimowicz, J. J.	Suturing training in Augmented Reality: gaining proficiency in suturing skills faster	10.1007/s00464-008-0240-2	2009	Y	Laparoscopic surgery
van Velthoven, Roland F; Piechaud, Pierre Thierry	Training centers: an essential step to developing skills in urolaparoscopy.		2009	N	Laparoscopic
Laguna, M Pilar; de Reijke, Theodorus M; de la Rosette, Jean J	How far will simulators be involved into training'		2009	N	vr
Gensichen, Jochen; Vollmar, Horst Christian; Soennichsen, Andreas; Waldmann Uta-Maria; Sandars, John	E-learning for education in primary healthcare-turning the hype into reality: A Delphi study	10.1080/13814780902864160	2009	N	eLearning multimedia
Harders, Matthias; Bianchi, Gerald; Knoerlein, Benjamin; Szekely, Gabor	Calibration, Registration, and Synchronization for High Precision Augmented Reality Haptics	10.1109/TVCG.2008.63	2009	N	technical
선광하; Um, Jongseok	A Study on Online Real-Time Strategy Game by using Hand Tracking in Augmented Reality		2009	N	
Schuppe, Oliver; Wagner, Clemens; Koch, Frank; Maenner, Reinhard	EYESi Ophthalmoscope - A Simulator for Indirect Ophthalmoscopic Examinations	10.3233/978-1-58603-964-6-295	2009	Y	Ophthalmoscopy

Oostema, J. Adam; Abdel, Matthew P.; Gould, Jon C.	Time-efficient laparoscopic skills assessment using an augmented-reality simulator	10.1007/s00464-008-9844-9	2008	Y	Laparoscopic surgery
Feifer, Andrew; Delisle, Josee; Anidjar, Maurice	Hybrid augmented reality simulator: Preliminary construct validation of laparoscopic smoothness in a urology residency program	10.1016/j.juro.2008.06.042	2008	Y	Laparoscopic surgery
Botden, Sanne M. B. I.; Buzink, Sonja N.; Schijven, Marlies P.; Jakimowicz, Jack J.	ProMIS Augmented Reality Training of Laparoscopic Procedures Face Validity	10.1097/SIH.0b013e3181659e91	2008	Y	Laparoscopic surgery
Baumhauer, M.; Simpfendoerfer, T.; Mueller-Stich, B. P.; Teber, D.; Gutt, C. N.; Rassweiler, J.; Meinzer, H-P.; Wolf, I.	Soft tissue navigation for laparoscopic partial nephrectomy	10.1007/s11548-008-0216-7	2008	N	vr
Nomura, Tsutomu; Miyashita, Masao; Shrestha, Suman; Makino, Hiroshi Nakamura, Yoshihoru; Aso, Ryouko; Yoshimura, Akinobu; Shimuro, Toshiro; Akira, Shigeo; Tajiri, Takashi	Can interview prior to laparoscopic simulator training predict a trainee's skills?	10.1016/j.jsurg.2008.07.008	2008	N	
Chugh, Satish	IMA GFATM RNTCP PPM: gearing up to face ground realities.		2008	N	
Koehring, Andrew; Foo, Jung Leng; Miyano, Go; Lobe, Thom; Winer, Eliot	A Framework for Interactive Visualization of Digital Medical Images	10.1089/lap.2007.0240	2008	Y	Visualization
Hippalgaonkar, Neha R.; Sider, Alexa D.; Hamza-Lup, Felix G.; Santhanam Anand P.; Jaganathan, Bala; Imielinska, Celina; Rolland, Jannick P.	Generating Classes of 3D Virtual Mandibles for AR-Based Medical Simulation	10.1097/SIH.0b013e31816b5d54	2008	N	technical
Tse, L.; Hall, W.	A qualitative study of parents' perceptions of a behavioural sleep intervention	10.1111/j.1365-2214.2007.00769.x	2008	N	
Aggarwal, Rajesh; Balasundaram, Indran; Darzi, Ara	Training opportunities and the role of virtual reality simulation in acquisition of basic laparoscopic skills	10.1016/j.jss.2007.04.027	2008	N	vr
Jurgaitis, Jonas; Paskonis, Marius; Pivoriunas, Jonas; Martinaityte, Leva; Juska, Agnius; Jurgaitiene, Ruta; Samuilis, Arturas; Volf, Ivo; Schobinger, Maks; Schemmer, Peter; Kraus, Thomas W.; Strupas, Kestutis	The comparison of 2-dimensional with 3-dimensiona hepatic visualization in the clinical hepatic anatomy education		2008	N	Visualization
Kozmenko, Valeriy; Paige, John; Chauvin, Sheila	Initial Implementation of Mixed Reality Simulatior Targeting Teamwork and Patient Safety		2008	N	Mixed-reality
Lee, Jiann-Der; Huang, Chung-Hsien; Liu, Li-Chang; Lee, Shin-Tseng; Hsieh, Shi Sen; Wang, Shuen-Ping	A modified soft-shape-context ICP registration system of 3-D point data	10.1093/ietisy/e90-d.12.2087	2007	N	technical
Botden, Sanne M. B. I.; Buzink, Sonja N.; Schijven, Marlies P.; Jakimowicz, Jack J.	Augmented versus virtual reality laparoscopic simulation: What is the difference? A comparison of the ProMIS augmented reality laparoscopic simulator versus LapSim virtual reality laparoscopic simulator	10.1007/s00268-006-0724-y	2007	Y	Laparoscopic surgery
Kim, Jung; Choi, Changmok; De, Suvranu; Srinivasan, Mandayam A.	Virtual surgery simulation for medical training using multi-resolution organ models	10.1002/rcs.140	2007	N	
Sun, Bo; McKenzie, Frederic D.; Garcia, Hector M.; Hubbard, Thomas W.; Ullian, John A.; Gliva, Gayle A.	Medical Student Evaluation using Augmented Standardized Patients: New Development and Results		2007	Y	Auscultation pulmonaire
Santhanam, Anand P.; Hamza-Lup, Felix G.; Rolland, Jannick P.	Simulating 3-D lung dynamics using a programmable graphics processing unit	10.1109/TITB.2006.889679	2007	N	Visualization
Kiryu, Tohru; So, Richard H. Y.	Sensation of presence and cybersickness in applications of virtual reality for advanced rehabilitation	10.1186/1743-0003-4-34	2007	N	vr
John, Nigel W; Lim, Ik Soo	Cybermedicine tools for communication and learning.	10.1080/01405110701252963	2007	Y	Visualization
Doran, Diane M.; Mylopoulos, John; Kushniruk, Andre; Nagle, Lynn; Laurie-Shaw Brenda; Sidani, Souraya; Tourangeau, Ann E.; Lefebre, Nancy; Reid-Haughian, Cheryl; Carryer, Jennifer R.; Cranley, Lisa A.; McArthur, Greg	Evidence in the palm of your hand: Development of an outcomes-focused knowledge translation intervention	10.1111/j.1741-6787.2007.00084.x	2007	N	
Cohen, Jonathan; Cohen, Seth A.; Vora, Kinjal C.; Xue, Xiaonan; Burdick, J Steven; Bank, Simmy; Bini, Edmund J.; Bodenheimer, Henry; Cerulli, Maurice; Gerdes, Hans; Greenwald, David; Gress, Frank; Grosman, Irwin; Hawes, Robert; Mullen, Gerard; Schnoll-Sussman, Felice; Starpoli, Anthony; Stevens, Peter; Tenner, Scott; Villanueva, Gerald	Multicenter, randomized, controlled trial of virtual-reality simulator training in acquisition of competency in colonoscopy	10.1016/j.gie.2005.11.062	2006	N	vr
Al-Khalifah, Ali; McCrindle, Rachel; Alexandrov, Vass	Immersive open surgery simulatior		2006	N	vr
Bergeron, Bryan	Augmented Assessment as a Means to Augmented Reality		2006	N	educational
McKenzie, Frederic D.; Hubbard, Thomas W.; Ullian, John A.; Garcia, Hector M.; Castelino, Reynel J.; Gliva, Gayle A.	Medical Student Evaluation Using Augmentec Standardized Patients: Preliminary Results		2006	N	repetido
Chuang, TY; Sung, WH; Lin, CY	Application of a virtual reality-enhanced exercise protocol in patients after coronary bypass	10.1016/j.apmr.2005.05.003	2005	N	vr
Rolland, Jannick P.	Development of head-mounted projection displays for distributed, collaborative, augmented reality applications	10.1162/105474605774918741	2005	N	technical
Porro, I; Schenone, A; Fato, M; Raposio, E; Molinari, E; Beltrame, F	An integrated environment for plastic surgery support: building virtual patients, simulating interventions, and supporting intraoperative decisions	10.1016/j.compmedimag.2005.02.005	2005	N	
Weidenbach, M; Wild, F; Scheer, K; Muth, G; Kreutter, S; Grunst, G; Berlage, T; Schneider, P	Computer-based training in two-dimensional echocardiography using an echocardiography simulato	10.1016/j.echo.2004.10.025	2005	N	simulator
Gelenbe, E; Hussain, K; Kaptan, V	Simulating autonomous agents in augmented realit	10.1016/j.jss.2004.01.016	2005	N	technical
Robinson, AG; Metten, S; Guiton, G; Berek, J	Using fresh tissue dissection to teach human anatomy in the clinical years	10.1097/00001888-200407000-00021	2004	N	
Weidenbach, M; Trochim, S; Kreutter, S; Richter, C; Berlage, T; Grunst, G	Intelligent training system integrated in an echocardiography simulator	10.1016/S0010-4825(03)00084-2	2004	Y	Echocardiography
Marescaux, Jacques; Solerc, Luc	Image-guided robotic surgery.	10.1177/107155170401100208	2004	N	robotics
Kneebone, RL; Nestel, D; Moorthy, K; Taylor, P; Bann, S; Munz, Y; Darzi, A	Learning the skills of flexible sigmoidoscopy - The wider perspective	10.1046/j.1365-2923.37.s1.2.x	2003	N	vr
Kerner, Karen F; Imielinska, Celina; Rolland, Jannick; Tang, Haiying	Augmented Reality for teaching endotracheal intubation: MR imaging to create anatomically correct models.		2003	N	Tecnico Endotracheal intubation
Rolland, J; Davis, L; Hamza-Lup, F; Daly, J; Ha, YG; Martin, G; Norfleet, J; Thumann, R; Imielinska, C	Development of a training tool for endotracheal intubation: Distributed augmented reality		2003	N	Tecnico Endotracheal intubation
Mastrangelo, MJ; Adrales, G; McKinlay, R; George, I; Witzke, W; Plymale, M; Witzke, D; Donnelly, M; Stich, J; Nichols, M; Park, AE	Inclusion of 3-D computed tomography rendering and immersive VR in a third year medical student surgery curriculum		2003	Y	Visualization
Fisher, JB; Porter, SM	Using mixed reality, force feedback and tactile augmentation to improve the realism of medical simulation		2002	Y	Catheterization
Argotti, Y; Davis, L; Outters, V; Rolland, JP	Dynamic superimposition of synthetic objects on rigid and simple-deformable real objects	10.1016/S0097-8493(02)00180-2	2002	N	Visualization
Davis, L; Ha, YG; Frolich, S; Martin, G; Meyer, C; Pettitt, B; Norfleet, J; Lin, KC; Rolland, JP	Augmented reality and training for airway management procedures		2002	N	Visualization
Slotnick, Henry B; Shershneva, Marianna E	Use of theory to interpret elements of change.	10.1002/chp.1340220403	2002	N	
Ansar, A; Rodrigues, D; Desai, JP; Daniilidis, K; Kumar, V; Campos, MFM	Visual and haptic collaborative tele-presence	10.1016/S0097-8493(01)00121-2	2001	N	
Riva, G; Alcaniz, M; Anolli, L; Bacchetta, M; Banos, R; Beltrame, F; Botella, C; Galimberti, C; Gamberini, L; Gaggioli, A; Molinari, E; Mantovani, G; Nugues, P; Optale, G; Orsi, G; Perpina, C; Troiani, R	The VEPSY Updated project: Virtual reality in clinical psychology	10.1089/109493101750527006	2001	N	
Marescaux, J; Smith, MK; Folscher, D; Jamali, F; Malassagne, B; Leroy, J	Telerobotic laparoscopic cholecystectomy: Initial clinical experience with 25 patients	10.1097/00000658-200107000-00001	2001	N	robotics
Hoffman, HM; Colt, HG; Haas, A	Development of an experimental paradigm in which to examine human learning using two computer-based formats		2001	N	
Goradia, TM	Operating on the mind: Virtual reality in neurosurgery		2000	N	vr
Jinks, C; Ong, BN; Paton, C	Mobile medics? The mobility of doctors in the European Economic Area	10.1016/S0168-8510(00)00097-X	2000	N	
Riva, G; Gamberini, L	Virtual reality in telemedicine	10.1089/153056200750040183	2000	N	vr
Demartines, N; Battegay, E; Liebermann, J; Oberholzer, M; Rufli, T; Harder, F	Telemedicine: outlook and multidisciplinary approach		2000	N	
Rich, M; Lamola, S; Amory, C; Schneider, L	Asthma in life context: Video Intervention/Prevention assessment (VIA)	10.1542/peds.105.3.469	2000	N	
Russell, JC; Kaplowe, J; Heinrich, J	One hospital's successful 20-year experience with physician assistants in graduate medical education	10.1097/00001888-199906000-00007	1999	N	

Hariprasad, R; Shin, DS; Berger, JW	An intelligent, interactive platform for ophthalmic teaching, telemedicine, and telecollaboration: Design considerations and prototype construction		1999	N	tecnico Ophthalmoscopy
Blackwell, M; Morgan, F; DiGioia, AM	Augmented reality and its future in orthopaedics		1998	Y	Orthopaedic
Ayache, N; Cotin, S; Delingette, H; Clemente, JM; Russier, Y; Marescaux, J	Simulation of endoscopic surgery	10.3109/13645709809153093	1998	N	
Schlag, P M; Graschew, G; Bellaire, G; Engel-Murke, F	[Virtual operations on real patients].		1998	N	
O'Toole, R; Playter, R; Krummel, T; Blank, W; Cornelius, N; Roberts, W; Bell, W; Raibert, M	Assessing skill and learning in surgeons and medica students using a force feedback surgical simulator		1998	N	
Thumfart, WF; Freysinger, W; Gunkel, AR; Truppe, MJ	3D image-guided surgery on the example of the 5,300 year-old Innsbruck Iceman	10.3109/00016489709117753	1997	N	
Moline, J	Virtual reality for health care: a survey		1997	N	
Max, M L; Gonzalez, J R	Blind persons navigate in virtual reality (VR); hearing and feeling communicates "reality".		1997	N	
Aral, SO; Fransen, L	STD/HIV prevention in Turkey: Planning a sequence o interventions		1995	N	
Chinnock, C	Virtual reality in surgery and medicine		1994	N	
FEIFEL, G	COMBINATION OF PROBABILITY ESTIMATES FROM PROSPECTIVE AND RETROSPECTIVE SOURCES IN MEDICAL DECISION-ANALYSIS		1990	N	
DAVIS, GC	LEARNING ABOUT NURSING MANAGEMEN		1988	N	

3. Questionários

Questionário e-Fer inicial

O presente questionário destina-se à recolha de dados para registo no sistema e-fer, um ambiente virtual de aprendizagem para o desenvolvimento de competências no âmbito das feridas crónicas. Todas as respostas são estritamente confidenciais e não serão transmitidas a qualquer outra entidade.

Agradecemos desde já a sua colaboração.

*Required

1. **Email** *
   Necessário para registo no e-Fer

   .....

2. **Nickname** *
   Nome com que vai ser identificado no e-Fer

   .....

3. **Género** *
   Mark only one oval.

   ◯ Masculino
   ◯ Feminino

4. **Idade** *

   .....

Questionário e-Fer | Motivação

O presente questionário destina-se a determinar a sua motivação para a aprendizagem utilizando o sistema e-fer, um ambiente virtual de aprendizagem para o desenvolvimento de competências no âmbito das feridas crónicas. Os dados recolhidos servirão para avaliar o sistema relativamente à motivação que despoleta.
Todas as respostas são estritamente confidenciais e não serão transmitidas a qualquer outra entidade.

Agradecemos desde já a sua colaboração.

*Required

1. **Email** *
   (o que utiliza para aceder ao e-Fer)

2. **Responda às seguintes questões de acordo com o seu grau de concordância.** *

Mark only one oval per row.

	Discordo plenamente	Discordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo plenamente
O e-fer permite-me controlar o ritmo da minha aprendizagem.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer desperta-me a vontade de continuar a resolver casos.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer desperta-me curiosidade para procurar informação noutras fontes.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer aumenta a minha vontade em usar as tecnologias de informação e comunicação em saúde.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer aproxima os laboratórios da realidade clínica o que aumenta a minha motivação para aprender.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer aumenta o meu empenho na resolução de casos clínicos.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer aumenta a minha auto-estima.	◯	◯	◯	◯	◯
Com o e-fer tenho um envolvimento maior na resolução de casos clínicos.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer torna a temática das feridas crónicas mais interessante.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer torna a temática das feridas crónicas mais fácil de compreender.	◯	◯	◯	◯	◯
Com o e-fer fico mais comprometido em resolver casos clínicos.	◯	◯	◯	◯	◯
O tempo passa depressa quando resolvo casos no e-fer.	◯	◯	◯	◯	◯
Gostaria de repetir esta experiência mais vezes.	◯	◯	◯	◯	◯

Questionário e-Fer | Usabilidade

O presente questionário destina-se a determinar a sua perceção sobre a utilização do sistema e-fer, um ambiente virtual de aprendizagem para o desenvolvimento de competências no âmbito das feridas crónicas. Os dados recolhidos servirão para avaliar o sistema em termos de eficácia, eficiência e satisfação.
Todas as respostas são estritamente confidenciais e não serão transmitidas a qualquer outra entidade.

Agradecemos desde já a sua colaboração.

*Required

1. **Email** *
   (o que utiliza para aceder ao e-Fer)

2. **Responda às seguintes questões de acordo com o seu grau de concordância.** *

Mark only one oval per row.

	Discordo plenamente	Discordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo plenamente
Estou satisfeito com a minha participação no e-fer.	◯	◯	◯	◯	◯
O sistema e-fer é simples de utilizar.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer motiva-me a participar em discussões com colegas no âmbito das feridas crónicas.	◯	◯	◯	◯	◯
O e-fer motiva-me a participar em discussões com professores no âmbito das feridas crónicas.	◯	◯	◯	◯	◯
Considero o sistema e-fer agradável.	◯	◯	◯	◯	◯
Considero o sistema e-fer estimulante.	◯	◯	◯	◯	◯
Voltaria a utilizar o e-fer enquanto sistema de apoio ao desenvolvimento de competências no âmbito das feridas crónicas.	◯	◯	◯	◯	◯
Considero fácil a interpretação do feedback disponibilizado pelo sistema às minhas respostas.	◯	◯	◯	◯	◯
É fácil iniciar sessão no e-fer.	◯	◯	◯	◯	◯
É fácil terminar sessão no e-fer.	◯	◯	◯	◯	◯
É fácil navegar pelos diversos separadores (diagnóstico e tratamento) do e-fer.	◯	◯	◯	◯	◯
É fácil observar as feridas.	◯	◯	◯	◯	◯
É fácil submeter as minhas respostas de diagnóstico.	◯	◯	◯	◯	◯
É fácil submeter as minhas respostas de tratamento.	◯	◯	◯	◯	◯

É fácil consultar a informação disponível no fórum de discussão.					
Com a utilização do sistema e-fer estou mais consciente das minhas dificuldades no diagnóstico de feridas crónicas.					
Com a utilização do sistema e-fer estou mais consciente das minhas dificuldades no tratamento de feridas crónicas.					
A forma como são apresentados os casos e a terminologia utilizada representam o que se passa na realidade.					
Com a utilização do e-fer melhorei a minha capacidade para diagnosticar feridas crónicas.					
Com a utilização do e-fer melhorei a minha capacidade para tratar feridas crónicas.					
Considero proveitoso o tempo dispendido a utilizar o e-fer.					
A informação disponibilizada pelo sistema foi de encontro com a informação que necessitava no momento.					
As imagens das feridas permitiram uma observação detalhada das suas caraterísticas.					
Considero muito útil a existência de feedback específico no e-fer.					