

Evolução da Realidade Virtual e Aumentada em Saúde: Uma Reflexão a partir de 15 Anos de SVR

Evolution of Virtual and Augmented Reality in Health: a reflection from 15 years of SVR

Fátima L. S. Nunes

Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde
(LApIS)
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil
fatima.nunes@usp.br

Liliane S. Machado, Ronei M. Moraes

Laboratório de Tecnologias para o Ensino Virtual e Estatística (LabTEVE)
Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa, Brasil
liliane@di.ufpb.br, ronei@de.ufpb.br

Abstract—The relevance of Virtual and Augmented Reality (VAR) in health is directly related to the quality of services in this field. Thus, research and applications can be found focusing on the training of professionals, planning of procedures and rehabilitation of patients, besides many others. This paper presents an overview of VAR in health from the researches published in SVR proceedings in the last 15 years. Some highlights found refer to the prevalence of research on training, followed by researches on interactive visualization and rehabilitation. A limited participation of companies from the productive sector was also observed, as well as few studies including professionals of the health area. From those and other results was possible to trace a panorama and analyze the evolution of the researches in VAR for health.

Keywords—virtual reality for health; health applications; rehabilitation; simulation in healthcare, review.

Resumo: A relevância da Realidade Virtual e Aumentada (RVA) para área de saúde está diretamente relacionada à qualidade dos serviços deste setor. Nesse sentido, pesquisas e aplicações podem ser encontradas com foco no treinamento de profissionais, planejamento de procedimentos, simulação de processos e reabilitação de pacientes, dentre outras possibilidades. Neste artigo é apresentado um retrato da área de RVA em saúde a partir de trabalhos publicados nos últimos 15 anos do SVR, com destaque para a predominância de trabalhos voltados para o treinamento, seguidos pelos trabalhos de visualização interativa e reabilitação. Observou-se a limitada participação de empresas do setor produtivo, assim como poucos estudos que relatam a participação de profissionais da área de saúde. Assim, a partir dos achados nos anais, foi possível realizar uma reflexão e traçar a evolução da pesquisa de RVA em saúde.

Palavras-chaves—realidade virtual para saúde, aplicações para saúde, reabilitação, simulação em saúde, revisão.

I. INTRODUÇÃO

A evolução de máquinas, dispositivos, placas gráficas e outros artefatos de *hardware* tem favorecido o

desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual e Aumentada (RVA) em diversas áreas do conhecimento e do setor produtivo. Aspectos legais que regem o dia-a-dia da sociedade também têm alavancado o desenvolvimento de tais aplicações. Exemplos tradicionais são a inclusão de horas de treinamento de pilotos da aviação civil e militar em simuladores antes de exercerem a profissão [1], a recente obrigatoriedade de uso de simuladores para motoristas de automóveis no Brasil [2] e a recente discussão sobre a inclusão de simuladores na formação e na avaliação de profissionais da saúde [3].

No mundo todo, a área de saúde tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias. A sua relevância no contexto social para a qualidade de vida da população é o principal agente desta evolução. Neste contexto, a área de RVA também tem contribuído com tópicos importantes de pesquisa em vários grupos que se dedicam a desenvolver técnicas específicas para simulação, treinamento, educação e visualização em ambientes tridimensionais interativos [4]. Algumas dessas aplicações são simples, constituindo apenas de reuso de componentes ou tecnologias já existentes para tornar alguns processos mais fáceis, criativos ou motivadores. É o caso de ferramentas dedicadas a apoiar o ensino de tópicos teóricos, como atlas virtuais de anatomia. Outras aplicações mais complexas incluem algoritmos elaborados visando a propiciar realismo e interação em tempo real, como é o caso de simuladores de procedimentos.

No Brasil, vários grupos de pesquisa têm trabalhado com tópicos relacionados à saúde em RVA. Apesar da grande quantidade de publicações em veículos estrangeiros provenientes desses grupos, o *Symposium on Virtual and Augmented Reality* (SVR) tem sido a principal conferência da área em território nacional que apresenta tais trabalhos à comunidade científica. O evento iniciou-se em 1997 e desde a edição de 1999 vem ocorrendo anualmente, com exceção do ano de 2005.

O objetivo desta revisão é tecer um panorama das pesquisas de RVA em saúde apresentadas nas quinze edições do SVR e, a partir delas, apresentar uma análise, as tendências e as oportunidades de pesquisa ainda pouco exploradas. Considerando que poucos artigos estrangeiros têm sido apresentados no SVR, pode-se afirmar que a análise indiretamente oferece um panorama desta área de pesquisa no país, embora limitada à visão dos artigos apresentados no SVR.

A seção 2 deste artigo apresenta uma breve introdução sobre como pode ser tratada e delimitada a pesquisa em RVA em saúde, categorizando as pesquisas. Na seção 3 é apresentada a metodologia utilizada para a classificação e a organização dos artigos encontrados nos anais do SVR, seguida de seções de discussão e conclusões.

II. RVA EM SAÚDE

As aplicações de Realidade Virtual e Aumentada têm apresentado uma popularização nos últimos anos, principalmente devido à facilidade de acesso a dispositivos, vários deles utilizados em consoles de jogos que contemplam ambientes virtuais tridimensionais interativos. A disponibilização de bibliotecas e pacotes, os quais podem facilitar ou agilizar o desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual e Aumentada, também propiciou um maior número de pesquisas e produtos.

A área de saúde tem sido especialmente beneficiada com tal popularização. A necessidade de prover novas formas de treinamento a profissionais, a ausência de riscos a pacientes durante o processo virtual de aprendizado de técnicas, a simulação de situações críticas e a necessidade de novas formas de motivar pacientes durante terapias, são exemplos de aplicações potenciais para aumento da qualidade dos serviços em saúde. Em alguns casos, tais aplicações são vistas na forma de jogos tridimensionais nos quais os profissionais podem praticar procedimentos [5], pacientes podem realizar atividades de reabilitação [6] e jogadores podem receber informações sobre práticas saudáveis [7].

Observa-se que a abrangência da área de saúde proporciona uma variedade de aplicações para RVA. Neste contexto, as características de imersão, interação e envolvimento contempladas nas aplicações de RVA variam de forma significativa, buscando um equilíbrio entre custo, realismo e interatividade, de acordo com a sua finalidade. Entretanto, abordar RVA em saúde envolve tratar não apenas das suas aplicações, mas também do universo tecnológico que as permeiam. Dispositivos diversos de interação, visualização e rastreamento oferecem variados graus de liberdade, granularidade de informação e tamanho. Da mesma forma, algoritmos de controle e sincronização podem oferecer técnicas com tempos de resposta diferenciados, baseadas na capacidade de armazenamento e tratamento de dados. Tais fatos tornam a área ampla, repleta de oportunidades e desafios de pesquisa [8].

As pesquisas em RVA podem ser classificadas de diferentes formas, de acordo com um contexto específico. No artigo de Nunes *et al.* [8], os trabalhos de RVA na área de saúde foram classificados de acordo com o público-alvo das aplicações, composto por pacientes, profissionais de saúde e desenvolvedores, consolidando cinco subgrupos de aplicações

(Figura 1). Neste caso, as linguagens e bibliotecas de programação referem-se a conjuntos de código ou linguagens específicas voltadas ao desenvolvimento e que demandam conhecimento específico de programação. As ferramentas de desenvolvimento referem-se a *frameworks* ou bibliotecas de que facilitam a reutilização de processos e códigos, tanto para desenvolvedores quanto para profissionais da área de saúde, visando a produção de aplicações simplificadas ou protótipos que auxiliem no processo de desenvolvimento de aplicações mais complexas.

Outra maneira de realizar esta classificação é considerando o tipo do produto da pesquisa. Neste caso, podem ser definidas três categorias: técnica, ferramenta de desenvolvimento e aplicação. As técnicas são constituídas por algoritmos ou estruturas sobre as quais as ferramentas e aplicações são desenvolvidas. Exemplos desta categoria são as técnicas de corte interativo [9], técnicas de avaliação do usuário [10] e estruturas de dados [11] necessárias para armazenar, prover acesso aos objetos gráficos e tratar os dados utilizados nas aplicações. As ferramentas de desenvolvimento objetivam prover suporte ao desenvolvimento das aplicações por meio de rotinas, bibliotecas, *frameworks* ou pacotes que permitem reuso ou simplificação do processo de implementação dessas aplicações. As aplicações são os produtos voltados para a solução de problemas específicos, como o treinamento, educação, reabilitação e visualização, dentre tantas outras possibilidades. Observa-se, portanto, que estas três categorias apresentam uma hierarquia de dependência, que pode ser visualizada na Figura 2.

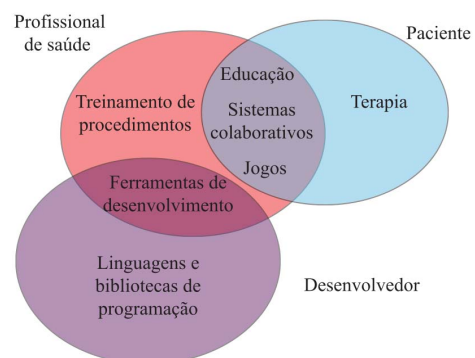


Fig. 1. Classificação das aplicações de RVA em função do público-alvo [7].



Fig. 2. Classificação das publicações de RVA em saúde em função do tipo.

Independentemente da forma de classificação, verifica-se que as aplicações de RVA em saúde merecem atenção especial, pois, diferentemente daquelas em outras áreas, a necessidade

de realismo, precisão e resposta em tempo real faz com que estes aplicativos incitem pesquisas em diversas linhas, permeando a formação de pesquisadores em vários centros de pesquisa no Brasil e no mundo.

III. METODOLOGIA

A revisão conduzida neste trabalho tomou como base os artigos publicados nas quinze edições do SVR e foi delineada para responder as seguintes questões:

Questão primária:

Como tem sido realizada a pesquisa em RVA aplicada à saúde no Brasil?

Questões secundárias:

- 1) Quantos grupos de pesquisa atuam na área?
- 2) Há colaboração entre os grupos de pesquisa?
- 3) Quais assuntos têm sido explorados?
- 4) Que dispositivos são usados nas aplicações desenvolvidas?
- 5) Que tipo de avaliação ou validação tem sido feita nas aplicações desenvolvidas?
- 6) Há participação do profissional de saúde nas pesquisas?
- 7) Há transferência de tecnologia para o setor produtivo?
- 8) Houve evolução da pesquisa nesta área no Brasil?

Para responder a essas questões foram analisados os títulos de todos os artigos publicados, tanto completos quanto curtos, nas 15 edições do SVR, disponibilizados na Biblioteca Digital Brasileira de Computação (BDBComp) [12] ou, no caso das três últimas edições, na *IEEE Xplore Digital Library* [13]. Quando houve dúvida se o artigo seria classificado dentro da área de saúde, seus resumos e textos foram avaliados.

Para que um artigo fosse selecionado para leitura completa deveria contemplar revisão, desenvolvimento ou reflexão sobre aplicações de RVA em saúde humana, além de ter sido publicado como trabalho completo (*full paper*) ou curto (*short paper*). Algumas edições do SVR contemplaram a apresentação de pôsteres, mas esses não foram incluídos neste artigo por não conterem elementos suficientes para análise. Também foram excluídos trabalhos que não apresentavam tópicos relacionados à saúde humana. A Figura 3 apresenta um resumo da metodologia empregada.

Os 78 trabalhos incluídos no final tiveram seu texto analisado na íntegra e uma tabela foi preenchida com vários tópicos: autores, grupos de pesquisa, tipo de avaliação executada, dispositivos de interação e visualização empregados, categoria da aplicação, área do corpo humano contemplada, entre outros. A Tabela 1 (disponibilizada no final do artigo) apresenta dados de autores, grupos e localização física dos trabalhos incluídos. Os demais dados foram sumarizados na seção IV. Foi avaliado também se o estudo apresentava uma proposta ou se já havia sido executado. O trabalho foi considerado como executado mesmo que os resultados apresentados fossem parciais. Artigos de revisão foram ignorados na análise deste tópico.

Particularmente em relação ao tipo de trabalho (Figura 2), estes foram subdivididos de modo que trabalhos relacionados a **Técnicas** poderiam ser de revisão ou de métodos, desde que tratassem de técnicas de base para uso em sistemas de RVA. Para os trabalhos de **Aplicação** foram considerados: **simulação** - aqueles que refaziam um procedimento real ou permitiam simular seus parâmetros; **treinamento** - os que visavam a aquisição de habilidade por parte do usuário; **visualização interativa** - aqueles que permitiam interagir com modelos tridimensionais com finalidade de navegação; além dos trabalhos em **reabilitação** e **revisão**. Quanto às **Ferramentas**, foram considerados os trabalhos que tratavam de ferramentas para o desenvolvimento de sistemas, sendo que estes foram separados nas categorias: desenvolvimento, para *frameworks*, bibliotecas e similares; visualização, para plataformas de desenvolvimento de visualizações; e revisão.

A partir da padronização dos dados extraídos, gráficos e tabelas foram compostos, os quais são apresentados a seguir.

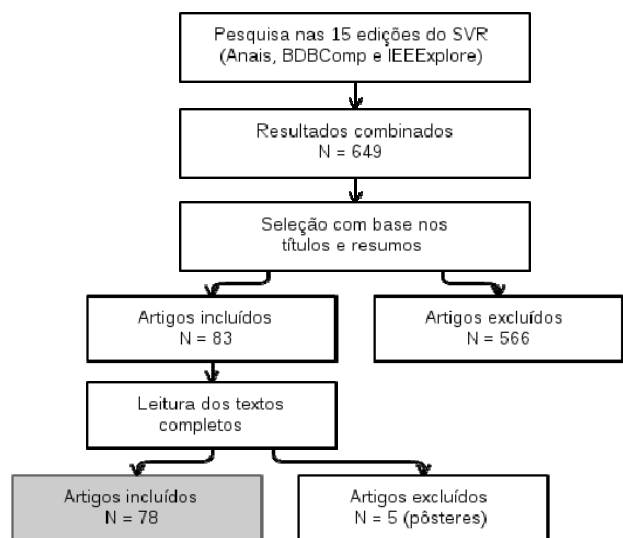


Fig. 3. Diagrama da sistemática de seleção dos artigos de RVA em saúde publicados nas 15 edições do SVR.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise tecida oferece, em primeiro lugar, uma visão geral das publicações. Em seguida, os aspectos considerados mais importantes são apresentados a partir do cruzamento de dados com a finalidade de analisar tendências, limitações e oportunidades de pesquisa, como mostram as subseções a seguir.

A. Análise geral

A Figura 4 apresenta dados demográficos obtidos com a pesquisa. Como pode ser observado, a quantidade tanto numérica quanto percentual dos trabalhos em saúde, apresentou variação durante os anos, com quedas nos anos de 2007 e 2009, mas significativo acréscimo percentual nos dois últimos anos.

Verificou-se ainda (Figura 5) que a maioria dos trabalhos (65%) referiu-se a Aplicações e estas têm sido desenvolvidas com pouca participação de profissionais da saúde (21%). Em todo o período apenas um trabalho de Ferramenta de Desenvolvimento envolveu a participação de profissional da saúde.

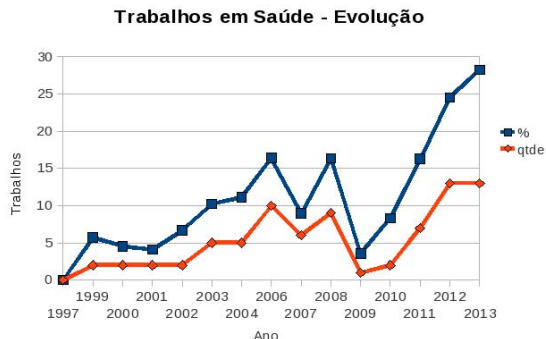


Fig. 4. Percentual e quantitativo dos trabalhos em saúde publicados no SVR.

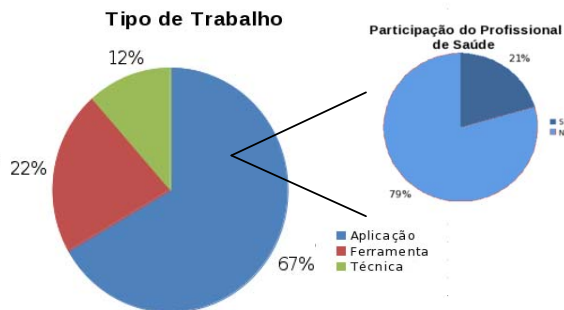


Fig. 5. Gráficos com análises demográficas dos artigos incluídos.

É importante observar que alguns dos números a seguir podem superar a totalidade dos trabalhos, considerando que vários dos artigos analisados se enquadram em mais de uma categoria em algumas análises conduzidas. Por exemplo, se um trabalho citou o uso de mais de um tipo de dispositivo de interação, o mesmo foi contabilizado em todas as categorias de dispositivo às quais se referia. O mesmo ocorreu para dispositivos de visualização.

De acordo com os dados apurados (Tabela 1), houve participação de 33 diferentes grupos ou instituições de pesquisa no período analisado, sendo que 14 deles contribuíram com pelo menos duas publicações (Figura 6). Os grupos são provenientes de 14 estados brasileiros e três países além do Brasil (Bélgica, Japão e Irã). Houve publicação predominante dos estados de São Paulo, Paraíba e Rio de Janeiro, resultando em 63% (N=50) dos 78 artigos apurados (neste percentual, se os autores pertenciam a mais de um grupo do mesmo Estado o trabalho foi contabilizado uma única vez; no entanto, se no trabalho constavam grupos provenientes de Estados diferentes, o trabalho foi contabilizado para todos os Estados envolvidos).

Ainda em relação à autoria dos trabalhos, observou-se que apenas 19% deles apresentaram autores pertencentes a

diferentes grupos de pesquisa. Isso leva a crer que, embora existam pesquisas de contextos semelhantes, há pouca colaboração entre os grupos de pesquisa.

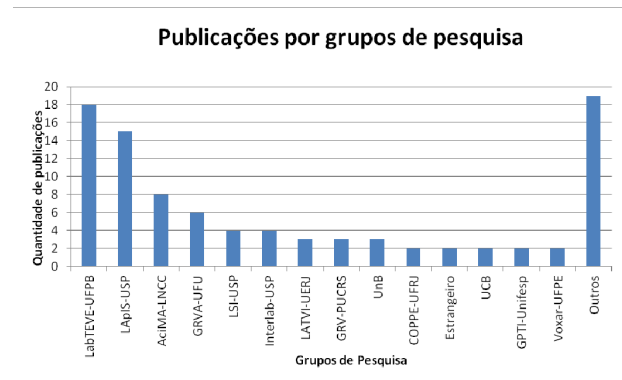


Fig. 6. Participação dos grupos de pesquisas nos artigos incluídos.

Os trabalhos têm sido desenvolvidos em ambientes acadêmicos e a participação da indústria é praticamente nula. Provavelmente devido a este fator, não há menção à transferência de tecnologia para o setor produtivo, ou seja, os trabalhos analisados não citam se os resultados da pesquisa (aplicações, metodologias etc.) estão sendo aplicados no dia a dia do profissional de saúde ou terapias de pacientes.

Quanto ao contexto das pesquisas publicadas, verificou-se que a maioria esteve ligada a autores vinculados a programas de pós-graduação da área de Ciência da Computação (63%), seguido por programas da área de Engenharia Elétrica (16%) e Interdisciplinar (15%). Provavelmente este resultado é decorrente do fato do SVR ser uma conferência promovida pela Sociedade Brasileira de Computação e, por isso, com maior inserção na comunidade desta área.

Destaca-se que, assim como já constatado em análise feita anteriormente sobre os artigos gerais do SVR de 2008 e 2009 [14], aproximadamente a metade (46%) dos trabalhos na área de saúde não apresentavam avaliação. Observou-se, adicionalmente, que 89% dos trabalhos apresentaram pesquisas executadas (e não apenas propostas), mesmo que os resultados tivessem sido parciais.

Finalmente verificou-se que são poucos os trabalhos que envolvem Realidade Aumentada, sendo que, quando esta tecnologia foi utilizada, a pesquisa apenas relacionou-se ao uso de marcadores para visualizar algum tipo de objeto ou informação. Um único trabalho, de autoria de um grupo brasileiro e um grupo estrangeiro, abordou Realidade Misturada. Não foram encontrados artigos tratando de Virtualidade Aumentada.

B. Dispositivos

O uso de dispositivos foi analisado sob as vertentes de entrada e de saída. O mouse destacou-se como o dispositivo de entrada predominante (49%), seguido pelos dispositivos hápticos (29%). Nos anos de 2000 a 2002 apenas um grupo

utilizava dispositivos hápticos. Entretanto, a partir do ano de 2004, outras formas de entrada de dados não convencionais, além dos equipamentos hápticos, passaram a ser incluídas nas pesquisas de diversos grupos, como eletrodos, luvas de dados e câmeras, dentre outros, com intensificação de uso a partir do ano de 2010 (Figura 7). Em particular, as superfícies multitoque e os dispositivos para videogames (*WiiFit* e *Kinect*) passaram a ser incorporados em 2012.

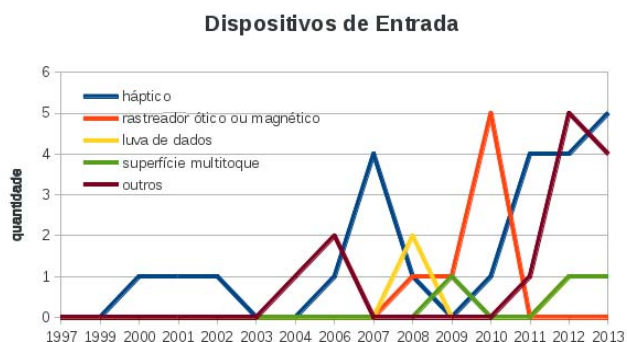


Fig. 7. Utilização de dispositivos de entrada não convencionais.

Quanto aos dispositivos de saída, embora os equipamentos hápticos também estejam nesta categoria, as principais observações referem-se àqueles voltados à visualização. Embora o monitor convencional permaneça sendo o dispositivo mais utilizado, o uso de diferentes técnicas de visualização de imagens com estereoscopia passaram a ser observadas com maior frequência a partir de 2006. Os óculos obturadores e com filtros coloridos predominam nesta categoria, embora tenha sido observado o uso de óculos polarizados em dois artigos, além do telefone celular, monitor esférico e HMD (*head-mounted display*) em outros três estudos (Figura 8).



Fig. 8. Dispositivos de visualização, exceto monitores convencionais.

Cinco trabalhos, provenientes de três diferentes grupos de pesquisa, apontam o uso de CAVEs, tendo sido um apresentado no ano de 2008 e quatro no ano de 2010. Devido ao uso de estereoscopia nestes sistemas, eles foram considerados para a categoria de dispositivos para estereoscopia. Cada um dos anos de 2000 a 2002 apresentou uma publicação que indicava o uso de estereoscopia e, tal qual

nos dispositivos de interação, o mesmo grupo foi responsável pelos três trabalhos.

C. Análise das Categorias

Embora a área de aplicação tenha destaque dentre os trabalhos relacionados à saúde, observa-se que a participação de profissionais da saúde é restrita nas três categorias. No caso dos trabalhos relacionados a Técnicas, apenas quatro grupos apresentaram contribuições desses profissionais, sendo que dois desses grupos sempre atuaram em parceria. O escopo principal foram os métodos e todos tratavam de assuntos distintos. No caso das Ferramentas de Desenvolvimento, foram observados trabalhos de apenas três grupos, com outros dois atuando em parceria. As ferramentas para criação de sistemas foram o principal tema abordado. Observou-se, portanto, o desenvolvimento de Aplicações como o tipo de trabalho predominante dos grupos de pesquisa brasileiros, com destaque para aqueles relacionados à reabilitação, visualização e treinamento (Figura 9).

Nas aplicações apresentadas houve participação de profissionais da saúde em 21% das vezes, observando-se grupos de todas as regiões do Brasil. A única exceção foi a região Norte, que não apresentou trabalhos na temática de saúde em nenhuma das categorias. Não houve prevalência de nenhuma parte do corpo nestas aplicações. Na Figura 10 pode ser visto que o sistema cognitivo aparece em segundo lugar após o corpo humano considerado como um todo. Neste ponto, é importante relatar que aí encontram-se somadas as várias contribuições para reabilitação e tratamento de fobias. Dentre as 52 aplicações pesquisadas, cinco tratam do desenvolvimento de jogos, sendo quatro delas relacionadas à reabilitação.

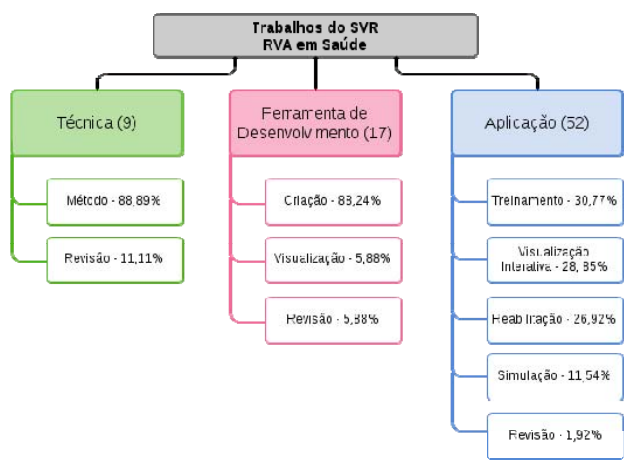


Fig. 9. Quantitativo das categorias dos trabalhos de RVA em saúde, com percentual das contribuições em cada tema.

D. Avaliação das aplicações

Se por um lado a área de saúde impulsiona técnicas, métodos e inovação tecnológica, por outro apresenta dificuldades adicionais em relação a análise de requisitos, desenvolvimento e avaliação. Especificamente em relação a

esta última característica, verifica-se que avaliar ferramentas e aplicações constitui uma tarefa que exige planejamento, depende tempo e, acima de tudo, torna-se inviável sem o estabelecimento de equipes multidisciplinares.

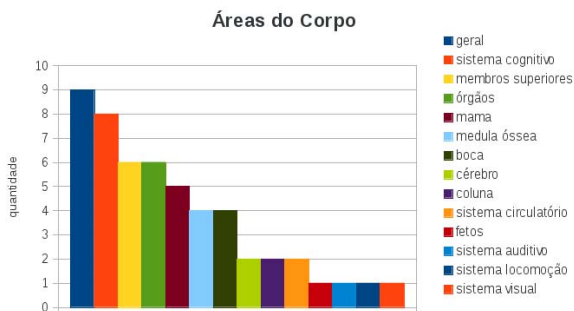


Fig. 10. Áreas do corpo humano abordadas nas Aplicações.

A seguir, apresentamos uma análise dos trabalhos incluídos em relação à avaliação. Dividimos a avaliação em quatro categorias: (1) requisitos – quando o artigo citou algum método para elucidar requisitos do software; (2) técnica – quando foi realizado algum tipo de avaliação do software considerando suas características não funcionais, em geral relacionando-se com desempenho; (3) usuário – quando houve participação de usuários na validação do software; (4) profissional da saúde – quando houve avaliação do profissional da saúde em alguma das fases de desenvolvimento do software.

Dos 78 trabalhos incluídos, somente um foi excluído desta análise por tratar-se de artigo de revisão. Assim, dos 77 artigos restantes, 36 (47%) não citavam a existência de avaliação, em oito deles (10%) foi citada avaliação de requisitos, 18 trabalhos (24%) citaram a condução de avaliação técnica, 14 trabalhos apresentaram avaliação com usuário (18%) e apenas uma pequena parcela (quatro trabalhos, 5%) apresentou avaliação com profissional da saúde.

Uma primeira discussão que merece destaque é a pequena quantidade de trabalhos que apresentavam avaliação com usuário. Dos 77 trabalhos analisados, 29 foram classificados como trabalhos de aplicação na área de treinamento de procedimentos ou reabilitação. Considerando que apenas 14 trabalhos (todos das categorias mencionadas) citaram a existência de avaliação do usuário, verifica-se que pouco mais da metade dos trabalhos que apresentaram aplicações para treinamento ou reabilitação não conduziram qualquer avaliação com usuários.

Uma análise mais aprofundada mostra que em mais da metade desses trabalhos os usuários que avaliaram o software não constituíam o público-alvo final do software, isto é, a maioria dessas avaliações foi conduzida com profissionais ou estudantes da área de Computação, em geral colegas de laboratório dos autores.

Há uma grande dificuldade em conduzir avaliações com usuários de aplicações da área de saúde, devida a fatores como: necessidade de aprovação do projeto em Comitê de Ética,

preparação do ambiente, disponibilidade de um profissional da saúde para auxiliar no planejamento e acompanhar a avaliação e disponibilidade do público-alvo. Por isso, avaliar adequadamente software de RVA da área de saúde pode ser uma tarefa que depende dias ou semanas. No entanto, a ausência deste tipo de avaliação pode levar ao questionamento dos resultados que têm sido obtidos.

Adicionalmente, verifica-se a ausência de metodologias e técnicas automatizadas para auxiliar nessas avaliações. Na maior parte dos trabalhos a validação é feita por meio de observação ou questionários ao usuário. A observação consiste em verificar o usuário usando o software e anotar suas reações, questionamentos ou características do software. Um único trabalho que apresentou uma metodologia automatizada para avaliação incluiu métodos estatísticos sobre dados capturados durante a interação do usuário com o software. Apesar da contribuição de tal trabalho, não está claro se a metodologia pode ser aplicada de forma automatizada em outros softwares sem necessidade de adaptação. Assim, esta lacuna constitui uma relevante oportunidade de pesquisa na área.

Destaca-se, ainda, a pequena quantidade de trabalhos (10%) que citaram a existência de algum tipo de processo de avaliação de requisitos. Algumas reflexões cabem em relação a este tópico. Em primeiro lugar, a não citação do processo no artigo não significa necessariamente a inexistência dele. Neste caso, é interessante que os autores sejam mais atentos em apresentar informações completas nos seus artigos. Por outro lado, se de fato não houve levantamento de requisitos em mais da metade dos trabalhos classificados como aplicações (29 trabalhos, como citados anteriormente), é possível inferir que as aplicações estão surgindo como ideias dos grupos de pesquisa da área técnica de RVA e não como necessidades dos profissionais de saúde. Essa inversão da origem do problema constitui uma característica constante nos trabalhos da área de Computação aplicada à saúde em geral situações em que o profissional de saúde é procurado somente quando há algum resultado a ser testado. Frequentemente, verifica-se que as necessidades de tal profissional (ou do paciente) são muito diferentes daquilo que a equipe técnica considerou interessante como requisitos funcionais.

Ainda em relação à avaliação de requisitos, os trabalhos que a citaram conduzem entrevistas com o profissional de saúde e, na maioria das vezes, usam ferramentas clássicas da Engenharia de Software, como diagramas de casos de uso. Também aqui se verificam oportunidades de pesquisa. As aplicações de RVA – não somente na área de saúde – devem definir necessidades que extrapolam os requisitos do software tradicional, tais como técnicas de interação e visualização. Pesquisas nessa área poderiam definir novos diagramas, novos roteiros ou novas heurísticas aplicadas especificamente em RVA.

Em relação à avaliação técnica, verifica-se que este tipo de avaliação foi o mais conduzido nos trabalhos. Os trabalhos citaram medições como quantidade de quadros por segundo, tempo de resposta e funcionamento adequado do software. Verifica-se, entretanto, que mesmo algumas características da avaliação técnica deveriam ser verificadas pelo usuário, pois adequação de resolução e cores no processo de visualização e

adequação dos dispositivos de interação, entre outras, deveriam ser medidas a partir do ponto de vista do usuário, o que nem sempre é feito.

Finalmente, vale a pena novamente mencionar que a participação do profissional de saúde mostrou-se ínfima quantitativamente quando verificados os trabalhos incluídos. O desenvolvimento de pesquisa inter e multidisciplinar é uma tarefa que exige, além das habilidades técnicas, disposição dos pesquisadores envolvidos no sentido de estabelecer uma linguagem comum às áreas, além de tempo disponível para discussão de diferentes pontos de vista a respeito problemas e soluções. Tentando avançar nesta análise, pode-se questionar se a ausência de transferência de tecnologia não poderia ter ocorrido justamente porque não há participação do profissional de saúde durante o desenvolvimento e avaliação do software. É possível que os trabalhos publicados no SVR estejam obtendo resultados plausíveis de publicação na área de Computação, mas não adequados à prática clínica. De qualquer forma, a veracidade dessas inferências também poderia gerar oportunidades de pesquisa.

E. Discussões adicionais

Os resultados predominantes de Aplicações corroboram e mantêm os achados de Soares *et al.* [15], ou seja, o perfil da comunidade científica que publica no SVR é bastante voltado à produção de aplicações. Porém, é interessante observar que a partir de 2006 foi intensificado o uso de dispositivos não convencionais tanto para interação quanto para interação.

No ano de 2008 foi aprovado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) um projeto nacional com duração até 2014 para pesquisas ligadas à Computação e Saúde. O projeto intitulado Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Medicina Assistida por Computação Científica possui um grupo de trabalho particularmente voltado à pesquisa Realidade Virtual aplicada à Saúde. Dos trabalhos em saúde publicados neste período no SVR (2008 a 2013), dois terços deles pertencem a grupos participantes deste projeto, alguns com colaboração entre os grupos do projeto.

V. CONCLUSÕES

Afora a região Norte do Brasil, que não apresentou trabalhos publicados no SVR com a temática em saúde, foram identificados grupos de pesquisa em todo o país, bem como trabalhos em temas variados, embora algumas vezes sobrepostos.

O financiamento de um projeto de pesquisa incluindo vários grupos a partir de 2008 parece ter incentivado a pesquisa em conjunto. Observou-se que antes deste período os grupos não apresentavam trabalhos em conjunto publicados no SVR. A partir desta observação, acredita-se que incentivos à pesquisa advindos da formação de redes, podem oferecer meios de integrar grupos de pesquisa e diminuir a sobreposição de trabalhos.

O amadurecimento da comunidade parece transparecer na observação dos trabalhos publicados ao longo dos últimos anos, com o aumento percentual daqueles voltados a Técnicas e Ferramentas de Desenvolvimento (Figura 11). Entretanto, a

presença de profissionais de saúde ainda é incipiente e não foi observada a participação da indústria em 98% dos trabalhos. Tais fatos podem estar relacionados pois, conforme observado, uma vez que não há interação com estes profissionais pode ocorrer assincronia entre as suas necessidades e as soluções geradas. De fato, a principal constatação feita a partir dos trabalhos publicados é de que não parece haver uma atuação dos profissionais de saúde no processo de desenvolvimento das soluções, desde a concepção até a sua avaliação. Da mesma forma, a avaliação dos resultados tem sido realizada informalmente, sem metodologias e sem a utilização de amostras estatisticamente calculadas, o que compromete os resultados obtidos.

Pode-se concluir, portanto, que há muitos grupos capacitados no SVR para desenvolver pesquisas na área de saúde, mas ainda apresentam pouca colaboração entre si e conseqüente repetição de trabalhos. Entretanto, o potencial observado nas pesquisas leva a crer que uma maior colaboração poderia levar a projetos mais complexos e formais sob o ponto de vista da participação de profissionais da saúde em todas as etapas do desenvolvimento da pesquisa, incluindo as suas avaliações.

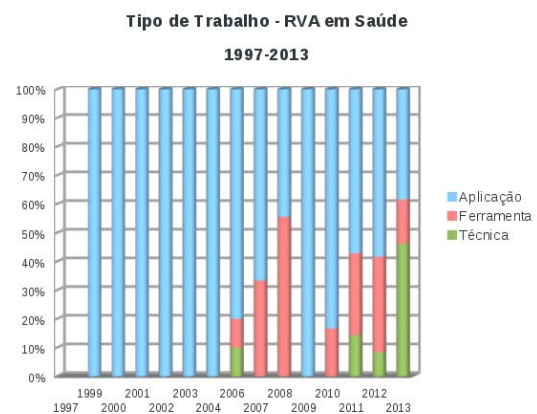


Fig. 11. Evolução do tipo de trabalho publicado nos 15 anos de SVR.

As constatações anteriores ratificam o quanto é importante a atuação dos órgãos financiadores no sentido de incentivar pesquisas estratégicas para o desenvolvimento do país. Discute-se a intensificação ou obrigatoriedade de simuladores em diversas áreas da sociedade, como citado no início deste artigo, mas pouco se vê de atividades científicas que possam atender a demandas futuras no sentido de contemplar aspectos legais ou sociais que em breve estarão presentes no cotidiano das atividades da população. Assim, especula-se que a comunidade científica da área pode não estar preparada para tal demanda e pode perder relevantes oportunidades de pesquisas e desenvolvimento de produtos tecnológicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) -- Processos 559931/2010-7 e 401745/2013-9, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) -- Processo 2010/15691-0 e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia -- Medicina Assistida por Computação Científica (INCT-MACC), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Regulamento Brasileiro da Aviação Civil. Resolução ANAC 237 de 5 de junho de 2012. Online: <http://www2.anac.gov.br/biblioteca/resolucao/2012/RA2012-0237.pdf>. Acessado em 24 de fevereiro de 2014.
- [2] Conselho Nacional de Trânsito - Resolução n.º 444, de 25 de junho de 2013. Online: www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/Resolucao4442013.pdf. Acessado em 17 de fevereiro de 2014
- [3] Holmboe, E.; Rizzolo, M.A.; Sachdeva, A.K. Rosenberg, M.; Ziv, A.(2011), Simulation-based assessment and the regulation of healthcare professionals. *Simulation in Healthcare* 6(7): 58-62.
- [4] Riva, G. (2005) Applications of Virtual Environments in Medicine. *Methods of Information in Medicine* 42:524-534.
- [5] Namee, B.; Rooney, P.; Lindstrom, P.; Ritchie, A.; Boylan, F.; Burke, G. (2014) Serious Gordon: using serious games to teach food safety in the kitchen. Online: <http://www.thehealthwell.info/node/621970> Acessado em 19 de fevereiro de 2014.
- [6] Burdea, G. (2003) Virtual Rehabilitation - Benefits and Challenges. *Methods of Information in Medicine* 42(5): 519-523.
- [7] Rodrigues, H. (2009) Aplicando Sistemas Hápticos em Serious Games: Um Jogo para Educação em Higiene Bucal. Dissertação de Mestrado em Informática (UFPB). Online: <http://www.ppgi.di.ufpb.br/wp-content/uploads/herbet-ferreira-rodrigues-dissertacao-de-mestrado-2011.pdf> Acessado em 20 de fevereiro de 2014.
- [8] Nunes, F. L. S.; Costa, R.; Machado, L.; Moraes, R. (2011) Realidade Virtual para Saúde no Brasil: conceitos, desafios e oportunidades. *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica* 27(4): 243-258.
- [9] Mor, A. (2005) Progressive Cutting with Minimal New Element Creation of Soft Tissue for Interactive Surgery Simulation. Tese de Doutorado. Carnegie Mellon University.
- [10] Moraes, R.M.; Machado, L.S. (2012) Assessment Systems for Training Based on Virtual Reality: A Comparison Study. *SBC Journal on 3D Interactive Systems* 3: 9-17, SBC.
- [11] Cunha, Í.L.L.; Xia, P.J.; Machado, L.S.; Restivo, T.; Moraes, R.M.; Lopes, A.M. (2012) Cut and Suture Support on Volumetric Models in the CyberMed Framework *Procedia Technology*, 5: 771-776. Elsevier.
- [12] Biblioteca Digital Brasileira de Computação. <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp>.
- [13] IEEE Xplore Digital Library. <http://ieeexplore.ieee.org>
- [14] Nunes, F. L. S.; Corrêaa, C.; Picchi, F.; Melo, A.; Tori, R.; Nakamura, R. et al (2010) A importância da Avaliação na Engenharia de Requisitos em Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada: Um Estudo de Caso. Anais do XI Symposium on Virtual and Augmented Reality. Natal, Brasil. 4p.
- [15] Raposo, A.; Soares, L.; Kelner, J.; Teichrieb, V. (2008) A Journey through Virtual and Augmented Reality - Reviewing the SVR Symposia from 2004 to 2008. *Revista de Informática Teórica e Aplicada* 15(3): 9-24. UFRGS.

Tabela 1. Dados de autores e localização dos artigos incluídos.

ID	Ano	Autores	Grupo Pesquisa	UF
1	1999	Cohen, Correa, Lopez, Löff	PUCRS	RS
2	1999	Costa, Carvalho e Aragon	COPPE-UFRJ	RJ
3	2000	Estácio, Jacob, Artero	UNOESTE	SP
4	2000	Machado, Mello, Lopes, Odone Fo, Zuffo	LSI-USP	SP
5	2001	Costa, Carvalho	COPPE-UFRJ	RJ
6	2001	Machado, Zuffo, Moraes, Lopes	LSI-USP	SP
7	2002	Machado, Zuffo	LSI-USP	SP
8	2002	Rodrigues, Maia, Mendonça, Chaves	UNIFOR, UFC	CE
9	2003	Haramoto, Nunes, Brega, Sementille, Rodello	LApIS-USP	SP
10	2004	Benes, Bueno, Pinho, Zanchet	GRV-PUCRS	RS
11	2004	Carrijo, Lamounier, Cardoso, Soares	GRVA-UFU	MG
12	2004	Hermosilla, Nunes, Rodello, Sementille, Brega	LApIS-USP	SP
13	2004	Lima, Nunes, Brega, Sementille, Rodello, Takashi	LApIS-USP	SP
14	2004	Wauke, Carvalho, Costa	LATVI-UERJ	RJ
15	2006	Alberio, Oliveira	AciMA-LNCC	RJ
16	2006	Balaniuk, Costa, Melo	UCB,UnB	DF
17	2006	Calonego Jr, Coelho, Consularo	UNIMEP	SP
18	2006	Cunha, Monteiro, Moraes, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
19	2006	Monteiro, Valdek, Cunha, Moraes, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
20	2006	Niniss, Inoue	Estrangeiro	Japão
21	2006	Paiva, Cardoso, Lamounier	GRVA-UFU	MG
22	2006	Rodrigues, Silva, Neto, Ribeiro	UNIFOR	CE
23	2006	Souza, Valdek, Moraes, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
24	2006	Trevisan, Nedel Macq, Vanderdonckt	CG	RS + Belgica
25	2007	Cunha, Machado, Moraes	LabTEVE-UFPB	PB
26	2007	Delfino, Nunes	LApIS-USP	SP
27	2007	Guimarães, Carvalho, Costa	LATVI-UERJ	RJ
28	2007	Melo, Brasil, Balaniuk	UNB,UCB	DF
29	2007	Oliveira, Nunes, Bezerra	LApIS-USP	SP
30	2007	Souza, Cunha, Souza, Moraes, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
31	2008	Assis, Correa, Vaz, Lopes	LSI-USP	SP
32	2008	Bezerra, Nunes, Correa	LApIS-USP	SP
33	2008	Correa, Nunes, Bezerra	LApIS-USP	SP
34	2008	Malfatti, Santos, Fraga, Justel, Oliveira	AciMA-LNCC	RJ, RN
35	2008	Medeiros, Silva, Ribeiro, Bogen, Fortes, Andrade, Lamounier, Cardoso, Zorzal	GRVA-UFU	GO, MG
36	2008	Oliveira, Delfino, Nunes	LApIS-USP	SP
37	2008	Pereira, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
38	2008	Santos, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
39	2008	Silva, Camargo, Blanco, Pivello, Feijó	LNVV-LNCC	RJ
40	2009	Trombetta, Pinho	GRV-PUCRS	RS
41	2010	Bucioli, Cardoso, Andrade, Lamounier	GRVA-UFU	MG
42	2010	Damasceno, Dias, Lopes, Lamounier, Cardosos	GRVA-UFU	MG
43	2010	Doswell	Juxtapia Group	USA
44	2010	Santos, Machado, Moraes, Gomes	LabTEVE-UFPB	PB
45	2010	Silva, Santos	IFBA, IRT	BA
46	2010	Trenhago, Oliveira	AciMA-LNCC	RJ
47	2011	Abreu, Werneck, Costa, Carvalho	LATVI-UERJ	RJ
48	2011	Bocato, Almeida, Zorzal	GPTI-Unifesp	SP
49	2011	Frata, Macedo, Rodello, Nunes	LApIS-USP	SP
50	2011	Morais, Machado, Moraes	LabTEVE-UFPB	PB
51	2011	Moreira, Saraiva, Almeida, Faria, Rodrigues	Centro Universitário FEI	SP
52	2011	Paiva, Machado, Oliveira	LabTEVE-UFPB, AciMA-LNCC	PB,RJ
53	2011	Torres, Nunes	LApIS-USP	SP
54	2012	Brückheimer, Hounsell, Soares	LARVA, NUPEN	SC
55	2012	Carvalho Souza, Rodrigues	DIMAp-UFRN	RN
56	2012	Correia, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
57	2012	Gama, Chaves, Figueiredo, Araújo, Teichrieb, Carneiro, Marques-	Voxar-UFPE, Lab de	PE

		Oliveira, Baltar, Cardoso, Monte-Silva	Neurociência Aplicada	
58	2012	Gama, Chaves, Figueiredo, Teichrieb	Voxar-UFPE	PE
59	2012	Kapps, Oliveira	AciMA-LNCC	RJ
60	2012	Kulberg, Oliveira	AciMA-LNCC	RJ
61	2012	Melo, Brasil, Cerqueira, Ramos, Leite, Lima, Lamas, Nunes	UNB, LApIS-USP	DF,SP
62	2012	Mirzaei, Ghorshi, Mortazavi	Estrangeiro	Irã
63	2012	Moraes, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
64	2012	Oliveira, Tori, Nunes	Interlab-USP, LApIS-USP	SP
65	2012	Paiva, Machado, Oliveira	LabTEVE-UFPB, AciMA-LNCC	PB,RJ
66	2013	Anjos, Tori, Nunes	Interlab-USP, LApIS-USP	SP
67	2013	Berretta, Soares, Cardoso, Lamounier	GRVA-UFU	GO,MG
68	2013	Bogoni, Pinho	GRV-PUCRS	RS
69	2013	Corrêa, Oliveira, Trenhago, Oliveira	AciMA-LNCC	RJ
70	2013	Correa, Tori, Nunes	Interlab-USP, LApIS-USP	SP
71	2013	Correia, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
72	2013	Ferreira, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
73	2013	Galvão, Zorzal	GPTI-Unifesp	SP
74	2013	Klein, Assis	UFRGS,UTFPR	RS,PR
75	2013	Machado, Moraes	LabTEVE-UFPB	PB
76	2013	Moura, Machado	LabTEVE-UFPB	PB
77	2013	Oliveira, Tori, Brito, Santos, Biscaro, Nunes	Interlab-USP, LApIS-USP	SP
78	2013	Paiva, Machado, Valença	LabTEVE-UFPB, Depto Odontologia Clínica e Social	PB