

Avaliação de habilidades sensório-motoras em Ambientes de Realidade Virtual para treinamento médico: uma Revisão Sistemática

Alexandre M. dos Anjos^{1,2}, Fátima L. S. Nunes^{1,3}, Romero Tori^{1,3}

¹Interlab – Laboratório de Tecnologias Interativas – Escola Politécnica/USP
Av. Prof. Luciano Gualberto, nº 380 – 05508-010 – São Paulo – fone (11) 3091-5282

² Universidade Aberta do Brasil - Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)
Av. Fernando C. da Costa, nº 2367 – 78060-900 – Cuiabá-MT – fone: (65) 3615-8028

³LApIS - Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde
Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação – Escola de Artes, Ciências de Humanidades/USP
Av. Arlindo Béttio, 1000 - Ermelino Matarazzo - São Paulo - CEP: 03828-000

{dinteralexandre,fatima.nunes,tori}@usp.br

Abstract. *Studies on the contributions of the Sensory Motor Skills (SMS), are essential to the medical training area. Considering experiences found in this particular context, this proposal will consist of an investigation that uses a process of Systematic Review (SR) to retrieve the state of the art in relation to methodologies for evaluate the skills acquisition. It was developes a revision of the existing literature, identifying metrics that are frequently used to evaluation strategies of acquisition of SMS both in Real Environments (RE) and Virtual Environments (VE). After identifying these metrics an analysis was developed to categorize them according to their similarities and application context. Lastly, the study reveals the possible metrics that will contribute to the creation and formulation of a new evaluation methodology of SMS for Virtual Reality environments (VR).*

Resumo. *Estudos sobre as contribuições oriundas do campo de desenvolvimento de Habilidades Sensório-Motoras (HSM) são imprescindíveis para área de treinamento médico. Considerando experiências encontradas especialmente nesse contexto, a proposta em pauta, consiste em uma investigação que se utiliza de um processo de Revisão Sistemática (RS) para recuperar o estado da arte sobre metodologias de avaliação de aquisição de HSM. Para isso, foi necessário desenvolver uma revisão de literatura existente, identificando métricas que são frequentemente usadas em estratégias de avaliação de aquisição de HSM tanto em Ambientes Reais (AR) quanto Ambientes Virtuais (AV). Após a identificação dessas métricas, desenvolveu-se uma análise para categorizá-las, de acordo com o seu grau de similaridade e, contextos de aplicação. Ao final, o estudo revela possíveis métricas, que contribuirão para criação ou a formulação de uma nova metodologia de avaliação de HSM para ambientes de Realidade Virtual (RV).*

1. Introdução

Nos últimos anos, há relatos de experiências que usam RV para simulações cirúrgicas em áreas de treinamento médico acompanhadas de uma significativa melhora no desempenho das atividades desses profissionais (SEYMOUR *et al.* 2002).

Não obstante a utilização de simulações observa-se também que é possível efetuar a transferência de conhecimentos ou habilidades técnicas, por meio da utilização de salas de operações virtuais com ambientes de aprendizagem voltados para área de treinamento médico (SEYMOUR *et al.* 2002).

Nesse sentido, com o crescimento de aplicações da área de Realidade Virtual (RV) para aquisição de habilidades por meio de estratégias de simulação, configura-se um novo método de apoio a aprendizagem que utiliza recursos de educação virtual para a área de treinamento médico.

Essa nova maneira de ensinar trouxe à tona desafios inéditos no sentido de refletir sobre a implementação de modelos que pudessem ser alternativos a contextos reais de aprendizagem.

Essas alternativas merecem destaque quando se observa que a motivação para estratégias virtuais de ensino-aprendizagem é notória, especialmente por apresentar soluções que minimizam a necessidade de experiências com alto custo, como aquelas em que são exigidos materiais e recursos físicos em ambientes educacionais presenciais e reais (TORI; NUNES; GOMES E TOKUNAGA, 2009).

Em experiências que têm como ênfase o desenvolvimento de atividades sensório-motoras incluem-se também contextos que envolvem estratégias de ensino-aprendizagem para a aquisição de habilidades. Uma das reflexões a tecer nesse contexto refere-se à compreensão sobre os processos de avaliação de aquisição de habilidades em ambientes tridimensionais de acordo com concepções presentes na área de RV. Avaliar habilidades, por exemplo, passa a ser uma discussão de caráter complexo, especialmente quando atravessa um espaço contínuo entre a realidade e a virtualidade.

Para avaliar essas habilidades é necessário capturar as informações de interação, armazená-las e reproduzi-las, de alguma forma, em modelos experimentais. Em alguns momentos, porém, é preciso resgatar experiências, oriundas não apenas de contextos virtuais, mas também aquelas ênfases em experiências reais ou provenientes de aplicações virtuais bidimensionais.

A partir do momento em que é possível identificar variáveis presentes tanto em contextos reais de avaliação de habilidades como em contextos virtuais, torna-se possível estudar os fatores que devem ser considerados para a criação de uma nova metodologia de avaliação.

No contexto de Ambientes Virtuais (AV), a RV e a Realidade Aumentada (RA) envolvem um controle altamente interativo de processos computacionais em ambientes tridimensionais. Um usuário (na condição de aprendiz) pode aceder a espaços virtuais, visualizando, manipulando e explorando os dados da aplicação em tempo real, utilizando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais do seu corpo. A grande vantagem desse tipo de interface é que o conhecimento intuitivo do usuário a respeito do mundo real pode ser transferido para manipular informações em AVs.

Este trabalho se insere em um contexto que tem como objetivo desenvolver um estudo sobre os parâmetros e variáveis encontrados em metodologias para avaliação de aquisição de Habilidades Sensório-Motoras (HSM) em Ambientes de RV ou RA. Investigou-se também, metodologias de ambientes reais que pudessem ser adaptadas para AVs, compondo, ao final, uma categorização a partir do grau de similaridade entre os parâmetros encontrados. Assim, o objetivo principal deste artigo é apresentar o estado da arte sobre avaliação de HSM em ambientes reais e virtuais, a partir de uma Revisão Sistemática da literatura, discutindo-se os parâmetros encontrados a fim de distinguir indícios que podem levar à definição de uma metodologia adequada para a avaliação da aquisição dessas habilidades em ambientes de RV e RA.

A segunda e a terceira seção do artigo apresentam, respectivamente, conceitos sobre HSM e Revisão Sistemática. Na quarta seção apresenta-se o processo metodológico e, ao final, resultados e discussões encontrados a partir das métricas, parâmetros e reflexões são disponibilizados.

2. Habilidades sensório-motoras

Para delimitar a concepção de treinamento educacional, adotar-se-á, como referência, a terminologia de HSM, a partir de definições da área de comportamento motor, que discute atividades sensoriais motoras desenvolvidas por seres humanos. Nesse sentido Magill (2000 Apud PÓVOAS e RODRIGUES, 2007), apresentam o conceito de habilidades motoras como “tarefas com uma finalidade específica a ser atingida e que relacionam-se a aspectos de movimento podendo subdividir-se em habilidades grossas ou finas”.

Póvoas e Rodrigues (2007) definem as habilidades motoras grossas a partir do pressuposto de que “[...] utilizam os grandes grupos musculares do corpo para produzir uma ação. Fazem parte dessas habilidades as atividades como pular e caminhar, nas quais a precisão de refinamento dos movimentos é menor”, enquanto que as habilidades finas são caracterizadas pelos movimentos de músculos pequenos.

Em outro contexto, Go Tani *et al.* (2004) definem a importância da informação sensorial durante a execução de movimentos, uma vez que ela é comparada como uma referência de avaliação em memória humana em um processo contínuo e sequenciado de ações.

Nesse sentido, a terminologia "sensório-motora" é utilizada com o objetivo de indicar a compreensão da percepção sensorial humana associada a aspectos de interação em RV envolvendo fatores de percepção humana, sejam eles visuais, sonoros ou táteis.

3. Revisão Sistemática

Como estratégia metodológica para verificar as contribuições e o estado da arte da pesquisa, procurou-se alicerçar esse processo a partir das concepções de Kitchenham (2004) e Biolchini *et al.* (2005) sobre Revisão Sistemática (RS), conforme descreve-se a seguir.

De acordo com Kitchenham (2004), uma revisão sistemática de literatura é uma forma de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma questão específica, área temática, ou fenômeno de interesse. Para Biolchini *et al.* (2005) RS trata-se de um método de pesquisa explícito e rigoroso, que procura

identificar o conhecimento científico em uma determinada área, por meio da coleta, combinação e avaliação crítica de descobertas de diversas abordagens já realizadas. Segundo esses autores, a importância do estabelecimento de um processo de RS, é também notória, quando verifica-se a definição de fases, a saber: a) Planejamento da revisão; b) Procedimentos de condução e extração da RS e, ao final, c) Procedimentos de elaboração de relatórios da RS.

Durante a fase de planejamento da RS define-se primeiramente um protocolo, no qual constam o problema de pesquisa, de forma a delimitar a natureza essencial e a eficiência de determinadas práticas ou métodos no domínio em pauta, bem como aspectos como fontes de pesquisa, *Strings* de busca utilizadas (sequência ou combinação de palavras-chaves para a pesquisa), critérios de inclusão e exclusão de trabalhos encontrados na literatura e forma de sumarização dos resultados.

Na fase de condução da RS executa-se a formalização de um processo de pesquisa conforme o protocolo estabelecido. Nessa etapa, de forma sumarizada, devem ser listados todos os trabalhos encontrados na literatura e aplicados os critérios de inclusão e exclusão definidos no protocolo. O resultado final é uma lista de artigos que devem ser incluídos na fase seguinte.

Inicia-se então a fase de extração que consiste em um detalhamento das informações por meio da extração de variáveis e anotações específicas de referências que podem agregar valor ou alterar os rumos do processo de pesquisa desenvolvido até então. Ao final, desenvolve-se um relatório incluindo-se todas as etapas do processo de RS, conclusões e resultados encontrados.

4. Metodologia

A questão de pesquisa que norteou o presente estudo teve como objetivo investigar parâmetros e variáveis que são encontrados em metodologias para avaliação de HSM em Ambientes de RV e RA ou em metodologias de ambientes reais que possam ser adaptadas para ambientes virtuais. Foi definido o planejamento da RS, conforme apresentado a seguir.

Inicialmente, delinearão-se fontes de buscas a partir de pesquisas no Portal de Periódicos da CAPES (*IEEE journals, IEEE conferences, ACM journals, ACM conferences*); *Village, SCOPUS*, Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação, Referências acadêmicas presentes no *Google Scholar* e Biblioteca de teses da Universidade de São Paulo.

Nessa etapa, consolidaram-se *strings* de busca formuladas em inglês, a partir de palavras ou sentenças, como **Metodologia**, **Estratégias**, **Aulas**, **Práticas**, **Treinamentos**. ("*methodology*" or "*strategy*" or "*practice*" or "*classes*" or "*training*"); **Avaliação**. ("*assessment*" or "*evaluation*"); **Realidade Virtual**. ("*Virtual Reality*") e **Aquisição de Habilidades**. ("*skill acquisition*").

A fim de estabelecer os interesses da pesquisa, o protocolo construído definiu os seguintes critérios de inclusão de trabalhos: artigos publicados nos últimos 5 anos; artigos que apresentem metodologias específicas para avaliação de aquisição de HSM em ambientes de Realidade Virtual (RV) ou em Ambientes Reais (AR); artigos que utilizam alguma metodologia específica de avaliação de aquisição de HSM em AV ou

em AR e artigos que executam alguma avaliação de aquisição de HSM sem especificar metodologias.

De maneira semelhante, foram elaborados os seguintes critérios de exclusão: artigos que não contenham estratégias ou metodologias de avaliação HSM e artigos já encontrados e considerados para análise em outra base. Esses passos finalizaram a etapa de planejamento, possibilitando a condução da RS e a extração de dados.

4.1. Condução da Revisão e Extração de Dados

Nessa etapa as *Strings* elaboradas no processo de planejamento foram executadas em cada uma das máquinas de busca das fontes selecionadas, documentando-se e registrando-se os trabalhos em um formulário de condução da revisão mediante a leitura dos resumos das obras, aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos totalizando 45 artigos das seguintes bases: ACM (13), Village (2), IEEE (10), ISI (6) e SCOPUS (14). O processo foi realizado no período de 01/07/2010 a 30/10/2010.

5. Resultados e discussões

Para melhor subsidiar as análises e discussões da presente pesquisa, a partir dos 8 artigos selecionados, procurou-se classificar os experimentos que aconteciam em contextos virtuais ou reais para avaliação de habilidades HSM conforme disponibilizado na Tabela 1.

Outro fator a ser destacado avaliando-se o artigo 4 (Tzafestas *et al* 2006.) do Quadro 1, é que apenas uma das experiências utiliza métodos de avaliação convencionais, como provas, questionários e outros, que não são adaptados especificamente para avaliação de HSM.

Além disso, observa-se que 4 (50%) das experiências, são específicas da área de treinamento médico – artigos 1, 2, 3 e 8 (Panait *et al.* 2009; Van der Meijden; Schijven, 2009; Madan; Frantzides, 2007; Kolesnikov, *et al.* 2009) apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise dos critérios de inclusão atendidos

Citação	Ambientes		<u>Apresentam</u> metodologias <u>específicas</u> de avaliação de aquisição de HSM em ambientes Reais ou de RV.	<u>Utilizam</u> alguma metodologia <u>específica</u> de avaliação de aquisição de HSM em ambientes Reais ou de RV.	<u>Executam</u> alguma avaliação de aquisição de HSM sem especificar metodologias
	Real	Virtual			
1-Panait <i>et al.</i> (2009)		•		•	
2-Van der Meijden; Schijven, (2009).		•		•	
3-Madan; Frantzides, (2007).		•		•	
4-Tzafestas; Palaiologou; Alifragis, (2006).		•			•
5-Dawei; Asim; Saeid, (2009).	•	•	•		
6-Chowriappa <i>et al.</i> (2009).		•	•		
7-Watanabe; Katsura, (2010).		•		•	
8-Kolesnikov <i>et al.</i> (2009).		•	•		

Após a leitura dos artigos de forma mais detalhada, foi possível constatar a existência de um número considerável de variáveis que poderiam ser candidatas para a

construção de uma nova metodologia de avaliação de HSM virtuais, considerando especificamente a área de treinamento médico virtual. A fim de melhorar a apresentação dos resultados da RS, adotou-se como estratégia inicial uma categorização ou agrupamento de métricas, de acordo com o respectivo grau de similaridade encontrado, conforme pode ser observado nas Tabelas 2 a 7.

A primeira categoria de métrica frequente em estratégias de avaliação de HSM foi encontrada em 5 artigos selecionados (62,5%), e refere-se aos erros cometidos por aprendizes durante o desenvolvimento de suas atividades de treinamento. (Tabela 2).

Tabela 2. Métricas de Erros.

Detalhamento da dimensão	Explicação
Erros genéricos	Métricas quantitativas para análise do número de erros presentes em simuladores (Físicos ou virtuais) (DAWEI; ASIM; SAEID, 2009).
Erros de baixo nível de competência técnica	Número de erros apresentados em tarefas de complexidade simples, desenvolvidas em simuladores reais ou virtuais (TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006).
Erros de alto nível de competência técnica	Número de erros apresentados em tarefas de complexidade (média ou alta) desenvolvidas tanto em simuladores físicos como reais. (TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006).
Erro de posicionamento	Erros de posicionamento em atividades que requerem manipulação e movimentação tanto em simuladores físicos como reais. (CHOWRIAPPA, SUBRAHMANYAN, SRIMATHVEERAVALLI e KESAVADAS, 2009)
Perda de objetos (agarramento e desprendimento involuntário)	Métrica que considera o erro ao agarrar objetos tanto em simuladores físicos como reais. O Desprendimento acidental é um exemplo (PANAIT <i>et al.</i> 2009).
Danos causados, consequentes do contato ou colisão de simuladores	Métrica que considera colisões acidentais na manipulação ou movimentação de objetos tanto em simuladores físicos como virtuais (PANAIT <i>et al.</i> 2009; VAN DER MEIJDEN e SHIJVEN, 2009).

Conforme observado na Tabela 3, outra categoria encontrada considerou também o tempo total ou parcial utilizado pelos aprendizes durante as atividades de treinamento, cujas métricas foram encontradas em 5 artigos (62,5%), conforme descreve-se a seguir:

Tabela 3. Métricas de tempo.

Detalhamento da dimensão	Explicação
Tempo para simulação – usando RV (Conclusão da tarefa)	Métrica com o objetivo de medir o tempo para conclusão de tarefas ou habilidades, usando aplicações de (RV). (MADAN e FRANTZIDES, 2007; VAN DER MEIJDEN e SHIJVEN, 2009; TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006; DAWEI; ASIM; SAEID, 2009).
Tempo para simulação – usando RV (Por etapa ou fração da tarefa)	Métrica com o objetivo de medir o tempo para frações de tarefas ou habilidades, usando aplicações de (RV) (TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006; CHOWRIAPPA, SUBRAHMANYAN, SRIMATHVEERAVALLI e KESAVADAS, 2009; DAWEI, ASSIM e SAEID, 2009).
Tempo para simulação: usando simuladores físicos (Conclusão da tarefa)	Métrica com o objetivo de medir o tempo para conclusão de tarefas ou habilidades, usando simuladores físicos. Exemplo: Box de laparoscopia manual (TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006; MADAN e FRANTZIDES, 2007).
Tempo para simulação: usando simuladores físicos (Por etapa ou fração da tarefa)	Métrica com o objetivo de medir o tempo para frações de tarefas ou habilidades, usando simuladores físicos. Exemplo: Box de laparoscopia manual (TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006).
Tempo real (Conclusão da tarefa)	Considera-se apenas o tempo de conclusão da tarefa, independente do tipo de ambiente utilizado (real ou virtual). Exemplo: Sistemas híbridos que utilizam simuladores físicos ou aplicações de RV (TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006).
Tempo real (por etapa ou fração da tarefa)	Considera-se apenas o tempo de fração da tarefa, independente do tipo de ambiente utilizado (real ou virtual). Exemplo: Sistemas híbridos que utilizam simuladores físicos ou aplicações de RV (TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006).

Considerando a necessidade de capturar informações para avaliação, especialmente em dispositivos que trabalham com RV, foi possível notar também a presença de indicadores que revelaram medidas de esforço físico e orientação em processos de treinamento com 5 artigos (62,5%) encontrados, conforme descreve-se na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4. Métricas de esforço físico e orientação.

Detalhamento da dimensão	Explicação
Medida de força aplicada	Métrica que registra a quantidade de força aplicada aos diferentes graus de liberdades de aplicações de (RV) (VAN DER MEIJDEN e SHIJVEN, 2009).
Força de tensão	Métrica que registra a quantidade de força aplicada aos diferentes graus de liberdades de aplicações de (RV) (PANAIT <i>et al.</i> 2009).
Força de apreensão	Métrica que registra a quantidade de força aplicada a dispositivos que têm como objetivo apreender um determinado objeto (PANAIT <i>et al.</i> 2009).
Força	Métrica que registra a quantidade de força aplicada aos diferentes graus de liberdades de aplicações de (RV) (CHOWRIAPPA, SUBRAHMANYAN, SRIMATHVEERAVALLI e KESAVADAS, 2009; WATANABE e KATSURA, 2010; KOLESNIKOV, ZEFAN, STEINBERG, e BASHOOK, 2009)
Posição	Métrica que registra os diferentes graus de liberdades de aplicações de (RV) (CHOWRIAPPA, SUBRAHMANYAN, SRIMATHVEERAVALLI e KESAVADAS, 2009; WATANABE e KATSURA, 2010; KOLESNIKOV, ZEFAN, STEINBERG, e BASHOOK, 2009)
Velocidade	Métrica que registra a velocidade de realização de procedimentos simulados. Podem ser considerados tanto em ambientes reais como em ambientes de RV (CHOWRIAPPA, SUBRAHMANYAN, SRIMATHVEERAVALLI e KESAVADAS, 2009; WATANABE e KATSURA, 2010)
Massa	Medida associada ao peso dos objetos que serão manipulados (WATANABE e KATSURA, 2010)

Além do esforço físico e da orientação, foi possível encontrar também experiências que permitiam a comparação de comportamentos entre aprendizes durante a realização de atividades de treinamento. Nesse sentido, foram encontrados 4 artigos de relevância (50%), conforme descreve-se na Tabela 5 a seguir:

Tabela 5. Métricas de registro de percursos e procedimentos.

Detalhamento da dimensão	Explicação
Gravação de padrões de comportamento	Métrica utilizada para gravação de padrões de comportamentos em ambientes de RV. A captura normalmente é desenvolvida com o objetivo de identificar padrões. Exemplo: Padrões de especialistas e padrões de novatos (WATANABE e KATSURA, 2010)
Gravação de trajetórias	Métrica utilizada para gravar trajetória de usuários perante simuladores de RV. Algumas experiências usam a gravação de trajetórias para estudos ou orientações de novos usuários por meio de diversas técnicas. Exemplo: <i>Feedback</i> de força (MADAN e FRANTZIDES, 2007; KOLESNIKOV, ZEFAN, STEINBERG, e BASHOOK, 2009; DAWEI; ASIM; SAEID, 2009)

De forma mais simplificada, apenas três dos artigos (37,5%) de relevância considera processos de simetria de destreza, sucesso ou insucesso, conforme se apresenta na Tabela 6.

Tabela 6: Métricas de destreza, sucesso ou insucesso de procedimentos.

Detalhamento da dimensão	Explicação
Destreza	Métrica que mede a eficiência, sucesso ou insucesso para realização de determinados procedimentos, seja em simuladores físicos ou virtuais (PANAIT <i>et al.</i> 2009).
Sucesso ou insucesso	Métrica que mede a eficiência, sucesso ou insucesso para realização de determinados procedimentos, seja em simuladores físicos ou virtuais (MADAN e FRANTZIDES, 2007; TZAFESTAS, PALAIOLOGOU e ALIFRAGIS, 2006).

Especialmente em artigos que consideram capacidade dos usuários adquirirem habilidades a partir de medidas de usabilidade, foram encontradas métricas que consideraram o grau de facilidade e memória de aprendizes durante a realização de suas atividades de treinamento.

De forma destacada, observou-se também medidas muito reveladoras em processos de avaliação de HSM, como as métricas de automaticidade que são capazes de revelar a capacidade ou a desenvoltura dos usuários na realização de suas atividades, encontradas em 4 artigos selecionados (50%), conforme observa-se na Tabela 7.

Tabela 7. Métricas de usabilidade ou de avaliação de grau de experiência do usuário.

Detalhamento da dimensão	Explicação
Medida de automaticidade da habilidade	Medida de automaticidade é proporcional ao tempo que determinado aprendiz dedica para a aprendizagem de determinada tarefa, a ponto de fazê-la de forma automática ou sem necessidade de grandes esforços cognitivos. (WATANABE e KATSURA, 2010)
Medida de facilidade da habilidade	Utilizando-se de questionários ou outros instrumentos, de forma subjetiva alguns avaliadores tentam dimensionar o grau de facilidade para desenvolvimento de determinadas tarefas, seja em experiências físicas reais ou virtuais (MADAN e FRANTZIDES, 2007)
Capacidade de o usuário recordar	Medida de aprendizagem de habilidades pela capacidade de que o usuário gravar percursos parciais ou totais de determinadas tarefas, sejam elas em experiências físicas reais ou virtuais) (DAWEI; ASIM; SAEID, 2009)
Experiência dos usuários	Alguns autores tentam medir a aprendizagem de habilidades levando em consideração a experiência do usuário em determinado domínio da informação. Teoricamente, os usuários trabalham a hipótese de que um usuário mais experiente no domínio de determinada aplicação pode apresentar melhores resultados em relação àquele que não possui grau de experiência de mesmo nível (VAN DER MEIJDEN e SHIJVEN, 2009).

As categorias evidenciadas nas tabelas apresentadas indicam que há métricas para avaliação aplicadas em áreas de domínio específico, como por exemplo, treinamento médico. Porém não foram encontrados indícios de aplicações dessas métricas de forma mais generalizada, ou seja, como uma metodologia única para avaliação de HSM.

Uma das métricas que mereceram destaque nas tabelas anteriores foi a medida de automaticidade, que tornou evidente a necessidade de um aprofundamento dos estudos de avaliação de HSM em RV aproveitando as contribuições originadas partir de uma área que estuda o desenvolvimento de habilidades motoras humanas.

6. Conclusão

O presente artigo apresenta os resultados de um processo de RS, com o objetivo de levantar métricas ou variáveis comumente utilizadas para avaliação de HSM. As evidências encontradas foram categorizadas por sua similaridade. As discussões dos autores revelaram a existência de estratégias específicas para avaliação de HSM e especialmente na área de treinamento médico, que foram identificadas em 50% dos artigos selecionados.

Observam-se também experiências que se utilizam de simuladores virtuais e físicos, e outras que revelam a preocupação com estratégias de avaliação HSM em ambientes reais, o que traz como desafio a generalização de uma proposta que possa transitar entre espaços reais, físicos ou virtuais de avaliação de habilidades.

Dessa forma, o processo de RS revelou a presença de experiências aplicadas apenas em avaliações específicas de HSM, o que dificulta uma generalização de uma metodologia que possa adequar-se a diferentes estratégias de treinamento.

Para isso, um dos grandes legados do estudo em questão é a possibilidade de verificar estágios gradativos de aquisição de HSM em diversas variáveis como a automaticidade de aprendizagem e outras métricas específicas que podem contribuir para a criação de uma metodologia para avaliação de HSM e especialmente aplicações na área de treinamento médico que se utiliza de RA e RV.

7. Agradecimentos

Agradecemos a FAPEMAT, aos integrantes do INTERLAB – Laboratório de Tecnologia Interativas - Escola Politécnica/USP e LapIS – Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde – Escola de Artes, Ciências e Humanidade/USP e INCT-MACC Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Medicina Assistida por Computação Científica.

8. Referências

- Biolchini, J.; Mian, P. G.; Natali, A. C. C.; Travassos, G. H. (2005) Sytematic review in software engineering. Relatório Técnico, RT-ES 679/05 System Engineering and Computer Science Dept., COOPE/UFRJ.
- Chowriappa, A.; Subrahmaniyan, N.; Srimathveeravalli, G.; Bisantz, A.; Kesavadas, T.; , "Modeling and defining expert handwriting behavior," Systems, Man and Cybernetics, 2009. SMC 2009. IEEE International Conference on , vol., no., pp.2918-2923, 11-14 Oct. 2009. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5346085&isnumber=5345886>>. Acesso em: 10 jun. 2010.
- Dawei, J; Asim B, Saeid N. (2009), “MUSTe method for quantifying virtual environment training system efficacy”. OZCHI '09: Proceedings of the 21st Annual Conference of the Australian Computer-Human Interaction Special Interest Group: Design: Open 24. November 2009.
- Go Tani; Freudenheim, A. M; Meira Júnior, C, M; Corrêa, U. C. (2004) “Aprendizagem motora: tendências, perspectivas e aplicações. Ver. Paul. Educ. Fís., São Paulo, v.18, pg.55-72, Ago.
- Kitchenham, B. (2004) “Procedures for Permorming Systematic Reviews”, Joint Technical Report Software Engineering Group, Departament of Computer Sicence keele University, United king and Empirical Software Engineering, Nacional ICT Australia Ltd, Australia.
- Kolesnikov, M.; Zefran, M.; Steinberg, A.D.; Bashook, P. G.:(2009) "PerioSim: Haptic virtual reality simulator for sensorimotor skill acquisition in dentistry," Robotics and Automation, 2009. ICRA'09. IEEE International Conference , vol., no., pp.689-694, 12-17 May 2009. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org>>. Acesso em: 02 de Out. 2010.
- Madan, A K; Frantzides, C T. (2007), Prospective randomized controlled trial of laparoscopic trainers for basic laparoscopic skills acquisition. SURGICAL ENDOSCOPY AND OTHER INTERVENTIONAL TECHNIQUES 21 (2): 209-21.
- Magill, R. (2000) “Aprendizagem Motora: conceitos e Aplicações”. São Paulo: Edgard Blucher.
- Panait, L., Akkary, E., Bell, R.L., Roberts, K.E., Dudrick, S.J., Duffy, A.J. (2009), “The Role of Haptic Feedback in Laparoscopic Simulation Training”. Journal of Surgical Research, 156 (2), pp. 312-316. Disponível em: <<http://www.scopus.com> >. Acesso em: 15 mar. 2010.
- Póvoas, M. B. C.; Rodrigues, F. M. (2007) “Habilidades Motoras e tipos de prática: Uma reflexão visando o aprimoramento e conscientização do movimento na prática

- pianística”. Disponível em: In: <http://www.ceart.udesc.br/revista_dapesquisa/volume3/numero1/musica/>. Acesso: 25 Nov. 2010.
- Seymour, Neal E.; Gallagher, Anthony G.; Roman, Sanziana A.; O'Brien, Michael K.; Bansal, Vipin K.; Andersen, Dana K.; Satava, Richard M.; (2002) *Annals of Surgery*. Vol. 236, No. 4, 458 - 464
- Tori, R.; Nunes, F. L. S.; Gomes, Victor, H. P., Tokunaga, D. M. VIDA: Atlas Anatômico 3D Interativo para Treinamento a Distância. In: *Anais do XXIX Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, (WIE 2009 XV Workshop Sobre Informática na Escola, Bento Gonçalves)*, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2009. p. 1-10. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.sbc.org.br/?module=Public&action=SearchResult&author=476>>. Acesso em: 20 Jul. 2010.
- Tzafestas, C.S.; Palaiologou, N.; Alifragis, M. (2006) "Virtual and remote robotic laboratory: comparative experimental evaluation," *Education, IEEE Transactions on*, vol.49, no. 3, pp.360-369, Aug. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org>>. Acesso em: 25 jul. 2010.
- Van Der Meijden, O A J; Schijven, MP. (2009), "The value of haptic feedback in conventional and robot-assisted minimal invasive surgery and virtual reality training: a current review". *Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques* 23 (6):1180-1190.
- Watanabe, T.; Katsura, S. A support method for haptic skill acquisition using graph theory, *Advanced Motion Control, 2010 11th IEEE International Workshop on* , vol., no., pp.589-594, 21-24 March 2010.
- IEEE XPLORÉ DIGITAL LIBRARY. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/periodicals.jsp>>. Acesso em: 10 jun. 2010.
- ACM DIGITAL LIBRARY. Disponível em: <www.acm.org/publications/journals>. Acesso em: 22 Jul. 2010.
- SCOPUS. Base de Dados. Disponível. Em: <<http://www.scopus.com/home.url>>. Acesso em: 25 Jul. 2010.
- ENGINEERING VILLAGE. Base de Dados. Disponível em: <<http://www.ei.org/>>. Acesso em: 22 Ago. 2010.
- UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Base de Dados. Disponível em: <www.iee.usp.br/biblioteca/basededados.htm>. Acesso em: 10 Jul. 2010.
- ISI WEB OF KNOWLEDGE. Disponível em: <<http://www.isiwebofknowledge.com/>>. Acesso em: 20 Jul. 2010.
- SBC BIBLIOTECA DIGITAL. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.sbc.org.br/>>. Acesso em: 13 Out. 2010.
- GOOGLE ACADÊMICO. Disponível em: <<http://www..scholar.google.com.br>>. Acesso em: 15 Ago. 2010.
- CAPES. Banco de Dados da Capes. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Em: 05 Out. 2010.