

05.

Avaliação da usabilidade de um sistema eletrônico interativo para auxiliar na reabilitação motora e cognitiva de pacientes com acidente vascular cerebral

Usability evaluation of an interactive electronic system to aid in the motor and cognitive rehabilitation of patients with stroke

Luíza Gabriela de Araújo Fonseca
UFRN
luizafonseca94@gmail.com

Aline Layze Pereira da Silva
UFRN
aline-l-sv@hotmail.com

Victor Galdino de Oliveira
UFRN
victorlopesjg@gmail.com

André Luis Hernandez Pantoja
Instituto do Cérebro – UFRN
apantoja@neuro.ufrn.br

Carlomagno Pacheco Bahia
Faculdade De Fisioterapia
e Terapia Ocupacional, UFPA
carlomagnobahia@gmail.com

Rummenigge Rudson Dantas
UFRN
rudsondant@gmail.com

José Guilherme Santa Rosa
UFRN
jguilhermesantarosa@gmail.com

Antonio Pereira
UFPA
apereira@ufpa.br

Introdução: Os *Serious games* são cada vez mais usados como adjuvantes para suplementar terapias tradicionais. Uma das etapas mais importantes para sua implementação é a avaliação de usabilidade com uma amostra de usuários. **OBJETIVOS:** Avaliar a usabilidade de um *serious game* voltado para a reabilitação motora de pacientes pós-acidente vascular cerebral (AVC). **METODOLOGIA:** 21 indivíduos avaliaram o jogo digital “O Caçador de Relíquias Perdidas” que utiliza a luva multissensorial “NEDGlove”, ambos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa NeuroErgoDesign, da UFRN. Os participantes foram submetidos a duas sessões de 5 minutos com o jogo. Para análise estatística, utilizamos o teste de Wilcoxon e correlação de Spearman. **RESULTADOS:** Existem correlações significativas entre o grau de experiência e os aspectos visuais, concentração, adaptação e imersão ao ambiente virtual. Evidenciou-se, também, correlação entre o funcionamento do *hardware* e *software* com o desempenho na tarefa. **CONCLUSÃO:** Os resultados de usabilidade do sistema com indivíduos saudáveis credenciam o sistema para ser testado com sua população-alvo, pacientes em reabilitação pós-AVC.

Palavras-chave Jogos Sérios; Reabilitação; Usabilidade.

Introduction: Serious games have been widely used as support to traditional therapies in healthcare. However, their usability has to be evaluated first to assure its effectiveness with the target group.

OBJECTIVE: To evaluate the usability of a serious game developed to assist in the motor rehabilitation of stroke patients.

METHODS: 21 subjects evaluated the virtual game “O Caçador de Relíquias Perdidas” and its multisensory glove “NEDGlove”, developed by the NeuroErgoDesign research group. The subjects tested the game two sessions of 5-min. For the statistical analysis, we used the Wilcoxon test and the Spearman correlation. The project was approved by the Research Ethics Committee of the University Hospital Onofre Lopes (CAAE: 34478214.0.0000.5292).

RESULTS: We observed significant correlations between actual experience and the visual aspects of the game, concentration, adaptation and immersion in the virtual environment. There was also a correlation between design of both hardware and software and performance of the task.

CONCLUSION: The system’s usability suggests a successful acceptance by the target population, stroke rehabilitation patients.

Keywords Serious Games; Rehabilitation; Usability.

1. Introdução

Os jogos digitais vêm se destacando não apenas na área do entretenimento, mas também como recursos suplementares no processo de ensino e aprendizagem. Os jogos digitais podem incluir atividades que favorecem a absorção de conceitos e o aprimoramento de habilidades psicomotoras, justificando o uso do termo “jogos sérios” (*serious games*) para esta categoria particular de jogos. Apesar de não haver uma definição precisa sobre o termo *serious games*, esta categoria de jogos é projetada para um propósito específico como o treinamento profissional, gerenciamento de processos em empresas e campanhas de conscientização para crianças, jovens e adultos (BLACKMAN, 2005).

Recentemente, os *serious games* também têm sido usados com finalidade terapêutica em programas de reabilitação funcional. Vários estudos atestam a sua eficácia na prevenção e no tratamento de condições físicas e mentais (WATTANASOONTORN et al., 2013). Entretanto, apenas uma pequena parcela dos *serious games* são voltados para o setor da saúde (3,8%). A maioria é voltado para treinamento (15%) e educação (29,3%) (FLEURY et al., 2014). Nos jogos voltados para a saúde, prevalecem jogos destinados a pacientes com patologias e condições específicas que necessitam de reabilitação cognitiva, emocional, física, controle da dor, processos psicoterapêuticos, etc (GROS, 2003).

Segundo Wattanasoontorn e colaboradores (2013), os jogos sérios para a área da saúde estão associados a sete objetivos: aprender, praticar, testar, educar, simular, diagnosticar e tratar. Além disso, os autores classificam os tipos de jogos sérios em diferentes categorias: aventura, esportes, estratégia, *exergames*, *puzzle*, ação, *role playing games* (RPG) e simulação. Alguns jogos também são criados visando desenvolver mudanças de comportamentos na população com relação a hábitos de saúde.

Os jogos sérios são desenvolvidos para serem executados em diversas plataformas computacionais móveis e também para *desktops* ou consoles de jogos específicos (DONNER et al., 2008). Em sistemas de uso não obrigatório, como os jogos, é importante garantir a melhor experiência possível para o usuário, pois isto afeta diretamente a jogabilidade, motivação e desempenho do mesmo. O jogador deve apreciar a experiência do jogo, divertir-se ao aprender a jogar, fazer descobertas e solucionar problemas. Segundo Michael e Chen (2005), para ser divertido é necessário que o jogo ao menos possua algum tipo de desafio envolvido ou uma meta cujo alcance justifique o investimento de tempo no jogo. Pro jogador, não há interesse na facilidade em avançar etapas no jogo, mas a emoção de completar seus objetivos. Entretanto, o desafio necessita ser viável e atingível, principalmente quando o jogo é voltado para populações com necessidades especiais.

Apesar da adoção de sistemas comerciais genéricos em estratégias de reabilitação, como o Nintendo Wii, vale enfatizar que se trata de um uso adaptado, pois os mesmos foram concebidos primariamente para uso em populações saudáveis. Segundo Hackos e Redish (1998) é preciso primeiro conhecer as necessidades e objetivos específicos dos usuários. Neste contexto, surge a necessidade de avaliação da usabilidade de jogos virtuais, principalmente aqueles criados como adjuvantes para terapias de reabilitação. Mack e Nielsen (1992), destacam que a usabilidade de um sistema depende de cinco dimensões: aprendizado, memorização, erros, eficiência e satisfação (ou aceitação).

É importante avaliar previamente a usabilidade e aplicabilidade de jogos virtuais em populações saudáveis, objetivando a implementação posterior do sistema para populações com patologias específicas. Como o foco é a motivação do jogador, na avaliação da usabilidade dos jogos sérios os fatores eficiência e eficácia devem ser tão importantes quanto o fator satisfação (FEDEROFF, 2002; LAITINEN, 2005). O objetivo do presente trabalho é apresentar e avaliar a usabilidade de um jogo sério voltado para a reabilitação motora de pacientes pós-acidente vascular cerebral e também verificar a satisfação do sistema NEDGlove (SILVA et al., 2013).

2. Metodologia

O jogo digital “O Caçador de Relíquias Perdidas” e a luva multissensorial NEDGlove foram desenvolvidos pelo grupo de pesquisa NeuroErgoDesign, da UFRN. O objetivo principal desse grupo é o desenvolvimento de dispositivos que auxiliem o processo de reabilitação na área de saúde, em especial a reabilitação motora de pacientes acometidos por acidente vascular cerebral. O projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Hospital Universitário Onofre Lopes (CAAE: 34478214.0.0000.5292).

A interface NEDGlove é composta por cinco sensores de flexão posicionados nas regiões dos dedos, um componente vibratório posicionado no dorso da luva e 13 componentes de ajuste e fixação (figura 1). A comunicação com o *software* é realizada via entrada de dados através de uma conexão do tipo USB com a NEDGlove. O sinal de *input* do *software* é a deformação dos sensores de flexão, através do movimento realizado para abrir e fechar a mão, resultando no deslocamento de um avatar no plano horizontal da tela de jogo (esquerda/direita).

Antes do início do jogo, o sistema deve ser calibrado para garantir o controle adequado do mesmo pelo usuário, de acordo com a amplitude individual dos movimentos da sua mão (figura 1). Além disso, em pacientes, a calibração permite uma análise mais precisa da evolução e eficácia do programa de reabilitação.

O jogo “O Caçador de Relíquias Perdidas” utiliza um cenário inspirado na paisagem natural do sertão nordestino (figura 2) e o jogador tem como objetivo capturar a maior quantidade de

reliquias perdidas nesse ambiente, representadas por vasos coloridos, e desviar das armadilhas apresentadas por um vilão, a raposa. As reliquias possuem pontuações diferentes associadas com seu material: o diamante, representado pela cor azul, vale 60 pontos; o ouro (cor amarelo) vale 35 pontos e a bronze (cor marrom) vale 15 pontos.

O presente estudo avaliou a usabilidade do sistema em 21 indivíduos saudáveis, sendo 14 do sexo feminino. Os critérios de inclusão no estudo foram: idade de 18 a 65 anos, dominância manual direita, ausência de problemas ortopédicos no membro superior direito e pontuação superior a 24 pontos no mini exame de estado mental (LOURENÇO; VERAS, 2006).

A coleta de dados iniciou com a aplicação de um questionário sociodemográfico, seguido do mini exame de estado mental (FOLSTEIN et al., 1975) e a fase de adaptação com a realidade virtual. Em seguida, o voluntário utilizava o jogo em duas sessões de 5 minutos cada. Por fim, os participantes eram submetidos ao questionário de satisfação e usabilidade do sistema, ambos desenvolvidos com base na proposta de Witmer e Singer (1998).

Os dados foram submetidos ao teste de Wilcoxon e correlação de Spearman. O nível de significância estatística foi estabelecido em $\alpha=0,05$.

Figura 1.
Etapas de calibração da luva NEDGlove

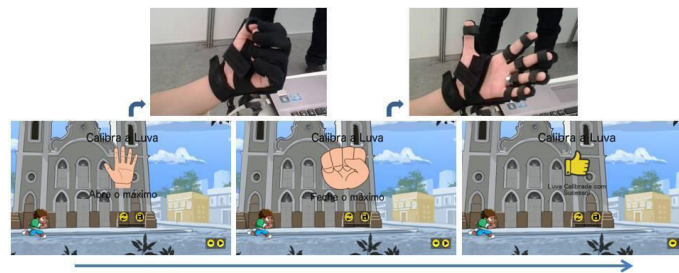


Figura 2.
Uma das telas do jogo
"O Caçador de Relíquias Perdidas"



3. Resultados

O nível de escolaridade dos participantes foram: 4 participantes com ensino superior completo, 15 com ensino superior incompleto e 2 com ensino médio completo (ver Tabela 1).

A tabela 1 apresenta o perfil sócio demográfico dos participantes. Com relação ao nível de escolaridade, foi possível observar correlação significativa, com o relato de adaptação ao ambiente virtual ($r=0,516$; $p=0,017$), relato de indicação ao tratamento ($r=0,452$; $p=0,040$), e correlação negativa com sensação de confusão/desorientação ($r=0,537$; $p=0,012$).

Tabela 1.
Composição demográfica da amostra

Descrição	Frequência	(%)
Sexo		
Masculino	7	33,3%
Feminino	14	66,7%
Média de idade	25,76 ±8,43	
Escolaridade		
Médio completo	4	19%
Superior incompleto	15	71,4%
Superior completo	2	9,5%

O desempenho autorreferido teve correlação significativa com o nível de concentração ($r=0,667$; $p=0,001$) e a adaptação ao ambiente virtual ($r=0,510$; $p=0,018$). No âmbito da avaliação da eficiência da NEDGlove, foi observada correlação do desempenho autorreferido com a avaliação da sensibilidade para captação do sinal ($r=0,748$; $p<0,001$), resposta rápida do software ($r=0,858$; $p<0,001$) e a adaptação ao ambiente virtual ($r=0,464$; $p=0,034$). Com relação ao desempenho medido pela pontuação obtida, observou-se correlação significativa na segunda sessão do jogo com os critérios de avaliação do jogo nos itens tedioso ($r=0,487$; $p=0,025$) e chato ($r=0,658$; $p=0,001$).

Não houve correlação significativa entre a experiência prévia e as variáveis de desempenho autoreferido, concentração, dispersão ou experiência atual. Entretanto, foi possível observar correlação

significativa entre a experiência prévia e a sensação de imersão ($r=0,454$; $p=0,039$), definida pela sensação de perda da noção de tempo. Observou-se, também, correlação entre a imersão e a escolaridade ($r=0,608$; $p=0,003$) e entre a imersão e a avaliação da experiência virtual atual ($r=0,530$; $p=0,014$). No questionário de classificação do jogo observou-se correlações negativas entre a imersão e os itens de classificação cansativo ($r=0,437$; $p=0,048$), tedioso ($r=0,648$; $p=0,001$) e chato ($r=0,470$; $p=0,032$). Por outro lado, houve correlação positiva no item de classificação estimulante ($r=0,473$; $p=0,030$). No item de avaliação da experiência atual com o ambiente virtual, houve correlação aos itens relacionados aos aspectos visuais ($r=0,463$; $p=0,035$), concentração ($r=0,515$; $p=0,017$), adaptação ao ambiente virtual ($r=0,446$; $p=0,043$) e indicação do tratamento ($r=0,678$; $p=0,001$). Ao analisar a dispersão, foi observada correlação negativa entre os aspectos visuais ($r=0,458$; $p=0,037$), concentração ($r=0,536$; $p=0,012$), sensibilidade para captação do sinal ($r=0,499$; $p=0,021$), adaptação ao ambiente ($r=0,744$; $p<0,001$) e indicação do tratamento ($r=0,466$; $p=0,033$). Foi observada correlação significativa entre a concentração e os aspectos visuais ($r=0,687$; $p=0,001$) e a indicação do tratamento ($r=0,483$; $p=0,027$). Também foi encontrada correlação entre a resposta rápida do software e a sensibilidade para captação do sinal ($r=0,673$; $p=0,001$). Houve correlação negativa ($r=0,588$; $p=0,005$) entre a adaptação ao ambiente virtual e sensação de confusão/desorientação. Por outro lado, houve correlação positiva com a concentração ($r=0,490$; $p=0,024$), resposta rápida do software ($r=0,658$; $p=0,001$) e indicação do tratamento ($r=0,761$; $p<0,001$). O item de indicação do tratamento também apresentou correlação positiva com a adaptação rápida ao ambiente virtual ($r=0,761$; $p<0,001$). Observou-se uma correlação negativa entre a percepção de cansaço, referente ao tempo da sessão, e a motivação ($r=0,566$; $p=0,007$).

Tabela 2.
 Análise de satisfação do jogo
 "O Caçador de Relíquias Perdidas"

Característica	Mediana	%	Mínimo	Máximo
Cansativo	0	52,4	0	5
Tedioso	0	52,4	0	5
Motivador	9	38,1	0	10
Interativo	8	23,8	4	10
Desafiador	8	42,9	5	10
Chato	0	61,9	0	5
Eficaz	10	61,9	4	10
Competitivo	8	14,3	2	10
Estimulante	9	9,5	5	10

A tabela 2 apresenta os resultados da análise de satisfação do jogo. É possível observar uma maior variabilidade das pontuações de classificação quando os indivíduos foram questionados sobre os quesitos de interação, competição e estimulação do jogo, conforme demonstrado na tabela 3. Com relação ao desempenho no jogo, na primeira sessão observou-se média de 4069 ± 227 pontos e na segunda sessão, 4146 ± 232 pontos. Dos participantes, apenas 33% apresentaram desempenho melhor na primeira sessão quando comparado com a segunda, com média de erro de $23,7 \pm 17,9$ na primeira sessão e $23,4 \pm 20,4$ na segunda sessão. Não foram observadas diferenças significativas entre as sessões ($z=0,384$; $p=0,701$), o número de relíquias capturadas ($z=1,65$; $p=0,099$) e os erros ($z=0,511$; $p=0,609$). Entretanto foram observadas correlações entre pontuações gerais das duas sessões ($r=0,607$; $p=0,005$). Foi observado na primeira sessão, correlação positiva entre a pontuação e a captura de vasos de ouro (cor amarela) ($r=0,772$; $p<0,001$) e correlação negativa com o número de erros ($r=0,624$; $p=0,007$). Já na segunda sessão foi observada correlação com a pontuação geral e o número de relíquias capturadas ($r=0,624$; $p=0,004$).

Tabela 3.
 Distribuição da análise de satisfação
 do jogo "O Caçador de Relíquias
 Perdidas". Itens: Interativo, Competitivo
 e Estimulante

Característica	Pontuação	Frequência	%
Interativo	4	1	4,8%
	5	1	4,8%
	6	1	4,8%
	7	4	19%
	8	5	23,8%
	9	1	4,8%
Competitivo	10	8	
	2	1	4,8%
	4	2	9,5%
	6	4	19%
	7	2	9,5%
	8	3	14,3%
Estimulante	9	2	9,5%
	10	7	33,3%
	5	1	4,8%
	7	5	23,8%
	8	4	19%
	9	2	9,5%
	10	9	42,9%

4. Discussão

Uma das grandes vantagens dos jogos digitais é promover a imersão do usuário no ambiente virtual. Isso acontece quando o jogador é transportado mentalmente para o ambiente do jogo (SADOWSKI; STARNNEY, 2002), se sentindo como parte integrante da história (DANSKY, 2006) e relatando a sensação de perda da noção do tempo durante a prática. Os resultados da eficácia da imersão indicam que as pessoas com experiência prévia com realidade virtual tendem a interagir de maneira mais eficiente em instâncias semelhantes. Entretanto, não foi observada correlação entre a existência de experiências prévias com o desempenho no jogo.

A experiência do usuário com os jogos eletrônicos pode ser dividida em duas partes distintas que se comunicam entre si. A primeira é passiva e refere-se à narrativa do jogo. A segunda parte é ativa e é caracterizada pela interatividade com o jogo (KUSTERNIG; SEMANEK, 2006). A interatividade é influenciada pela satisfação associada com o êxito nos objetivos do jogo, superação de desafios e recompensa da competição (PRENSKY, 2007). As correlações negativas entre a imersão e a satisfação do usuário nos itens cansativo, tedioso e chato e a correlação positiva entre a imersão e a classificação estimulante demonstram a influência da imersão e engajamento na tarefa com a jogabilidade. O grau de imersão interfere diretamente na satisfação e usabilidade do sistema.

No presente estudo, nota-se uma correlação significativa entre o nível de escolaridade e as variáveis de adaptação ao ambiente virtual, imersão e indicação ao tratamento. Esses achados podem decorrer do fato de que 71,4% da amostra possui ensino superior incompleto e possivelmente tem mais acesso e contato com uso de tecnologias digitais. Entretanto, não foram observadas correlações significativas entre a idade e a experiência prévia com realidade virtual com o desempenho dos participantes no jogo. O nível de interação do usuário, portanto, se deu de forma independente do histórico de experiências prévias com realidade virtual, escolaridade e a idade.

Corroborando outros estudos a eficiência e a qualidade da experiência virtual dependeu dos aspectos visuais do jogo, o grau de concentração do indivíduo, a possibilidade de rápida adaptação ao sistema digital e a imersão. Tais critérios são importantes para qualificar a prática no ambiente virtual e proporcionar bem-estar, motivação, diversão, aprendizagem, novas descobertas e possibilidade de solução de problemas (FLEURY; SAKUDA; CORDEIRO, 2014).

Por outro lado, evidenciamos a influência da dispersão durante a prática, interferindo diretamente na adaptação ao ambiente virtual e na concentração. Isso pode estar relacionado ao fato de que os aspectos gráficos/auditivos não foram estímulos suficientes para o direcionamento da atenção seletiva nos participantes. Gunter e colaboradores (2006) afirmam que existe a necessidade da utilização de práticas consolidadas de design para que os jogos possam, de fato, permitir não só a construção de conhecimentos como de habilidades. Estes autores sugerem, ainda, que o alinhamento entre as melhores práticas de aprendizado e as melhores práticas de design de jogos é imprescindível.

Demonstramos que a adaptação ao ambiente virtual está ligada à forma e eficiência da comunicação entre a NEDGlove e o jogo. A eficiência da comunicação interfere diretamente no desempenho, pela percepção do participante da qualidade de captação do sinal e sensibilidade do sistema ao movimento.

Quanto à avaliação da satisfação do usuário, foi possível observar maior variação das pontuações quando os indivíduos foram questionados sobre a interação, competição e o quanto o jogo foi estimulante. Esse achado era esperado, tendo em vista que o jogo foi idealizado para uso em pacientes em reabilitação de sequelas motoras, sensoriais e cognitivas decorrentes de acidente vascular cerebral. A concepção do jogo leva em conta essas limitações para evitar que a interação com o jogo seja frustrante e desestimulante. Em indivíduos saudáveis esse ambiente pode estar associado com estímulos insuficientes para otimizar os processos de interação, competição e estimulação.

Levando em consideração as limitações dos pacientes, a NEDGlove foi idealizada para minimizar as deficiências e limitações encontradas, desde a colocação do dispositivo com o auxílio de ajustes e fixadores moldáveis no dedos e mão até o procedimento de calibração da amplitude do movimento do voluntário. O jogo foi desenhado, nos seus aspectos visuais, auditivos e sensoriais para se tornar um meio facilitador na execução da tarefa, com metas e desafios atingíveis com intuito de manter os usuários motivados.

Segundo Mitchell (2004), jogos bem projetados levam os jogadores para um estado de intensa concentração e envolvimento, onde a ansia por vencer promove o desenvolvimento de novas habilidades. O desempenho autorreferido teve correlação significativa com o nível de concentração e a adaptação ao ambiente virtual, demonstrando que a narrativa do jogo foi capaz de capturar a atenção do participante. Quanto à indicação do tratamento, embora a interface tenha sido projetada e pensada para um público específico, obtiveram-se resultados positivos quanto a indicação do tratamento através da avaliação subjetiva do usuário, nos itens resposta do software e experiência atual no ambiente virtual. Este é um aspecto extremamente favorável, tendo em vista que a aceitação e satisfação do usuário quanto à utilização dos jogos está diretamente associada à experiência positiva alcançada ao longo da prática.

5. Conclusões

Este trabalho avaliou a usabilidade de um protótipo de tratamento adjuvante para a reabilitação das sequelas motoras dos membros superiores de pacientes com acidente vascular cerebral. O objetivo é criar um sistema que o paciente possa utilizar em vários ambientes, inclusive fora da clínica fisioterapêutica, contribuindo para acelerar o processo de reabilitação. Além disso, o sistema pode ser usado para acompanhamento e avaliação do progresso do paciente durante o tratamento. Nossos resultados indicam que o sistema pode começar a ser testado com a população-alvo.

Referências bibliográficas

- BLACKMAN, S. Serious games...and less! *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, v. 39, n. 1, p. 12 – 16, 2005.
- DANSKY RICHARD. Chapter 1: Introduction to Game Narrative. In: BATEMAN, C. (Ed.). *Game writing: narrative skills for videogames*. Boston: Charles River Media, 2006. p. 1–24.
- DONNER, A.; GOLDSTEIN, D.; LOUGHRAN, J. Health e-Games Market Report: Status and Opportunities. In: *Physic Ventures*. [s.l.: s.n.]. p. 57–93.
- FEDEROFF, M. A. *Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of fun in video games*, 2002. 52f. Master of Science in the Department of Telecommunications of Indiana University. United States. Indiana. 2002.
- FOLSTEIN MF, FOLSTEIN SE, MCHUGH PR. *Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician*. *J Psychiatric Res*. 1975;12:189-98. 10.
- FLEURY, A.; SAKUDA, L. O.; CORDEIRO, J. H. D. *I Censo da Indústria Brasileira de Jogos Digitais, com Vocabulário Técnico sobre a IBJD*. São Paulo: [s.n.].
- GROS BEGOÑA. *The impact of digital games in education*. *Frist Monday*, v. 8, n. 7, p. 1689–1699, 2003.
- GUNTER, G. A.; KENNY, R. F.; VICK, E. H. A Case for a Formal Design Paradigm for Serious Games. *Proceedings of the 2006 International Digital Media Association Conference (iDMAa and IMS)*, p. 1-19. Oxford, 2006.
- HACKOS, J. T.; REDISH, J. C. *User and Task analysis for Interface design*. New York: Jonh Wiley & Sons, Inc, 1998.
- KUSTERNIG, A; SEMANEK, G. *Fully Immersive Games*, Technische Universität Wien, 2006.
- LAITINEN, S. *Better Games Through Usability Evaluation and Testing*. *Gamasutra*, v. 23, p. 1–8, 2005.
- LOURENÇO, R. A; VERAS, R. P. *Mini-Exame do Estado Mental: características psicométricas em idosos ambulatoriais*. *Revista de Saúde Pública*, v. 40, n. 4, p. 712–719, 2006.
- MACK, R.; JAKOB NIELSEN. *Usability inspection methods: Report on a workshop held at CHI'92*. *ACM SIGCHI Bulletin*, v. 25, n. 1, p. 28–33, 1992.
- MICHAEL, D. R.; CHEN, S. L. *Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform*. [s.l.] Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.
- MITCHELL, A.; SAVILL-SMITH, C. *The use of computer and video games for learning: A review of the literature*. Londres: Learning and Skills Development Agency (LSDA), 2004.
- PRENSKY, M. *Digital game based learning*. Minnesota: Paragon House. 2007.
- SADOWSKI, W; STARNNEY, K. *Presense in virtual environments*. In: K. STANNEY (Ed.). *Handbook of virtual environment: Design, implementation, and application*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2002. p. 791–806.
- SILVA, L., et al. *Development of a low cost dataglove based on arduino for virtual reality applications*. In: *Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA)*, 2013 IEEE International Conference on. IEEE, 2013. p. 55-59.
- WATTANASOONTORN, V. et al. *Serious games for health*. *Entertainment Computing*, v. 4, n. 4, p. 231–247, 2013.
- WITMER, B. G.; SINGER, M. J. *Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire*. *Presence*, Vol. 7, No. 3, p. 225–240, 1998.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES/MEC, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.

