

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	(%)
<b>Sexo</b>		
Masculino	7	33,3%
Feminino	14	66,7%
<b>Média de idade</b>	25,76 ±8,43	
<b>Escolaridade</b>		
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  $4069 \pm 227$  pontos e na segunda sessão,  $4146 \pm 232$  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	%
<b>Interativo</b>	4	1	4,8%
	5	1	4,8%
	6	1	4,8%
	7	4	19%
	8	5	23,8%
	9	1	4,8%
<b>Competitivo</b>	10	8	
	2	1	4,8%
	4	2	9,5%
	6	4	19%
	7	2	9,5%
	8	3	14,3%
<b>Estimulante</b>	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.

