



---

**NEURO-NAVEGÁTICA: SOFTWARE DESENVOLVIDO PARA INTERAÇÃO COM  
BRAIN-COMPUTER INTERFACE PARA AUXILIAR O PROCESSO DE INCLUSÃO  
ESCOLAR DE PESSOAS COM PARALISIA CEREBRAL**

---

NEURO-NAVEGÁTICA: SOFTWARE DEVELOPED FOR INTERACTION WITH BRAIN-  
COMPUTER INTERFACE TO ASSIST THE PROCESS OF SCHOOL INCLUSION  
OF PEOPLE WITH CEREBRAL PALSY

---

NEURO-NAVEGÁTICA: SOFTWARE DESARROLLADO PARA INTERACCIÓN CON BRAIN-  
COMPUTER INTERFACE PARA AUXILIAR EL PROCESO DE INCLUSIÓN  
ESCOLAR DE PERSONAS CON PARÁLISIS CEREBRAL

---

*Regina de Oliveira Heidrich<sup>1</sup>*  
*Marsal Avila A. Branco<sup>2</sup>*  
*João Batista Mossmann<sup>3</sup>*  
*Anderson Rodrigo Schuh<sup>4</sup>*

**RESUMO:** Uma interface cérebro-computador (ou BCI, sigla em inglês para Brain-Computer Interface), permite que uma pessoa possa transferir comandos a um computador diretamente. Em vez de utilizar um teclado, mouse ou outro dispositivo de entrada, o utilizador dessa interface simplesmente emite os comandos por meio de ondas cerebrais e o computador responde a eles. Este trabalho pretende apresentar um game desenvolvido para auxiliar o processo de inclusão escolar de pessoas com paralisia cerebral. Pesquisa de abordagem qualitativa. Para o desenvolvimento desta pesquisa escolhemos o estudo de caso, pois este é uma investigação multifacetada, em profundidade, de um único fenômeno social. Desenvolvimento do Game Neuro-Navegática, com diferentes formas de velocidade de varredura, o software permite que o usuário pelo piscar de olhos possa escolher a matéria. Neste exemplo, optou-se pela matemática. O estudo sobre Brain Computer Interface (BCI) busca aprimorar a maneira de interação entre o ser humano e as máquinas, e permite que pessoas com paralisia cerebral possam se beneficiar no processo de educação inclusiva, assim como seus colegas sem deficiência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inclusão. Interação. Interface cérebro-computador. Paralisia cerebral. Games.

**ABSTRACT:** A Brain-Computer Interface (BCI), allows a person to transfer commands to a computer directly. Instead of using a keyboard, mouse or other input device, the user of this interface simply sends commands via brain waves and the computer responds to them. This paper aims to present a game developed to assist the process of educational inclusion of people with cerebral palsy. Qualitative research approach. To develop this research, we chose the case study, because it is a multifaceted research, in depth, of a single social phenomenon. Development of the Game Neuro-

---

<sup>1</sup> Doutora em Informática na Educação, Universidade Feevale, Novo Hamburgo (RS). E-mail: [rheidrich@feevale.br](mailto:rheidrich@feevale.br)

<sup>2</sup> Doutor em Ciências da Comunicação, Universidade Feevale, Novo Hamburgo (RS). E-mail: [marsal@feevale.br](mailto:marsal@feevale.br)

<sup>3</sup> Mestre em Ciência da Computação, Universidade Feevale, Novo Hamburgo (RS). E-mail: [mossmann@gmail.com](mailto:mossmann@gmail.com)

<sup>4</sup> Bacharel em Ciência da Computação Universidade Feevale, Novo Hamburgo (RS). E-mail: [andersschuh@gmail.com](mailto:andersschuh@gmail.com)

**Submetido em:** 24/06/2014 – **Aceito em:** 04/08/2014.



Navegática, with different forms of scanning speed, the software allows the user through the blink of an eye to choose the subject. In this example we opted for mathematics. The study on Brain Computer Interface (BCI) seeks to improve the way of interaction between humans and machines and allows people with cerebral palsy to may be benefited in the inclusive education process as well as their peers without disabilities.

**KEYWORDS:** Cognitive prgonomics. Interaction. Brain-computer interface. Cerebral palsy. Games.

**RESUMEN:** Una Interface Cérebro-ordenador (BCI), permite que una persona pueda transferir comandos a un ordenador directamente. En vez de utilizar un teclado, ratón u outro dispositivo de entrada, el utente de esta interface simplemente emite los comandos a través de olas cerebrales y el ordenador los contesta. Este trabajo presenta un juego desarrollado para auxiliar el proceso de inclusión escolar de personas con parálisis cerebral. Investigación de abordaje cualitativa. Para el desarrollo de esta investigación eligimos el estudio de caso, pues el mismo es una investigación multifacetada, en fondo, de un único fenómeno social. Desarrollo del juego Neuro-Navegática, con diferentes formas de velocidad de barradura, el software permite que el utente a través del parpadear pueda elegir la contenido. En este ejemplo se optó por la matemática. El estudio sobre Brain-Computer Interface (BCI) busca refinar el modo de interacción entre el ser humano y las máquinas y les permite a las personas con parálisis cerebral beneficiarse en el proceso de educación inclusiva, tal como sus colegas sin deficiencia.

**PALABRAS CLAVE:** Inclusión. Ergonomía cognitiva. Interacción. Brain-computer interface Parálisis cerebral. Juegos.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo de inclusão escolar tem sido amplamente discutido em todas as esferas e tem-se observado que por detrás do discurso dos professores de não se sentirem preparados, a falta de acessibilidade e formação na área de inclusão digital é ainda muito incipiente. Uma das soluções é a parceria com grupos e projetos de pesquisa de universidades que poderão colaborar nesse processo. A inclusão de pessoas com paralisia cerebral não é fácil, pois muitas têm o cognitivo preservado, mas não falam, caminham, ou ambos.

Uma interface cérebro-computador (BCI, sigla em inglês para *Brain-Computer Interface*) permite que uma pessoa possa transferir comandos a um computador diretamente. Em vez de utilizar teclado, mouse ou outro dispositivo de entrada, o utilizador dessa interface simplesmente emite os comandos por meio de ondas cerebrais, e o computador responde a eles. Pretende-se mostrar aqui uma solução de objetos de aprendizagem desenvolvidos com a utilização da tecnologia BCI.

Pessoas com paralisia cerebral, que têm o cognitivo preservado, mas não podem se comunicar, locomover, ou ambos, necessitam de um auxílio tecnológico para sua aprendizagem.

A utilização de objetos de aprendizagem poderá envolver conceitos e conhecimentos fazendo uso de práticas de experimentação que não seriam possíveis de outras formas. Dessa maneira, poderemos simular situações educacionais, facilitando o processo de inclusão escolar dessas pessoas. Assim, fica evidente que novas técnicas devem ser concebidas dentro de diretrizes de acessibilidade, a fim de garantir ambientes digitais mais inclusivos. O termo objeto educacional (*learning object*) geralmente aplica-se a materiais educacionais projetados e construídos em pequenos conjuntos com vistas a maximizar as situações de aprendizagem em que o recurso pode ser utilizado. O IEEE Learning Technology Standards Committee (2002, p. 5) vai mais além. Segundo essa instituição: “Qualquer entidade, digital ou não digital, que possa ser usada, reutilizada ou referenciada durante o uso de tecnologias que suportem ensino”. Um ambiente em objetos de aprendizagem é um *software* que tem um objetivo, no qual o aluno realiza decisões que interagem com as ações próprias do ambiente de interação e resultam em uma nova condição. Objetos de aprendizagem em forma de Construtos Digitais de Aprendizagem (CDAs) apresentam-se como uma Tecnologia Assistiva (TA), que oferece prósperas contribuições ao desenvolvimento de aplicações voltadas para o ensino. “Para as pessoas sem deficiência a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis.” (RADABAUGH, 1993). Já Cook e Hussey definem a TA citando o conceito do ADA – *American with Disabilities Act* –, como “uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas funcionais encontrados pelos indivíduos com deficiências” (COOK & HUSSEY, 1995). O Comitê de Ajudas Técnicas – CAT<sup>5</sup> –, do Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil, aprovou e reconheceu, em 14 de dezembro de 2007, este novo conceito:

Tecnologias Assistivas. É uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.

O conceito de Tecnologia Assistiva é considerado amplo, podendo ser peça chave na promoção dos Direitos Humanos, pois possibilita a pessoa com deficiência a oportunidade de alcançar autonomia e independência em diversos aspectos da sua vida (Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República, 2009). Deficiência é a ausência ou disfunção de uma

<sup>5</sup> Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro-tecnologia-assistiva.pdf>>.

estrutura psíquica, fisiológica ou anatômica. Diz respeito à biologia da pessoa. A deficiência física causa uma desvantagem, resultante de um comprometimento ou de uma incapacidade, que limita ou impede o desempenho motor de determinada pessoa (Fernandes et al., 2007).

Um CDA, segundo Branco et al. (2013), qualquer entidade ou artefato inventado ou construído de maneira multidisciplinar no formato de um *game* educacional, ajudando os jogadores a construir ou reelaborar seu conhecimento. Assim, tem como características a natureza dual, como jogo e objeto de aprendizagem e também jogo, por trabalhar processualmente as contribuições de cada área sem nenhum tipo de subordinação entre elas. Assim, a partir do BCI, o utilizador não usa mouse, mas um hardware específico pelo qual comanda o computador por ondas cerebrais.

Entre as tecnologias assistivas aplicáveis no contexto deste trabalho, destacam-se os jogos digitais, que atualmente também passam a ser considerados uma nova forma de linguagem, visto que podem transformar conteúdos tradicionais em novos conteúdos interativos e comunicá-los de uma maneira mais eficiente e inovadora. Este é um conceito novo, o qual é chamado de *gamification* [gamificação] por permitir criar simulações com o objetivo de capacitar profissionais, bem como auxiliar no aprendizado de alunos. Segundo Zichermann e Cunningham (2011), ambas as finalidades estão corretas e, assim, definem gamificação como sendo a utilização de características de jogos, como pensamentos e mecânicas, na qualidade de uma forma de envolver usuários na busca por algum objetivo ou resolução de algum problema. A gamificação, como conceito, tem sido sistematicamente mal interpretada; é errado pensar que se trata de uma ciência que se debruça sobre o ato de criar jogos, mas sim uma metodologia por meio da qual se aplicam mecanismos de jogos à resolução de problemas ou impasses em outros contextos (ZICHERMANN; CUNNINGHAM, 2011, p. 17).

Em relação ao desenvolvimento de novos comportamentos, Medina et al. (2013) afirmam que:

É muito importante compreender que a gamificação se destina a utilizar o mecanismo dos jogos para transformar ou desenvolver novos comportamentos. Um bom exemplo disso é o conceito de Serious Games “em 2011 pesquisadores da Universidade de Washington viraram notícia por causa do jogo Foldit, uma espécie de crowdsourcing<sup>6</sup> orientado a angariar esforços coletivos de milhares de participantes anônimos, motivados pelo desafio de tentar compreender como

<sup>6</sup> Medina et al. (2013, p. 14) definem *crowdsourcing* como “modelo de produção colaborativa, que agrega diversas pessoas, de maneira presencial ou virtual, para resolver impasses, criar conteúdos ou desenvolver soluções”.

determinada proteína poderia ser utilizada no combate à Aids. A atividade atraiu 46 mil participantes — a imensa maioria sem qualquer ligação com a área médica —, que em apenas 10 dias conseguiram elucidar um enigma que tomou 15 anos dos cientistas sem, no entanto, obterem qualquer sucesso. Esse tipo de iniciativa costuma ser referenciada como Serious Games, ou Jogos Sérios. (Medina et al., 2013, p. 14).

Por um longo período observou-se uma crítica à utilização de games, mas tem-se observado grande sucesso na área de trabalho colaborativo. O exemplo citado acima é uma prova disso.

## **2 EDUCAÇÃO NA PÓS-MODERNIDADE**

Segundo Porcheddu (2009), no passado, a pedagogia assumiu diversas formas e se mostrou capaz de adaptar-se às mudanças, de fixar novos objetivos e criar novas estratégias. Nenhuma reviravolta da história humana pôs os educadores diante de desafios comparáveis a esses decisivos de nossos dias. Simplesmente, não havíamos estado até agora em situação semelhante. A arte de viver em um mundo ultrassaturado de informações ainda deve ser aprendida, assim como a arte ainda mais difícil de educar o ser humano neste novo modo de viver. Bauman ao ser entrevistado por Porcheddu (2009) respondeu que:

Não nos preocupamos com a velocidade impressionante com que o conhecimento muda de ritmo, o conhecimento precedente envelhece e o novo, recém-nascido, é destinado a envelhecer do mesmo modo: a volatilidade do mundo líquido, parcamente integrado e multicêntrico, faz com que cada um dos episódios sucessivos dos projetos conduzidos na vida requeiram uma série de competências e informações tornam vãs as competências pregressas e as informações memorizadas. (Porcheddu, 2009, p. 699-670).

Ainda segundo o mesmo autor, no ambiente líquido moderno, a educação e o aprendizado, não importa o uso que se faça deles, devem ser contínuos e permanentes. Outro desafio na atualidade é pensar como as questões de diversidade e inclusão social podem ser resolvidas nesse processo.

O filósofo francês Morin (2000) descreve que as interações entre indivíduos produzem a sociedade que testemunha o surgimento da cultura e que retroage sobre os indivíduos pela cultura. O mesmo autor ainda afirma que:

cabe à educação do futuro cuidar para que a ideia de unidade da espécie humana não apague a ideia de diversidade e que a da sua diversidade não apague a da unidade. Há uma unidade humana. Há uma diversidade humana. A unidade não está apenas nos traços biológicos da espécie Homo sapiens. A diversidade não está apenas nos traços psicológicos, culturais, sociais do ser humano. Existe também

diversidade propriamente biológica no seio da unidade humana; não apenas existe unidade cerebral, mas mental, psíquica, afetiva, intelectual; além disso, as mais diversas culturas e sociedades têm princípios geradores ou organizacionais comuns. É a unidade humana que traz em si os princípios de suas múltiplas diversidades. Compreender o ser humano é compreender sua unidade na diversidade, sua diversidade na unidade. É preciso conceber a unidade do múltiplo, a multiplicidade do uno. (MORIN, p. 49-50).

Assim, a educação na pós-modernidade precisa se apropriar das possibilidades da utilização da gamificação – e talvez esta seja uma das áreas em que se tenha maior expectativa com relação à extensão de benefícios passíveis de serem alcançados com ela. Segundo a opinião de renomados especialistas no tema Granic, Adam e Rutger (2013), trata-se apenas de uma questão de tempo até que as escolas passem a incluir aspectos dos jogos no aprendizado, flexibilizando currículos de ensino universais em prol de uma maior adaptação à individualidade de cada aluno.

### **3 PARALISIA CEREBRAL**

A paralisia cerebral (PC) ou encefalopatia não progressiva crônica da infância (ECNPI) é um distúrbio da postura e do movimento, resultante de uma lesão ao encéfalo imaturo nos períodos pré, peri ou pós-natal (FINNIE, 2000; SCHWARTZMAN, 2004; SANKAR; MUNDKUR, 2005; GERALIS, 2007). Em 2006, o Executive Committee for the Definition of Cerebral Palsy formulou uma definição que descreve a paralisia cerebral como um grupo de desordens permanentes do desenvolvimento da postura e do movimento, atribuídas a perturbações não progressivas ocorridas no desenvolvimento fetal ou infantil. Segundo Andrade [ca.1999], as palavras “paralisias” e “cerebrais” são usadas para descrever uma condição de ser, um estado de saúde, uma deficiência física adquirida, um Distúrbio de Eficiência Física que durante muito tempo foi significado de “invalidez”. Atualmente, o termo Paralisias Cerebrais (PCs) vem sendo usado com o significado do resultado de um dano cerebral, que leva à inabilidade, à dificuldade ou ao descontrole de músculos e de certos movimentos do corpo. O termo “cerebral” quer dizer que a área atingida é o cérebro (Sistema Nervoso Central – SNC) e a palavra “paralisia” refere-se ao resultado do dano ao SNC, com consequências que afetam os músculos e a coordenação motora dos portadores dessa condição especial de ser e estar no mundo. Não existem dois casos semelhantes: alguns apresentam apenas perturbações sutis, quase imperceptíveis, aparentam pequenos desvios quanto à maneira de caminhar, falar ou usar as mãos. Outros pessoas com lesões cerebrais mais graves, com destaque os casos de anóxia neonatal, podem apresentar incapacidade

motora acentuada, impossibilidade de se locomover e de falar, tornando-os assim dependentes para as mais simples atividades do cotidiano. Ainda segundo Andrade [ca. 1999], dependendo da localização das lesões e áreas do cérebro que foram afetadas, as manifestações podem ser diferentes. Nas paralisias cerebrais, há uma confusão de mensagens entre o cérebro e os músculos.

As crianças afetadas por Paralisias Cerebrais têm uma perturbação do controle de suas posturas e dos movimentos do corpo como consequência de uma lesão cerebral. Essas lesões são resultados de diversas causas. A mais frequente é ligada à falta de oxigenação cerebral, antes, durante ou logo após o parto.

Há três formas (tipos) mais comuns – Espástica, Atetóide e Atáxica –, dependendo de que mensagens foram afetadas. E pode-se classificar um quarto tipo de PC, que teria uma combinação de duas ou mais formas.

O córtex controla os pensamentos, os movimentos e as sensações. Uma anormalidade nela pode resultar na PC tipo Espástica, caracterizada por aumento e paralisia de tonicidade dos músculos. Pode haver um lado do corpo afetado (hemiparesia), os membros inferiores (diplegia), ou os quatro membros (quadriplegia).

Os Gânglios da Base ajudam a organizar os movimentos finos e delicados. Uma anormalidade deles pode resultar na paralisia tipo Atetóide. Caracterizada por distonia (variações da tonicidade muscular) e movimentos involuntários afetando o Sistema Extrapiramidal.

O cerebelo controla e coordena os movimentos, as posturas e o equilíbrio. Uma anormalidade nele pode resultar na PC tipo Atáxica, caracterizada por diminuição da tonicidade muscular, dificuldade para se equilibrar com descoordenação dos movimentos, podendo haver movimentos trêmulos das mãos e fala comprometida.

#### **4 CARACTERÍSTICAS DOS *GAMES***

Todos os jogos compartilham quatro características que os definem: meta, regras, sistema de *feedback* e participação voluntária (MCGONIGAL apud MEDINA et al., 2013, p 28). A meta é o motivo que justifica a realização de uma atividade por parte dos jogadores; em outras palavras, o elemento pelo qual os participantes de um jogo concentram suas



atenções para atingir os propósitos designados. As regras ajustam o nível de complexidade do jogador frente à atividade a ser desenvolvida, “liberando a criatividade e estimulando o pensamento estratégico [...] portanto, têm a função de definir a maneira pela qual o jogador se comportará, ou de que modo organizará suas ações para o cumprimento dos desafios impostos pelo jogo” (MEDINA et al., 2013, p. 28). O sistema de *feedback* informa aos jogadores como está sua relação com os diferentes aspectos que regulam sua interação com a atividade. Também cabe a esse sistema fomentar motivação, mantendo os participantes constantemente conscientes do progresso atingido em relação a si próprios e à meta. (Medina et al., 2013, p. 28-29). Observa-se segundo o mesmo autor que em qualquer tipo de jogo, digital ou não, é preciso haver consenso entre todas as condições propostas e o jogador.

Apesar de haver poucas pesquisas, Granic, Adam e Rutger (2013) apontam sobre os benefícios de jogar *video game* as funções e os benefícios do jogo de forma mais geral têm sido estudados há décadas. A psicologia evolucionista tem enfatizado há muito tempo as funções adaptativas de jogo (BJORKLUND; PELLEGRINI, 2010), e da psicologia do desenvolvimento, a função positiva de jogo tem sido um tema recorrente para alguns dos mais respeitados estudiosos da área (por exemplo, Erikson, 1977; Piaget, 1962; Vygotsky, 1978). Erikson (1977) mostrou que os contextos de jogos permitem que as crianças a experimentem socialmente e simulem consequências emocionais alternativas, que podem trazer sentimentos de resolução fora do contexto de jogo. Da mesma forma, Piaget (1962) teorizou que o jogo de faz de conta oferece às crianças oportunidades para reproduzir os conflitos da vida real, para elaborar resoluções ideais para seu próprio prazer, e para amenizar sentimentos negativos. Tanto Piaget (1962) quanto Vygotsky (1978) defendiam fortes ligações teóricas entre jogo e uma variedade de elementos que favorecem o desenvolvimento da cognição social.

Além da cognição social, os desenvolvimentistas têm enfatizado que o jogo constitui um contexto emocionalmente significativo, por meio do qual os temas de poder e dominação, agressão, nutrição, ansiedade, dor, perda, crescimento e alegria podem ser decretados de forma produtiva, como Gottman e Mettetal (1986). Em um artigo publicado pela *American Psychology*, os pesquisadores Granic, Adam e Rutger (2013) forneceram uma análise de estudos já existentes sobre os efeitos positivos de jogar *video game*. Eles afirmaram que esses jogos promovem o bem-estar, incluindo a prevenção e tratamento de problemas de saúde mental. Os mesmos autores ainda afirmaram que jogar *video game* promove uma série de



habilidades sociais, emocionais, cognitivas e auxiliam na resolução de problema. Além de possibilitar a criatividade e um estilo motivacional otimista persistente, que contribuem para o sucesso e realização pessoal. Os pesquisadores também reconheceram que os *video games* estão mudando a forma como os estudantes e professores se aproximam da aprendizagem, e estão sendo usados por médicos para melhorar a saúde dos pacientes. Eles sugeriram que os *video games* poderiam ter um impacto semelhante sobre o campo da saúde mental, e recomendaram que os psicólogos, médicos e designers de jogos colaborem para incluir o jogo de *video game* em terapias tradicionais.

Passamos agora para os benefícios motivacionais, emocionais e sociais de jogar *video games*. Sob o ponto de vista da educação, Johnson (2005) defende que não importa o que o jogador pensa enquanto joga, mas sim a maneira como o jogador está pensando. Essa afirmação é reforçada por Dewey (1997) ao defender que a maior de todas as falácias pedagógicas talvez seja a noção de que uma pessoa aprende apenas aquela determinada coisa que está estudando. Nesse aspecto, destaca a aprendizagem colateral no caminho para formar atitudes de construção duradouras, sendo essas, com frequência, mais importantes do que as aulas de gramática ou as aulas de geografia e história que são aprendidas. Assim, ao jogar, os usuários criam construções a partir do aprendizado colateral. Há algum tempo, empresas têm se empenhado para desenvolver dispositivos de baixo custo, a fim de possibilitar o uso em nível pessoal. Neste trabalho os *games* e o BCI também podem ser denominados como um tipo de Tecnologia Assistiva.

## **5 BRAIN COMPUTER INTERFACE – BCI**

Ao iniciar este estudo buscou-se na literatura especializada artigos científicos sobre BCI. Foram encontrados muitos na área da medicina, alguns na área de educação e nenhum que mencionasse pessoas com deficiência e paralisia cerebral utilizando BCI. Uma pesquisa entre a Coventry University e a Universidad Veracruzana, realizada por Rebolledo-Mendez e Dunwell. (2009), apresentou uma avaliação de usabilidade do dispositivo *MindSet* (MS), da *NeuroSky*. Um aspecto de interesse foi investigar se as leituras do MS podem ser combinadas com os dados gerados pelo usuário. Já o grupo de pesquisa em Sistemas Inteligentes da University of Oulu, na Finlândia, em parceria com o *Human-Computer Interaction Institute*, da Carnegie Mellon University, formado por Haapalainen et al. (2010), realizou um estudo sobre avaliação de carga cognitiva. O grupo de pesquisadores do Projeto LISTEN, da

Carnegie Mellon University – Mostow, Chang e Nelson (2011) –, mostraram que dados EEG de dispositivo *NeuroSky* pode identificar faixas de frequência sensíveis à dificuldade e discriminar entre frases fáceis e difíceis com segurança melhor do que o acaso, entre amostras (adultos e crianças) e modalidades (oral e leitura silenciosa). Identificaram faixas de frequência sensíveis à dificuldade e a várias propriedades de problemas lexicais, o que sugere que eles podem detectar mudanças transitórias em tarefas de demanda cognitiva ou atributos específicos de acesso lexical. Xu et al. (2011), da University of California, usaram o dispositivo para desenvolver um Design de Sistema Assistivo Vestível para Prevenção de Quedas, que pode detectar o risco de queda monitorando os sinais EEG dos usuários e liberar um aviso antes de a queda real acontecer. Crowley et al. (2010), da University College Cork, na Irlanda, realizaram dois testes psicológicos para avaliar a adequação do *headset* para medir e categorizar o nível de atenção e meditação de um utilizador enquanto joga. Wolpaw (2007) afirma que as interfaces cérebro-computador (BCIs) são fundamentalmente uma nova abordagem para restaurar a comunicação e controle para pessoas com distúrbios motores graves, como Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA) e outras lesões medulares e doenças degenerativas. E afirmou, em 2007, que poderia ser uma excelente tecnologia assistiva.

Yasui (2009), do Advanced Technology Research da NTT DoCoMo, tem pesquisado os sinais biológicos e comportamento regular humano. Essa pesquisa foi realizada com o sensor BCI enquanto o utilizador dirigia um veículo. Assim, especificamente ao dirigir um veículo, os registros apresentaram uma óbvia mudança de padrão quando um celular foi introduzido, mesmo que as medições sejam limitadas. Essa abordagem neurocientífica poderá assumir um papel útil em avaliar tarefas cotidianas da vida diária, especialmente em questões de preocupação pública incluindo o risco associado, como dirigir e falar ao telefone.

Schuh et al. (2013), desenvolveu um estudo e prototipação de um simulador de cadeira de rodas em ambiente tridimensional controlado por interface cérebro-computador não invasivo. Para tal, foi utilizado um EEG de baixo custo, o *NeuroSky Mindwave* (MW), como dispositivo de aquisição de sinais. Para desenvolvimento, foi utilizado o Unity3D<sup>7</sup>, um motor de jogos. Por meio do protótipo desenvolvido foi possível detectar o piscar dos olhos, e assim, utilizar essa característica como comando para o simulador.

<sup>7</sup> A *Unity3D* é um motor de jogos (do inglês *Game Engine*) para desenvolvimento em ambientes 2D e 3D. A ferramenta veio ao mercado com o intuito de democratizar o desenvolvimento de jogos. Possui atualmente 1,5 milhão de usuários registrados, de desenvolvedores amadores até empresas de grande porte, como *Electronic Arts*, *BigPoint* e *Nintendo* (SANTOS, 2012 apud SCHUH et al., 2013).

Parasuraman e Rizzo (2008), da Universidade George Mason, durante a *Army Science Conferece*, que decorreu em Orlando, no ano de 2008, apresentou um estudo profundo que revela a importância da análise das funções cerebrais com o objetivo de aumentar o desempenho humano em sistemas complexos. No livro *Neuroergonomics* (Oxford University Press, 2008), apresentam-se alguns entendimentos necessários para a concepção efetiva de sistemas homem-máquina. O autor afirma que para essa concepção é necessário compreender a mente humana em relação ao trabalho e à tecnologia, e que isso é papel da ergonomia. A Ergonomia Cognitiva é um ramo da ergonomia. É um conjunto de fatores que incide sobre o ajuste entre as habilidades e limitações cognitivas humanas entre máquinas, tarefas e meio ambiente. Guimarães (2004) afirma que a Ergonomia Cognitiva é definida como a área que “engloba os processos perceptivo, mental e de motricidade”. Abbad e Borges-Andrade (2004) apontam que a preocupação da Ergonomia Cognitiva está voltada aos seguintes processos mentais:

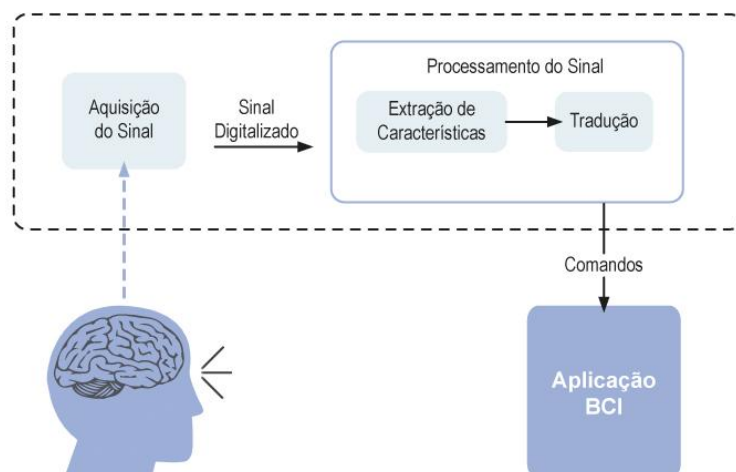
- a) Domínio Cognitivo – conhecimento, compreensão, aplicação, análise, síntese e a avaliação.
- b) Domínio Afetivo – receptividade, resposta, valorização, organização e caracterização.
- c) Domínio Psicomotor – percepção, posicionamento, mecanização e domínio completo.

A mente humana não pode ser compreendida sem um estudo do cérebro, que é competência das neurociências, daqui resulta que o estudo do cérebro e da mente no domínio complexo do trabalho só é possível pela *Neuroergonomics*. A *Neuroergonomics* pode, assim, fornecer interações mais eficazes e naturais entre o homem e a tecnologia.

### 5.1 Funcionamento

Conforme apresentado na Figura 1, pode-se observar:

- a) O processo começa na intenção do usuário;
- b) A intenção de comunicação ou controle de algo desencadeia um processo complexo em certas áreas do cérebro;
- c) A ativação de certas áreas do cérebro provoca uma diferença de potencial com as áreas adjacentes.



**FIGURA 1 – Diagrama BCI**

Fonte: O autor

O *hardware* utilizado nesse projeto é denominado *Mindwave*, desenvolvido pela empresa *NeuroSky*, e funciona como BCI (*Brain-Computer Interface*). Tem como objetivo: utilizar o cérebro como interface de comunicação com a máquina. Ele converte ondas cerebrais elétricas e processos analógicos em sinais digitais para fazer medições disponíveis para alimentar a interface de usuário de jogos, computadores e aplicações médicas de pesquisa. É fácil de usar, não invasivo, sensor único seco, permite mobilidade, o acesso a ambos os dados brutos ou dados é feito por meio de algoritmos otimizados e a plataforma é aberta para qualquer indústria.

Cada interação entre os neurônios cria uma descarga elétrica minúscula, mensurável por máquinas de EEG (eletroencefalograma). Por si só, essas acusações são impossíveis de medir do lado de fora do crânio. No entanto, um estado mental dominante, impulsionado pela atividade dos neurônios, coletivamente criado por centenas de milhares de descargas simultâneas, pode ser medido. O controle motor dos membros ocorre no topo do cérebro, por exemplo. A visão é processada na parte de trás do cérebro. De um ponto de vista evolutivo, tais funções básicas estão presentes na maioria dos animais. Como os humanos evoluíram, no córtex pré-frontal, na parte frontal do cérebro, é onde ocorre o pensamento superior. Emoções, estados mentais, concentração, etc., são todos dominantes nessa área.

Dessa maneira, o *Mindwave* baseia-se na tecnologia *Neurosky Thinkgear Technology*, que consiste em um eletrodo disposto na região pré-frontal, Fp1 no padrão 10-20, além de um

eletrodo como ponto de referência no grampo da orelha, e um *chip onboard* que processa todos os dados, remove ruídos e interferências. Ainda, o dispositivo possuiu um algoritmo proprietário chamado eSense. Por ele são extraídas características dos sinais digitalizados, disponibilizando diretamente nas aplicações algumas alternativas de comando. Diferentes estados cerebrais são o resultado de diferentes padrões de interação neural. Estes padrões de ondas são caracterizados por diferentes amplitudes e frequências. Como exemplos, as ondas cerebrais entre 12 e 30 hertz, ondas beta, estão associadas com a concentração, enquanto as ondas entre 8 e 12 hertz, ondas alfa, estão associadas com o relaxamento. Muitas vezes ofuscando as ondas cerebrais, a contração dos músculos também está associada a padrões de onda únicos, chamados EMG. Isolar esses padrões EMG é a forma como alguns dispositivos *NeuroSky* podem detectar o piscar de olhos.

Assim, o *Mindwave*, entre suas características, implementa o algoritmo que reconhece o piscar dos olhos. Assim, é capaz de medir a força com que a piscada é realizada, repassando essa informação em valores inteiros, que podem variar de 1, para uma piscada leve, a 255, para uma piscada forte. Com isso, optou-se pela utilização dessa característica como comando para o jogo.

## 6 OBJETIVOS

A seguir, os objetivos do artigo:

- a) Apresentar as possibilidades de utilização de games na educação;
- b) Demonstrar a utilização de *Brain-Computer Interface* no desenvolvimento de games;
- c) Apresentar algumas telas do game desenvolvido, onde a interface de interação é o piscar de olhos.

Nesse estudo apresenta-se o uso de games e a associação do BCI como uma tecnologia assistiva, a partir do uso de eletroencefalograma que por muito tempo foi restrito à área médica e a laboratórios de pesquisa.

## 7 MATERIAIS E MÉTODOS

Pesquisa de abordagem qualitativa. Para o desenvolvimento desta pesquisa escolhemos o estudo de caso, pois o mesmo é uma investigação multifacetada, em profundidade, de um único fenômeno social. É conduzido em grande detalhe e, com frequência, se baseia no uso de várias fontes de dados. (FEAGIN; ORUM; SJOBERG, 1991). Bogdan e Biklen (1982) definem algumas categorias dentro do estudo de caso. A categoria que iremos trabalhar é a de Estudos de Casos Observacionais. Conforme os autores, pode ser objeto da observação participante o trabalho realizado dentro de sala de aula, bem como novos métodos de ensino. Stake (1995) sugere que o estudo de caso é o estudo da particularidade e complexidade de um caso para entender suas atividades dentro de circunstâncias especiais. Conforme Patton (1987), o estudo de caso procura detalhar e descrever a unidade em profundidade, explorando-a de forma holística. Essa análise precisa ser feita de forma cuidadosa, pois a observação é o principal elemento na sua coleta de dados. Essa pesquisa trata de um múltiplo estudo de caso exploratório descritivo (YIN, 1989). Além disso, deve-se consultar as necessidades e sugestões dos usuários por meio de duas maneiras, considerando a metodologia do *design* social: método de projeção que considera como precedentes e como indutores as opiniões dos usuários, bem como que compartilha com os usuários os estudos e as definições posteriores, de modo que os usuários sintam-se partícipes do processo e do resultado. As etapas desse estudo são:

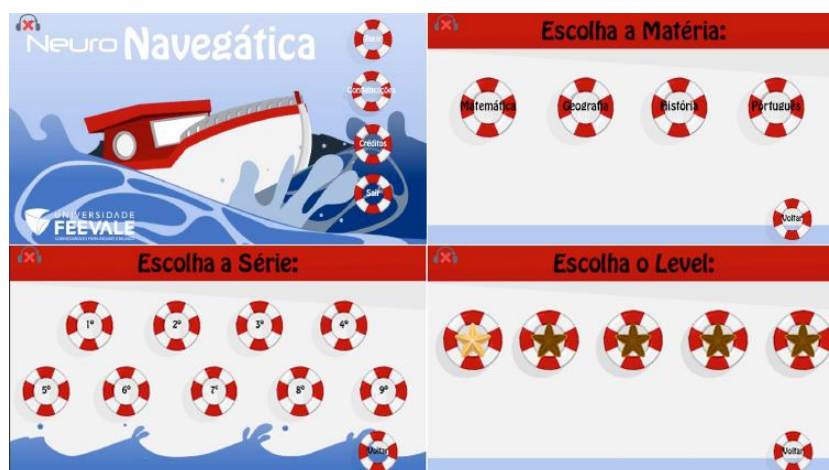
- a) Estudo das tecnologias em jogos digitais;
- b) Verificar como uma pessoa com restrições motoras interage com os jogos, bem como os *hardwares* específicos;
- c) Desenvolver a modelagem;
- d) Desenvolver o protótipo;
- e) Testar a tecnologia com os usuários;
- f) Realizar a modelagem do *game*;
- g) Desenvolver o protótipo a partir de novos testes;
- h) Testar a interação dos usuários com o *game*.

Dessta maneira, pretende-se levar para as escolas públicas da região, possibilidades de interação entre pessoas com e sem paralisia cerebral.



## 8 RESULTADOS

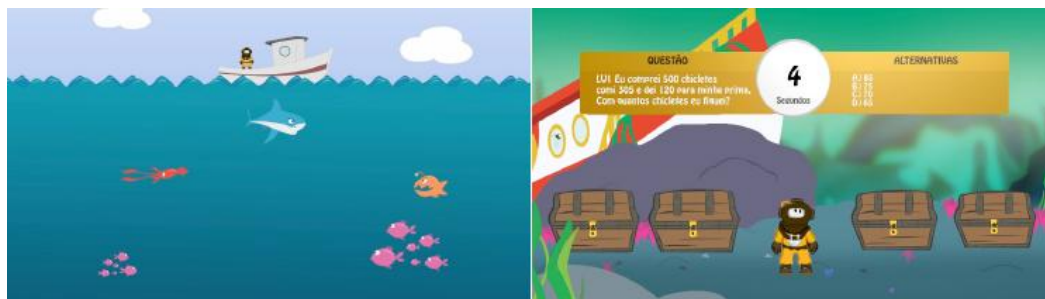
O *game* desenvolvido intitula-se *Neuro-Navegática*, Todos os menus do *game* utilizam o teclado, *mouse* ou dispositivo *touchscreen* como interface. Neste exemplo, apresentado na Figura 2, optou-se pela matemática.



**FIGURA 2** – Telas iniciais do jogo Neuro-Navegática

Fonte: Adaptado do jogo Neuro-Navegática

Na Figura 3 apresenta-se o *gameplay*. Na primeira parte, o usuário comanda um mergulhador em um desafio, em que o objetivo é saltar até o fundo do mar sem colidir contra os peixes que trafegam. Ao constatar o melhor momento para o salto, o usuário pisca os olhos. Nesse momento, o mergulhador saltará. Caso o personagem colida contra os peixes, é realizado um decréscimo de tempo na próxima parte do *gameplay*. Ao passar pelo desafio, o usuário recebe em tela uma pergunta, quatro respostas, sendo que uma delas é a correta, e o tempo máximo para responder a questão. Cada resposta possui um baú equivalente em tela. Esses baús são destacados automaticamente pela aplicação. O destaque dura um intervalo de tempo, quando então, é alterado o destaque para o próximo baú, e assim intermitentemente. Quando o usuário deseja selecionar o baú destacado, ele deve piscar os olhos. Ao selecionar o baú, será verificado se a questão está correta, dando um *feedback* ao usuário.



**Figura 3** – Tela do jogo Neuro-Navegática  
 Fonte: Adaptado do jogo Neuro-Navegática

Ao final do *gameplay*, uma mensagem é exibida, informando o usuário que a próxima fase será iniciada automaticamente. Assim, não é necessária a intervenção por outra interface para que se possam atravessar todos os níveis de uma determinada matéria, em uma determinada série.

## 9 CONCLUSÃO

A tecnologia BCI proporciona uma forma de interação com máquinas, produtos, sistemas e como tal, revela-se com grande importância o seu estudo, pois por um lado, pelo BCI já é possível a adaptação de máquinas, produtos, sistemas a populações com problemas de mobilidade para melhorar o seu desempenho, transformando incapacidades em meras diferenças de execução, mas com médias de desempenho semelhantes às de pessoas comuns. Por outro lado, o estudo do BCI para a ergonomia permitirá analisar níveis de carga mental de forma instantânea e objetiva. Uma Interface Cérebro-Computador (ICC) é um sistema computacional capaz de estabelecer a comunicação entre a atividade neurofisiológica e um computador. O estudo sobre ICC busca aprimorar a maneira de interação entre o ser humano e as máquinas. É importante lembrar que a ampliação e recuperação das funções motora e cognitiva são o principal foco das pesquisas dessa área. Pode-se afirmar que o EEG, apesar de ter sido desenvolvido há bastante tempo, ainda é uma ferramenta fundamental para o apoio a diagnósticos clínicos. Entretanto, pesquisadores estão realizando novas abordagens para esse dispositivo, entre elas, estão as ICCs. Atualmente, existem no mercado, dispositivos que aproximam o usuário final das ICCs. Em contrapartida, ainda hoje, não existem aplicações que façam essa interação de maneira convencional. E acredita-se que brevemente veremos tais utilizações aliadas aos *games* na educação inclusiva.

Na pós-modernidade, num momento que vários países buscam uma educação inclusiva,

em que pessoas com deficiência possam conviver em diferentes ambientes educacionais, a possibilidade de usar *games* e um dispositivo de BCI traz novas esperanças para essa camada da população. No Brasil, 23,9% da população apresenta alguma deficiência, segundo dados do último Censo de 2010 (Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República, 2012).

Podemos vislumbrar um campo de estudos com grandes possibilidades de sucesso na área escolar e também no mundo do trabalho. Também observamos que nos vários grupos de pesquisadores de universidades renomadas não houve nenhuma publicação que mostrasse a pesquisa realizada com pessoas com paralisia cerebral e BCI.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. M. P. **Paralisias cerebrais**. [ca.1999]. Disponível em: <<http://infoativodefnet.blogspot.com.br>>. Acesso em: 13 jun. 2014.

BJORKLUND, D. F.; PELLEGRINI, A. D. Evolutionary perspectives on social development. In: SMITH, P. K.; HART, C. H. (Ed.), **The Wiley-Blackwell handbook of childhood social development**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010. p. 64–81.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Qualitative research for education: an introduction for to theory and Methods**. Boston: Allyn and Bacon, 1982.

BRANCO, Marsal Alves et al. Dimensões dos jogos de ensino In: CONGRESSO INTERNACIONAL EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO, 8, 2013, Luanda. **Anais do...** Santos: ICECE,, , 2013. p. 277-281. Disponível em: <<http://proceedings.copec.org.br/index.php/icece/article/view/457>>. Acesso em: 11 jun. 2013.

COOK, A.M.; HUSSEY, S. M. **Assistive technologies: principles and practices**. St. Louis: Mosby, 1995.

CROWLEY, Katie et al. Evaluating a brain-computer interface to categorise human emotional response. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LEARNING TECHNOLOGIES, 10th, 2010, Sousse, Tunisia. **Proceedings of the...** Washington, DC: IEEE, 2010. p. 276-278, 2010.

DEWEY, J. **Experience and education**. New York: Free Press, 1997.

ERIKSON, E. H. **Toys and reasons: Stages in the ritualization of experience**. New York: Norton, 1977.

EXECUTIVE COMMITTEE FOR THE DEFINITION OF CEREBRAL PALSY. A report: the definition and classification of cerebral palsy April 2006. **Developmental Medicine & Child Neurology**, v. 49, n. 109, p. 8-14, fev. 2007.

FEAGIN, J.; ORUM, A.; SJOBERG, G. **A case for the case study**. Chapel Hill: The University of North Carolina Press, 1991.

FERNANDES, A. C. et al. **Medicina e reabilitação: princípios e prática**. São Paulo: Artes Médicas, 2007.

FINNIE, N. R. **O manuseio em casa da criança com paralisia cerebral**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2000.

GERALIS, E. **Crianças com paralisia cerebral: guia para pais e educadores**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007

GOTTMAN, J. M.; METTETAL, G. Speculations about social and affective development: Friendship and acquaintanceship through adolescence. In: GOTTMAN, J. M; METTETAL, G. (Ed.), **Conversations of friends: speculations on affective development**. New York: Cambridge University, 1986, p. 192-237.

GRANIC, I.; LOBEL, A.; ENGELS, R. C. M. E. The benefits of playing video games. **American Psychologist**, n. 69, p. 66-78, 2014.

GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia cognitiva: produto e produção**. Porto Alegre: FEENG, 2004.

HAAPALAIEN, E. et al. Psycho-physiological measures for assessing cognitive Load. In: ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON UBIQUITOUS COMPUTING UBICOMP '10, 12., 2010, New York. **Proceedings of the...** New York: ACM, 2010. p. 301-310.

IEEE LEARNING TECHNOLOGY STANDARDS COMMITTEE. **Draft standard for learning object metadata**. New York, 2002. Disponível em <[http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM\\_1484\\_12\\_1\\_v1\\_Final\\_Draft.pdf](http://ltsc.ieee.org/wg12/files/LOM_1484_12_1_v1_Final_Draft.pdf)>. Acesso em: 24 jun. 2013.

JOHNSON, S. **Surpreendente: a televisão e o videogame nos tornam mais inteligentes**. São Paulo: Campus, 2005.

MEDINA, B. et al. **Gamification Inc.: como reinventar empresas a partir de jogos**. 1. ed. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. São Paulo: Editora Cortez, 2000.

MOSTOW, J.; Chang, K.; NELSON, J. Toward exploiting EEG input in a reading tutor. In BISWAS, G. et al. (Ed.). **Artificial intelligence in education**, New York: Springer Berlin Heidelberg, 2011, p. 301-310.

PARASURAMAN, R.; RIZZO, M. **Neuroergonomics: The Brain at Work**. 1. ed. New York: Oxford University Press, 2008.

PATTON, M. Q. **How to use qualitative methods in evaluation**. London: Sage, 1987.

PIAGET, J. **Play, dreams and imitation**. New York: Norton, 1962.

PORCHEDDU, A. Zygmunt Bauman: entrevista sobre a educação. Desafios pedagógicos e modernidade líquida. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo v. 39, n. 137, p. 661-684, maio/ago. 2009.

RADABAUGH, M. P. **Study on the financing of assistive technology devices of services for individuals with disabilities**. 1993. Disponível em: <<http://www.ncd.gov/publications/1993/Mar41993>>. Acesso em: 13 jun. 2014.

REBOLLEDO-MENDEZ, G; DUNWELL, I. Assessing neurosky's usability to detect attention levels in an assessment exercise. In JACKO, J. A. (Ed.), **Human-computer interaction new trends**. New York: Springer Berlin Heidelberg, 2009, p. 149-158.

SANKAR, C.; MUNDKUR, N. Cerebral palsy: definition, classification, etiology and early diagnosis. **The Indian Journal of Pediatrics**, Nova Déli, v. 72, n. 10, p. 865-868. out. 2005.

SCHUH, A. R. *et al.* Desenvolvimento de Um Simulador Controlado por Interface Cérebro-Computador Não Invasiva para Treinamento na Utilização de Cadeira de Rodas. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 11, n. 3, dez. 2013.

SCHWARTZMAN, J. S. Paralisia cerebral. **Arquivos Brasileiros de Paralisia Cerebral**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 4-17, 2004.

SECRETARIA DE DIREITOS HUMANOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Cartilha do Censo 2010: pessoas com deficiência**. Brasília: SDH-PR/SNPD, 2012. Disponível em: <[www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf](http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2014.

SECRETARIA DE DIREITOS HUMANOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Tecnologia assistiva**. Brasília, DF: Comitê de Ajudas Técnicas, 2009.

STAKE, R. E. **The art of case study research**. London: Sage, 1995.

VYGOTSKY, L. **Mind in society: the development of higher psychological functions**. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

WOLPAW, J. R. Brain-computer interfaces as new brain output pathways. **The Journal of Physiology**, v. 579, n. 3, 613-619, mar. 2007.

XU, W. *et al.* **Wearable assistive system design for fall prevention**. 2011. Disponível em: <<http://www.ee.ucla.edu/~wxu/papers/conference/xu-hcmdss2011.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2013.

YASUI, Y. A brainwave signal measurement and data processing technique for daily life applications. **Journal of Physiological Anthropology**, Londres, v. 28, n. 3, p. 145-150, set. 2009.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 1994.

ZICHERMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by design: implementing game mechanics in web and mobile Apps**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.

## **Agradecimentos**

Agradecimento especial ao CNPQ que financia este projeto através da Chamada Nº 84/2013 MCTI-SECIS/CNPq – TECNOLOGIA ASSISTIVA / B – Núcleos Emergentes.

### **Como citar este documento:**

HEIDRICH, Regina de Oliveira et al. Neuro-navegática, software desenvolvido para interação com Brain Computer Interface para auxiliar o processo de inclusão escolar de pessoas com paralisia cerebral. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, SP, v. 16, n. 2, p. 98-117, maio/ago. 2014. ISSN 1676-2592. Disponível em: <<http://www.fe.unicamp.br/revistas/ged/etd/article/view/6402>>. Acesso em: 29 ago. 2014.