

A Biônica no Ensino de Física: uma tecnologia assistiva utilizando uma interface cérebro-computador para controlar uma unidade robótica¹

Edval Rodrigues de Viveiros¹

Eder Pires de Camargo²

¹Doutorando do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência –
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP de
Bauru/edvalrv@ig.com.br

²Docente UNESP – Faculdade de Engenharia de Ilha
Solteira/camargoep@dfq.feis.unesp.br

The Bionic in Physics Teaching: an assistive technology using a brain-computer interface to control a robotic unit

Resumo: Este trabalho complementa outra comunicação, e trata das bases teóricas, conceituais e empíricas que constituirão seqüências didáticas que serão aplicadas na fase de coleta de dados de uma pesquisa de doutorado. Tais seqüências referem-se a situações didáticas para o ensino de Física em alunos com deficiência visual. A Biônica será a temática norteadora das situações didáticas da Física. As atividades e situações didáticas para o ensino de Física serão executadas a partir da montagem de modelos biônicos utilizando-se uma unidade robótica, que será controlada por uma interface cérebro-computador. Assim sendo, tal investigação apresenta como resultado uma importante tecnologia assistiva inclusiva para o deficiente visual, que pode também ser empregada para outros tipos de deficiências, facilitando o processo de ensino-aprendizagem da Física ou do Ensino de Ciências.

Abstract: This work complements other communication, and addresses the theoretical, conceptual and empirical didactic sequences that will form that will be applied in the data collection phase of a doctoral research. These sequences relate to teaching situations for the Teaching of Physics in students with visual impairments. The Bionic is the guiding theme of teaching situations in physics. The activities and teaching situations for the teaching of physics will be run from the bionic assembly models using a robotic unit that is controlled by a brain-computer interface. Therefore, this research presents an important result as inclusive assistive technology for the visually impaired, which can also be used for other types of disabilities, facilitating the process of teaching and learning of Physics and Science Education.

Key-words: Physics Education; The Theory of Conceptual Fields; Physics Education for visual impairments; Brain-computer Interface; Robotics.

¹ Apoio: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

Introdução e justificativa

No Brasil o desenvolvimento de tecnologias assistivas para deficientes ainda é incipiente, quando comparada a outras áreas do conhecimento científico, especialmente para deficientes visuais. Enquanto diversos países como França, Alemanha, Suíça, Austrália, Estados Unidos e outros possuem considerável *know-how* na área, uma busca detalhada de artigos nacionais sobre o tema em periódicos e bases de dados revela ainda uma quantidade muito pequena de trabalhos, ainda que existam no país diversos grupos de pesquisas em algumas universidades que, na maioria dos casos, são e estão diretamente vinculados às áreas de engenharia, computação ou biomedicina.

Por outro lado, quando esta busca é efetuada em programas de pós-graduação específicos na área de Educação e, mais ainda, na subárea de Ensino de Ciências, aqueles números tornam-se ainda menores, especificamente no ensino de Física existem poucos pesquisadores na área da deficiência visual (Camargo, 2008).

A pesquisa e desenvolvimento na área de tecnologias assistivas, incluindo aquelas aplicadas para o deficiente visual, recruta as seguintes áreas: Educação, Ciências cognitivas (Biologia, Neurociência, Psicologia e Medicina), Bioengenharia, Engenharia (Eletrônica, Computação). Entretanto, quando fazemos esta reflexão procurando identificar a interdisciplinaridade na pesquisa nesta área, também se constata numa primeira impressão a necessidade de uma massa crítica formada por uma comunidade científica quantitativamente mais numerosa e melhor articulada nas políticas e estratégias. Esta questão nos remete diretamente aos princípios da inclusão para todas as idades e em todos os contextos, principalmente o escolar, considerado desde a infância. Sobre isto, a UNESCO se posiciona destacando a opinião dada pela neurociência:

Giving children an early start in education lays the foundations for inclusion since, as cognitive neuroscience has shown, early childhood is a critical period for the acquisition of cognitive skills (UNESCO, 2009).

Portanto, a busca por tais estratégias metodológicas e tecnológicas, e sua aplicação direta para a área educacional parece ser uma questão mais do que necessária e extremamente estratégica dentro do conjunto das políticas educacionais inclusivas.

Neste sentido, este trabalho é base para a configuração de uma pesquisa na área de tecnologias assistivas, com aplicação direta e imediata para o ensino de Física para alunos com deficiência visual. Para isto, utilizaremos conceitos da Biônica (ou biomimética), que fundamentarão a elaboração de futuras situações didáticas para o ensino de Física. Tais situações serão aplicadas empregando-se uma unidade robótica que será controlada pelo indivíduo deficiente visual através de uma interface cérebro-computador (ICC), que funcionará como uma tecnologia assistiva.

Esta comunicação complementa resultados apresentados em outro trabalho intitulado '*A pesquisa em Neurociência e suas implicações para o Ensino de Ciências: contribuições para o Ensino de Física em deficientes visuais*'. Ali, desenvolvemos a fundamentação Semiótica e sua correlação com a Teoria dos Campos Conceituais, e uma discussão sobre o papel da Neurociência Cognitiva dentro do ensino de Física para deficientes visuais, e a necessidade de que a Física seja abordada enquanto uma linguagem.

Interface Cérebro-computador

O propósito de compreender, reproduzir ou simular o cérebro humano não é recente. Norbert Wiener, em 1950 publicaria *Cibernética e Sociedade: o uso humano de seres humanos* descrevendo em equações o que para o autor consistia do pensamento humano. Atualmente, uma das técnicas mais utilizadas para tais propósitos é o eletroencefalograma (EEG), onde a atividade cerebral é adquirida, registrada e armazenada graças aos potenciais de corrente elétrica distribuídos pela superfície do escalpo. Eletrodos são posicionados estrategicamente e são medidas as voltagens e correntes, filtradas e amplificadas, podendo ser emuladas e interpretadas através de um software (Ochoa, 2002). Por intermédio desta técnica, potenciais de ação elétrica são amplificados e decodificados por técnicas matemáticas e computacionais, convertendo-se em padrões de leitura sobre o funcionamento das respectivas áreas cerebrais associadas a realização de diferentes tarefas cognitivas.

Nesta direção, recentemente uma nova abordagem tecnológica integra diretamente o cérebro humano a interfaces através de softwares, chamadas de Interface Cérebro-Computador - ICC (*brain-computer interface*) ou interface cérebro-máquina (*brain-machine interface*) que emula, analisa e controla os sinais neurais, permitindo sua conexão com computadores ou equipamentos eletro-eletrônicos, mecânicos e hidráulicos.

A pesquisa e aplicação da tecnologia de ICC para deficientes visuais está em estágio embrionário, destacando mais seu uso quando associado a dispositivos tecnológicos táteis (Lécuyer, 2009). Porém, em outras aplicações, tal tecnologia tem se mostrado muito promissora, como por exemplo:

- Aplicações de bioengenharia: dispositivos de auxílio para pessoas deficientes;
- Monitoramento humano: para se estudar desordens do sono, enfermidades neurológicas, atenção;
- Monitorar e ou analisar “estados mentais”;
- Pesquisa em neurociência: métodos em tempo real para correlacionar comportamentos observáveis através do registro de sinais neurais;
- Interação homem-máquina: dispositivos de interface entre homens e computadores.

Num nível mais prático e funcional, normalmente o que se tem realizado atualmente associando-se as interfaces cérebro-computador e a imagéria computacional é, por exemplo, a criação de ambientes virtuais que possam ser manipulados pela atividade cerebral humana. Com isto, abre-se uma grande oportunidade e possibilidade para diversas finalidades, inclusive para os diversos tipos de deficiências (Lebedev e Nicolelis, 2006).

Para esta pesquisa, optamos utilizar a ICC da marca Emotiv Epoc, na versão Research (Miguel, 2010). Este equipamento possui as seguintes características operacionais:

- a) Trabalha com a técnica não invasiva (Nicolelis, 2002, 2003; Nicolelis e Chapin, 2002), sendo que o contato elétrico dos eletrodos com o escalpo é facilmente e confortavelmente realizado através de um headset, com comunicação com o software via tecnologia Bluetooth;
- b) Utiliza o eletroencefalógrafo como interface: o baixo custo do equipamento, a facilidade de uso e vasto conhecimento protocolar sobre tal técnica. O uso do EEG, neste caso, é mais recomendável (Covolán *et al.* 2004). Opera com potenciais elétricos evocados P300, que determina a distribuição espacial dos eletrodos no escalpo humano em pontos de otimização dos potenciais elétricos respectivos às regiões estudadas;
- c) Opera no modo de realidade virtual: o software permite a interação e manipulação direta por intermédio da atividade elétrica cerebral com imagens (mentais e ou visuais) num cenário de realidade virtual. Diferentemente de outros, a ICC foi projetada considerando fortemente a aplicação em realidade virtual, principalmente para a área lúdica, o que demonstra sua completa inocuidade;
- d) Operação no modo neurofeedback: oferece um mapeamento das respectivas frequências cerebrais Alfa, Beta, Gama e Teta, possibilitando um monitoramento e conseqüente ação sobre o controle dos estados mentais, cognitivos e emocionais correlacionados;
- e) A interface é amigável com outros dispositivos computacionais, principalmente via conexão Bluetooth, permitindo no nosso caso que os comandos da ICC sejam diretamente executados no console do software, e transmitidos para a unidade de processamento central do robô Lego Mindstorms.

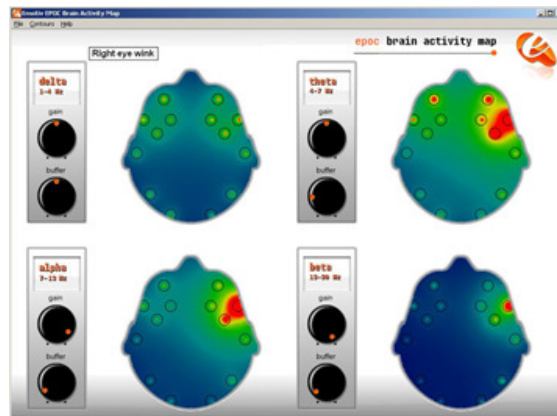
Na Figura 1 é mostrado o headset da ICC Emotiv Epoc, onde podemos observar os 16 eletrodos que compõem o conjunto de recepção/transmissão da atividade elétrica cerebral.

Figura 1 – Interface cérebro-computador Emotiv Epoc



Na Figura 2 vemos detalhe do software, na função de neurofeedback, indicando as respectivas atividades Alfa, Beta, Gama e Teta correspondendo aos padrões de estimulação elétrica das ondas cerebrais.

Figura 2 – Registro do painel de neurofeedback (atividades Alfa, Beta, Gama e Teta)



O registro correspondente da atividade elétrica, fornecida pelo EEG da interface é mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Painel de registro da atividade do EEG



Neste equipamento, através de um planejamento de treino é possível fazer com que o indivíduo execute diversos tipos de movimentos (lados direito e esquerdo, para cima, para baixo, rotações no sentido horário e anti-horário, para direita ou para esquerda e ainda um comando para fazer desaparecer o objeto) de um cubo virtual do software. Posteriormente, estes comandos podem ser associados a equipamentos conectados externamente, através de algum dispositivo eletro-eletrônico, como a unidade robótica Lego Mindstorms NXT 2.0, que mostraremos na sequência.

Um exemplo distinto do caso que estamos considerando neste trabalho, é o uso de uma ICC para o controle de uma cadeira de roda motorizada, o que seria numa situação de pessoas com problemas motores, por exemplo a tetraplegia (Figura 4).

Figura 4 – Controle de uma cadeira de rodas motorizada através de uma ICC (projeto desenvolvido pelo Center for Neuroprosthetics, da École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suíça)

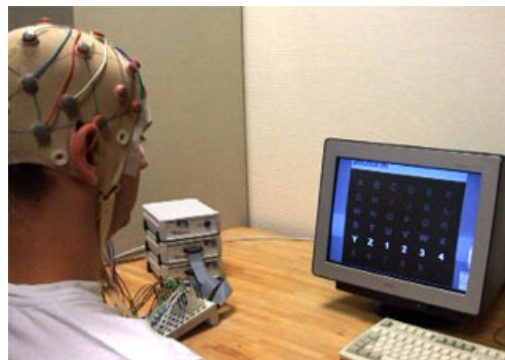


Na verdade, qualquer dispositivo ou equipamento elétrico-eletrônico pode ser acionado e controlado por uma ICC, como a utilizada nesta pesquisa.

Outra aplicação é efetuar o controle do mouse do computador, apenas através da ICC, possibilitando, por exemplo, o processo da escrita, mediante um ecrã onde as letras são dispostas (Figura 5).

No nosso caso, com a ICC Emotiv Epoc, pretendemos desenvolver uma aplicação semelhante utilizando uma planilha eletrônica, com equações da Física que serão empregadas nas respectivas situações didáticas, fazendo com que o indivíduo deficiente visual navegue pela tela do computador, integrando esta tecnologia com softwares como Dos-Vox, Jaws ou MecDaisy. Este uso é particularmente interessante e útil, principalmente quando temos pessoas com deficiência múltipla (exemplo, visual e física simultaneamente), cujos movimentos das mãos pode estar comprometidos.

Figura 5 – ICC ‘OpenViBE’ desenvolvida pelo Institut National de Recherche em Informatique et en Automatique (INRIA), Institut National de la Santé et la Recherche Médicale (INSERM) e France Telecom R&D



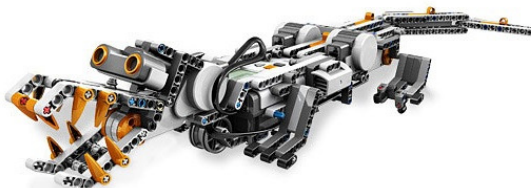
Unidade robótica Lego Mindstorms NXT 2.0

As situações didáticas para o ensino de Física neste projeto serão desenvolvidas a partir de montagens de diferentes robôs, a partir de um kit básico composto por peças de montagem de encaixe do tipo Lego, possibilitando grande variabilidade na criação de projetos. O equipamento possui uma unidade de processamento central, que permite o controle de até três servo-motores e quatro sensores, sendo dois de toque, um sensor ultra-sônico e outro sensor fotônico. Este dispositivo é uma ferramenta educacional desenvolvida e estudada por

Marvin Minsky e Eric Drexler, do Massachusetts Institute of Technology, e periodicamente vem sofrendo aperfeiçoamento e atualizações tecnológicas.

Uma das montagens que serão desenvolvidas com o Lego Mindstorms é mostrado na Figura 6, cuja inspiração é um réptil. Na parte frontal, logo acima do que seria a boca do animal, observa-se o sensor ultrasônico.

Figura 6 – Lego Mindstorms Robogator



A unidade de processamento central do Lego Mindstorms NXT 2.0 é mostrada do lado esquerdo do projeto abaixo, do que seria uma aranha (Figura 7), onde vemos o servo-motor acoplado às pernas do animal, comandados por um conjunto de engrenagens.

Figura 7 – Projeto de uma aranha robótica



Biônica: princípios e aplicação no Ensino de Física

A Biônica será utilizada na pesquisa com duas finalidades. A primeira é no domínio tecnológico, e se refere a aplicabilidade enquanto uma tecnologia assistiva (ou seja, a própria ICC que controlará o robô). A segunda aplicação é a didático-pedagógica, que fundamentará a estruturação epistemológica e metodológica das situações e atividades que serão aplicadas envolvendo o ensino de Física para deficientes visuais.

Segundo Benyus (1997, p.8), biônica, ou biomimética é:

1. *A natureza como modelo: a biomimética é uma nova ciência que estuda os modelos da natureza e depois imita-os ou inspira-se neles ou em seus processos para resolver os problemas humanos.*
2. *A natureza como medida: a biomimética usa um padrão ecológico para ajuizar a correção das nossas inovações;*
3. *A natureza como mentora: a biomimética é uma nova forma de ver e valorizar a natureza. Ela inaugura uma era cujas bases assentam não naquilo que podemos extrair da natureza, mas no que podemos aprender com ela.*

Na finalidade tecnológica, o conceito biônico que utilizamos é a '*emulação da atividade cerebral de um indivíduo*' para o controle de sistemas acoplados direta ou indiretamente ao corpo do indivíduo. No nosso caso, a ICC proporcionará determinado nível de autonomia ao indivíduo, na medida em que este será capaz de efetuar tarefas que normalmente não conseguiria realizar apenas com seus sentidos físicos.

Na situação específica do deficiente visual, o fato de não enxergar limita o campo de ação do indivíduo em relação a virtuais dispositivos de seu entorno e meio ambiente. A ICC vem exatamente preencher esta limitação, tentando, pois aproximar o máximo possível o indivíduo de executar procedimentos e tarefas que normalmente as pessoas consideradas 'normais' são capazes de realizar.

Nestas condições, na medida em que a ICC esteja devidamente acoplada e funcionalmente operante, podemos dizer que estamos diante de uma *tecnologia assistiva*, assim definida:

Tecnologia Assistiva 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 sócia (CAT, 2007).

Em relação a Biônica, as considerações didático-pedagógicas, assim como as de natureza epistemológica, heurística, axiomática, teórica, empírica e metodológica serão desenvolvidas segundo o referencial teórico desenvolvido por Bernd Hill (Hill, 2005, 1996, 1995; Hill e Lutherdet, 1995). Para tal autor, a Biônica emula os princípios naturais biológicos, na forma de leis (o que equivale a princípios, axiomas, corolários), indicando-se as seguintes *leis de desenvolvimento*:

Leis básicas: unidade, polaridade (polaridade simples, antagonismo complementar [sinérgico], mutuamente excludentes) mudança de quantidade para qualidade, conservação (em qualquer processo, sempre ocorrerá o balanço de matéria, de energia ou de informação), etc.;

Leis de estrutura e de tendência: lei da inexaustibilidade do desenvolvimento, lei da irregularidade do desenvolvimento das partes de um sistema, lei do incremento do grau de um sistema, lei da recorrência de Poincaré, lei do fractal;

Leis de tendências de desenvolvimento: diminuir a energia e o material utilizado, fechar os ciclos dos materiais; múltipla realização da função; utilizar a energia potencial natural;

Leis de etapas de desenvolvimento: agregação de elementos uniformes de função, diferenciação estrutural e especialização funcional; divisão hierárquica da função total sobre vários níveis de funções;

Leis de estágios ou de graus hierárquicos de desenvolvimento: estágio inicial; estágio de otimização e formação de sistemas de alto-nível.

Enquanto procedimento operacional e metodológico, os princípios biônicos são: comparar (ou analogia), transferir, ampliar, restringir, conectar, separar, transformar, armazenar, sustentar. Estes princípios são aplicáveis a sistemas onde tenhamos matéria, energia ou informação.

A teoria dos campos conceituais aplicada a Biônica

Para o projeto como um todo será utilizado como referencial teórico a **Teoria dos Campos Conceituais** (Vergnaud, 1996), que conceitua a seguinte tríade (semiótica): situação didática (*Referente*), conceitos e teoremas-em-ação (*Significados*) e representações (*Significantes*), respectivamente. Assim sendo, para que tenhamos uma situação didática, e que esta possa compor determinada sequência didática, é preciso observar os seguintes aspectos:

- I. ***Estipulação dos campos conceituais da situação didática***: levando-se em consideração a congruência dos princípios biônicos, conceitos e teoremas-em-ação da Física envolvida em cada atividade. Cada atividade iniciará com uma problematização diretamente vinculada a questões de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio-ambiente (ou Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática);
- II. ***Escalonamento hierárquico*** em relação ao grau de complexidade tanto dos princípios biônicos quanto dos conceitos e teoremas-em-ação da Física de cada situação didática e respectiva montagem com o kit do robô;
- III. ***Organização da atividade didática***: pressupõe sempre o trabalho em equipe, com função específica para cada membro da equipe. Entretanto, nas montagens o aluno deficiente visual deverá efetuar o controle de algumas ações mecânicas do robô, mas também não inviabilizando que isto seja executado por outro membro da equipe utilizando-se a programação específica do software que acompanha o equipamento.

Resultado esperado

Tendo escolhido o tema Biônica para o desenvolvimento de situações didáticas para o ensino de Física, exemplificamos abaixo os elementos semióticos de uma matriz didática (com base na Teoria dos Campos Conceituais) que poderá subsidiar a criação posterior de sequências didáticas. Nesta matriz usamos como situação didática a montagem do robô 'Robogator', (Figura 6), que seria controlado pela ICC Emotiv Epoc, na condição de uma tecnologia assistiva.

<u>Referente</u> Situação didática	<i>Problematização em Ciência, Tecnologia, Sociedade, Meio-ambiente</i>	<u>Significado</u> Invariantes operatórios (conceitos e teoremas-em-ação)	<i>Princípios Biônicos</i>	<u>Significante</u> Representações utilizadas para a situação didática
Robogator	O que podemos aprender sobre o comportamento dos répteis que podem auxiliar na vida do ser humano? Quais as semelhanças e diferenças entre mamíferos e répteis, e comi isto pode ser utilizado para melhorar o dia-a-dia das pessoas, respeitando ao mesmo tempo o meio-ambiente?	Máquinas simples: alavanca, polia, engrenagem, rodas e eixo, plano inclinado Conceitos de velocidade, aceleração, momento, impulso, quantidade de movimento, torque, rotação, movimento harmônico, conservação da energia	Analogia, modelização, extensão do espaço de solução. Como funciona o sistema perceptivo de um aligátor? De que maneira aproveitar o tipo do movimento que executa, para um veículo em terrenos acidentados? Como utilizar estes princípios para desenvolver, por exemplo, um dispositivo de proteção ou de segurança humana?	Desenho do modelo biônico robótico (robogator) Esquema, na forma de gráfico, expressando: velocidade, aceleração, oscilação no movimento das pernas e da cauda Expressão verbal (argumentativa) ou esquemática dos conceitos, representando intuitivamente e qualitativamente a relação entre as grandezas físicas (conceitos), até se chegar próximo dos conceitos científicos (expressos pelas equações matemáticas dos respectivos conceitos) Expressão representacional através de mapas mentais ou mapas conceituais dos

				conceitos e teoremas-em-ação
--	--	--	--	------------------------------

Discussão e conclusão

O planejamento pretendido para compor a parte pedagógica de situações didáticas para o ensino de Física em alunos com deficiência visual aqui apresentado, leva em consideração princípios da educação inclusiva, notadamente os conceitos de *empowerment* e *mainstreaming*. A utilização de uma tecnologia como a interface cérebro-computador, na forma de uma tecnologia assistiva, pode contribuir em grande proporção para este propósito, além de que a robótica educacional com inspiração biônica possibilite um *plus* motivacional para os alunos.

Entretanto, o uso de uma tecnologia assistiva por si só é insuficiente em termos didáticos, já que isto pressupõe a utilização de forte fundamentação teórica didático-pedagógica. Neste sentido, a Teoria dos Campos Conceituais (como uma teoria com base semiótica) associada com os princípios teóricos da Biônica, podem se constituir interessante estratégia para o ensino de Física, principalmente levando-se em consideração as características atuais de uma educação inclusiva.

Referências

- BENYUS, J.M. Biomimética. São Paulo: Cultrix, 1997.
- CAMARGO, E.P.de. Ensino de Física e Deficiência Visual: dez anos de investigações no Brasil. São Paulo: Plêiade/FAPESP, 2008.
- COMITÊ DE AJUDAS TÉCNICAS. Relatório Anual 2007, Brasília- DF, 2007.
- COVOLAN, R; ARAUJO, DB de; SANTOS, AC dos; CENDES, F. Ressonância magnética funcional: as funções do cérebro reveladas por spins nucleares. Ciência e Cultura. 56(1).2004
- HILL, B. Goal setting through contradiction analysis in the Bionics-oriented construction process. Creativity and Management, 14(1), 59-65, 2005.
- HILL, B. Exploring the process of inventive learning in technology education. IDATER 1996 Conference, Loughborough: Loughborough University, 1996.
- HILL, B. Bionics - element for fixing the aim and finding the solution in the technical problem solving process. - In: Smith, S. J.: IDEATER 95 - International Conference on Design and Technology Educational Research and Curriculum Development, Loughborough, S. 154-159, 1995.
- HILL, B., LUTHERDT, M. Principles for the goal determination and solution finding of a nature oriented technology – new determination of curricular elements in technical education. In: Mioduser, D. and Zilberstein, I.: Technology Education for a changing future. Theory, policy and practice, Jerusalem/Israel, 1995.

LÉCUYER, A. "Simulating Haptic Feedback using Vision: a Survey of Research and Applications of Pseudo-Haptic Feedback, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, MIT Press, Vol. 18, Issue 1, pp. 39-53, 2009.

MIGUEL, P.V.O. ECOLIG - o protocolo semiótico para comunicação homem-máquina que utiliza interfaces do tipo cérebro-computador. Tese de doutorado. Orientador. Prof. Dr. Gilmar Barreto. Universidade Estadual de Campinas . Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Campinas, 2010.

NICOLELIS, M.A. Brain-machine interfaces to restore motor function and probe neural circuits., Nature reviews. Neuroscience, England, vol. 4 n°. 5 pp. 417-22, May, 2003.

NICOLELIS, M.A. The amazing adventures of robotrat., Trends Cognitive Science, vol. 6 n°. 11 pp. 449-450, November, 2002.

NICOLELIS, M.A.; Chapin,J.K. Controlling robots with the mind., Scientific American, United States, vol. 287 n°. 4, pp. 46-53, October, 2002.

OCHOA, J.B. EEG Signal Classification for Brain Computer Interface Applications. Tese de doutorado. École Polytechnique Fédérale de Lausanne. Suisse., 2002.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Policies guidelines on inclusion in Education. Paris: 2009.

VAROL, E. Raw EEG data classification and applications using SVM. Tese de doutorado. Istanbul Technical University. Electrical-electronics Engineering Faculty, 2010.

VERGNAUD. G. La théorie des champs conceptuels. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.