OBJETOS DE APRENDIZAGEM NA ENGENHARIA ELÉTRICA: UMA NOVA ABORDAGEM BASEADA EM ASPECTOS COGNITIVOS

Niltom Vieira Junior[1], Laurence Duarte Colvara[2]

Abstract — *Traditionally, the information associated with power systems has been represented either as numerical fields on single-line diagrams or by tabular list displays. Several approaches have been suggested to supplement numeric fields, especially for power flow visualization. Nevertheless, very little empirical research has been presented in the literature evaluating the effectiveness of these methods. Some researchers have shown that, under certain conditions, these techniques may prejudice the performance instead of improving it. So, they emphasize the need for human factors research to design these tools. In this paper another issue is considered: Learning Objects and Energy Management Systems have generally been designed with the same principles, although different goals require different strategies. Thus, in this work the use of cognitive sciences is suggested to support the development of educational tools, based on the fact that the current trends have been stimulating cognitive levels different than those required for success in learning.*

Index Terms — cognitive sciences, educational software, engineering education, learning objects.

A EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Nas ultimas décadas a educação em engenharia tem enfrentado novos problemas como a evasão escolar, a exigência de novas habilidades aos egressos, a desmotivação dos alunos etc. Diversas razões poderiam ser elencadas para justificar estes fatos como o despreparo didático-metodológico dos professores, a ausência de disciplinas pedagógicas nos cursos *stricto sensu*, o descompasso evolutivo entre metodologias e tecnologia e assim por diante.

Em relação a evasão, o Ministério da Ciência e Tecnologia apresentou em 2008 dados indicando que anualmente cerca de trezentos e vinte mil alunos se matriculam nestes cursos no Brasil, porém, deste total apenas 10% (aproximadamente) chegam ao final da graduação e pouco mais de 1% concluem o mestrado ou doutorado [1]. Para o ministério, tais índices em uma área estratégica ao desenvolvimento da nação são preocupantes.

Quanto ao nível dos egressos, diversos autores apontam a necessidade da melhoria no ensino de engenharia e afirmam que se faz necessária uma atualização do perfil de engenheiro para que estes profissionais estejam aptos aos novos desafios da carreira, possuindo sólido conhecimento técnico-científico e o domínio de métodos aprimorados na resolução de problemas [2]-[8].

Este trabalho aborda a falta de motivação na sala de aula que, em menor ou maior número, contribui para os problemas citados. Entende-se que a não conformidade entre os anseios (dos alunos) e as metodologias (dos professores) pode contribuir para tal fato. Neste sentido fazem-se algumas considerações sobre os objetos de aprendizagem desenvolvidos para o ensino de engenharia elétrica e a ausência de metodologias construtivas neste campo. Apresenta-se ainda uma nova proposta que pode mudar o foco do *design* destas interfaces.

OBJETOS DE APRENDIZAGEM APLICADOS À ENGENHARIA ELÉTRICA

De modo geral a quantidade de dados provenientes das respostas numéricas em análises de sistemas de energia elétrica dificulta a visualização de fenômenos, uma vez que, os métodos tradicionalmente utilizados para representação, como diagramas unifilares e listas tabulares, não oferecem rápida interpretação qualitativa das informações. Para contornar este problema uma série de pesquisas tem sugerido ferramentas gráficas que facilitem a visualização de parâmetros, o controle e a operação de tais sistemas.

No entanto, este problema se torna ainda mais evidente nos processos de ensino/aprendizagem onde além de interpretar situações é preciso compreender fisicamente os fenômenos envolvidos. Neste sentido há um menor número de trabalhos desenvolvidos, onde raros são dotados de consciência didático-pedagógica.

Na literatura podem-se encontrar diversas contribuições nas últimas décadas que variam de alternativas mais simples, e funcionais, a estratégias mais complexas.

Em [9], por exemplo, foi realizado um experimento mostrando que a representação tradicional de nós em uma rede de energia elétrica, onde se conectam dois ou três segmentos de reta (representando as linhas) à cada barra do sistema, prejudica a visualização de redes mais complexas na medida em que a imagem se torna "poluída". Assim, sugere-se uma representação facilitadora para este sistema (Figura 1).

1 Niltom Vieira Junior, Instituto Federal de Minas Gerais, Rua Padre Alberico, s/n, São Luis, 35.570-000, Formiga, MG, Brazil e Universidade Estadual Paulista, Avenida Brasil Centro, 56, 15.385-000, Ilha Solteira, SP, niltom@gmail.com
2 Laurence Duarte Colvara, Universidade Estadual Paulista, Avenida Brasil Centro, 56, 15.385-000, Ilha Solteira, SP, Brazil, laurence@dee.feis.unesp.br

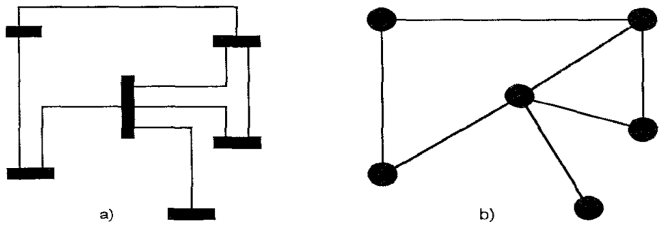

FIGURA. 1
CONECTIVIDADE DE BARRAS E LINHAS EM UM SISTEMA DE ENERGIA [9].

Estes autores [9] sugerem também que a interface ofereça aspectos interativos que permitam definir facilmente outros fatores importantes como, por exemplo, o estado dinâmico do sistema. Caso contrário a conversão de valores numéricos (informação digital) para a informação desejada pode envolver uma lenta sequência de ações mentais como: a leitura dos dados, consulta a faixa de limites, comparação de informações, para só então a decisão quanto ao estado.

Em relação às interfaces gráficas mais aprimoradas, desenvolvidas neste campo, podem-se observar diversas contribuições apresentadas em [10]-[12]. Entretanto, poucos trabalhos, exceto os aqui apresentados, propuseram alguma forma de validação consistente dos recursos desenvolvidos. Mesmo assim, alguns experimentos realizados demonstraram que, embora ricas graficamente, estas interfaces apresentam desempenho insatisfatório o que representa prejuízos educacionais e financeiros – já que estes recursos demandam tempo e conhecimento de alto nível para sua produção.

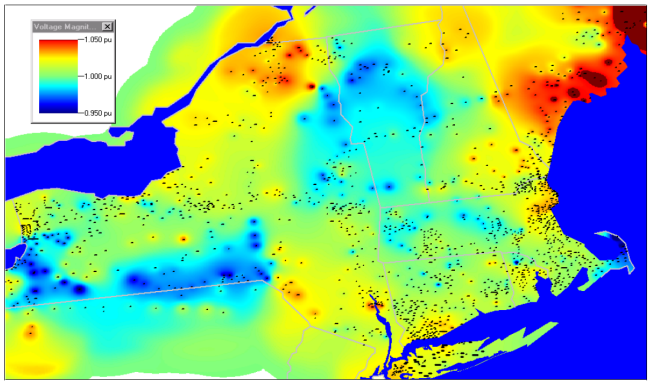

FIGURA. 2
TÉCNICA DE CONTORNOS ILUSTRANDO A MAGNITUDE DE TENSÕES [10].

Em [11], por exemplo, utilizou-se da técnica de contornos em diagramas unifilares. No experimento realizado os participantes deveriam encontrar pontos (barras) críticas e restaurar os níveis de tensão do sistema a valores pré-determinados intervindo em capacitores que compunham a rede (Figura 3).

FIGURA. 3
EXPERIMENTO ENVOLVENDO CONTORNOS DE TENSÃO [11].

Os participantes foram divididos em três grupos, segundo os recursos utilizados: *displays* numéricos tradicionais, diagramas gráficos com contorno e ambos. Os resultados mostraram que o tempo para solução do grupo que utilizou os *displays* tradicionais foi melhor que os demais.

TABELA I

Tipo de *display*	Nível das violações		
	Baixo	Médio	Alto
Com números	2,26 s	3,52 s	5,11 s
Com contornos	3,36 s	5,6 s	8,63 s
Com números e contornos	4,78 s	8,63 s	7,8 s

TEMPO MÉDIO DAS SOLUÇÕES POR CONTINGÊNCIA.

Todavia, estes autores ressaltaram que a utilização dos *displays* sem números (apenas contornos) demonstrou que a ausência dos valores exatos não impediram que as contingências fossem sanadas, o que não descarta totalmente a técnica de visualizações. Para eles, os resultados ruins sobre o tempo podem ser atribuídos a desordem causada pelos contornos e, parcialmente, ao incremento de tempo gasto para estabelecer as visualizações gráficas, sendo necessárias novas pesquisas sobre aspectos psicológicos como, por exemplo, fatores humanos.

Em outro experimento, foi verificado se o movimento animado no fluxo de potência poderia melhorar a velocidade e acurácia em operações deste gênero [12].

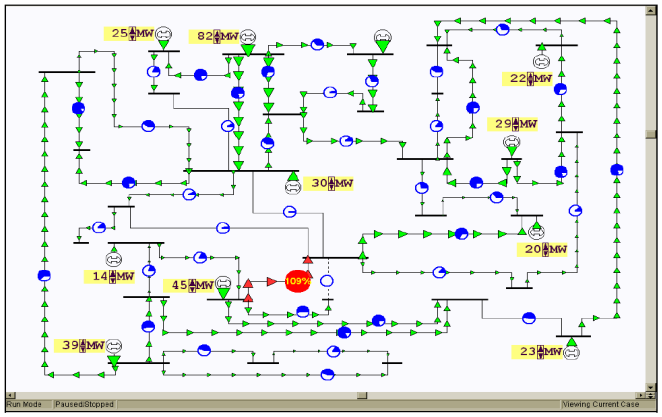

FIGURA. 4
DISPLAY COM SENTAS EM MOVIMENTO E GRÁFICOS PIZZA [12].

Neste caso foram utilizadas seis diferentes interfaces, sendo que a mais complexa possuía setas em movimento (representando o fluxo de potência) e gráficos *pizza* (representando o carregamento das linhas). Foram apresentadas diferentes situações de carregamento e contingência, e os alunos deveriam intervir ajustando a potência ativa fornecida pelos geradores.

Os autores observaram que para as violações (sobrecargas) isoladas, as representações tradicionais (por dígitos) e mais simples (sem *pizza*) propiciaram menor tempo de resposta dos alunos. Atribuiu-se este fato aos níveis de distração que as animações oferecem para os casos mais simples. Para múltiplas violações, embora os resultados não tenham sido expressivos, as setas em movimento ofereceram intervenções pouco mais rápidas.

No entanto, embora diversas contribuições tenham sido propostas nos últimos anos, principalmente no que diz respeito a sistemas EMS (*Energy Management Systems*), observa-se em [13] que a maioria delas não se baseia em alguma teoria para guiar o processo de *design* e construção das interfaces. Por esta razão propõem-se que sejam considerados aspectos cognitivos e ecológicos (ambientais) modelando todos os fatores que determinam o comportamento humano no desenvolvimento destes recursos [13]. Aspectos ambientais, neste caso, remetem às possibilidades de ações dos usuários.

Segundo estes autores a nova tendência na criação de interfaces gráficas tem desencadeado modos cognitivos diferentes daqueles solicitados para as atividades nas quais tais ferramentas se aplicam e este fato pode justificar os resultados insatisfatórios obtidos. Além disto, em [13] é sugerido que as interfaces contemplem diferentes níveis hierárquicos, onde sejam trabalhados distintos tipos de controle cognitivo, conforme a necessidade do usuário perante a interface (conhecer o estado global do sistema, identificar valores exatos ou informações detalhadas).

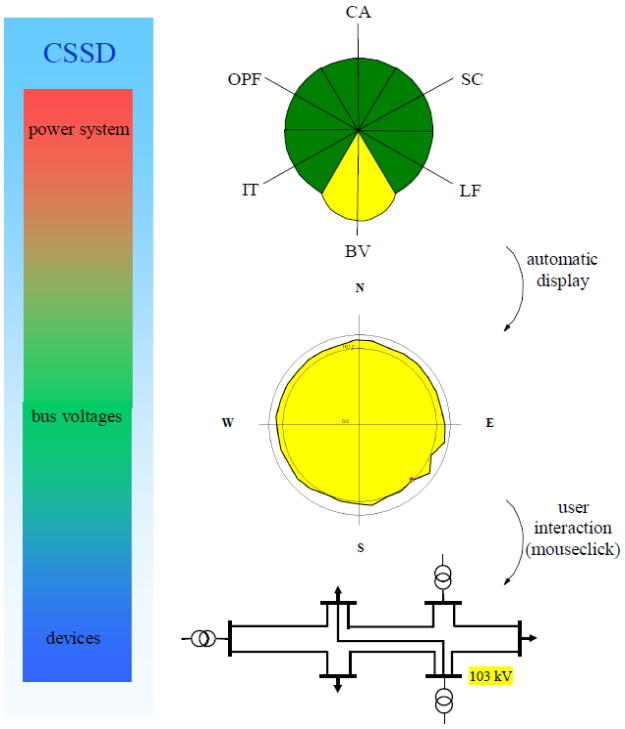

FIGURA. 5
EXEMPLO DE NÍVEIS HIERÁRQUICOS PARA INTERFACES GRÁFICAS [13].

Além do exposto por [13], este trabalho indica ainda outro problema metodológico: objetos de aprendizagem têm sido construídos a partir das mesmas estratégias utilizadas no desenvolvimento de interfaces para controle e operação de sistemas de energia. Prova disto é que neste campo do conhecimento, autores diversos se referenciam sem esta distinção e em muitos casos suas propostas dão continuidade àquelas que possuíam outros objetivos. Embora possam existir fatores comuns em ambas as concepções, objetivos diferentes exigem metodologias diferentes.

Considerando que em [13] foi proposta a primeira iniciativa metodológica destinada a interfaces aplicadas, este trabalho sugere a utilização de duas teorias advindas das ciências cognitivas para o desenvolvimento de interfaces exclusivamente educacionais.

A CIÊNCIA COGNITIVA

Em [14] pode-se observar o histórico de consolidação de uma nova ciência denominada "Ciências Cognitivsa", onde as principais contribuições vieram de diversos campos do conhecimento e apresentam-se extremamente interdisciplinares como: psicologia, filosofia, neurologia, matemática, computação e engenharia.

A partir de então, uma vez vislumbrada a possibilidade de explicar o comportamento da mente a partir de um modelo computacional e do paradigma do processamento de informações, as concepções predominantes em meados do Século XX sobre o comportamento humano, foram

substancialmente revistas e aprimoradas. Todavia a recíproca (contribuição da ciência cognitiva no ensino de engenharia) não é por completo verdadeira. Este trabalho propõe, então, a utilização de duas teorias, os modelos mentais e os estilos de aprendizagem, como passíveis de serem aplicadas na construção de objetos de aprendizagem.

Modelos Mentais

Um dos poucos consensos entre os cognitivistas postula que as pessoas não captam o mundo externo diretamente, na verdade, constroem representações mentais dele [14]. Como há na psicologia cognitiva diversas divergências em relação ao tipo de processamento destas representações (analógicas ou proposicionais), sugere-se aqui a utilização da teoria dos Modelos Mentais [15]-[16]. Esta teoria da aprendizagem abstém-se a esta polêmica e define uma terceira forma de construto representacional, que nas ciências cognitivas caracteriza as formas pelas quais as pessoas compreendem e interagem com dispositivos e sistemas físicos. De forma simplificada, assim como para a percepção generalizada de eventos externos, para a produção do aprendizado ocorre também a criação de um modelo mental que precede o registro de novas informações [2]. Tais modelos, quando investigados, podem representar o nível de conhecimento e habilidade para realizar inferências que um aluno apresenta sobre determinado conteúdo [17]-[18]. Desta forma, podem-se criar interfaces similares à apresentada na Figura 5, cujos níveis hierárquicos possuam correspondência com os níveis de evolução cognitiva em que cada aprendiz se encontra.

Estilos de Aprendizagem

Mesmo ao se considerar distintos níveis de evolução (hierárquicos), admite-se que cada indivíduo possui um ritmo e forma característica de aprender [19]. Esta distinção pode ser representada pela teoria dos estilos de aprendizagem.

Para [20], estilo de aprendizagem é o modo distintivo e habitual pelo qual o aprendiz adquire conhecimento. Desta forma os estilos se expressam consistentemente em diferentes domínios de conteúdo e podem ser observados em termos de comportamentos típicos e tendências, demonstrando o modo pelo qual uma pessoa apresenta maior facilidade para aprender. Os estilos de aprendizagem podem apontar, por exemplo, que alguns estudantes apresentam facilidade de compreensão a partir de demonstrações matemáticas, enquanto outros necessitam de visualizações gráficas para apreender informações tácitas.

Existem diversos estudos relacionados a modelos de estilos de aprendizagem ou tipos de personalidade, entretanto, este trabalho sugere a utilização do modelo de Felder e Silverman [21] originalmente proposto para adequar os procedimentos de ensino em engenharia e reduzir índices de dependência e evasão. Deste modo, além de respeitar diferentes níveis de evolução e complexidade na oferta dos conceitos pode-se, também, construir interfaces adaptadas às características individuais de processamento e habilidades para aprender.

CONCLUSÃO

Assim como sugerido em [13] para o desenvolvimento de EMS, esta proposta não visa solucionar todos os problemas referentes a metodologia construtiva de objetos educacionais. Trata-se apenas de uma tentativa inicial de mudança de paradigma no desenvolvimento destes recursos, os quais se apresentam como ferramentas indispensáveis para a motivação dos estudantes de engenharia no cenário atual.

Para tanto propõe-se a utilização de teorias mais objetivas, que possam embasar cientificamente os procedimentos de ensino na mesma medida em que se abstém às discussões filosóficas mais profundas encontradas nas diversas teorias de aprendizagem. Considerando este aspecto prático, predominante nos educadores em engenharia, espera-se que a presente proposta estimule novas iniciativas nesta área.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, IFMG, *Campus* Formiga pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

[1] MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. MCT. “Medidas para reduzir a evasão nos cursos de engenharia”, disponível em: <http://agenciact.mct.gov.br/index.php/content/view/149094.html>, acessado em: 30 set. 2009 .

[2] VIERA JUNIOR, Niltom; COLVARA, L. D. "A importância do professor conforme estilos de aprendizagem e modelos mentais", *Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia,* No. 34, 2006, pp. 1239-1250.

[3] VIERA JUNIOR, Niltom; COLVARA, L. D. “Tecnologia motivacional: aplicação de um software educacional para sistemas elétricos de potência”, in TOZZI, M.; OLIVEIRA, V.; GIORGETTI, M.; ROCHA, A. “Novos Paradigmas na Educação em Engenharia”, ABENGE, 2007, pp. 239-245.

[4] KURI, Nídia. “Tipos de personalidade e estilos de aprendizagem: proposições para o ensino de engenharia”, 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, São Carlos, 2004.

[5] LINSINGEN, I.; PEREIRA, L.; CABRAL, C.; BAZZO, W. (Org). “Formação do engenheiro: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica”, Ed. UFSF, 1999.

[6] BOARETTO JUNIOR, H. “Ensino apoiado por computador aplicado a ferramentas gráficas gerenciais”, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade de São Paulo, USP, 1996.

[7] NAKAO, O. “Aperfeiçoamento didático de um curso de mecânica das estruturas”, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, USP, 2000.

[8] FEDÁK, V.; BAUER, P. “E-learning in education of electrical drives and Power electronics: opportunities and challenges”, *International*

Conference on Electrical Drives and Power Electronics, Croacia, 2005.

[9] AZEVEDO, G.; SOUZA, C. FEIJÓ, B. "Enhancing the human-computer interface of power system applications", *IEEE Transactions on Power Systems,* Vol. 11, No 2, 1996, pp. 639-645.

[10] OVERBYE, T.; WEBER, J. "New methods for the visualization of electric power system information", *IEEE Symposium on Information Visualization,* Salt Lake City, 2000.

[11] OVERBYE, T.; WIEGMANN, D.; RICH, A.; SUN, Y. "Human factor aspects of power system voltage contour", *IEEE Transactions on Power System,* Vol. 18, 2003. pp. 76-82.

[12] WIEGMAN, D.; ESSENBERG, G.; OVERBYE, T.; SUN, Y. "Human factors aspectos or power system flow animation", *IEEE Transactions on Power System,* Vol. 20, 2005, pp. 1233-1240.

[13] HOFF, Thomas; HAUSER, Andreas. "Applying a cognitive engineering approach to interface design of energy management systems", *PsychNology Journal,* Vol. 6, No 3, 2008, pp. 321-345.

[14] GARDNER, H. "The mind's new science: a history of the cognitive revolution", Basic Books, 1985.

[15] JOHNSON-LAIRD, P. "Mental models", Harvard University Press, 1983.

[16] MOREIRA, Marco Antônio. "Teorias da aprendizagem", Ed. EPU, 1999.

[17] MOREIRA, Marco Antônio. "Modelos mentais", *Encontro sobre Teoria e Pesquisa em Ensino de Ciência,* No 1, 1997.

[18] BORGES, Antônio Tarciso. "Um estudo de modelos mentais", *Investigações em ensino de ciências,* Vol.2(3), 1997, pp. 207-226.

[19] SENRA, C.; LIMA, G.; DASILVA FWO, A. "A relação entre os estilos de aprendizagem de Richard Felder e os tipos psicológicos de Carl Jung", *Seminário Nacional de Educação Profissional e Tecnológica,* No 1, 2008.

[20] SADLER-SMITH, E. "The relationship between learning style and cognitive style", *Personality and individual differences,* Vol. 30, No 4, 2001, pp. 609-616.

[21] FELDER, R.; SILVERMAN, L. "Learning and teaching styles in engineering education", *Journal of Engineering Education,* Vol. 7, No 78, 1998, pp. 674-681.