
Identificando Incoerências no Processo de Autoria de Exercícios de Comunicação Estrutural

Douglas Galante¹, Robinson Vida Noronha^{1,2}, Clovis Torres Fernandes¹

¹Instituto de Eletrônica e Computação – Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
Praça Mal. Eduardo Gomes, 50 – CEP 12228-900 – São José dos Campos – SP – Brasil

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Av. Sete de Setembro, 3165 – CEP 80230-010 – Curitiba – PR – Brasil

{dgalante,clovis}@ita.br, rvida@cefetpr.br

Abstract. *Structural Communication is a pedagogical technique intended to help in the evaluation and development of sophisticated cognitive structures, intellectual skills and critical thinking for students. This paper describes a way to automatic identify incoherencies along the authoring process of Structural Communication exercises. Thus, through the use of Extended Concept Maps and Graphs, some relevant concepts and elements are presented to support and provide the computational solution for these incoherencies problems.*

Keywords: *Structural Communication, Concept Maps, Graphs.*

Resumo. *A Comunicação Estrutural é uma técnica pedagógica cujo objetivo é ajudar na avaliação e no exercício de sofisticadas habilidades intelectuais de pensamento crítico e complexas estruturas conceituais dos aprendizes. Este artigo aborda uma maneira de identificar, de forma automatizada, incoerências no decorrer do processo de autoria de exercícios em Comunicação Estrutural. Assim, por meio do uso de Mapas Conceituais Estendidos e de Grafos, são apresentados conceitos e elementos relevantes que suportam e propiciam uma solução computacional para o problema destas incoerências.*

Palavras-chave: *Comunicação Estrutural, Mapas Conceituais, Grafos.*

1. Introdução

A Comunicação Estrutural – CE [Egan 1976] é uma técnica pedagógica que simula o diálogo entre o autor da instrução e o aprendiz durante a execução de uma atividade instrucional formatada com a CE. A CE pode ser estruturada em seis seções, a saber:

1. Intenção - Seção para definição do que deverá ser aprendido e em que intensidade. Fornece uma visão geral dos objetivos e o contexto para o conteúdo da unidade de estudo;

-
2. Apresentação – Seção que fornece informações descritivas do assunto, exercícios e estudos de casos. Pode ser composto de materiais de texto, vídeos, simulações, cursos hiperlinks, sistemas hiperlinks adaptativos, sistemas de tutoria inteligente, jogos eletrônicos, visitas a sites entre outras formas;
 3. Investigação – Seção que apresenta de forma seqüencial um conjunto de 3 ou 4 desafios inter-relacionados. Esses desafios são geralmente questões sobre o assunto da Apresentação. O aprendiz responde ao desafio selecionando os elementos da Matriz Resposta, apresentada a seguir;
 4. Matriz Resposta (MR) – Seção formada por uma matriz de elementos aleatoriamente distribuídos, geralmente entre 20 e 40, do domínio sob estudo. Os elementos podem ser frases que resumem uma idéia, palavras-chaves, conceitos, princípios contidos na Apresentação, etc. O aprendiz constrói a solução selecionando os elementos que considerada como parte da resposta à questão proposta;
 5. Discussão – Esta seção é composta por duas partes: um conjunto de regras (inclusão ou omissão de determinado elemento da MR) e os comentários elaborados pelo autor associados a cada uma das regras. Os comentários devem ser lidos pelo aprendiz, possuem propósitos construtivos e discutem em profundidade o raciocínio utilizado pelo aprendiz quando inclui ou não itens da matriz em sua resposta. Raramente se classifica uma resposta como incorreta e nunca se fornece uma resposta correta, de preferência encoraja-se o aprendiz a pensar novamente ou mais profundamente nos assuntos abordados;
 6. Pontos de Vista do Autor – Esta última seção possibilita alguns destaques extras do autor, outras interpretações, pontos de vista e a revisão de alguns aspectos apresentados na primeira seção. Encerra a interação do diálogo simulado entre aprendiz e autor.

A autoria de atividades instrucionais CE envolve a elaboração do conteúdo dessas diversas seções. Tipicamente, o domínio do conteúdo a ser utilizado na atividade instrucional é pouco estruturado. História, Interpretação de Textos e Dilemas são exemplos desse tipo de domínio.

O processo de autoria em exercícios de CE pode gerar algumas inconsistências entre o conteúdo apresentado em suas seções. Como exemplo desse tipo de inconsistência, pode-se citar o trabalho de [Fyfe e Woodrow, 1969]. No exercício número 1 desse trabalho, a Matriz Resposta apresenta o conceito “De Morgan’s laws” na primeira posição da matriz. Esse conceito não é encontrado na seção Apresentação do exercício. Seria esse conceito um pré-requisito necessário ao aluno? Se sim, essa informação deveria estar contida na seção Intenção da CE, o que não ocorreu.

Denomina-se, então, por Incoerência Conceitual ou **IC-CE** quando o autor apresenta conceitos na Matriz Resposta que não estão contidos na seção Apresentação ou Intenção da atividade instrucional.

Outra incoerência identificada nos exercícios contidos na literatura [Egan 1976] [Fyfe e Woodrow 1969] refere-se às regras da seção Discussão. Pode-se constatar que nem todas as soluções que um aprendiz apresente encontrarão uma regra que leve a um comentário correspondente. Denomina-se, então, neste trabalho de Lacunas nas Regras

ou **LR-CEs** quando o aprendiz fornece uma solução e não existe regra alguma na Guia de Discussão que possa identificar alguma mensagem a ser apresentada.

O conjunto de inconsistências IC-CEs e lacunas LR-CEs são denominadas, neste trabalho, de Incoerências do Processo de Autoria de exercícios de CE. Esse trabalho investiga como identificar, de forma automatizada, IC-CE e LR-CE em uma atividade instrucional com a CE.

Em resumo, este trabalho aborda as seguintes questões do problema:

I. Como identificar algumas inconsistências entre as seções Matriz Resposta, Discussão e Apresentação de um exercício de Comunicação Estrutural, a fim de detectar quais conceitos estão envolvidos ou não nessas seções.

II. Como identificar possíveis soluções de exercício que não possuem comentários associados e, portanto não estão previstos nas Regras da Guia de Discussão a fim de detectar as lacunas de regras LC-CEs.

Essas duas questões foram obtidas, se respondidas, deverão reduzir os seguintes efeitos adversos que podem ser observados no exercício analisado de Fyfe e Woodrow:

Inc-1) Elemento da MR que é um pré-requisito ao aprendiz não está contido na Apresentação, ou seja, conceitos adequados ao domínio do aprendiz devem ser abordados durante a apresentação.

Inc-2) Na Apresentação, proposições que se negam ou que são iguais mutuamente podem gerar inconsistências, dependendo do contexto.

Inc-3) Duplicidade de elementos da Matriz Resposta ($m_{i,j} = m_{k,l}$).

Inc-4) A existência de duplicidade de regras no Guia de Discussão, ou seja, regras iguais que levam a comentários diferentes;

Inc-5) A possibilidade de o aprendiz selecionar um conjunto de elementos que não está previsto nas regras do Guia de Discussão e, portanto, não possui comentário associado.

Este artigo é organizado da seguinte maneira: A seção 2 define alguns critérios a serem considerados durante a autoria de um exercício de CE, a seção 3 apresenta o uso de Mapas Conceituais como mecanismo de auxílio à autoria, a seção 4 explora o relacionamento entre Grafos e Mapas Conceituais no contexto de CE, a seção 5 apresenta a solução deste trabalho, mostrando como as incoerências são identificadas com o uso de Grafos e a seção 6 expõe as conclusões finais.

2. Critérios Adotados

Na seção de Investigação da CE, o autor deve elaborar 3 ou 4 desafios para que o aprendiz selecione os itens na Matriz Resposta de forma a atingir o Objetivo Instrucional proposto pelo curso. Os conceitos a serem abordados pelos desafios seguem algumas normas definidas neste trabalho de pesquisa, a saber:

- 1) Devem estar presentes na Apresentação ou Intenção;
- 2) Deve haver, no mínimo, um conceito comum entre dois desafios, ou seja:

$D_m \cap D_n = \{C\}$, onde D_m e D_n são desafios diferentes e C qualquer conjunto de conceitos apresentados;

- 3) Os desafios, juntos, devem abranger no máximo todos os conceitos apresentados na seção Intenção, Apresentação e Matriz Resposta, ou seja: $D_1 \cup D_2 \cup \dots \cup D_n = \{C_1, C_2, \dots, C_m\}$, onde n e m são o número total de desafios e a quantidade de conceitos tidos como pré-requisitos ao domínio, respectivamente.

O aprendiz então é levado a selecionar os itens da Matriz Resposta que melhor se enquadram ao questionamento do desafio. Os elementos da Matriz formam um vocabulário comum entre o aprendiz e o tutor. Com esse vocabulário, o aprendiz compõe soluções para o desafio.

Baseado na possível solução a ser apresentada pelo aprendiz, a seção de Discussão objetiva simular o diálogo do autor e o aprendiz baseado na linha de raciocínio que o levou a selecionar aqueles elementos especificamente.

O Guia de Discussão, proposto e representado na forma da Tabela 1, auxilia o autor na elaboração das regras em relação a cada alvo de discussão. A discussão é orientada a sanar ou reduzir os conceitos errôneos ou inadequados e os conceitos faltantes.

O princípio fundamental do conjunto de regras é a completeza. Sempre deverá existir uma alternativa que possa cobrir as possibilidades de resposta do aprendiz. No entanto, trata-se de uma tarefa difícil produzir Guias de Discussão dentro deste princípio e eliminar, assim, as LC-CEs.

A CE permite especificar que os relacionamentos entre conceitos podem ser classificados quanto a gênero de agrupamento como sendo do tipo “e” ou “ou”. A funcionalidade do conceito pode assumir o valor “inclusão” ou “omissão”. Quando um autor de um exercício define um relacionamento entre dois conceitos, por exemplo, C_1 e C_2 , ele necessita informar qual o tipo de relacionamento (“e” ou “ou”) e qual a funcionalidade do conceito “inclusão” ou “omissão”. Observando a Tabela 1 para a elaboração das regras, $m_{i,j}$ representa o elemento na linha i e coluna j da Matriz Resposta, I e O significam a inclusão e omissão na seleção do aprendiz e os operadores lógicos são representados por || (OU) e && (E).

Tabela 1: Guia de Discussão

#regra	DESAFIO	ALVO	REGRA	COMENTÁRIO
1	I	conceito errôneo	I: $m_{2,1} m_{2,3}$	A
2	I	conceitos faltante	O: $m_{1,1} m_{1,2} m_{2,4}$	B
3	I	conceito adequado	I: $m_{1,1} \&\& m_{1,2} \&\& m_{2,4}$	C
4	I	conceito errôneo	I: $m_{1,3} m_{1,4} m_{2,2}$	D
(n-2)	II	conceito errôneo	I: $m_{3,2}$	E
(n-1)	II	conceitos faltante	...	F
(n)	II	conceito adequado	...	G

Ainda na mesma tabela, por exemplo, a regra 1 refere-se ao Desafio I e relaciona-se a um conceito faltante do aprendiz, onde a inclusão (I) dos elementos $m_{2,1}$ OU (||) $m_{2,3}$ da Matriz Resposta leva ao Comentário A.

Dessa maneira, o autor detém a liberdade de elaborar quantos comentários achar necessário para inferir sobre o raciocínio do aprendiz sobre o problema. Ou seja, caso necessite explicitar dois comentários diferentes, ora para a omissão de $m_{2,1}$ ora para omissão de $m_{2,3}$, nada o impede de fazê-lo.

3. Mapas Conceituais na Autoria de Comunicação Estrutural

O mapa conceitual, segundo [Novak 2003], é uma ferramenta que pode ser utilizada para organizar e representar conhecimento e é recomendada por [Egan 1976] como mecanismo de auxílio ao autor de uma atividade instrucional com a CE.

Os conceitos são visualizados dentro de caixas, ou nós do grafo, enquanto que as relações entre os conceitos são especificadas através de frases de ligação nos arcos que unem os conceitos. A proposição é uma característica particular dos mapas conceituais se comparados a outros grafos similares como os mapas mentais, e é formada quando dois ou mais conceitos são conectados por frases de ligação que formam uma unidade semântica.

De acordo com [Novak 1984] o eixo vertical expressa um modelo hierárquico para os conceitos onde os mais gerais ou inclusivos aparecem na parte superior e os mais específicos nas partes inferiores.

[Egan 1976] ressalta, e este trabalho utiliza, o MC como uma ferramenta pedagógica que pode ser empregado em conjunto com a autoria de CE, visando auxiliar o autor como uma ferramenta facilitadora na organização e representação do conhecimento. Com base nas idéias de [Noronha e Fernandes 2005] e [Noronha 2005], esse trabalho considera que o conjunto dos elementos ou conceitos contidos na Matriz Resposta é um subconjunto da seção Apresentação e Intenção acrescidos de um conjunto de conceitos errôneos ou inadequados ao domínio da instrução.

Dado a seção de Apresentação, por exemplo, o autor pode construir, ou utilizar-se de ferramentas capazes de extrair do texto, o Mapa Conceitual do conteúdo a ser apresentado para um determinado Objetivo Instrucional. Na Figura 1, o contexto de Movimento na Física é, de maneira sucinta, transcrito na forma de MC.

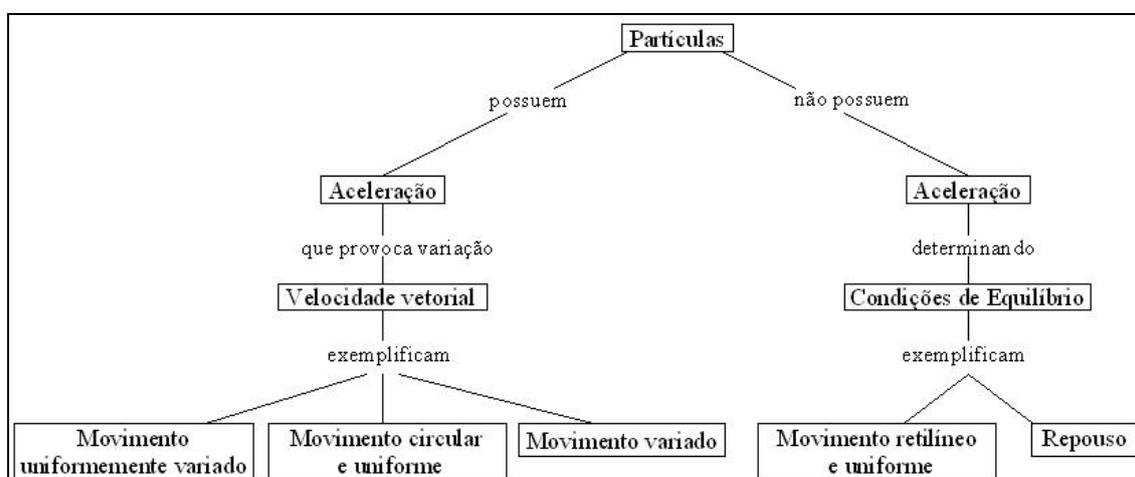


Figura 1: Exemplo de Mapa Conceitual envolvendo alguns conceitos de Movimento no domínio de Física

Nesse contexto, a Matriz Resposta da CE pode ser montada, em parte, a partir dos conceitos e relações contidos no Mapa Conceitual da Apresentação (MC-A), de forma que um determinado elemento da Matriz Resposta seja uma proposição ou um conceito desse MC-A. No entanto, o emprego do Mapa Conceitual convencional não é capaz de armazenar as concepções errôneas necessárias para extrair as possíveis linhas de raciocínio do aprendiz para um dado desafio.

Determinar essas possíveis direções do raciocínio do aprendiz é uma tarefa não trivial, e a sua obtenção pode ser auxiliada por especialistas do domínio, pela experiência do autor, por experimentos e catálogos de erros, por pedagogos e psicólogos, dentre outras formas.

Dessa forma, faz-se necessário o uso de um Mapa Conceitual Estendido, proposto e denominado aqui de MCx, capaz de abordar os conceitos errôneos. Em outras palavras, os conceitos errôneos ou que não correspondem adequadamente ao domínio em questão. Um exemplo para inserção de um relacionamento errôneo para o Mapa da Figura 1 seria a inserção da proposição “Velocidade Vetorial – exemplificam – Movimento Retilíneo e Uniforme”. Esse relacionamento é ilustrado pela linha tracejada na Figura 2.

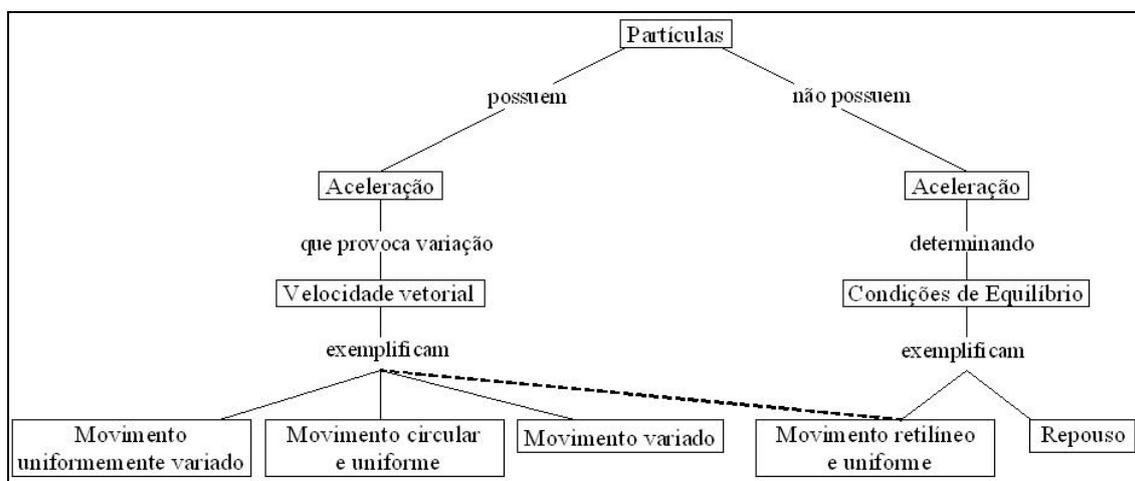


Figura 2: Mapa Conceitual Estendido (MCx) da Figura 1.

4. Uma Aproximação a Teoria de Grafos

Tipicamente, um grafo é representado como um conjunto de pontos, chamados de vértices, que são ligados por retas, chamadas de arestas. Neste contexto, os nós do grafo representam conceitos que necessitam ser associados, através das arestas. As arestas definem relacionamentos entre os conceitos. Neste trabalho considera-se que um mapa conceitual pode ser representado como um grafo.

Os grafos são muito úteis na representação de problemas da vida real, em vários campos profissionais. Por exemplo, pode-se representar um mapa de estradas através dos grafos e usar algoritmos específicos para determinar o caminho mais curto entre

dois pontos, ou o caminho mais econômico. Assim, os grafos podem possuir também pesos, ou custos, quer nas arestas quer nos vértices, e o custo total em estudo será calculado a partir desses pesos [Berge 1982].

No trabalho de [Amorim 2003] evidencia-se a extração de Grafos a partir de Mapas Conceituais, desde que este seja organizado de maneira que os conceitos representem os nós e os relacionamentos as arestas. Cada nó do grafo representa um conceito do mapa conceitual. Os arcos do grafo representam as relações entre esses conceitos [TURNS et al., 2000].

No sistema proposto por [SOWA 2004], os Mapas Conceituais podem ser transformados em Grafos, onde é possível a representação de significado em um formato logicamente preciso, humanamente legível e computacionalmente interpretável.

5. A Solução e o Uso de Grafos

O Mapa Conceitual Estendido da Apresentação (MCx-A) será considerado como o mapa conceitual convencional da Apresentação acrescido da possibilidade do autor inserir conceitos errôneos, que não correspondem com a corretude do domínio.

O MCx-A deve prover a organização dos conceitos e relacionamentos de forma que se possa extraí-lo ou transformá-lo no Grafo da Apresentação (Graph-A). Da mesma maneira, MCx-MR é o mapa conceitual estendido para a Matriz Resposta e Graph-MR o seu grafo correspondente.

A detecção de algumas incoerências enumeradas como Inc-1 e Inc-2, na Introdução, pode se dar por meio do uso de algoritmos comparativos de grafos ou de subgrafos. Para a incoerência Inc-1, por exemplo, o elemento $m_{i,j}$ é considerado como um subgrafo de MCx-MR e deve estar contido em Graph-A. A representação formal para este caso pode ser descrita como:

$$(\text{subGraph-MR})_{i,j}^+ \supset \text{Graph-A}$$

O operador (+) identifica o subgrafo como sendo um conceito adequado ao Objetivo Instrucional proposto. Da mesma forma que (-) é usado para identificar os conceitos errôneos e (--) os conceitos faltantes.

Assim $(\text{subGraph-MR})_{6,7} \supset \text{Graph-A}$ lê-se: “O subgrafo da Matriz Resposta representado pela proposição do elemento da linha 6 e coluna 7 é um conceito errôneo e está contido no Grafo da Apresentação”.

As incoerências Inc-3 e Inc-4 são respectivamente detectadas por meio de uma comparação lógica adequada entre elementos da Matriz Resposta e de outra comparação entre as regras do Guia de Discussão.

A Inc-5 corresponde as LC-CEs previamente mencionadas neste trabalho e é formalizada como sendo: Dado um conjunto de regras R, quantas e quais possíveis soluções do aprendiz não encontrariam regra que casasse com essa solução e qual o menor conjunto de regras que poderia tratar as LR-CE?

Do ponto de vista computacional, uma solução trivial seria a existência de duas regras complementares entre si, como por exemplo: R1: I(3) e R2: O(3). As regras R1 e

R2 resolvem o tipo e inconsistência LR-CE, mas essa solução talvez não encontrasse apoio do autor de uma CE.

Uma solução mais elaborada é através do uso de algoritmos de Inteligência Artificial, capaz de identificar a existência de possíveis soluções do aprendiz e fornecer indicativos ao autor da existência dessas LR-CE.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou uma abordagem, por meio de Mapas Conceituais e Grafos, capaz de auxiliar os autores na identificação de incoerências no processo de criação de exercícios de Comunicação Estrutural. Neste contexto, existe a necessidade do uso de um Mapa Conceitual Estendido, proposto aqui, e sua transformação em Grafo. Além disso, as incoerências evidenciadas levantam a necessidade de se prover um meio automatizado de verificação. Como trabalho futuro este artigo propõe ainda, a necessidade de definir e desenvolver um módulo para uma ferramenta de autoria de Comunicação Estrutural capaz de detectar Lacunas de Regras no Guia de Discussão de forma inteligente, visando guiar o autor durante a elaboração das regras da Seção de Investigação.

7. Referências

- Egan , Kieran. (1976) “Structural Communication”. Fearon Publishers, Inc.
- Berge, Claude (1982) “The Theory of Graphs and its Applications”. Greenwood Press – UK.
- Joni A. Amorim, Carlos Machado, Mauro S. Miskulin e Rosana G. S. Miskulin (2003), “COMA: conceitos, mapas e autoria de material instrucional em hipertexto”. Disponível on line em www.abed.org.br. Acessado em 25/07/2006
- Noronha, R. V. and Fernandes, C. T. (2005) “Identifying Phrases in Instructional Text Documents Using Instructional Objective and Goals”. XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE 2005, Juiz de Fora, MG.
- Noronha, R. V. (2005) “Authoring Ideas for Developing Structural Communication Exercises. YRT Paper”. Proceedings of 12th International Conference on Artificial Intelligence in Education - AIED 2005, Amsterdam, Netherlands.
- Novak, J. D. and GOWIN, D. B. (1984) Learning How to Learn. New York, Cambridge University Press.
- Novak, J. D. (2003) The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. Revisado em 2006 e disponível on line em <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>. Acessado em 25/06/2006.
- R. M. Fyfe, D. Woodrow (1969) in association with the Centre for Structural Communication. “Basic ideas of abstract mathematics”, University of London Press.
- Romiszowski, A., J., "Comunicação Estrutural: Uma Introdução – Material de Consulta baseado nos textos de. Bennett, J.G, Hodgson, A.M. e Eagan, K. ". Brazilian Review of Open and Distance Learning, 2003. Available online: www.abed.org.br .

SOWA (2004), John F. Conceptual Graphs. Disponível em <http://www.jfsowa.com/cg/>.
Acesso em: 08 de agosto. de 2006.

Turns, J., & Atman, C. J., & Adams, R. (2000). Concept Maps for Engineering Education: A Cognitively Motivated Tool Supporting Varied Assessment Functions. IEEE Transactions on Education, <http://www.ewh.ieee.org/soc/es/>, Vol. 43, N° 2, May 2000.