



ENGENHARIA PEDAGÓGICA: A CONVERGÊNCIA TECNOLÓGICA DA ENGENHARIA COM A PEDAGOGIA

Nelci Barros, Dr. Eng.- nelci@newsite.com.br

Universidade Federal de Santa Catarina. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Centro Tecnológico CX. Postal 476 CEP.: 88040900 Florianópolis Santa Catarina

Neri dos Santos, Dr. Ing.- neri@eps.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Centro Tecnológico CX. Postal 476 CEP.: 88040900 Florianópolis Santa Catarina

RESUMO: *O artigo trata a questão da aprendizagem a partir de um enfoque sistêmico, noção que permite integrar a grande variedade de modelos pedagógicos e dispositivos tecnológicos mediáticos para criar um espaço dinâmico de aprendizagem. O conceito de sistemas de aprendizagem permite desenvolver unidades de projeto para resolver problemas isolados cuja integração ao sistema total ocorre a partir da aplicação dos diversos modelos cognitivos propostos por pensadores das mais diversas correntes da educação. Seguindo esse escopo, são examinadas as pesquisas realizadas nos anos 70 onde floresceram os trabalhos de pesquisadores com uma abordagem cibernética (Landa, 1976), o enunciado do conjunto de requisitos de aprendizagem (Gagné, 1970), a definição de estratégias pedagógicas fundamentadas sobre as teorias de aprendizagem estruturalistas (Scandura, 1973), a elaboração de uma teoria cognitivista de aprendizagem (Colins e Stevens, 1983), a elaboração de uma teoria para análises dos componentes das estratégias pedagógicas (Merrill, 1983) e a análise de tarefas e projetos (Reigeluth e Rodgers, 1980). Estes fundamentos se apresentam hoje como uma contribuição convergente com a cognição situada (Hutkins, 1980) para a elaboração do projeto técnico-pedagógico, suportado por modelos, métodos, técnicas e meios que favorecem a aprendizagem segundo uma abordagem sistêmica. Dentro desse escopo é introduzido o conceito de engenharia pedagógica.*

Palavras-chave: *Engenharia pedagógica, engenharia cognitiva, abordagem sistêmica.*

1. INTRODUÇÃO

Estamos vendo acontecer um crescente movimento de convergência tecnológica entre mundos tradicionalmente separados, como as aplicações informáticas, o equipamento de escritório, a imprensa, os jogos de vídeo, o cinema, a televisão e as telecomunicações. Atualmente, a revolução tecnológica, além de permitir o desenvolvimento de todos estes setores, dá origem a um novo mercado, resultante da sobreposição dos anteriores, com possibilidades de negócio incalculáveis. Desde o final dos anos 80 que as indústrias, futurólogos e serviços associados às tecnologias de informação e comunicação chamam a atenção para as mudanças que estão ou estarão para ocorrer nas diversas esferas da sociedade por via de uma crescente convergência tecnológica e de questões relativas aos ativos intangíveis na economia. Entretanto, há outra convergência que necessita de cuidados. A separação do conhecimento em categorias vale ser repensada a luz das questões da convergência. Assim, atividades que hoje recebem tratamento e aplicações separadas quando vistas como convergentes ganham maiores possibilidades no campo prático. A economia do conhecimento se caracteriza pela convergência de novos setores econômicos como informática, comunicação e fornecedores de conteúdo, marcados pela presença de produtos cujo ciclo de vida é de curta duração. Por outro lado, às redes informatizadas foram acompanhadas de transformações conceituais gerando novas necessidades que se traduzem na transformação de informações que antes repousavam estáticas em bancos de dados em atividades que sejam geradoras de novos conhecimentos. Neste sentido, examinaremos as possibilidades da convergência entre a engenharia de sistemas e as teorias de aprendizagem.

Do lado do conceito de sistemas podemos reconhecer dois métodos distintos para construir a teoria de sistemas. O primeiro método, adotado pelo grupo de *Bertalanfy*, o método empírico-intuitivo que examina os vários tipos de sistemas existentes (físicos, biológicos, etc...) e daí inferem princípios gerais para sistemas. O segundo método, escolhido pelos seguidores de *Ashby*, é dedutivo e parte de um certo número de postulados, deduzindo daí características gerais de sistemas. Se o primeiro perde em formalismo matemático para o segundo, este enfrenta a dificuldade de escolher os postulados adequados. Todavia, ambos os métodos se completam. Por outro lado, o mesmo ocorre com os estudos de aprendizagem, como o *behaviorismo*, o *cognitivismo* e a *cognição situada*, que se apresentam, em geral, como teorias descritivas e podem contribuir com aspectos prescritivos. Ao trabalhar com esses métodos, do ponto de vista da complementaridade e convergência dos meios tecnológicos que atuam como formas mediáticas no processo de aprendizagem, é possível simplificar e reduzir etapas de aprendizagem. Iniciaremos pelo exame da convergência e complementaridade de sistemas e métodos centrados no conceito de engenharia. Corroborando *LINDSAY* e *NORMAN* (1986), definem engenharia como a prática da aplicação segura e econômica das leis científicas que governam as forças e materiais da natureza, por meio da organização, *design* e construção, para o benefício da humanidade. Dentro desse escopo, estudaremos o projeto pedagógico a partir das seguintes engenharias: (I) Engenharia cognitiva, (II) Engenharia de sistemas de informação e (III) Engenharia Pedagógica. Trata-se de agrupar um conjunto de conceitos de vários ramos do conhecimento de modo a obter por meio de uma abordagem sistêmica as bases do planejamento e execução de projetos de aprendizagem.

2. Bases teórico-metodológicas da engenharia pedagógica

O conceito de Engenharia Pedagógica pode ser compreendido como um processo de análise, concepção, realização e planejamento da difusão de sistemas de aprendizagem, integrando os conceitos e métodos de um projeto pedagógico, suportado pelas engenharias de sistemas de informação e engenharia cognitiva.

Assim, a partir dessa elucidação é possível situar o projeto pedagógico, como um processo que tem por finalidade desenvolver os sistemas de aprendizagem. A engenharia pedagógica é processo complexo de resolução de problemas baseada nas ciências cognitivas (Newell e Simon, 1972) e nas ciências da educação (Romiszowski, 1981; Reigeluth, 1980; Tennyson, 1990; Merrill, 1983).

2.1 Antecedentes do projeto pedagógico

O projeto pedagógico tem suas raízes mais profundas em *John Dewey* não podendo ser esquecida a preocupação de Rousseau e Pestalozzi, Decroly, com seus centros de interesses. Assim como, *Maria Montessori*, *Celestin Freinet*, *Anton Makarenko* e, no Brasil, *Anísio Teixeira*, destaques entre os grandes pioneiros desta vertente do pensamento pedagógico. O termo projeto, que vem do latim *projectu*, participio passado do verbo *projecere*, que significa lançar para diante é aqui utilizado como atividade natural e intencional que o facilitador de aprendizagem usa para procurar solucionar problemas, organizar atividades e construir conhecimentos.

Os pensadores da educação buscaram a valorização das necessidades e interesses dos educandos como norteadores do processo educativo. Pressupondo que a prática pedagógica seja pensada, planejada e executada com vistas à formação integral do educando. Dentre estes, *Dewey* centralizou a sua atenção diretamente na *pedagogia* das escolas. No entanto, é muito importante salientar também que *Dewey* discordou abertamente dos defensores mais extremistas da visão progressista centrada na criança. Mostrou que o papel crucial deveria ser desempenhado pelos[as] professores[as], ajudando a associar os interesses dos alunos de modo a assegurar o desenvolvimento intelectual com as experiências educativas. Para destacar este ponto ele definiu a educação como “*a reconstrução ou reorganização das experiências que somam ao significado de experiência, e que aumenta a capacidade de conduzir o curso de experiências subseqüentes* (DEWEY, 1900)”.

Outros pensadores, como *Allen Newell*, juntamente com *Herbert Simon*, criaram em 1956 o primeiro programa de I.A. (*logic theoristic*). Este era capaz de demonstrar teoremas não triviais da lógica matemática, baseando-se na utilização de sistemas simbólicos e na introdução de heurísticas.

Nesse cenário, *Romiszowski*, apresenta as atuais controvérsias como discussões que não trazem quase nada de novo. A falta de definição e ausência de padronização na utilização de muitos desses termos, impede-nos de ver se existem importantes mudanças nas premissas básicas das teorias de aprendizagem. Para o autor, clarificar as posições exige uma análise das origens e principais características das principais correntes teóricas de aprendizagem: (I) A posição behaviorista exemplificada por Skinner: a aprendizagem corresponde a uma mudança de comportamento observável no comportamento. A estrutura interna é irrelevante na atividade de aprendizagem. O processo baseia-se no princípio de reforço, cujas origens podem remeter para a lei do efeito de *Thorndike*. (II) O instrutor ou treinador proporciona os estímulos; observa a resposta do aprendente; reforça respostas desejáveis e nega o reforço a

respostas não desejáveis. (III) Aprendizagens complexas fazem-se por reforço a aproximações sucessivas. O principal papel do instrutor é manipular e controlar o ambiente do aprendente com vista a controlar e moldar o comportamento do aprendente. Esta teorização deu origem ao Ensino Programado e a modelos de ensino que se revelaram úteis no treino para o desempenho de tarefas específicas, principalmente no campo industrial em que é possível a definição de objetivos específicos e passíveis de serem observáveis em termos de comportamento. Revelou-se inoperante em termos das disciplinas mais académicas ou em que se exigia um conjunto de aprendizagens complexo. (IV) a posição Neo-behaviorista exemplificada por *Gagné* distingue-se dos comportamentalistas em sentido estrito em dois pontos: a) admite uma larga variedade de diferentes tipos de aprendizagem. Cada tipo está associado a estratégias de ensino características. b) admite algum interesse ao funcionamento mental que determina a aprendizagem.

Nesse cenário se distinguem oito categorias de aprendizagem: 1) aprendizagem por sinal - semelhante ao que acontece com o condicionamento *Pavloviano*; 2) aprendizagem estímulo/resposta; 3) encadeamento; 4) associação verbal; 5) aprendizagem discriminativa; 6) aprendizagem conceptual; 7) aprendizagem de regras e princípios; 8) capacidades de resolução de problemas. Para aprendizagens de elevado nível intelectual, *Gagné* apresenta duas estratégias alternativas: a exposição e a descoberta guiada. Outra abordagem é a cognitivo-desenvolvimentalista exemplificada por Piaget e Brunner. Este último autor é o proponente da abordagem por descoberta na educação matemática. A aprendizagem por descoberta na perspectiva de Brunner, caracteriza-se por três estádios: inativo, icônico e simbólico. Esta abordagem tem as suas bases na teoria de desenvolvimento de Piaget. Para Brunner, opondo-se fortemente a Skinner e *Gagné*, os processos mentais internos assumem a maior importância, enquanto os comportamentos observáveis ou produtos são colocados em segundo plano.

Nos anos de 1970 e 1980 florescem o trabalho de pesquisadores que visam teorias de aprendizagem. Abordagem cibernética (*Landa*, 1976) o enunciado do conjunto de requisitos de aprendizagem (*Gagné*, 1970) a definição de estratégias pedagógicas fundamentadas sobre as teorias de aprendizagem estruturalistas (*Scandura*, 1973), a elaboração de uma teoria cognitivista de aprendizagem (*Colins e Stevens*, 1983) a elaboração de uma teoria para análises dos componentes das estratégias pedagógicas (*Merrill*, 1983) os trabalhos para análise de tarefas e projetos (*Reigeluth* 1980 e *Paquete*, 2002).

Estes fundamentos se apresentam hoje como contribuição conjunta para a elaboração do projeto pedagógico suportado por modelos, métodos, técnicas e meios que favorecem a aprendizagem. O resultado prático do projeto pedagógico é um conjunto de atividades planejadas para a consecução de um só objetivo: a aprendizagem.

3. A Engenharia Pedagógica

A **Engenharia Pedagógica**, como a engenharia de modo geral, busca aplicar o conhecimento científico disponível para satisfazer as necessidades humanas, criando ou transformando sistemas já existentes com vistas à aprendizagem. O termo engenharia é usado aqui em seu sentido amplo de criar, projetar, avaliar e refletir de modo permanente sobre o espaço de aprendizagem por ventura criado. Assim, o método de construção e tratamento do conhecimento é denominado **Engenharia do Conhecimento**.

Quanto a **Engenharia Cognitiva** centraliza-se na idéia de que a “Interação Humano-Computador” (*HCI — Human Computer Interaction*) é completamente governada pela interpretação e avaliação de atividades, executadas por usuários que possuem o desafio de

traduzir metas em eventos de entrada e de julgar as reações do sistema a partir de eventos de saída. A proposição da Engenharia Cognitiva estabelece a base para o que se denominou de Engenharia Semiótica (SOUZA, 1993), cuja espinha dorsal é Teoria da Produção de Signos de Umberto Eco (ECO, 1976) e introdução de Ferramentas de Engenharia para Abordagem na Resolução de Problemas Ergonômicos em sistemas complexos (Barros e Fiod, 2002).

A **Engenharia de Sistemas de Informação** tem como domínio os sistemas de informação e os sistemas multimídia, no quadro das problemáticas que ocorrem no seio das Organizações (empresas, administração pública, instituições sem fins lucrativos, etc.) e no contexto das grandes transformações da Sociedade decorrentes das tecnologias da informação e das mídias. É bom lembrar que no mundo acadêmico a *Computer Science e a Computer Engineering* existem desde o início da era da informática, ou de forma autônoma ou em convergência com a Engenharia Eletrotécnica. A *Information Systems Engineering*, - que não deve ser confundida de todo com *Management Information Systems* ou Informática de Gestão desenvolvidos pelas escolas de negócios -, é mais recente e surgiu como resposta da área de engenharia aos desafios e oportunidades postos pelos sistemas de informação nas organizações, e conseqüentemente pela apropriação pela engenharia do objeto no contexto do qual se desenvolvem os Sistemas de Informação, isto é, as Organizações.

3.1 A abordagem da Engenharia Pedagógica

De modo geral as resoluções de problemas em ciências cognitivas com relação à aprendizagem convidam a caracterizar o processo de Engenharia Pedagógica nos seguintes termos:

- O sistema de aprendizagem a ser elaborado
- Identificação do problema de aprendizagem a ser resolvido
- As formas mediáticas que serão utilizadas que permitam resolver o problema inicial
- As operações ou processos que necessitam de apoio do facilitador
- Descrição dos requisitos do sistema de aprendizagem

Enquanto os ramos tradicionais das engenharias se preocupam em projetar sistemas específicos, por exemplo, elétricos, mecânicos, etc a engenharia pedagógica esta voltada para o projeto de aprendizagem de um ponto de vista sistêmico.

3.2 Grupo do projeto de aprendizagem - GPA

O GPA é responsável pelos primeiros passos na preparação do projeto. Especificamente, cuida da definição do problema de aprendizagem, seleção da solução ótima, integração das diferentes partes do sistema e a avaliação. O GPA é o grupo que tem visão global do projeto. Exemplificando temos: (a) Identificação do problema e determinação dos objetivos; (b) Estabelecimentos dos requisitos; (c) Preparação da árvore de especificações; (d) Preparação e utilização de ferramentas e procedimentos para chegar as especificações finais (folhas de alocação de requisitos e folhas de projeto); (e) Preparação das especificações finais. O GPA é também responsável pelo **COMO** na definição do problema, ou seja:

- Elaboração do diagrama de fluxo de trabalho;
- Descrição e integração das funções de projeto.

No caso de um projeto interdisciplinar, onde operam vários grupos, que tratam de vários subsistemas do sistema total, o GPA busca:

- a) canalizar as comunicações entre todos os grupos, que juntamente com ele abordam o problema;
- b) otimizar os trabalhos dos diversos grupos em termos do programa como um todo, devendo receber as especificações preliminares das várias alternativas dos diversos subsistemas e, como isso, determinar a configuração ótima do sistema;
- c) na seleção de uma alternativa, levar em consideração os requisitos estabelecidos para o sistema, o custo de todas as outras alternativas, as contingências que o sistema possa vir a enfrentar, a utilização do pessoal e dos equipamentos que fazem parte do sistema;
- d) convocar e conduzir reuniões entre os diversos grupos, procurando as melhores soluções para os diversos problemas existentes.

É interessante que o GPA use técnicas de dinâmica de grupo na condição do processo de integração das tarefas dos diversos grupos.

3.3 Divisão da Engenharia Pedagógica

Dividindo a **Engenharia Pedagógica** em partes para melhor compreensão do sistema temos a seguinte figura:

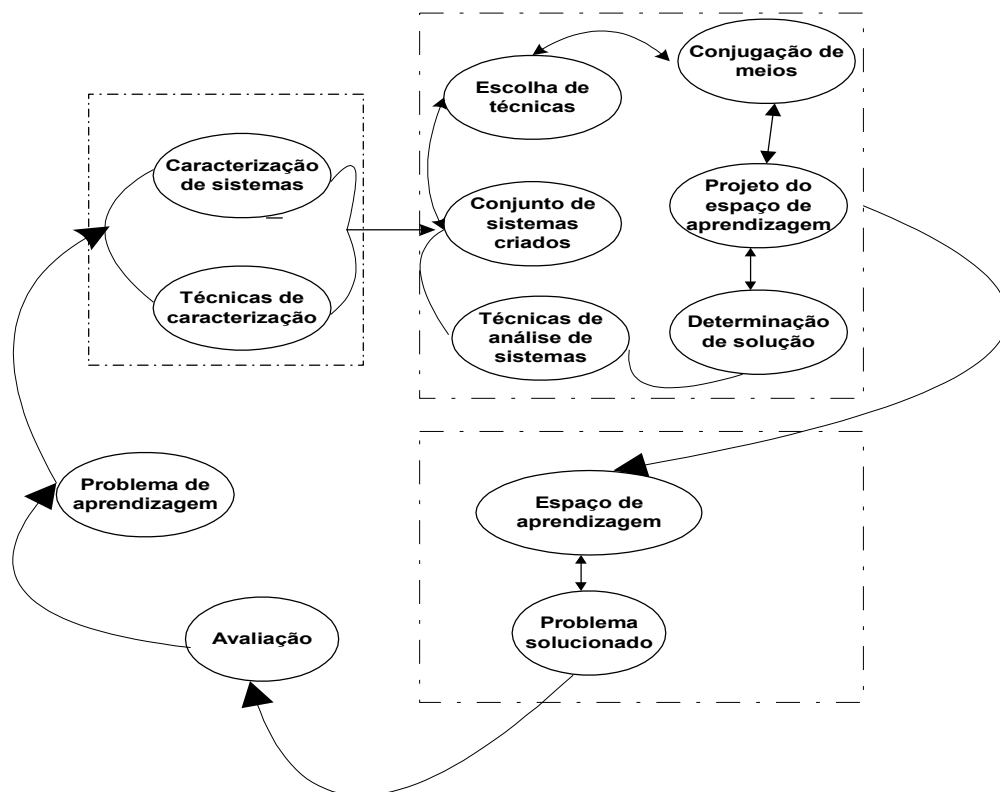


Figura: 1- Inter-relação entre os sistemas

Sistema de aprendizagem

O conceito de sistema de aprendizagem tem como fundamento a atividade de aprendizagem e ação que consiste em uma seqüência de encontros sucessivos, ora presenciais ora a distância, mediada por dispositivos eletrônicos (Televisão/Computador/Rádio/Cave) interligando pessoas, problemas, fatos e idéias, inteligências e conhecimentos, espalhados pelo mundo, mais interdependentes e intercambiáveis. Esse é o espaço de aprendizagem suportado pelos conceitos de Engenharia Pedagógica que a figura a seguir procura mostrar:

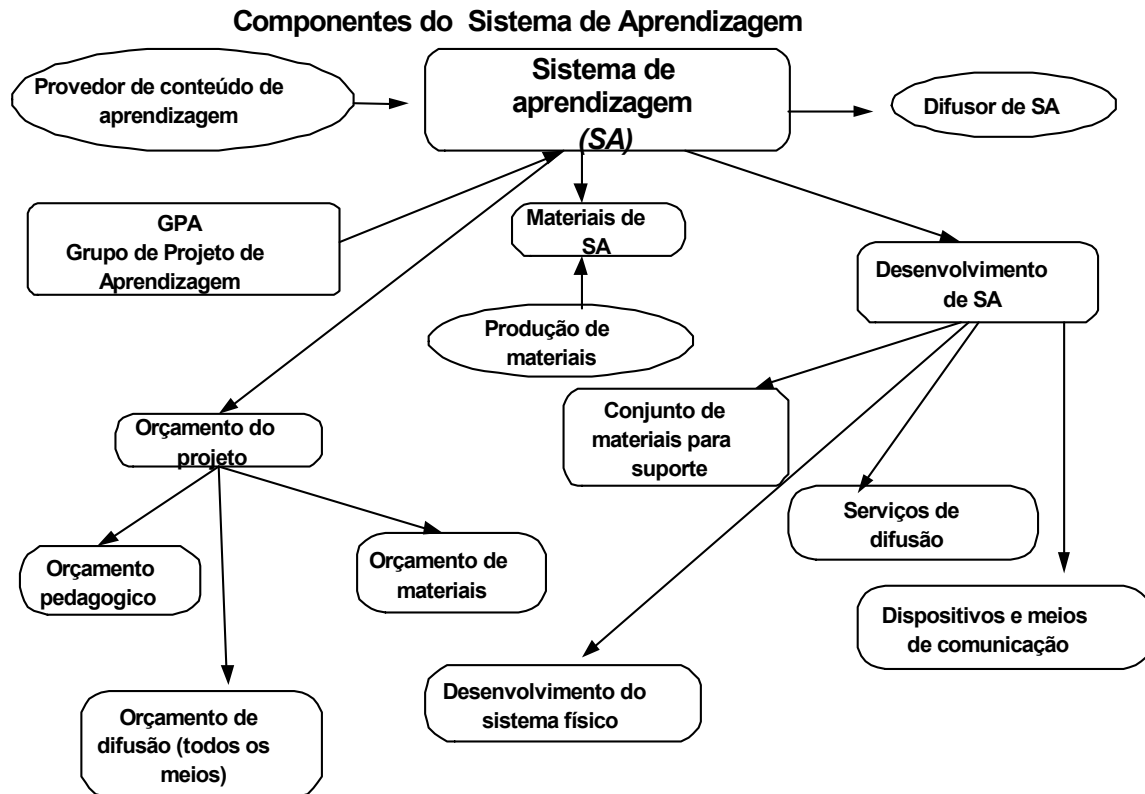


Figura: 2 – Componentes do sistema de aprendizagem

Considerações finais

A atualidade tanto da forma mediática como das técnicas a serem escolhidas e suas possibilidades de estarem conjugadas para solução de problemas de aprendizagem está somente em diferenciar os diversos sistemas e conceitos e os respectivos mecanismos pelos quais são adquiridos, *mas principalmente, uma vez diferenciados, voltar a reuni-los.* (POZO, 1984). Uma gama de autores diversos estudou e apresentou soluções de aprendizagem. A tecnologia disponibiliza formas mediáticas das mais diversas. Como conjugar os diversos autores e as inúmeras mídias para gerar espaços de aprendizagem permanece como desafio de cada encontro aluno-professor. Não mais ensinar mas intermediar e facilitar:- é o que se afigura como novo espaço.

A proposta da Engenharia Pedagógica como permanente abordagem de projeto de aprendizagem a partir do enfoque sistêmico, é permitir a integração da grande variedade de estudos, modelos, teorias pedagógicas e dispositivos mediáticos para conjugados possibilitar a criação de espaços dinâmicos de aprendizagem. Este é o desafio.

Referências

- ASMOLOV, A.G. (1986-87), *Basic Principles of a Psychological Analysis in The Theory of Activity, Soviet Psychology*, Winter 1986-87 Vol 25/2, pp 78-102.
- AUSUBEL, D.P. *Educational Psychology: A Cognitive View*, Rhinehart & Winston, New York, 1968.
- BARROS, N.M e FIOD. Neto. *Conceptual design: on multiple tools to assist complex cognitive tasks. Product: Mangement & Development*, Vol. 1 n.2 Março, 2002.
- BRUNER, J.S. *La compétence, sa nature et comment on la cultive. Le développement de l'enfant: savoir faire, savoir dire.* Presses universitaires de France, Paris 1973.
- BRUSHLINSKII, A.V. (1979). The interrelationship of the natural and the social in human mental development. *Soviet Psychology*, XVII(4), 36-52.
- COLLINS, A. et STEVENS, S.L. *A inquiry teaching* dans C. Reigeluth (dir.) *Instructional Theories in Action: Lessons Illustrating Selected Theories and Models*, Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum, 1983.
- DAVYDOV, V.V. & ZINCHENKO, V.P. "A contribuição de Vygotsky para o desenvolvimento da psicologia". In: DANIELS, Harry, (org.) *Vygotsky em foco: pressupostos e desdobramentos.* Campinas: Papirus, 1994.
- DEWEY, J. *Psychology and social practice, The Psychological Review*, 7, 1900.
- ECO, U: *Tratado Geral da Semiótica - Editora Perspectiva - 1976.*
- GAGNÉ, R.M. *The conditions of Learning*, New York, Holt, Rhinehart & Winston, 1970.
- Hutkins, E. *Culture and Inference: A Trobiad Case Study.* Cambridge, Mass., Harvard universiti Press. 1980.
- LANDA, L. *Instructional Regulation and Control: Cybernetics, Algorithmization and Heuristics in Education*, Englewood Cliffs, NJ, Educational Technology Publications, 1976.
- LINDSAY, P. e NORMAN, D., *Introducción a la Psicología Cognitiva*, Tecnos, Madrid, 1986.
- MERRILL, M.D. *Principles of instructional Design*, Englewood Cliffs, NJ. Educational Tecnology Publications, 1983.
- NEWELL, A. e SIMON, H. *Human Problem Solving*, Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall. 1972.
- PAQUETE G. *L'ingénierie pédagogique. Pour construire l'apprentissage em réseau.* Presses de l'Université du Québec, 2002.
- PIAGET, J. *Logic and Psychology*, Nerw York, Basic Books, 1957.
- POLYA, G. *Comment poser et résoudre un problème?* Dunod, Paris 1957.
- POZO, J. I. *Teorias Cognitivas da Aprendizagem.* 3.ed. Artmed, Porto Alegre, 2002.
- REIGELUTH, C. *Instructional – design Theories and Models*, Volume II, A New Paradigm of Instructional Theory, Mahwah, NJ, Lawrence Erlbaum, 1983.
- REIGELUTH, C. M. & C. A. Rodgers. (1980). The elaboration Theory of Instruction: Prescriptions for task analysis and Design. *NSPI Journal*.
- ROMISZOWSKI, A. (1981) *Designing Instructional Systems, Theories of Learning and Instruction*, 165-186).

SCANDURA, J.M. *Structural Learning I: Theory and Research*, London et New York, Gordon & Breach Science Publishers, 1973.

SKINNER, B.F. *The science of learning and the art of teaching*. Harvard Educational Review, 1954.

SOUZ93_B. de Souza, C. S.: *The Semiotic Engineering of User Interface Languages* - International Journal of Man-Machine Studies. London. Academic Press - 1995.

TENNYSON, ROBERT D. *Cognitive learning theory linked to instructional theory*, Journal of Structured Learning, vol. 10, n.3 p.249-258. 1990.

VYGOTSKY, L.S. *Mind in Society: The development of Higher Psychological Functions*, Cambridge, Harvard University Press, 1978.

PEDAGOGICAL ENGINEERING: THE TECHNOLOGICAL CONVERGENCE FROM THE ENGINEERING WITH THE EDUCATION

Abstract: The article treats the question from the learning from a systemic approach, notion that permits integrate to big pedagogical range of models and technological devices mediáticos to create a dynamic space of learning. The learning systems concept permits develop units of project to resolve problems isolated whose integration to the gross system occurs from the application of the diverse models cognitive proposal by thinkers of the most diverse shackles from the education.

This scoop, healthy examined the researches carried out us years 70 where blossomed the works of researchers with an cybernetics approach (Landa, 1976), him enunciated of the learning requirements assembly (Gagné, 1970), the pedagogical definition of strategies substantiated about the theories of learning and Communicative Approach (Scandura, 1973), the elaboration of a cognitive theory of learning (Colins and Stevens, 1983), the elaboration of a theory for analyses of the components of the 1983) and the analysis of task and projects (Reigeluth and Rodgers, 1980). These foundations are presented today as a contribution convergent with the cognition situated (Hutkins, 2002) for the elaboration of the technical pedagogical project, borne by models, approaches, techniques and meanness that favor the second learning an approach systemic. Inside that scoop is introduced the pedagogical concept of engineering.

Key - Words: Pedagogical Engineering, Cognitive Engineering, Systemic Approach.