

ESTRATÉGIAS DE APRENDIZAGEM ATIVA EM MATEMÁTICA PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Eliana Maria do Sacramento Soares¹; Isolda Giani de Lima²; Laurete Zanol Sauer³

¹ Universidade de Caxias do Sul
Departamento de Matemática e Estatística
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130
05070-560 – Caxias do Sul – RS
emsoares@ucs.br

² Universidade de Caxias do Sul
Departamento de Matemática e Estatística
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130
05070-560 – Caxias do Sul – RS
iglima@ucs.br

³ Universidade de Caxias do Sul
Departamento de Matemática e Estatística
Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130
05070-560 – Caxias do Sul – RS
lzsauer@ucs.br

Resumo: *Compreender a Matemática como conhecimento formal e dedutivo, baseado na lógica e na intuição, na busca de padrões de generalidade e no raciocínio coerente pode ser o ponto de partida para transformar “conteúdos estruturais” em “competências e habilidades” no âmbito da matemática para engenheiros. Tais competências auxiliam no desenvolvimento científico e tecnológico, na medida em que possibilitam a identificação de elementos conceituais capazes de representar fenômenos da realidade. Assim, é fundamental que a aprendizagem de matemática possa capacitar os estudantes de Engenharia a utilizar os objetos e idéias matemáticas, não apenas em sua dimensão procedimental, mas também, como recursos conceituais para compreender a realidade a partir de modelos matemáticos. Essa concepção de aprendizagem de Matemática requer metodologias embasadas no conceito de aprendizagem ativa, que tem como base a ação própria de quem aprende, interagindo com o meio, com recursos e com pessoas. A partir dessas idéias, estamos pesquisando e sistematizando estratégias pedagógicas que envolvem estudantes e professores em processos de aprendizagem onde ambos atuam de forma ativa e participativa, interagindo e colaborando mutuamente, na identificação de conceitos matemáticos em situações reais do entorno da atuação do engenheiro. Selecionamos, para este trabalho, a descrição de uma estratégia pedagógica que colabora para o desenvolvimento da competência de reconhecer, na atuação do engenheiro, as aplicações de equações diferenciais. Ou seja, apresentamos uma estratégia de aprendizagem ativa de matemática baseada na identificação, análise e interpretação de modelos matemáticos em situações da engenharia.*

Palavras-chave: *Palavras-Chave: aprendizagem ativa/significativa, estratégias pedagógicas, identificar e resolver problemas, conceitos e aplicações matemáticas.*

1 APRENDIZAGEM ATIVA/APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM MATEMÁTICA

Para falar de aprendizagem, poder-se-ia dialogar com vários estudiosos deste complexo e sempre atual tema de discussão, no contexto dos processos educativos. Nosso quadro teórico, nesse tema, tem como base a Epistemologia Genética de Piaget, cuja essência parte do princípio de que o conhecimento é sempre resultado da atividade do sujeito que agindo sobre o objeto de aprendizagem, se desequilibra e se reequilibra num processo de mudanças estruturais.

Assim, explica Ramozzi-Chiarottino (1988), “a idéia básica de que conhecer significa inserir o objeto do conhecimento em um sistema de relações, partindo de uma ação executada sobre o objeto, é válida tanto para a criança que organiza seu mundo quanto para o cientista que descobre e explica o campo magnético”.

Por isso, Piaget destaca como princípio básico, que o conhecimento é construído na interação do sujeito com o objeto. Interagindo o sujeito produz sua capacidade de conhecer, ao mesmo tempo em que produz o próprio conhecimento.

A aprendizagem, portanto, envolve, em algum grau, um componente ativo, mesmo quando fica na dependência de pessoas que ensinam. Mas distingue-se dentre as teorias, aquelas em que se considera a aprendizagem como decorrente da ação própria de quem aprende, operando através de estudo, pesquisa e interações: convivendo em ambientes de aprendizagem onde a troca de idéias, as discussões e as críticas argumentadas constituem um componente de ênfase na aquisição de novos conhecimentos. É dessa forma que se pode entender a aprendizagem ativa: aprender por meio da ação própria de quem aprende, interagindo com o meio, com recursos e com pessoas.

O “princípio da aprendizagem ativa” é o princípio mais antigo e pode ser encontrado desde Sócrates, conforme Polya (1977), que também destaca que “para aprender eficazmente, o aluno deve descobrir por si só, uma parte tão grande da matéria ensinada quanto possível, dadas as circunstâncias”.

Assim, parece claro o papel do professor, no que concerne a sua gestão pedagógica: propiciar condições para a aprendizagem, propondo estratégias de envolvimento do estudante em ações reflexivas, que ativem as estruturas de pensamento para relacionar, segundo Ausubel (1982), o novo com o que já está em seu domínio cognitivo, assimilando e acomodando, ampliando o seu espectro de conhecimento e, ao mesmo tempo, a sua capacidade de conhecer.

Por isso tem sentido referir aprendizagem ativa, que implica não apenas aprender a fazer, mas também compreender. Desta forma, torna-se aprendizagem significativa e, assim, incorporando o novo conhecimento e reequilibrando-o em patamar mais amplo e superior do pensamento.

Será isso possível, se professor e alunos não ultrapassarem a prática da transmissão de informações e do discurso centrado na fala do professor? Sem dúvidas, só é possível se a prática pedagógica chamar o estudante para o centro do processo. Uma postura que requer ressignificar a ação do estudante e também a do professor, o que dá outro sentido para os atos de aprender e de ensinar.

Sob esse enfoque, a gestão pedagógica inclui a promoção de estratégias que levem os estudantes a pensar, a elaborar suas idéias, confrontando-as com a teoria, estabelecendo relações entre fatos da realidade e os conceitos que estuda. Ao compreender, dessa forma, a aprendizagem ativa, torna-se imprescindível destacar a importância de que o estudante esteja ativo cognitivamente, interagindo com o objeto de aprendizagem que, no caso deste trabalho, são conceitos e idéias matemáticas, para que sejam assimiladas significativamente. É dessa

forma, que adquire sentido, nesse contexto, o que se refere como aprendizagem ativa/significativa.

Diante dessas considerações, na sessão 2 descreve-se o modelo utilizado em estratégias implementadas, destacando a sua estrutura na forma de espiral cônica, para sugerir como seus componentes revelam a construção do conhecimento num processo que torna a aprendizagem ativa e significativa. Na sessão 3 são apresentadas algumas estratégias de acordo com o modelo descrito e considerações sobre a atuação dos atores do processo, professores e estudantes. Na sessão 4 discute-se sobre o que ficou visível, em termos de aprendizagem decorrente das estratégias utilizadas. Finalmente, na sessão 5, são apresentadas algumas considerações finais.

2 APRENDENDO NA AÇÃO E NA INTERAÇÃO

A aprendizagem de matemática, como está aqui concebida, pode capacitar os estudantes a utilizar objetos e idéias matemáticas, não apenas em sua dimensão procedimental, mas também, como recursos conceituais para compreender a realidade a partir de modelos matemáticos.

O objeto de reflexão compartilhado neste trabalho tem esse enfoque e está relacionado à criação de uma estratégia pedagógica que envolve os estudantes na identificação de situações da realidade, onde conceitos estudados podem ser reconhecidos no seu meio de atuação profissional. Tal estratégia permite, em alguns casos, resolver os problemas formulados para traduzir as situações identificadas e, no caso dos ambientes de aprendizagem, integra outras ações que são planejadas sempre com o propósito de incentivar a participação ativa.

Dentre essas, destacam-se: a elaboração de textos resumo, em que o estudante é incentivado a organizar, na forma de sínteses ou esquemas conceituais, as definições, regras e teoremas estudados, buscando a relação entre eles e seus modos de aplicação; auto-avaliações, em que os estudantes são incentivados a registrar suas dificuldades e obstáculos, bem como os avanços, com base na análise dos erros e no reconhecimento de conhecimentos já consolidados. Atividades desta natureza são, de acordo com Perrenoud (1999) atividades metacognitivas, que podem ser entendidas como regulação do processo de aprender.

A estratégia pedagógica que é compartilhada neste trabalho é descrita na sessão seguinte e tem, na espiral cônica da Figura 1, a representação do desenvolvimento do processo desencadeado, tendo em vista as principais etapas e respectivos avanços que a constituem: observação, formulação e resolução de problemas, que podem gerar novos problemas com a identificação de outras aplicações, quando novo ciclo recomeça em um nível mais avançado de conhecimento.

3 DESTACANDO UMA POSSIBILIDADE

Diante das considerações apresentadas, e dentre as atividades planejadas visando promover a aprendizagem ativa/significativa, uma pesquisa é sugerida aos estudantes de Engenharia propondo a identificação ou a criação de uma aplicação de conceitos, dentre aqueles que constituem os temas de estudo das disciplinas de Matemática.

Tal tarefa é proposta como uma atividade de pesquisa, pois deve gerar algo novo, produzido pelos estudantes, através de estudos e busca em livros ou internet ou ainda, de uma conversa ou entrevista com professores de Engenharia, colegas de trabalho ou engenheiros com quem podem discutir. Sugere-se também uma retomada dos conceitos que estudaram em disciplinas anteriores ou que estão estudando em disciplinas de Matemática ou de Engenharia.

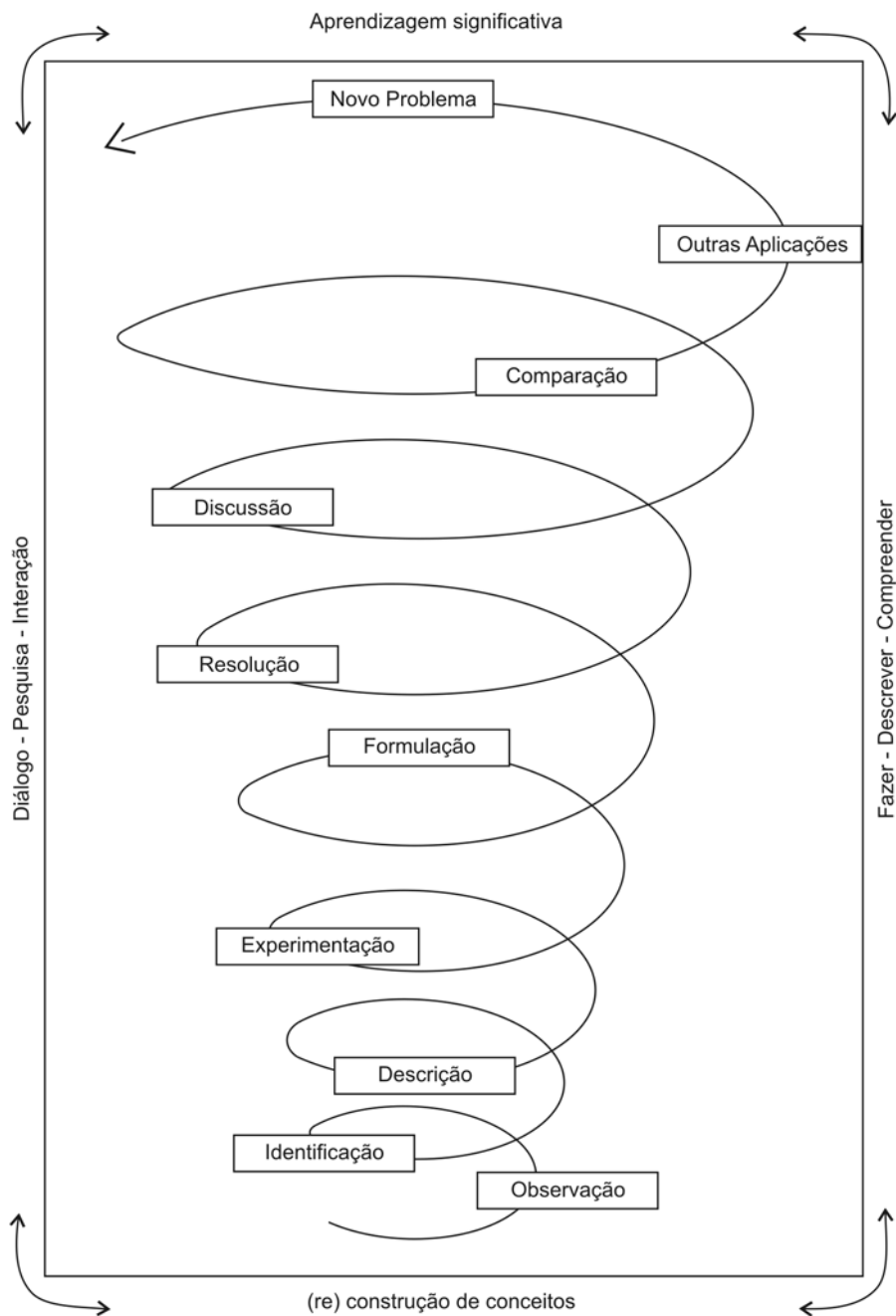


Figura 1. Um modelo de aprendizagem ativa/significativa na resolução de problemas

Ainda, como outra possibilidade, desafia-se a usarem de sua criatividade em considerar um conjunto de dados, relacionados com temas do seu curso, expressos na forma verbal, por uma fórmula, por tabelas ou por gráficos, e gerar daí uma situação problema, cuja resolução inclua conceitos ou idéias que são desenvolvidas no decorrer de uma ou mais disciplinas de Matemática.

A atividade pode ser realizada em duplas, e, dentre as normas para a sua apresentação, solicita-se que os problemas estejam claramente descritos e com uma resolução que inclua explicações que possibilitem o seu entendimento. Os estudantes devem também mencionar a situação real que deu origem ao problema, a bibliografia de apoio e, sendo autorizados a divulgar, todas as pessoas que colaboraram na realização da atividade, desde a identificação

do problema. Além disto, é solicitado aos estudantes que descrevam a forma como atuaram para elaborar a proposta, explicitando como interagiram para a realização desse trabalho colaborativo.

Na avaliação são consideradas a apresentação do problema ou da situação, de acordo com a clareza e organização da sua formulação, explicitando de que forma os conceitos matemáticos auxiliam na resolução, e também o detalhamento da situação ou passos da resolução com argumentações teóricas que justificam os procedimentos adotados.

A estratégia descrita acima foi aplicada no segundo semestre de 2007, na disciplina de Equações Diferenciais para Engenharia que, na Universidade de Caxias do Sul, é oferecida aos cursos de Engenharia Ambiental, Elétrica, Mecânica, Química, de Alimentos, de Controle e Automação Industrial, de Materiais e de Produção.

A mesma deu origem a diversas situações e problemas de aplicação identificados pelos estudantes participantes em seus locais de trabalho. Para ilustrar, destacam-se algumas, como foram expressas pelos estudantes: cálculo de temperatura em células de fabricação para forjamento de facas, em função do tempo; tratamento térmico de ligas não-ferrosas; cálculo da temperatura ideal para um processo específico na fabricação de calçados; determinação da quantidade de massa de fosfato de ferro depositado sobre peças planas de chapas de aço SAE 1008 com variadas espessuras a cada metro pintado; controle de resfriamento da região de solda em processo de usinagem resfriada com fluido de corte; determinação de função de transferência em processos químicos; determinação da idade de um semi reboque carregado, analisando seu assoalho de madeira de lei; usando Carbono 14 para a avaliação de implementos antigos, sem registro de idade, dentre outras.

Grande parte destas situações foi modelada por equações diferenciais ordinárias, cujos métodos de resolução eram objeto de estudo na disciplina.

Dentre os problemas apresentados, um foi identificado numa empresa fabricante de máquinas de calçados, onde trabalham os estudantes envolvidos. Os comentários a seguir enfatizam a forma como eles se envolveram na realização da tarefa proposta.

A identificação da situação foi feita com a seguinte descrição: “A fabricação de calçados necessita de diversas operações e máquinas para ter uma produção contínua e de qualidade; uma destas operações é a preparação do couro para produzir a fôrma do calçado. Esta preparação consiste em o calçado passar por um forno (120°C) e logo em seguida, em um estabilizador a frio (-25°C). A empresa Máquinas em questão é fabricante das duas máquinas citadas e, neste ano investe em melhoramentos no estabilizador a frio para reduzir o custo e melhorar a eficiência da máquina. Nosso problema é saber se o novo estabilizador produz o efeito desejado. Para isto usaremos o conceito de equações diferenciais de primeira ordem para determinar o tempo necessário para atingir 20°C (considerada como temperatura ideal) nos dois estabilizadores: o velho e o novo.”

Essa descrição mostra que os alunos autores puderam perceber que os conceitos estudados estão ou podem estar relacionados a diversas situações reais, no sentido de representá-las de alguma forma. O fato de encontrarem na empresa em que atuam, uma situação também os levou a perceber a importância dos mesmos, por constatarem que não servem apenas para cumprir programas acadêmicos, como muitas vezes lhes parece.

Reconheceram nessa situação, uma possibilidade de aplicação da lei de Newton para taxa de variação de temperatura em ambiente, onde a mesma permanece constante.

Na etapa seguinte ocorreu uma coleta de dados, resultante da aplicação de testes nos estabilizadores, para definição das condições de contorno. Após os cálculos necessários, foi possível determinar o tempo gasto por eles, nas condições do problema. Novamente os estudantes manifestaram entusiasmo pois puderam obter dados de uma situação do seu cotidiano, diferenciando-os daqueles, aparentemente artificiais, encontrados em livros e textos didáticos.

Os passos seguintes foram relacionados à interpretação da solução e à comparação dos resultados obtidos com o novo estabilizador, com os anteriores. Comprovaram que “o novo modelo de estabilizador a frio é 8,82% mais rápido que o antigo. Esse percentual é muito significativo pois, dos 1000 pares de calçados produzidos a cada 8 horas, ou seja, 125 pares por hora, por máquina, pode-se passar, com o modelo novo, a produzir 136 pares por hora por máquina.”

Além disso animaram-se, também, a investigar o tempo que o novo estabilizador leva para atingir a temperatura ideal ao ser ligado. Constataram, então, para este novo problema, que o novo estabilizador é quase 25% mais rápido que o antigo concluindo, portanto: “Isto representa um ganho de produtividade e economia de energia.”

Mais uma vez, os estudantes, nos comentários e discussões, manifestaram a satisfação de poderem “comprovar a teoria na prática”, segundo suas palavras.

Nas auto-avaliações promovidas para acompanhamento do desenvolvimento do trabalho, os estudantes declararam que essa atividade de pesquisa os motivou e os levou a repensar alguns conceitos, que antes não estavam claros, como no caso do entendimento da derivada como taxa de variação: “Agora percebo essa variação, nas medições que fizemos e que apareceram nas funções analisadas”. “Entendo melhor os gráficos, que mostram os valores em cada tempo, medidos na própria máquina”. Essa interação entre o objeto de estudo, a situação problema no contexto profissional e a teoria da sala de aula, levou os estudantes a dar significado aos conceitos estudados.

Nesses passos que eles percorreram, num caminho de descoberta, de reflexão e de transposição da teoria para a sua prática de atuação, foi possível, também ao professor, perceber que houve ação, compreensão, e significação.

4. VISIBILIDADE DA APRENDIZAGEM NO PERCURSO DOS ALUNOS

Para evidenciar as ações que os alunos desenvolveram e mostrar que elas estão relacionadas a uma aprendizagem, ativa e significativa, destacamos algumas operações que eles, em geral desenvolveram, com base na análise de uma das situações apresentadas:

Análise de situações do entorno da atuação de cada estudante, profissional ou acadêmico, para identificar uma que estivesse relacionada a um fenômeno que pudesse ser modelado por uma equação diferencial. Para isso precisaram relacionar o conceito de equação diferencial e possíveis fenômenos com os quais se depararam. Isso requer que tenham compreendido esse conceito, indo além de simplesmente resolver equações diferenciais mecanicamente, e, como ocorre muitas vezes, sem se apropriar da idéia matemática desse conceito.

Nessa etapa de identificação, alguns alunos apresentaram ao professor situações que não poderiam ser modeladas por equações diferenciais, e nesse caso puderam entender esse fato, percebendo que a situação não continha taxas de variações, que é um dos significados da derivada.

Definida a situação, ao reconhecer que ela poderia ser modelada por uma equação diferencial, o passo seguinte foi a identificação de outros conceitos, e com a devida apropriação para entender a dinâmica do fenômeno envolvido na situação estudada. Nessa etapa, muitos precisaram estudar conceitos novos, com pesquisas bibliográficas ou com interação com professores de Engenharia, de Física ou de Química ou, também, com colegas mais adiantados no curso ou engenheiros das empresas onde atuam.

Para traduzir e particularizar a aplicação dos diversos conceitos e idéias relacionadas, foram necessárias medições, levantamento de dados no contexto vivo da situação em estudo. Nesta etapa, de sistematização e organização de informações e conceitos, precisaram também aprimorar a comunicação, para apresentar, de forma clara e compreensível, a situação, o seu entorno e o problema num enunciado próprio.

A resolução do problema, com aplicação do método adequado à equação diferencial, bem como a interpretação do resultado obtido na forma de função solução, envolveu os estudantes com os métodos em estudo e com a interpretação geométrica da solução, apresentada em gráficos, na maioria dos casos, com a utilização de um software matemático.

Por fim, para a análise crítica da solução encontrada e devidas conclusões, os estudantes retornaram ao contexto da aplicação, comparando os resultados com a situação real, estabelecendo relações entre a teoria e a prática. Só assim puderam entender como os resultados obtidos poderiam ser usados para confirmar o que acontecia no dia à dia, ou as hipóteses que tinham levantado sobre a possibilidade de melhorar ou refinar o que já vinha sendo feito.

Para vários estudantes ocorreram ainda novas idéias, novas hipóteses, gerando outros problemas e a retomada de mais um ciclo, e agora em outro patamar, de maior compreensão, de ações aprimoradas e de aprendizagem significativa.

Esses passos, etapas ou operações, ações concretas, de estudos, de pesquisas e de pensamento, exigiu o envolvimento e a apropriação dos conceitos estudados. Esses passos são apresentados numa seqüência linear, mas a representação em espiral, na Figura 1, sugere que, na prática, são co-dependentes, uma vez que, em cada fase, o retorno à anterior aumenta a visibilidade e o entendimento do processo de aprender na ação e na interação.

A participação do professor também foi ativa e significativa, e sua aprendizagem também, pois esta atividade oportuniza ao professor tomar contato com diversas situações de engenharia. Desde a proposição do trabalho, o professor precisou se fazer presente, na sala de aula e no ambiente virtual da disciplina, com dicas, orientações e fazendo intervenções, para que cada dupla pudesse avançar e se apropriar do processo em estudo e da realização da tarefa.

O acompanhamento do professor, a percepção dos alunos, em relação ao envolvimento e aos resultados obtidos, o relato de colegas, professores engenheiros, que foram procurados para esclarecimentos, opiniões e sugestões, evidenciando o caráter colaborativo e sociocognitivo da tarefa, e as produções na forma de textos mostraram que os alunos aprenderam de forma participativa, ativa e significativa, o conteúdo da disciplina.

Dessa forma, a aprendizagem também se caracterizou por uma intensa interação dos alunos com o objeto de aprendizagem: equações diferenciais. Essa interação se deu na busca de situações onde as equações modelam fenômenos e cujos resultados auxiliam com previsões e fornecem indicativos de formas alternativas de como lidar com as situações que aparecem no cotidiano do engenheiro.

5. FINALIZANDO

O envolvimento dos estudantes nesse processo de pesquisa para identificar os problemas, contextualizá-los e identificar as equações diferenciais envolvidas, requereu habilidades diversas, tais como: observação de situações do cotidiano da empresa em que atuam, estudos e pesquisas em livros e na internet, identificação de processos e de fenômenos, coleta de dados, entrevistas com professores, com engenheiros que atuam nas empresas, para detalhar os processos e fenômenos, elaboração de textos, descrevendo e sistematizando os passos percorridos, análise e interpretação dos resultados, comparações entre dados teóricos e dados reais do contexto das empresas e, em alguns casos, intervenção na realidade, propondo mudanças advindas dos resultados obtidos.

Em muitos casos, os estudantes realizaram estudos paralelos de outros conceitos, de Física, de Química ou de outras áreas, para entender o processo que gerou o modelo matemático. Com isso fica evidenciada também a interdisciplinaridade, propiciando aos

estudantes uma forma de relacionar e dar sentido a vários conceitos estudados no curso, quando os utilizaram para descrever fenômenos e, a partir de modelos, analisar e interpretar resultados, obtendo previsões e fazendo intervenções com base nessas previsões.

Entende-se, portanto, que para o estudante se envolver, ele precisa significar, dando sentido para os conceitos matemáticos, estabelecendo relações entre o que estuda, na forma de cálculos e resoluções padronizadas, com situações do fazer do engenheiro. Assim, dar sentido ao conceito pode ser entendido como “aprender ativa e significativamente”, pois implica envolvimento, ação reflexiva e consciente, ultrapassando ações que solicitam dos estudantes apenas cálculos procedimentais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

POLYA, G. **A arte de resolver problemas.** Rio de Janeiro: Interciência, 1977.

PERRENOUD, P. **Avaliação – Da excelência à regulação das aprendizagens, entre duas lógicas.** Porto Alegre, Artmed, 1999.

PIAGET, J. **Fazer e compreender.** São Paulo: Melhoramentos, Edusp, 1978.

RAMOZZI-CHIAROTTINO, Z. **Psicologia e epistemologia genética de Jean Piaget.** São Paulo: EPU, 1988.

ACTIVE LEARNING STRATEGIES IN MATHEMATICS FOR ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *Understanding mathematics as formal and deductive knowledge, based on logic and intuition, searching patterns of generalities and coherent reasoning can be the starting point to transform "structural content" in "competencies and abilities" in the ambit of mathematics to engineers.*

Such competencies help in the scientific and technological development, since they make possible the identification of conceptual elements capable to represent real phenomena. In this way, it's fundamental that the process of learning mathematics can enable engineering students to use mathematical objects and ideas, not only in their operational dimension but also as conceptual resource to understand the reality from mathematical models. This conception of the process of learning mathematics requires methodologies based on the concept of active learning, that are based on the actions of the student that is learning, acting with the environment, resources and people. From these ideas, we are searching and systematizing pedagogical strategies that involve students and teachers in a teaching-learning process where both act active and participatively, interacting and collaborating mutually in the identification of mathematical concepts in real situations concerning the engineer's activities. In this paper we have selected the description of a pedagogical strategy that collaborates for the development of the competency to recognize the application of differential equations in engineer's everyday life. In this way, we are showing a strategy of a process of learning mathematics actively based on the identification, analysis and interpretation of mathematical models in engineering situations.

Key words: active/significative learning, pedagogical strategies, to identify and to solve problems, mathematical concepts and applications.