

# SISTEMAS, ORGANIZAÇÃO, AUTO-REFERÊNCIA E OUTRAS SUGESTÕES PARA O APERFEIÇOAMENTO DO ENSINO DE ENGENHARIA

**Douglas R. Slaughter N.<sup>1</sup> ; José A. B. Grimoni**

Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas

Av Prof Luciano Gualberto – travessa 3 - 158

CEP : 05508-900 ,São Paulo, SP

<sup>1</sup>dougslaughter10@gmail.com

<sup>2</sup>aquiles@iee.usp.br

**Resumo:** *Em contradição com as Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de graduação em engenharia, boa parte dos cursos atuais têm optado por uma crescente especialização. Quando há excessiva ênfase na especialização, dois aspectos negativos sobressaltam: o estreitamento da perspectiva para avaliar problemas e a dificuldade de ligar e integrar, em conjuntos significativos, os conhecimentos. Esses dois problemas prejudicam a formação e o próprio processo de aprendizagem. O presente trabalho propõe subsídios para tratar de superar o segundo aspecto problemático podendo assim auxiliar na estruturação de cursos, disciplinas e conteúdos. Além disso, serão fornecidas algumas sugestões para o aperfeiçoamento didático dos professores.*

**Palavras-chave:** *Didática, sistemas, complexidade, auto-referência, mapas conceituais*

## 1. INTRODUÇÃO

O Conselho Nacional de Educação (CNE) e a Câmara de Educação Superior (CES), através da Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002, instituíram as Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de graduação em engenharia. Em seu artigo 3º, afirma o seguinte:

“Art. 3º O Curso de Graduação em Engenharia tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade”.

Esse é um perfil moderno e desejável, que requer amplitude de formação e visão. No entanto, encontra diversas dificuldades para ser implementado. Neste trabalho são discutidas algumas dessas dificuldades e feitas algumas propostas para minimizá-las.

A formação sugerida pelas Diretrizes Curriculares envolve o desenvolvimento de competências, habilidades, comportamentos, que ultrapassam os aspectos meramente teóricos, mas, por uma questão de foco, o trabalho trata de abordar apenas as questões do ensino teórico. São apresentadas idéias e ferramentas que poderão auxiliar, não apenas, no aspecto enfocado, mas, também, na integração dos demais aspectos.

## **2. CRÍTICA AO ENSINO ATUAL DE ENGENHARIA**

Tendo como referência as mencionadas Diretrizes Curriculares Nacionais dos cursos de graduação em engenharia, é possível apontar a excessiva ênfase dada à especialização como um grande obstáculo para a concretização do perfil proposto.

É notável, dada sua contradição com as Diretrizes Curriculares, a atual tendência dos cursos de engenharia de aumentar sua especialização. Esta especialização efetuada é especialmente perniciosa. Poderia se dizer, que ela é duplamente perniciosa: estreitou ainda mais a visão dos alunos e não aprofundou os temas da especialidade. Diminuiu-se (ou retirou-se) a carga horária, não somente de conteúdos de outras áreas do conhecimento, mas também conteúdos básicos da própria engenharia. Essa carga horária perdida não foi acompanhada pela substituição de conteúdos das respectivas especializações. O resultado disto é que os cursos tendem a preparar o aluno para ver as questões apenas do ponto de vista de sua especialidade e sem muitas alterações em termos de detalhamento.

É importante ressaltar que a formação do engenheiro é mais teórica do que prática. É a visão teórica que fundamenta suas ações e, sobretudo, baliza sua compreensão da realidade. Apesar de a experiência ser muito importante (e é através dela que se aprendem muitas coisas que a academia não ensinou ou, simplesmente, não ensina), ela tende a saturar, não renovando a interpretação dos fatos. Nesse momento, o profissional, eventualmente, retorna à Universidade em busca de novas idéias e subsídios teóricos para desenvolver suas atividades.

Da especialização advêm dois desdobramentos, cada qual com suas conseqüências. A especialização como tema único ou “mono-tema” e a especialização como dificuldade em ligar, articular e integrar.

### **2.1 A especialização como mono-tema**

Este desdobramento tem, como principal conseqüência negativa, uma abordagem viciada das questões que são colocadas diante do profissional. Ele tende a avaliar a partir apenas do prisma de sua especialidade. Através de seus temas ou, quando isso não é possível, através de seus métodos. Mesmo quando são inadequados ao objeto ou à realidade em estudo, são os únicos que têm a disposição em seu repertório.

Então, já no âmbito da engenharia encontramos problemas: como é possível realizar um projeto de engenharia, sem conhecer adequadamente o básico dos aspectos técnicos fora da especialidade? Como se justifica que, apesar do aumento da complexidade dos modernos projetos, a formação tenha ficado mais pobre?

Mais ainda: como se pode esperar que um engenheiro, formado neste contexto, considere com propriedade aspectos políticos, econômicos, sociais e ambientais se não tem o mínimo de conhecimento formal de boa parte dessas áreas?

A restrição da carga horária de assuntos e atividades multidisciplinares prejudica o desenvolvimento das habilidades desejadas.

### **2.2 A especialização como dificuldade em ligar, articular e integrar**

O segundo desdobramento é a dificuldade de conceber o curso e as disciplinas como um conjunto. A tendência é que os cursos e disciplinas sejam, respectivamente, um agregado de disciplinas e conteúdos.

A divisão disciplinar surge por uma necessidade de detalhamento, porém quando o foco fica apenas em um aspecto, a comunicação com os outros vai se perdendo, como destacado por BERTALANFFY (1973). O termo generalista não tem a conotação de um conhecimento disperso ou superficial, mas de um conhecimento de conjunto. Ela é generalista, porque deve

cobrir certo espectro de assuntos que são básicos e, por isso mesmo, gerais. Porém, o mais importante é a capacidade de ligá-los, articulá-los e formar totalidades (integração).

Quando ocorre especialização existe uma forte tendência a perder a visão de todo e, conseqüentemente, a relação entre as partes. Formam-se partes independentes que, ao se juntar, não constituem uma totalidade. Por exemplo, um problema clássico em instalações elétricas industriais: os projetistas da instalação elétrica e os do sistema de proteção, especialistas em suas respectivas áreas, se preocupam apenas com sua parte e não se comunicam. Resultado: problemas ao juntar (e por apenas juntar) os dois projetos. As partes não estão articuladas e não formam um todo funcional.

Ligar, articular e integrar são habilidades especialmente importantes para o engenheiro, que precisa ter visão de processo, visão de conjunto. Pois, só assim, será capaz de coordenar e direcionar conhecimentos e esforços, seja trabalhando sozinho, seja como parte de uma equipe, seja como líder.

No entanto, os cursos, normalmente, não desenvolvem essa percepção nos alunos, pois costumam tornar as disciplinas e os conteúdos estanques e isolados, sem ligações e, portanto, sem articulação e integração. Disciplinas e conteúdos não deixam clara sua função e sua importância. Função e importância surgem no contexto de um conjunto. Só assim, cada parte tem sentido e, dessa maneira, sabe-se como, quando e por que se relaciona com o conjunto. Cada parte só tem significado quando se encontra dentro de uma totalidade.

### **3. SISTEMA, ORGANIZAÇÃO E AUTO-REFERÊNCIA**

Com o intuito de contornar as limitações impostas pela especialização indiscriminada, apresentaremos duas idéias fundamentais. Essas idéias lançam mão da ferramenta dos mapas conceituais, como sugerida por FARIA (1995) e MOREIRA e MASINI (1982). Elas serão exploradas para resolver o problema de ligação, articulação e integração. Esta abordagem didática e organizacional dos assuntos pretende, também, aumentar o interesse e envolvimento dos alunos.

#### **3.1 Sistemas e organização**

A primeira idéia é organizar conteúdos, disciplinas, etc., formando sistemas para tornar o próprio ensino um sistema: cada parte tem uma função dentro de uma totalidade. As partes só podem ser entendidas dentro de um todo. Para representar os sistemas são usados os mapas conceituais. Esta ferramenta destaca os assuntos e mostra a relação entre eles.

Organizar o conhecimento em sistemas tem como principal objetivo, evidenciar as ligações e assim poder conceber as articulações e a integração. Além disso, compacta e facilita o acesso à informação, aumentando sua permanência na memória. Isso ocorre porque reúne toda a informação em poucas categorias, ligando a informação com outras em uma estrutura conhecida, o que define sua localização e, logo, essas informações não se perderão tão facilmente.

Para ilustrar essa organização em sistemas com o uso de mapa conceitual, é dado um exemplo, que é apresentado na Figura 1. O assunto ilustrado é a instalação elétrica residencial. Este assunto tem vários aspectos que podem ser apresentados de forma separada e desconexa. Assim procedendo, se faz necessário, muitas vezes, que o aluno decore certos procedimentos.

Usando o mapa conceitual, o aluno poderá localizar (inclusive visualmente) cada tópico e saber quais são suas relações. Por exemplo, saberá que para dimensionar o condutor terá que observar quatro critérios (valores mínimos de norma, tensão, corrente e limites de curto-circuito). E que, antes de poder dimensionar os condutores, terá que definir o balanço de cargas e a trajetória dos circuitos.

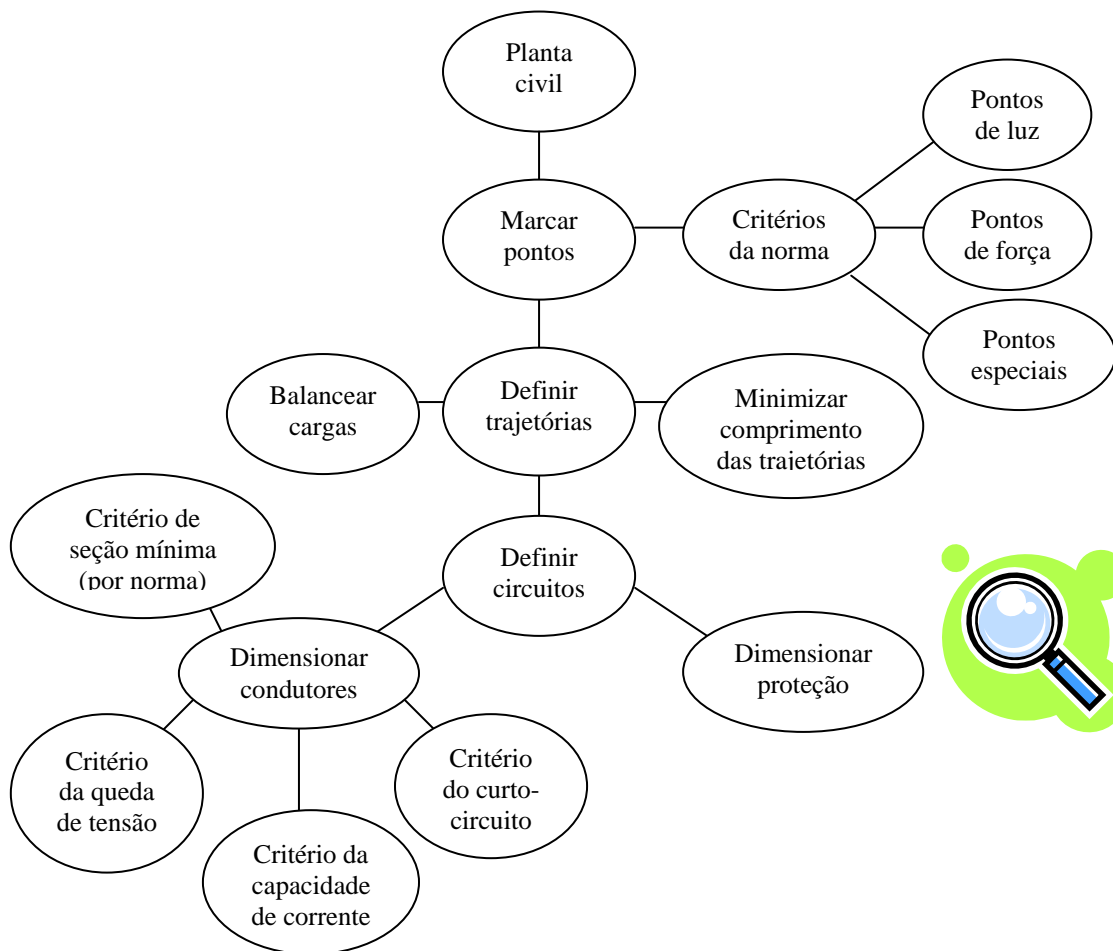


Figura 1 - Sistema para organizar o projeto de instalação elétrica. A lupa seria uma ferramenta para detalhar uma parte, se for de interesse.

### 3.2 Auto-referência e conciliação entre detalhamento e generalidade

#### *Auto-referência*

A segunda idéia é dar uma visão auto-referente nos diferentes assuntos. Para explicar este conceito a metáfora dos seres vivos ajuda. Um ser vivo é formado de órgãos, que por sua vez é formado de tecidos, que ao seu turno é formado por células e assim por diante. Cada nível (ser vivo, órgão, tecido, célula, etc.) é denominado nível organizacional e cada um deles tem uma complexidade própria (este tipo de estrutura é destacada por BERTALANFFY (1973) e MORIN (2001), entre outros). Ao ampliar os níveis percebe-se uma grande riqueza. Isso significa que cada assunto dentro de um conteúdo específico, ao ser abordado, tem diversos aspectos complexos. Essa complexidade significa o seguinte: ao abordar um assunto, ele não é necessariamente mais simples que o conteúdo inteiro. Ele pode ser objeto de especialização e pode conter aspectos muito complexos. A estrutura auto-referente é justamente isso, a cada ampliação de um assunto, que era parte (aspecto) de um todo, também é composto de partes (aspectos). Ou seja, os assuntos podem ser sempre mais detalhados. Cada totalidade é um nível organizacional.

Isso pode ser feito com as disciplinas dentro de um curso ou com os conteúdos dentro de uma disciplina ou os assuntos dentro de um conteúdo, etc. Por exemplo, ao abordarmos o assunto dimensionamento da proteção, é possível discernir vários elementos. Um deles é o disjuntor termo-magnético de baixa tensão. Ao detalhar o disjuntor, vemos que ele próprio é

constituído por diversas partes (físicas e conceituais). Temos, por exemplo, o arco voltaico, que também tem uma complexidade própria e pode ser estudado em seus detalhes e assim por diante. A Figura 2 ilustra isso. Ela é a ampliação com a lupa da parte “Dimensionar proteção” da Figura 1.

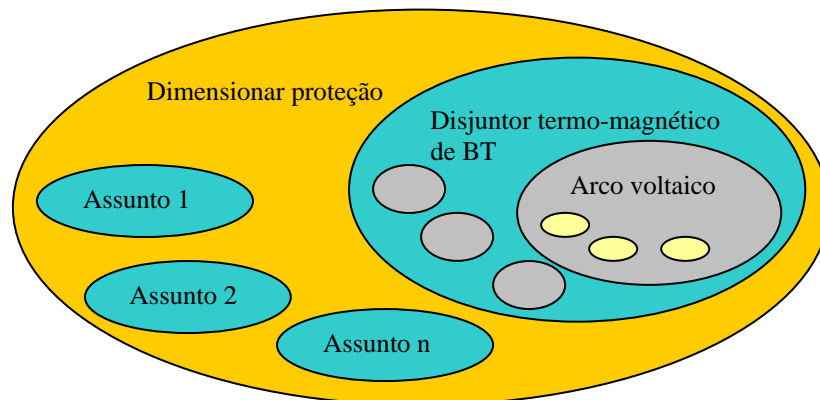


Figura 2 - Esquema da estrutura de complexidade dos assuntos.

Para esclarecer, no mapa conceitual os elementos internos (por exemplo, na Figura 1, em “Definir trajetórias”, os elementos internos são “Balancear cargas” e “Minimizar comprimento das trajetórias”) são representados externamente, por questões de visualização. Porém, a idéia de ampliação e de níveis organizacionais requer que os elementos constituam um todo (que pode, por sua vez, ser parte).

### ***Conciliação entre detalhamento e generalidade***

Quando vamos lidar com algum tema, normalmente, estamos situados em algum nível organizacional. Nesse nível, muitas vezes, é desnecessário entrar no detalhe das suas partes. Por exemplo, retomando as instalações elétricas, para compreender bem os procedimentos para realizá-las é desnecessário conhecer a física do arco-voltaico no disjuntor. Esse é um detalhe irrelevante no nível em que estamos trabalhando e para os objetivos do curso. Tratamos as partes de maneira específica, que corresponde a uma determinada tarefa que se queira realizar.

Então, ver de forma geral, não é sinônimo de superficialidade, assim como, ver em detalhe não é sinônimo de profundidade. Profundidade é ver do prisma certo na hora certa e a superficialidade é não fazê-lo.

Este tipo de abordagem tem algumas implicações interessantes. Por exemplo, é possível, em princípio, se tornar sempre mais especializado e, assim, somos sempre ignorantes de muitos detalhes. O estudo e aprofundamento do detalhe se dará em função dos objetivos da disciplina e do curso. Ou seja, sempre haverá algum nível de visão geral. Ela também implica em organização dos assuntos e na sua articulação em um todo coerente (situando eles em relação aos outros).

Logo, esta estrutura permite saber que existe complexidade, onde ela está e que ela pode ser irrelevante num certo contexto.

## **4 SUGESTÕES E IDÉIAS PARA REFLEXÃO DOS PROFESSORES**

### **4.1 Apresentar aos alunos os objetivos**

O professor, dentro do planejamento da disciplina, deve apresentar aos alunos os objetivos no começo do curso, de cada tema, de cada módulo e de cada aula e retomá-los no final, para identificar se eles foram atingidos na sua totalidade, ou não, e propor correções de rota, se for necessário.

O professor, junto com os alunos, deve fazer uso de “checklists” perguntando e interagindo com os alunos para determinar quais objetivos foram alcançados, quais não o foram ou o foram de forma parcial.

As atividades e as avaliações são ferramentas para se detectar o alcance dos objetivos de cada tema, de cada aula, de cada módulo e do curso.

É importante ressaltar, que o próprio professor precisa ter claro aonde quer chegar. Ter clareza do que é essencial em sua disciplina e do que é considerado secundário. Com isso em mente, será mais fácil montar as estratégias e táticas de ensino.

O curso é um conjunto e não um agregado de partes. O curso tem objetivos e propósitos. Quais são eles, o aluno não sabe. Ele sabe que sairá com título de engenheiro, mas não sabe o que é um engenheiro e o que ele faz. Não sabe claramente quais são os conhecimentos, as habilidades e competências que se espera dele no final. Quais são os conceitos essenciais que ele precisa saber (no curso como um todo e em cada disciplina), quais são secundários, quais são acessórios?

### **4.2 Mostrar aos alunos a relevância do que eles estão aprendendo**

Este é um ponto-chave. Para o aluno de graduação, muitos dos conhecimentos são apresentados antes que eles saibam para que servem ou qual seja sua importância.

A importância de algo surge em um contexto de eventos e em um contexto de significado. Se não há contexto, não existe o que é importante e o que não é. É importante saber por que ele está aprendendo aquele assunto e como ele se encaixa no todo. Esse processo deve ocorrer durante todo o curso. O aluno não sabe por que ele está aprendendo esses conteúdos, muitos conceitos não fazem sentido. Logo, é muito difícil que eles se envolvam em algo que não entendem, que não sabem aonde vai (ou deveria) chegar e para que serve.

Dessa forma, ele tem consciência de que certo conhecimento vale o esforço para ser aprendido e isso facilitará o processo de ensino e aprendizagem. As coisas que fazem sentido, têm significado. Informações e conhecimentos soltos, normalmente, são esquecidos, pois não são considerados importantes.

Uma atividade proposta na disciplina de graduação “Instalações Elétricas I”, ministrada no curso de engenharia elétrica, com ênfase em energia e automação elétricas, da Escola Politécnica da USP, é um exemplo de desenvolvimento de conhecimento significativo. A atividade consiste no seguinte: cada aluno deve fazer um diagnóstico da instalação elétrica de sua residência tendo em vista as normas técnicas. Assim, devem levantar os possíveis erros de projeto e como corrigi-los.

São todas informações dentro de contextos. Assim seus significados ficam definidos. Os alunos sabem a relevância e os objetivos dessa atividade. Logo, a teoria e os conceitos apresentados ganham utilidade e finalidade.

### **4.3 O aluno é diferente do professor**

Segundo PERRENOUD (2000): “os professores têm dificuldades para compreender que seus alunos não compreendem, já que perderam a memória do conhecimento”. Muitos professores não têm uma visão clara do que os alunos sabem e de como pensam. Existe, por exemplo, uma diferença entre o que o professor e o aluno consideram básico. Muitas vezes o professor acredita que está falando coisas triviais, mas, na verdade, para o aluno, elas não são assim. Muitas vezes, pode ser apenas uma informação que é omitida, mas que eles não sabem e que pode fazer muita diferença (por exemplo, para que serve o cálculo de curto-circuito no dimensionamento de uma instalação elétrica e seu sistema de proteção?).

O professor não pode ter medo de ser básico: o aluno não está interessado em sofisticação (que é uma preocupação acadêmica), ele está interessado em entender os conceitos e onde irá aplicá-los e, conseqüentemente, esclarecendo sua importância para sua formação. Muito do desestímulo e falta de atenção deve-se ao fato de não estarem entendendo as explicações do professor, que geralmente estão muito acima de sua maturidade e capacidade de compreensão.

Os alunos raramente têm noção de projeto, mas sabem que existem requisitos técnicos, econômicos, sociais e ambientais que precisam ser respeitados. Mostrar quais são eles e como são equacionados, transmitir suas experiências e fazer considerações práticas são papéis do professor.

### **4.4 Evitar sentenças ou teorias gerais, como argumento para apresentar um tópico, que é deduzido delas**

O caminho natural do aprendizado é de um conhecimento específico para a generalização e não o contrário. O conhecimento geral é abstrato e a capacidade de abstração requer experiência, que o professor tem e que os alunos, na maioria dos casos, não têm. A apresentação de uma teoria geral, que usa o método dedutivo, é um legado da matemática. Essa forma de lidar com o conhecimento é sabidamente abstrata e difícil. O problema não é o método dedutivo, que é usado normalmente pelas pessoas, mas a teoria geral abstrata.

Por isso, é importante dar preferência a explicações mais concretas e cotidianas: para que serve, como é feito na vida real, etc. Dar exemplos e usar o método indutivo de aprendizado. Mostrar que o conhecimento específico tem aspectos que se repetem em muitos outros lugares (a essência é a teoria e o caso específico é uma circunstância). É importante apresentar e discutir o desenvolvimento histórico da teoria, situando a época e como surgiram as idéias e conceitos fundamentais.

É essencial preparar o aluno: justificar a existência e elaborar os conceitos.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A especialização não é uma vilã, ela é necessária para detalhar, para conhecer os meandros. O problema é o seu uso indiscriminado, que deforma o conhecimento e impossibilita o desenvolvimento satisfatório das qualidades propostas pelo artigo 3º da Resolução CNE/CES 11. Ainda mais na atual tendência dos cursos.

Para contornar a “mono-temática”, uma boa formação teórica é indispensável. Assim, a carga horária teórica não deveria diminuir. Pelo contrário, deveria aumentar com a inserção dos conteúdos e atividades condizentes com o desenvolvimento das habilidades, competências e comportamentos que se esperam dos egressos dos cursos de engenharia. A variedade de temas abre novos horizontes e possibilidades, ao passo que a especialização fecha e vicia. Além disso, a ampliação do leque de assuntos pode diminuir a pretensão dos profissionais de acreditar que seus conhecimentos são mais importantes que outros.

Para contornar a falta de ligação, articulação e integração, a visão sistêmica pode contribuir, pois ela concebe esses três aspectos dentro de seu quadro conceitual. Ela proporciona significados à informação. Ela cria conhecimento. A especialização fornece apenas dados isolados. Além disso, a estrutura auto-referente fornece diversas conseqüências que podem ajudar na concepção do eterno conflito entre o engenheiro especialista e o generalista.

Em termos didáticos, as sugestões e idéias apresentadas podem ser de valia aos professores. Diversos pontos são bastante práticos, porém uma reflexão, uma auto-crítica sobre a própria atividade didática baseado neles, pode ser mais frutífero que sua simples implementação.

### ***Agradecimentos***

Ao orientador, José Aquiles Baesso Grimoni pela oportunidade do “Estágio Supervisionado em Docência” do Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE), à Escola Politécnica da USP e ao Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da USP pela bolsa do dito Programa.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BERTALANFFY, L. v. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. Resolução CNE/CES 11 de 11 de março de 2002. Institui diretrizes curriculares para os cursos de engenharia. **Diário Oficial da União**. Brasília DF, 9 abr. 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 3 jul. 2008.

FARIA, W. **Mapas conceituais**. São Paulo: EPU, 1995.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa**. São Paulo: Moraes, 1982.

MORIN, E. **Introdução ao pensamento complexo**. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

### **SYSTEMS, ORGANIZATION, SELF-REFERENCE AND OTHERS SUGESTIONS TO IMPROVEMENT OF ENGINEERING EDUCATION**

**Abstract:** *In contradiction with the National Curricular Lines of the engineering graduation courses, good part of the current courses has opted to increase specialization. When it has extreme emphasis in specialization, two negative aspects stand out: the narrowing of the perspective to evaluate problems and the difficulty to bind and to integrate, in significant sets, the knowledge. These two problems hinder the proper process of learning. The present work will propose subsidies to surpass the second problematic aspect and that, also, will be able to assist in the courses structuring, subjects and contents. Further more, some suggestions will be supplied for the didactic improvement of the professors.*

**Key-words:** *Didactic, systems, complexity, auto-reference, conceptual maps*