



V.1, N.1, 2017

**DESAFIOS PARA O FUTURO DO ENSINO DA ENGENHARIA
CHALLENGES FOR THE FUTURE OF ENGINEERING EDUCATION**

Marco Aurélio da Cruz Gouveia¹

RESUMO: Uma das premissas no ensino da engenharia é desenvolver o engenheiro de modo a ser um profissional devidamente treinado para resolver problemas. Dessa forma, propõe-se que na sala de aula sejam solucionados exercícios como um meio para alcançar essa competência. A elaboração de processos de aprendizagem baseada em problemas é uma questão complexa, pois não se limita à mera aplicação de algumas técnicas: trata-se, antes, um processo de raciocínio com base na criatividade. A redução generalizada da carga horária e o aumento do número de alunos resultaram em pressão para reduzir a grade curricular e enxugar o conteúdo das disciplinas. A maior quantidade de discentes com experiência profissional e cultural variada, a necessidade de um ensino multidisciplinar, a pressão para reduzir a duplicação de professores lecionando a mesma disciplina e a premente demanda para redução de custos, nos leva à busca de inovação pedagógica e ao emprego de métodos de ensino que sejam cada vez mais eficazes. Este artigo propõe abordar essas questões e analisar a forma como os conteúdos programáticos dos cursos de engenharia podem ser mantidos e, ao mesmo tempo, contar com adições de conteúdos programáticos baseados no processo de aprendizagem centrado no aluno. O artigo também investiga as vantagens educacionais de abordagens que fundem os métodos tradicionais utilizados no ensino da engenharia com métodos novos e inovadores.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino da Engenharia. Aprendizagem. Aprendizagem Centrada no Aluno

ABSTRACT: *One of the premises of engineering teaching is developing the engineer so as to be a professional duly trained in problem-solving skills. This paper therefore proposes that exercises should be solved in the classroom as a means to acquire such competence. The development of processes of problem-based learning is a complex issue, since it is not limited to the mere application of some techniques: it is rather a thinking process based on creativity. The generalized reduction of the academic hour load and the increase in the number of students in the classroom resulted in pressure to reduce the curriculum framework and shrink the content of the subjects. The larger number of students with varied professional and cultural backgrounds, the need for a multidisciplinary study, and the pressure to reduce cost all lead to the search for educational innovation and the use of teaching methods which can be ever more effective. This paper proposes approaching such topics and analyzing how the engineering course syllabus could be maintained and, at the same time, receive additional contents based on student-centered learning. The paper also examines the educational advantages offered by approaches that merge traditional methods with new and innovative methods in the teaching of engineering*

KEYWORDS: *Teaching of Engineering. Learning. Student-Centered Learning*

¹ Mestre em Qualidade; Especialista em Engenharia de Produção; Engenheiro Eletricista; professor da UnG Universidade Guarulhos e do Centro Universitário Senac – Av. Anton Phillips, nº 01, Vila Hermínia – Guarulhos / SP – CEP: 07030-010 – macruz@prof.ung.br



V.1, N.1, 2017

1. INTRODUÇÃO

Nos dias de hoje quando escolhemos aleatoriamente uma sala de aula em um curso de engenharia, o que vemos? Em muitas o mesmo que víamos na década de oitenta ou quarenta: o professor fica na frente, no púlpito, copiando a partir de suas notas uma derivada ou integral e repetindo em voz alta o que ele escreve. Os alunos sentados passivamente, copiando da lousa, lendo, fazendo suas tarefas de outras disciplinas, navegando na Internet ou sonhando acordado. De vez em quando o professor faz uma pergunta: os alunos na primeira fila que se sentem pressionados a responder quase todas as perguntas, eventualmente arriscam uma resposta, enquanto os demais simplesmente evitam o contato visual com o professor até esse momento incômodo passar. No final da aula são propostos vários problemas cuja resolução é similar com os exercícios resolvidos em sala momentos antes pelo professor. A aula seguinte é ministrada da mesma maneira e a seguinte também e assim sucessivamente.

Claro que há algumas diferenças em relação há trinta anos. As tarefas para casa exigem a uso de calculadoras em vez de régua de cálculo, ou, eventualmente, computadores. A matemática é mais

sofisticada e métodos de resolução por gráficos não surgem facilmente. O quadro é verde ou branco, às vezes há um projetor multimídia ou talvez um *smart board* seja utilizado. No entanto, pouca evidência de qualquer coisa que já apareceu em artigos e conferências sobre educação em engenharia na metade do século passado pode ser encontrada na maioria das nossas salas de aula e livros didáticos.

Nos últimos anos, no entanto, tem havido sinais de mudanças. Os professores na engenharia têm cada vez estudado a literatura sobre educação e participado em treinamentos e oficinas relativas ao ensino, o que resultou em alguns tentarem adotar novas abordagens em seus métodos de ensino. Uma série de fatores é responsável para esse aumento de interesse no ensino eficaz nas escolas de engenharia. Um número crescente de alunos, seus pais, empregadores, conselhos e até mesmo o governo, têm questionado a qualificação, habilidade e competência dos egressos dos cursos de engenharia.

Muitas IES – Instituições de Ensino Superior e professores começam a questionar a viabilidade da maneira que a engenharia tem sido tradicionalmente ensinada. Muitos, no entanto, não têm certeza quais são as alternativas para os métodos tradicionais e,



V.1, N.1, 2017

mesmo aqueles que têm em mente, alternativas, temem que, investir em transformar a maneira como eles ensinam exija um compromisso de tempo integral que vai deixá-los sem tempo suficiente para prosseguir com suas outras atividades acadêmicas, como por exemplo, a pesquisa.

O objetivo desse trabalho é propor a discussão do uso de algumas ferramentas para os professores de engenharia que desejam se tornar melhores professores e para a IES que desejam melhorar a qualidade do ensino em suas instituições.

2. O Impacto da Tecnologia no Ensino do Século 21

Um sistema de educação está intimamente entrelaçado no tecido da sociedade na qual opera. Antes de examinar novas maneiras de formar engenheiros, devemos antecipar algumas características da sociedade na qual os futuros engenheiros interagirão como profissionais.

Podemos vislumbrar sete características dos dias de hoje que se apresentam como desafios para os futuros engenheiros, a saber:

2.1 Uma avalanche de informações.

Em 1989, 10.000 volumes foram necessários apenas para listar os títulos de todos os livros que haviam sido publicados

e cerca de 6.000 artigos científicos foram publicados todos os dias.

Até 2009 já havia sido contabilizado a publicação de mais 50.000.000 de artigos científicos (JINHA, 2010), em 2014 mais 1.500.000 livros foram publicados no mundo e somos mais de 3.000.000.000 de usuários da Internet (WORLD-O-METERS, 2014), o número de documentos e informações, digitais e em papel, multiplicam-se em uma velocidade nunca antes imaginada e não há sinal de nenhuma diminuição nessa taxa de crescimento.

2.2 A Multidisciplinaridade. Em um passado não muito distante, a engenharia poderia ser classificada ao longo de conjuntos de disciplinas. O conjunto de conhecimento que constituiu o arsenal de trabalho de, digamos um engenheiro eletricitista, era bem definido e, distinto do que caracteriza um engenheiro mecânico, civil ou químico. A situação atualmente é muito mais complexa: por exemplo, engenheiros de todos os tipos são confrontados com a necessidade de saber eletrônica, bioquímica, genética ou nanotecnologia, para citar algumas áreas de conhecimento. A chave para um melhor desenvolvimento tecnológico reside na cooperação entre áreas de conhecimento, que no currículo atual estão fragmentadas em disciplinas, pois somente assim será



V.1, N.1, 2017

possível resolver problemas que, na maioria das vezes, não têm fronteiras disciplinares claramente estabelecidas.

2.3 Mercado Globalizado. As organizações que não têm capacidade de competir no mercado internacional estão fadadas, em curto prazo, a não sobreviverem no mercado doméstico. A compreensão cultural e econômica é um fator tão importante quanto o conhecimento tecnológico para se estabelecer no mercado internacional. (LOECKER e GOLDBERG, 2014)

2.4 O Meio Ambiente. Produzir mais, a fim de lucrar mais deixará de ser o único paradigma da indústria. As ameaças à qualidade de vida resultantes da depredação ambiental desenfreada e o esgotamento de recursos não renováveis são fontes de preocupação crescente, até mesmo dentro da indústria. Além da qualidade e da produtividade, a indústria vai exigir que a rentabilidade seja alcançada dentro de um contexto de não prejudicar as pessoas ou o habitat, ou seja, por meio do Desenvolvimento Sustentável.

As questões de meio ambiente, saúde, população, nutrição e segurança alimentar intervêm de forma estreitamente vinculada ao desenvolvimento sustentável. Cada uma delas representa uma problemática complexa. Proteger o meio ambiente, lutando contra a poluição, prevenindo a erosão do

solo e gerindo com prudência os recursos naturais, é influir diretamente na saúde, na nutrição e no bem-estar da população e lidar com fatores que, por sua vez, incidem sobre o crescimento demográfico e a alimentação disponível.

Todas essas questões inscrevem-se no quadro mais vasto da busca do desenvolvimento sustentável, ao qual será impossível chegar se a educação não der um lugar amplo às questões da família e do ciclo vital de procriação e a certas questões demográficas, como o envelhecimento, as migrações, a urbanização e as relações entre as gerações e no seio da família (V CONFERÊNCIA..., 1999, p.17).

2.5 Responsabilidade Social: A tecnologia é responsável por muito do que nós valorizamos em nossa sociedade e em nosso modo de vida, mas também é responsável por muitas ameaças à saúde pública e à exaustão de recursos naturais não renováveis, que agora põem em perigo nosso modo de vida. O impulso histórico do desenvolvimento tecnológico se deve, em parte, ao aumento do consumo e do lucro. Estamos muito aquém de onde deveríamos estar na nossa capacidade de prestar serviços de saúde adequados, transporte público eficiente, habitação a preços acessíveis e qualidade na educação para todos os cidadãos. Não estamos fazendo a ponte entre as sociedades tecnologicamente avançadas e aquelas que não têm os mesmos meios básicos para a sobrevivência. Embora a origem de muitos



V.1, N.1, 2017

desses problemas possa ser mais política do que tecnológica, cabe aos cientistas e engenheiros participar na tomada de decisões de uma maneira muito mais ampla e ativa do que no passado. Nós temos obrigações de informar a nós mesmos e, ao resto do mundo, sobre as potenciais consequências sociais das decisões que são tomadas, para julgar se a implementação das decisões é consistente com o objetivo da tecnologia para melhorar o bem-estar para cidadãos do mundo e, tomar as medidas adequadas ou escolher a inação, dependendo do resultado do julgamento. A aceitação desta responsabilidade social pela indústria e, individualmente pelos engenheiros, é um passo necessário para a sobrevivência de nossa sociedade no futuro.

A Responsabilidade social pode ser definida como o compromisso que uma organização deve ter para com a sociedade, expresso por meio de atos e atitudes que a afetem positivamente de modo amplo, ou a alguma comunidade de modo específico, agindo proativamente e coerentemente no que tange a seu papel específico na sociedade e a sua prestação de contas para com ela (ASHLEY et al, 2003 p. 6-7).

2.6 Estruturas Corporativas Participativas. Empresas em diferentes sociedades estão se movendo em direção a estruturas que permitem uma maior participação dos indivíduos no processo de

tomada de decisão. As equipes para resolução de problemas e melhorias nos processos, sessões de planejamento estratégico com a participação conjunta dos gestores, técnicos e funcionários operacionais, são cada vez mais comuns. Camadas de média gerência foram eliminadas, com muito do poder de decisão sendo transferido para níveis mais baixos na estrutura hierárquica, formando um espectro mais amplo da pessoa coletiva. Os funcionários individuais estão adquirindo de forma crescente o direito de participar nas decisões que dizem respeito aos seus trabalhos e assumir a responsabilidade pelas consequências de tais decisões.

2.7 Prontidão de Resposta. As mudanças de uma magnitude, que anos atrás não teria levado muito tempo, agora ocorrem em um tempo escala de meses ou semanas, como qualquer pessoa que adquiriu um computador há mais de um ano pode perceber. Provavelmente os currículos que tentam manter-se atualizados com a prática industrial, fornecendo continuamente cursos ditos de "nova tecnologia" sejam ineficazes. No momento em que a necessidade é identificada, os cursos desenvolvidos e, os alunos treinados, a nova tecnologia mudou. A educação que prevalecerá será aquela que facilita o processo de aprendizagem ao longo da vida, equipando os alunos com as



V.1, N.1, 2017

habilidades que eles necessitarão para se adaptar às mudanças.

3. Componentes do Ensino na Engenharia

O que podemos dizer sobre as necessidades individuais para trabalhar na sociedade moderna como engenheiros? Seus perfis podem ser convenientemente esboçados em termos de três componentes:

- 1) **Conhecimento** - Os fatos que conhecem e conceitos que eles compreendem;
- 2) **Habilidades** - que utilizam na gestão e aplicação de seus conhecimentos, tais como computação, experimentação, análise, síntese, projeto, avaliação, comunicação, liderança e trabalho em equipe;
- 3) **Atitudes** - que ditam os objetivos para o qual suas habilidades e conhecimentos serão direcionados: valores pessoais, interesses, preferências e vieses.

O **conhecimento** é a base de dados de um profissional em engenharia; **habilidades** são as ferramentas utilizadas para manipular o conhecimento, a fim de cumprir a meta, imposta ou fortemente influenciada, pelas **atitudes**.

Em seus primeiros anos, o ensino na engenharia fez um bom trabalho de transmitir conhecimento para os alunos de engenharia, e pode-se argumentar que

facilitou o desenvolvimento de habilidades e valores promovidos de forma apropriados para aquela época. Até cerca de trinta anos atrás, a maioria dos professores na engenharia ou tinham trabalhado na indústria ou trabalhado extensivamente como consultores. Assim sendo, os fatos e métodos que constituíam a base do conhecimento do currículo na engenharia eram, em geral, aqueles que os alunos necessitariam durante suas carreiras, sendo que as atividades que eram atribuídas à maioria dos engenheiros eram executar cálculos de forma rotineira e repetitiva. Os alunos de engenharia desenvolviam as habilidades necessárias trabalhando em vários laboratórios, fazendo exercícios e estudos de caso baseados em casos reais que enfrentariam nas indústrias e participando de programas de integração escola-empresa. Os valores primários da prática da engenharia na época eram funcionalidade e lucro. Um bom processo era que fazia o que deveria ser feito da maneira mais rentável possível, tanto o currículo da engenharia, como os professores das escolas de engenharia reforçavam esses valores. As circunstâncias que os alunos de engenharia enfrentam nas situações práticas de hoje são consideravelmente diferentes daquelas do passado, e as circunstâncias que enfrentarão nas situações práticas no futuro



V.1, N.1, 2017

serão ainda mais diferentes. Mudanças significativas no ensino da engenharia serão necessárias se quisermos satisfazer às necessidades dos nossos alunos na preparação para os desafios do futuro que enfrentarão ao ingressar no mercado de trabalho. Vejamos em pormenor os conhecimentos, habilidades e valores que serão necessários para os engenheiros para lidar com os desafios e lograrem sucesso em suas jornadas como profissionais. (RUAS, 2005)

3.1 Conhecimento

O volume de informações aos quais os engenheiros estão expostos e o conhecimento que se espera que tenham adquirido para lidar com essa quantidade assustadora de informações, aumentam em um ritmo muito maior do que a capacidade que currículos de engenharia para poderem abarcar. Até o início dos anos noventa, por exemplo, a maioria dos graduados em engenharia de produção foi absorvida nas indústrias metalomecânica e eletroeletrônica. Atualmente eles estão cada vez mais encontrando emprego em campos não tradicionais da engenharia, como por exemplo, a biotecnologia, engenharia da computação, ciências ambientais, engenharia de segurança e, além disso, grande parcela está empregada no setor

financeiro. Para ser eficaz em todo este amplo espectro de possibilidades de cargos e funções, o recém-graduado deve compreender conceitos em biologia, física, política fiscal, tecnologia da informação, que estão muito além do alcance do currículo tradicional de engenharia de produção. Muitos que trabalham em empresas que atuam em mercados internacionais também precisarão ter conhecimento em outras línguas – e no Brasil, os idiomas inglês e espanhol são praticamente mandatórios – na contramão dessa necessidade, o ensino de línguas foi progressivamente eliminado dos currículos de graduação em engenharia. Ao mesmo tempo, o trabalho realizado por qualquer engenheiro tende a ocupar uma banda relativamente estreita, considerando espectro total de conhecimento de engenharia. Ao contrário de seus colegas de várias décadas atrás, pode ser que os alunos atuais de engenharia nunca venham a trabalharem com elementos básicos do currículo tradicional das engenharias tais como, por exemplo: eletrônica de potência, termodinâmica, projeto de produto, projeto de processo, cálculos estruturais, entre outros.

Por essas razões, a estruturação de um currículo de engenharia com duração de cinco anos, que atenda às necessidades da maioria dos alunos de engenharia, parece



V.1, N.1, 2017

ser uma meta cada vez mais elusiva. Uma solução seria abandonar os tradicionais modelos de currículo “tamanho único” e, em vez disso instituir vários eixos para diferentes áreas de especialização, relegando algumas disciplinas tradicionais para a condição de eletivas. Projetar esses eixos de conhecimento e mantê-los relevantes é uma tarefa desafiadora, mas que pode ser e, está sendo realizada, em muitas instituições.

Não importa quantos eixos e disciplinas eletivas sejam oferecidas em paralelo. Porém, há de se convir, nunca será possível ensinar os alunos de engenharia tudo o que será necessário saber quando ingressarem efetivamente no mercado de trabalho. A melhor solução pode ser mudar a ênfase de oferecer disciplinas em um número cada vez maior de áreas de especialidade, para fornecer, em vez disso, um conjunto de fundamentos em ciências e engenharia, ajudando os alunos a integrar conhecimentos por meio de cursos e disciplinas e equipá-los com habilidades que lhes servirão por toda a vida. Em outras palavras, o foco no ensino da engenharia deveria se distanciar da simples apresentação do conhecimento e rumar para a integração de conhecimentos para o desenvolvimento de habilidades críticas necessárias para fazer uso adequado desse conhecimento.

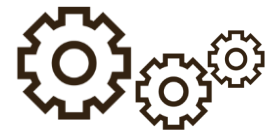
3.2 Habilidades

Podemos dividir em sete categorias as habilidades necessárias para os futuros engenheiros enfrentarem os desafios que se apresentam:

- 1) Habilidades de aprendizagem independente, interdependente e habilidades de aprendizagem vitalícia;
- 2) Habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e pensamento criativo;
- 3) Habilidades de relacionamento interpessoal e trabalho em equipe;
- 4) Habilidades de comunicação;
- 5) Habilidades de autoavaliação;
- 6) Habilidades integrativa e de pensamento global e;
- 7) Habilidades de gestão da mudança.

Por outro lado os futuros egressos das escolas de engenharia devem possuir:

- a) Capacidade de aplicar conhecimentos de matemática, ciências, e engenharia;
- b) Capacidade de projetar e realizar experiências, bem como analisar e interpretar dados;
- c) Capacidade de projetar um sistema, componente ou processo para atender às necessidades requeridas;



V.1, N.1, 2017

- d) Capacidade de trabalhar em equipes multidisciplinares;
- e) Capacidade de identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
- f) Compreensão da responsabilidade ética e profissional;
- g) Capacidade de se comunicar de forma eficaz;
- h) Educação eclética necessária para entender o impacto das soluções de engenharia num contexto global e socioambiental;
- i) Reconhecimento da necessidade e capacidade de envolver-se em um processo de aprendizagem vitalício;
- j) Conhecimento sobre as questões contemporâneas;
- k) A capacidade de utilizar as técnicas, habilidades e ferramentas modernas de engenharia necessárias para o exercício da profissão.

Nos parágrafos seguintes será detalhado como desenvolver as habilidades requeridas no ensino moderno na engenharia.

3.3 Habilidades de aprendizagem independente, aprendizagem interdependente e aprendizagem vitalícia.

A maioria dos alunos entra nas escolas de engenharia como alunos dependentes, contando com seus professores para apresentar, organizar e, interpretar o conhecimento. Um modelo foi desenvolvido por Perry (1970) tornar alunos que sofrem sendo alunos dependentes para alunos independentes e para alunos interdependentes. O modelo de Perry inclui nove níveis, dos quais os níveis 2 a 5 caracterizam a maioria dos alunos do ensino superior (VELLOSO e LANNES, 2014).

No modelo de Perry, os alunos dependentes tendem a ser dualistas (nível 2). Na imagem dualista do mundo, cada ponto de vista é certo ou errado, todo o conhecimento é obtido a partir dos professores e, dos livros, apostilas e materiais indicados pelos professores ou pelas IES. Cabe aos alunos as tarefas de absorver o que lhes é dito e apresentado e, em seguida, demonstrar ter atingido o objetivo, reproduzindo o que lhes foi ensinado. Uma parte significativa da nossa responsabilidade como professores é mover os alunos da postura dependente de ser para a postura de alunos independentes, aqueles que percebem que todo o conhecimento disponível não é absorvido e que diferentes pontos de vista podem apresentar-se em outros matizes ao invés de ser somente preto ou branco. A tarefa do aluno é adquirir conhecimento a partir de uma variedade de fontes e submetê-la a sua



V.1, N.1, 2017

própria avaliação crítica, os estudantes neste nível – o que corresponde aproximadamente ao Nível 4 do modelo de Perry – devem ser capazes de identificar os fatores pertinentes e problemas que afetam uma determinada situação, ver a situação a partir de uma variedade de perspectivas, reconhecer o que eles precisam saber para resolver a situação, adquirir o conhecimento pertinente, se já não os possuir e, aplicar seus conhecimentos para alcançar uma resolução bem sucedida. Eles devem ainda ser capazes de elaborar o seu conhecimento para que possam lembrar no futuro e para que a aplicação seja fácil. As evidências sugerem que apenas uma pequena parcela dos recém-graduados atinja esse nível.

Contudo o trabalho do professor não termina neste ponto. Os alunos devem ser ajudados a ir além da aprendizagem independente, indo rumo à aprendizagem interdependente, reconhecendo que todo o conhecimento e atitudes devem ser vistos no contexto; que a obtenção de informações a partir de uma variedade de fontes, é mais susceptível de conduzir ao sucesso de que contando com uma estreita faixa de fontes e pontos de vista e, que o grupo de pares é um poderoso recurso de aprendizado. Essas atitudes são características de nível 5 na escala de Perry. Os alunos rotineiramente trabalham com pares, para

identificar os principais recursos, para digerir a superabundância de informações disponíveis visando identificar o que é realmente importante, formular objetivos de aprendizagem e critérios, avaliar em que eles podem acreditar do que leem e, aprender e comunicar informações recém-adquiridas para outros. No trabalho com os outros, os alunos aprendem a reconhecer os seus próprios estilos de aprendizagem, pontos fortes e pontos fracos e, de tomar proveito da sinergia que vem de pessoas com uma diversidade de origens e capacidade de trabalhar juntos em direção a um objetivo comum.

Quando os alunos saem das escolas de engenharia e entram no mundo do trabalho, eles não podem mais contar com professores, livros e palestras, para dizer-lhes o que eles precisam saber para resolver os problemas que são chamados a resolver. Os únicos recursos que têm acesso são eles próprios e os seus colegas. Se nós, professores, ajudarmos os alunos a se tornarem alunos independentes, desenvolvendo e contando com a sua própria capacidade de raciocínio, em vez de aceitar informações apresentadas por terceiros, usando a força do grupo para compensar e superar suas próprias limitações estaremos equipando-os com a habilidade da aprendizagem vitalícia,



V.1, N.1, 2017

habilidade essa de que precisam para o sucesso ao longo de suas carreiras.

3.4 Habilidades de resolução de problemas, pensamento crítico e criatividade

Alguns autores identificam o pensamento crítico e criativo como habilidades fundamentais que são aplicados à solução de problemas, enquanto outros definem a resolução de problemas como a principal habilidade sendo seus componentes o pensamento crítico e o pensamento criativo (DE BONO, 2003). Seja como for, os alunos devem ser eficazes solucionadores de problemas, devem ser capazes de utilizar uma ampla gama de ferramentas de análise, de síntese e de pensamento avaliativo, de heurística e de abordagens de tomada de decisão. Quando expostos à resolução de um problema, eles devem estar equipados para identificar o objetivo e colocá-lo no contexto; formular um plano sistemático de ataque que incorpora uma mistura adequada de análise, síntese, avaliação e heurísticas; localizar fontes de informação, identificar as principais ideias, pressupostos e, lógico as falácias e, avaliar a credibilidade das fontes identificadas, criar inúmeras opções e classificar e priorizá-las, fazer observações apropriadas e tirar conclusões sólidas a partir delas, formular e

implementar critérios mensuráveis adequados para fazer julgamentos, desenvolver argumentos convincentes em apoio a validade ou a plausibilidade de uma hipótese ou tese, gerar novas perguntas ou experiências para resolver incertezas, acompanhar o seu processo de solução de forma contínua e revisá-lo se necessário.

3.5 Habilidades de relacionamento interpessoal e trabalho em equipe

A imagem do engenheiro isolado, trabalhando no esplendor solitário sobre o projeto de uma ponte, uma torre de transmissão, ou de uma destilaria, provavelmente nunca foi realista. A engenharia é por sua natureza uma atividade cooperativa, realizada por equipes de pessoas com diferentes experiências, habilidades e responsabilidades. As habilidades associadas ao sucesso do trabalho em equipe – escutar, compreender os pontos de vista dos outros, liderar sem dominar, delegar e aceitar a responsabilidade e, lidar com os conflitos interpessoais que surgem inevitavelmente – pode ser mais vital para o sucesso de um projeto do que perícia técnica. Estar ciente das necessidades dos outros e levá-las em consideração ao tomar decisões – a essência do trabalho em equipe – é certamente um pré-requisito para trabalhar



V.1, N.1, 2017

profissionalmente e de acordo com os princípios éticos. (MOSCOVICI, 2008)

3.6 Habilidades de comunicação

O trabalho em equipe necessário para enfrentar os desafios tecnológicos e sociais enfrentados pelos engenheiros de amanhã exigirá habilidades de comunicação que passam por disciplinas culturas e idiomas. Os engenheiros terão de comunicar de forma clara e convincente, tanto na forma oral, quanto na forma escrita, com outros engenheiros, cientistas, analistas de sistemas, contadores e gerentes, com e sem formação técnica, dentro de sua unidade organizacional, com as filiais, com a matriz, com clientes, as agências reguladoras e com o público em geral. Como todas as outras habilidades mencionadas, a comunicação eficaz é uma habilidade que pode ser ensinada, mas isso requer um esforço consciente daqueles que desenvolvem os currículos para o ensino da engenharia.

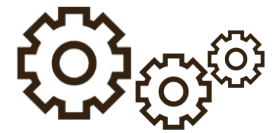
3.7. Habilidades de auto avaliação

Segundo Brown, Rust e Gibbs (1994) apud Otsuka e Rocha (2005), a avaliação por pares e a autoavaliação ajudam o aluno a desenvolver a habilidade de fazer julgamentos, uma habilidade necessária

para o estudo e vida profissional. Quanto mais pudermos capacitar os alunos para avaliar com precisão os conhecimentos e habilidades dos outros e, seus próprios conhecimentos e habilidades, mas os alunos se tornarão eficazes e confiantes no processo de aprendizagem. Além disso, como profissionais, todos os egressos, uma vez inseridos no mercado de trabalho, passarão por avaliações de desempenho e, muitos irão avaliar o desempenho de membros de sua equipe. Desenvolver competências de avaliação pode ser um componente importante na preparação do engenheiro para a prática profissional.

3.8. Habilidades integrativas e de pensamento global

Os alunos de engenharia estão acostumados com a resolução de problemas no quadro limitado das disciplinas individuais. Eles resolvem problemas de termodinâmica na disciplina de termodinâmica, problemas de transientes na disciplina de circuitos elétricos e de transferência combinada, condução, convecção na disciplina transferência de calor, muitas vezes nunca reconhecendo que as áreas estão intimamente relacionadas. Como profissionais, por outro lado, os engenheiros raramente resolvem "problemas de termodinâmica" ou



V.1, N.1, 2017

"problemas de transferência de calor", ao contrário, eles resolvem problemas, com base em conhecimentos de termodinâmica e transferência de calor, de economia, de segurança, de engenharia e ciências ambientais e de qualquer outra disciplina que seja pertinente. Carlson e Sullivan (1999) propõem que ao abordar o problema dessa maneira será necessário o uso tanto de habilidades genéricas quanto conhecimentos obtidos por meio das disciplinas tradicionais da estrutura curricular dos cursos de engenharia. Exemplificando, Termodinâmica e Transferência de Calor devem ser vistos como aplicações relacionadas à Lei da Conservação de Energia, não como temas independentes e ensinados em separado em diferentes momentos por diferentes professores, utilizando diferentes materiais didáticos.

3.9. Habilidades de gestão da mudança

A única certeza sobre a engenharia nas próximas décadas é que ela vai mudar, porque tudo vai mudar. O crescimento da tecnologia irá levar a rápida obsolescência de produtos e uma necessidade decrescente para os engenheiros para executarem as tarefas que ocuparam a maior parte do tempo nos últimos anos e, também criará crescimento nos mercados

de trabalho não tradicionais para os engenheiros, especialmente na arena internacional. Indústrias que não têm capacidade de se adaptar e mudar para mercados cada vez mais dinâmicos e atualizar-se em novas tecnologias, não vão sobreviver. Os engenheiros bem-sucedidos serão aqueles que podem gerenciar mudanças, especialmente quando a mudança é imposta a eles.

3.10. Atitudes e Valores

Martins e Ferreira (2011) afirmam que o efeito mais duradouro da educação sobre os alunos é a maturação de seus valores e senso ético. Ensaio sobre este assunto sugerem que os engenheiros devem ser impregnados com os valores de vontade de participar, a preocupação com a preservação do meio ambiente, compromisso com a qualidade e produtividade e envolvimento no serviço aos outros. O pressuposto falacioso, daqueles que projetaram os currículos da engenharia da metade do século passado, parece ter sido que a inclusão de várias disciplinas na área das ciências humanas, deveria ser suficiente para formar engenheiros responsáveis e éticos. O fracasso dos currículos da engenharia para abordar sistematicamente atitudes e valores teve consequências desastrosas. Os engenheiros frequentemente tomam



V.1, N.1, 2017

decisões sem sentir a necessidade de levar em conta nenhuma consequência social, ética ou moral dessas decisões. Acreditam que estas considerações estão na alçada de outra pessoa, por padrão, as decisões têm, por conseguinte, se tornado competência exclusiva de economistas e políticos, que, por sua vez, não têm a capacidade de prever ou avaliar as consequências do ponto de vista que teria o engenheiro.

4. Obstáculos à mudança

Na abordagem tradicional de ensino, as aulas dos professores e as tarefas designadas são problemas convergentes relativos a uma única disciplina. Os alunos ouvem, tomam notas e resolvem problemas individualmente e, não muito frequentemente, resolvem problemas em grupo. Técnicas pedagógicas alternativas têm sido repetidamente demonstradas serem mais eficaz e, muito mais adequadas para alcançar os objetivos discutidos nas seções anteriores. Dentre essas técnicas podemos citar as de aprendizagem cooperativa (trabalho em equipe), a aprendizagem indutiva (descoberta), a atribuição de perguntas abertas, problemas multidisciplinares e exercícios de formulação de problema. O uso rotineiro da resolução de problemas em sala de aula, técnicas de *brainstorming* e, exercícios de

análise do modo de falha e seus efeitos e, outros métodos destinados a abordar o diversificado espectro de estilos de aprendizagem, devem ser praticados em todas as aulas nas escolas de engenharia.

A superioridade dos métodos alternativos em alcançar tantos resultados educacionais cognitivos e afetivos desejados, tem sido demonstrada em diversos estudos e, é fortemente apoiado pela moderna ciência cognitiva (BARBOSA, 2003). No entanto, as aulas clássicas expositivas e a proposição de problemas a serem resolvidos relacionados apenas a uma única disciplina, continuam a predominar nos cursos de engenharia na maioria das IES. Um número considerável de professores da engenharia ainda não tem conhecimento de métodos educativos alternativos e, muitos que estão cientes deles, optam por não os incorporar em sua abordagem de ensino. Há várias razões possíveis para essa inércia, além da resistência humana inevitável às mudanças.

As IES modernas, principalmente as estaduais e federais, com poucas exceções, tornam-se totalmente dependente de fundos de pesquisa para suportar a maioria das suas funções, incluindo funções educativas e administrativas apenas marginalmente relacionados à pesquisa. Essa circunstância tem ditado o estabelecimento da realização de pesquisa, como o principal critério para o



V.1, N.1, 2017

avanço na carreira docente e, do potencial de realização de pesquisa como o principal critério de contratação utilizado pelas IES. Em consequência, muitos membros no início de carreira no corpo docente, têm pouco interesse em produzir ensino de alta qualidade, pois eles não podem se dar ao luxo de investir o tempo necessário em detrimento do tempo investido em pesquisa. Além disso, a maioria dos professores inicia-se na docência sem nenhum tipo de treinamento específico. Mesmo aqueles que estão verdadeiramente preocupados com seus alunos e, gostariam de ser professores eficazes, utilizam o modelo clássico expositivo mono disciplinar, que é a única estratégia de ensino que a maioria deles já vivenciou.

Outro obstáculo para a mudança é o medo da perda de controle. Aulas teóricas em que o envolvimento dos estudantes é essencialmente limitado a observação passiva – algumas vezes quebrada por ocasionais questionamentos – e fora da sala de aula a resolução de problemas é segura; são aulas em que o professor tem o controle quase total do que acontece em sala de aula. Por outro lado, é difícil prever o que pode acontecer em uma aula centrada no aluno. Digressões podem ocorrer o que torna difícil para o professor seguir o plano de ensino e, a discussão pode passear em áreas em que o professor não esteja tão

confortável em atuar. Talvez o pior de tudo, os alunos podem simplesmente não se engajarem no programa, mantendo-se indiferente, não cooperativos, ou talvez mal-humorados, em sua recusa a se envolver nas atividades planejadas. Como qualquer outra habilidade, dirigir aulas centradas no aluno é uma habilidade que pode ser aprendida e melhorada com a prática. A menos que algum treinamento seja fornecido e *feedback* dado sobre os esforços iniciais, os professores corajosos, o suficiente para experimentar os novos métodos de ensino, estão susceptíveis a ficarem desanimados, desistirem e voltar a praticar a aula clássica expositiva monodisciplinar.

Em suma, não importa o quão eficaz elas podem ser, as novas abordagens para o ensino não irão substituir automaticamente a antiga abordagem. A administração da IES deve tomar medidas para estabelecer um clima adequado para a mudança, antes que qualquer mudança significativa possa ocorrer.

5. Fatores de Apoio à Mudança

Tão grande quanto os obstáculos à mudança podem ser, não acredito que eles são insuperáveis e, de fato muitos movimentos que levem à mudança estão acontecendo. Como observado no início deste artigo, o mercado, as associações de



V.1, N.1, 2017

classe e a indústria têm exercido crescente pressão sobre as IES para que prestem mais atenção à qualidade dos seus cursos de graduação, ademais a crescente concorrência por uma população cada vez menor de candidatos para as escolas de engenharia, tem proporcionado um novo impulso para as mudanças necessárias serem implementadas. No Brasil podemos citar as ações desenvolvidas pelo Confea / CREA e as ações promovidas pela ABENGE – Associação Brasileira de Educação de Engenharia e muitas ações desenvolvidas nas IES; que se engajam no papel de transformação do ensino da engenharia no Brasil, para citar algumas.

De acordo com Santos e Almeida Filho (2008) várias iniciativas, públicas e privadas, de modernização das IES têm levado ao surgimento de um número grande e crescente de programas inovadores, métodos e materiais de ensino na última década e, como consequência, têm promovido a inovação e a melhoria na qualidade do ensino nas IES nos últimos anos.

6. Questões críticas

As mudanças que irão mover a educação em engenharia nas direções desejadas podem ser agrupadas em quatro categorias:

1) revisões no currículo de engenharia e estruturas de cursos;

2) implementação de métodos alternativos de ensino e avaliação da sua eficácia;

3) o estabelecimento de programas de desenvolvimento de ensino para docentes e alunos de pós-graduação; e

4) adoção de medidas para elevar o status do professor na sociedade e na contratação, progressão na carreira e políticas de premiação por competência, mérito e produção. Nos próximos parágrafos, serão propostas questões que nos levam a refletir sobre cada uma dessas categorias.

6.1. Currículos dos Cursos de Engenharia

- ✓ Qual é o equilíbrio adequado entre os "fundamentos" e "aplicações"?
- ✓ O fluxo dentro de um curso ou currículo deveria normalmente partir dos fundamentos para as aplicações – apresentações dedutivas, aula expositiva – partir das aplicações dos fundamentos – apresentação indutiva, aprendizagem por descoberta – para a aprendizagem baseada em problemas?
- ✓ Que medidas podem ser tomadas para integrar o material de aula através de cursos e disciplinas, de modo que os estudantes de engenharia se acostumem a pensar ao longo das linhas interdisciplinares em sua abordagem para a resolução de problemas?



V.1, N.1, 2017

- ✓ Como podem "eixos de conceitos" serem apresentados de forma sistemática ao longo do currículo?
- ✓ Como deve ser o desenvolvimento de habilidades críticas, discutidas neste artigo, serem abordadas no currículo?
- ✓ Quanto deve ser feito dentro do núcleo dos cursos de engenharia e quanto deve ser delegado para cursos especializados, no que diz respeito às questões relativas à comunicação e a ética?

6.2. Métodos de Ensino

- ✓ Quais as formas de atividades em sala de aula, tarefas para casa, exercícios de laboratório e as políticas e procedimentos de avaliação e notas, demonstraram ser mais eficazes no tocante ao aumento do conhecimento e das habilidades críticas e da promoção e reforço das atitudes profissionais positivas?
- ✓ O que é um equilíbrio adequado entre uma aula centrada no professor e uma aula centrada no aluno? Entre processo cooperativo e processo individual de aprendizagem? Entre experimentação ativa e observação reflexiva? Entre conceitos abstratos e informações concretas? Entre teste de rotina e os problemas de pensamento de alto nível?

Como esse balanço pode ser alcançado na prática?

- ✓ Como os estudantes podem ser motivados a serem alunos autônomos? Como podem ser ajudados a superar a resistência a ter mais responsabilidade por sua própria aprendizagem?
- ✓ Como podemos superar a relutância do corpo docente em experimentar algo novo na sala de aula?

6.3. Desenvolvimento Instrucional

- ✓ Qual material deve ser apresentado no desenvolvimento instrucional (formação de professores)? Quanto deve ser genérico e quanto deve ser específico para a engenharia?
- ✓ Os programas devem ser obrigatórios ou opcionais para todos os professores?
- ✓ Qual o custo dos programas de desenvolvimento instrucional? Como eles podem ser financiados?
- ✓ Como é que os diferentes tipos de programas – seminários, oficina, cursos, etc. – contribuem para a eficácia em melhorar o ensino? Qual relação custo-benefício entre eles?

6.4. Contratação, Progressão e Premiação para o Corpo Docente

- ✓ A produção científica, a titulação, as atividades de pesquisa a prática docente



V.1, N.1, 2017

é levada em consideração e, principalmente a experiência profissional fora da academia?

- ✓ Qual será o perfil dos professores na engenharia nos próximos anos, considerando que os professores de engenharia com experiência industrial continua a diminuir? Quem irá escrever livros didáticos de graduação? Apoiar os graduandos? Manter o funcionamento dos laboratórios de graduação e moderniza-los periodicamente?
- ✓ Quem irá desenvolver métodos inovadores e eficazes de ensino, no futuro, fazer a pesquisa para validá-los e, ajudar outros membros do corpo docente a implementá-los?
- ✓ É possível assegurar que cada departamento em uma escola de engenharia tenha pelo menos alguns membros que possam realizar as tarefas anteriores com dedicação e habilidade? O ensino da engenharia pode sobreviver sem essas pessoas?
- ✓ Que políticas, incentivos, recompensas serão necessários para contratar e manter o corpo docente? Pode a IES arcar com a folha de pagamento sem comprometer a estrutura financeira atual?

7. Considerações Finais

A primeira conclusão que chegamos ao final deste trabalho é a de que o ensino de engenharia está passando por momentos de mudanças. Parece haver uma certeza de que estas mudanças são necessárias e inevitáveis. Entretanto, esta certeza parece perder consistência no que diz respeito aos caminhos a se seguir.

Atualmente este fato está em pauta em várias esferas, expressa em uma vasta gama de discussões relativas ao ensino da engenharia. A disponibilidade de amplo material apresentado em congressos específicos e disponíveis em diversos trabalhos acadêmicos publicados, demonstrando experiências didático-pedagógicas aplicadas em diversos cursos de engenharia, nos faz ver que não se podem identificar políticas e procedimentos uniformes para atualização do ensino na engenharia nas diferentes instituições de ensino superior.

A obsolescência do modelo da aula clássica expositiva mono disciplinar no processo ensino aprendizagem, parece ser indiscutível, criando uma nova realidade com a qual existem algumas novas maneiras de lidar. Os objetivos propostos neste artigo foram fazer uma análise crítica do ensino atual na engenharia, revisar algumas tendências atuais e suscitar as



V.1, N.1, 2017

discussões sobre algumas questões que foram levantadas em termos de perguntas.

Adicionalmente, objetivou-se indicar um norte para onde o ensino na engenharia poderia se guiar sem, contudo, propor nenhum modelo absolutista, conduzindo a caminhos que passam certamente pela adoção de procedimentos pedagógicos inovadores e adequados que busquem principalmente valorizar a participação do processo autônomo de aprendizado, – centrado no aluno – e estimular por meio de mecanismos discutidos o despertar de conhecimentos, habilidades e atitudes fundamentais ao exercício da engenharia.

8. REFERÊNCIAS

- ASHLEY, P. et al. **Ética e responsabilidade social nos negócios**. Rio de Janeiro: Saraiva, 2003.
- BARBOSA, L. L. R. (Org.) **Formação de educadores: desafios e perspectivas**. São Paulo: UNESP, 2003.
- BROWN, S.; RUST, C.; GIBBS, G. **Involving students in the assessment process, in strategies for diversifying assessment in higher education**. Oxford: Oxford Centre for Staff Development, 1994.
- CARLSON, L.; SULLIVAN, J. F. Hands-on engineering: learning by doing in the integrated teaching and learning: program. London. **International Journal of Engineering Education**, v. 15, n. 1, p. 20-31, 1999.
- DE BONO, E. O momento atual pede inovação. São Paulo: Entrevista. **HSM Management**, ano 7, n.37, p. 44-49, 2003.
- JINHA, A. E. **Article 50 million: an estimate of the number of scholarly articles in existence**. Cambridge UK: Learned Publishing, v.23, n. 23, p. 258-263, July. 2010.
- LOECKER, J. D.; GOLDBERG, P. K. **Firm performance in a global market: annual review of economics: annual reviews**, v. 6, n. 1, p. 201-227, 2014.
- MARTINS, E. DA C. F.; FERREIRA, J. A. G. **Evolução do pensamento, raciocínio e desempenho em alunos do ensino superior**. Minho. Portugal: Revista Portuguesa de Educação, v. 24, n. 1, p. 213-246, 2011.
- MOSCOVICI, F. **Desenvolvimento interpessoal: treinamento em grupo**. 4. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 2008.
- OTSUKA, J. L., ROCHA H. V. da. **Um modelo de suporte à avaliação formativa para ambientes de EaD**. Instituto de Computação UNICAMP, Campinas, SP: Relatório Técnico IC-05-11, junho 2005.
- PERRY, W. **Forms of intellectual and ethical development in college years**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970.
- V CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE EDUCAÇÃO DE ADULTOS: Hamburgo, Alemanha, 1997. Declaração de Hamburgo: agenda para o futuro. Brasília: SESI, UNESCO, 1999. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001297/129773porb.pdf>, Acesso em: 05 de agosto de 2014.
- RUAS, R. et al. **Os novos horizontes da gestão: aprendizagem organizacional e competências**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- SANTOS B. S.; ALMEIDA FILHO, N., (Orgs.). **A universidade no sec. XXI: por uma universidade nova**. Coimbra, Portugal: Almedina, 2008.
- VELLOSO, A.; LANNES, D. Impacto dos cursos de férias do Instituto de Bioquímica



V.1, N.1, 2017

Médica da UFRJ no desenvolvimento cognitivo dos professores-cursistas. Rio de Janeiro: **Ciências & Cognição**, v. 19, n. 2, 2014, p. 184-192. Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/890>. Acesso em: ?

WORLD-O-METERS. Disponível em <http://www.worldometers.info/>. Acesso em: 05 de agosto de 2014.