



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

## **TRABALHO DE GRADUAÇÃO: IDENTIFICAÇÃO DE UM PROBLEMA DE ENGENHARIA E DE SUA SOLUÇÃO.**

**Julio Cesar Nitsch** - nitsch@unicenp.edu.br

Centro Universitário Positivo, Curso de Engenharia Elétrica.

Av. Professor Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300.

81280-330 - Curitiba - Paraná.

**Laerte Davi Cleto** - ldcleto@unicenp.edu.br

***Resumo:** Seguindo as Diretrizes Curriculares, todos os cursos de engenharia devem solicitar dos alunos, obrigatoriamente, um trabalho de conclusão de curso<sup>1</sup>. Em consequência dessa obrigatoriedade, o assunto deve ser abordado e orientado pelo projeto pedagógico dos cursos. Essa situação acadêmica, a realização de um trabalho de graduação, evidencia, quando da prática, a falta de preparo dos alunos em reconhecerem, proporem e solucionar um problema que realmente pertença à engenharia. Essa dificuldade leva diretamente à apresentação de propostas que pouco contribuem para o desenvolvimento da engenharia ou, que não cumprem a finalidade para a qual o trabalho de graduação foi criado. Esse artigo procura orientar os alunos no sentido de reconhecerem as áreas características da engenharia e, a partir de premissas bem fundamentadas, prospectar, definir e apresentar soluções para um problema de engenharia.*

***Palavras-chaves:** Trabalho de Graduação, Trabalho de Engenharia, Engenharia.*

### **1. INTRODUÇÃO**

Esse artigo tem origem em uma situação da prática acadêmica que é a dificuldade de os alunos dos cursos de engenharia proporem um trabalho de final de curso que contemple as dimensões da engenharia. De forma comum, os trabalhos de final de curso apresentados pelos alunos para seus professores-orientadores contemplam campos muito restritos, falhando na abrangência e fidedignidade do termo engenharia. Uma proposta limitada termina, geralmente, em um trabalho pobre de idéias, discussões e soluções.

Essa falha, que não podemos dirigir somente aos alunos, nasce de uma visão compartimentalizada que nos remete primeiramente à grade curricular por disciplinas, ministradas, geralmente, sem interdisciplinaridade. Com isso, o aluno recebe porções de matemática, ciências e tecnologia e deve, de forma criativa, transformar o conteúdo em engenharia.

A ação curricular mais evidente para quebrar esse tipo de segmentação aparece na disciplina de Introdução à Engenharia. Esta disciplina se localiza, na maioria das grades curriculares, no início do processo, mas os alunos terão as ferramentas para sintetizar o que realmente vem a ser engenharia somente no terço final do seu curso. Assim, são geradas duas situações perturbadoras: i) o hiato temporal e conceitual entre a disciplina de Introdução à

---

<sup>1</sup> Os termos: Trabalho de Conclusão de Curso, Trabalho de graduação e Projeto de Final de Curso serão aqui utilizados de forma similar.

Engenharia e a apresentação do trabalho de graduação e; ii) o erro conceitual dos alunos sobre o que significa engenharia a partir da síntese dos conhecimentos das disciplinas isoladas.

Outra situação dicotômica é o aparecimento da disciplina de Metodologia Científica nas grades de engenharia. No contexto, essa disciplina traz uma falha de gênese, pois não aborda outros componentes necessários à estruturação de um conjunto de engenharia. Um curso de engenharia, como será visto, não trabalha somente no âmbito científico. Como não há claramente uma metodologia para as engenharias e, pela força histórica das ciências, utiliza-se o método científico como um subterfúgio para a falta de um método que leve o trabalho de conclusão de curso a um resultado otimizado.

A partir dos tópicos anteriores seguir-se-á a exposição de alguns argumentos sobre o que vem a ser engenharia, para, daí, subsidiar uma consistente proposta de trabalho de graduação em engenharia.

## 2. O QUE É ENGENHARIA?

Fugindo do perigoso objetivo de definir o que é engenharia, permanece necessário expor, àqueles que fizerem uso desse artigo, que a engenharia tem alguns conceitos claros e indispensáveis. No dicionário, são encontradas as seguintes definições para as palavras *engenh* e *engenharia*:

*engenh*: inventar, criar, engendrar.

*engenharia*: aplicação de conhecimentos científicos e empíricos e certas habilitações específicas à criação de estruturas, dispositivos e processos para converter recursos naturais em formas adequadas ao atendimento das necessidades humanas (FERREIRA, 2004).

Interessante como ponto de partida, necessita-se de mais algumas bases do significado de engenharia para que, ao final, seja possível estabelecer os parâmetros de um bom trabalho de final de curso.

A engenharia se caracteriza como um novo ramo do saber a partir da Idade Moderna, quando agrega os conhecimentos das ciências e da matemática nas habilidades do saber-fazer. Milton Vargas escreve que no século XVIII o nome engenheiro começa a destacar profissionais que "... faziam técnicas baseando-se em alguns princípios científicos. Anteriormente o termo "engenheiro" era aplicado àqueles que se dedicavam ao invento de "engenhos" de guerra e depois às máquinas" (VARGAS, 1985). O saber-fazer, como fonte de trabalhos independente da teoria científica e da ferramenta matemática, foi um segmento da engenharia que conseguiu se estender até a metade do século XIX, porém, essa independência sucumbiu frente à força das ciências.

Em uma linha semelhante Bazzo, Pereira e Linsingen indicam a engenharia "*como aquela que se caracteriza pela aplicação de conhecimentos científicos à solução de problemas.*" Na mesma obra, os autores destacam que "*o engenheiro deve ser, por formação, um indivíduo preparado para resolver inúmeros problemas da sociedade, pode-se destacar a importância que a criatividade tem para o trabalho desse profissional*" (BAZZO et al., 2000). Observação que corrobora a indicação do dicionário para a palavra *engenh*.

Para completar uma estrutura moderna para a engenharia, cabe destacar o papel da tecnologia. Milton Vargas argumenta que "*Numa primeira fase (da metade do século até a Primeira Guerra Mundial ela (a Tecnologia) estará implícita na Engenharia. Pois, nessa época, grande parte da Engenharia já se fez a partir das teorias físico-matemáticas. Somente depois da Primeira Guerra é que a Tecnologia começou a aparecer como uma atividade paralela à Engenharia*" (VARGAS, 1985). Bazzo, Pereira e Linsingen destacam que a força que a tecnologia vem exercendo sobre a engenharia é tão expressiva que "*induzem o estudante*

*a pensar que compete ao engenheiro apenas o desenvolvimento tecnológico...*" (BAZZO *et al.*, 2000). A engenharia faz com a tecnologia uma parceria poderosa para a resolução dos problemas de engenharia que leva Benjamin Franklin à classificação do homem moderno como "the tool man".

### **3. ENGENHARIA AMÁLGAMA CIÊNCIA, MATEMÁTICA, TECNOLOGIA E CRIATIVIDADE.**

Para a definição um problema de engenharia que, por sua vez, necessitará de uma solução de engenharia deve-se ter, de maneira clara, como os conhecimentos humanos se encaixam no âmbito da engenharia (WRITE, 2002).

#### **3.1. Engenharia não é (só) Ciência.**

Um erro comum evidenciado pelos alunos dos cursos de engenharia é considerar que a engenharia integra as ciências quando considerado o conjunto do conhecimento humano. Esse erro é facilmente explicado quando verificada a força das ciências no mundo moderno e reforçado pelas disciplinas que o aluno têm contato no seu primeiro período letivo dos cursos de engenharia.

Esse erro conceitual é facilmente desfeito pelo professor de engenharia quando mostra que, para um determinado problema da área das ciências, dadas as mesmas condições iniciais, ter-se-á sempre a mesma resposta, ditada por uma lei científica. A ciência tem leis para a solução dos seus problemas. Ao contrário, em um problema de engenharia, as respostas invariavelmente serão diferentes, mesmo que subsidiadas por conhecimentos científicos. Exemplificando, a solução de engenharia é a ponte e não os cálculos dos esforços nos pilares. E ponte (solução), cada engenheiro civil tem a sua, porém, todos têm as mesmas leis físicas para manter a ponte estável. Assim, Física e Química, entre outras ciências, são fundamentais para que a solução de engenharia se mostre consistente, mas, não são a engenharia em si.

#### **3.2. Engenharia não é (só) Tecnologia.**

Tecnologia, conceituada por Milton Vargas como a junção do saber-fazer da técnica tradicional com a ciência, assume uma estrutura sólida de evolução a partir da segunda metade do século XIX. Concomitante, nas universidades, a engenharia se consolida como uma das grandes áreas do conhecimento humano. Juntas, tecnologia, ciência e engenharia provocam a revolução que, em escala exponencial, trouxeram todas as obras e aparatos que temos contato diariamente. Porém, tecnologia é o estudo do saber-fazer que, segundo Vargas, considera dois elementos fundamentais: a ciência e os materiais (VARGAS, 1985). A engenharia também agrega esses componentes, e, a partir dessas informações, muitos estudantes classificam a engenharia como um conhecimento puramente tecnológico. Não se faz engenharia sem o conhecimento da tecnologia. Mas engenharia vai além da tecnologia. (PEREIRA & BAZZO, 1997).

A construção de casas de baixo custo para suprir o déficit habitacional têm tido como solução a aplicação dos mais variados materiais e suas tecnologias. Assim, o problema de engenharia é construir casas seguras e confortáveis para abrigar o homem. De cada engenheiro virá a aplicação de uma ou outra tecnologia de materiais como parte de uma solução.

#### **3.3. Engenharia não é (só) Matemática.**

A força e a beleza da Matemática protagonizada pelas disciplinas de Cálculo, Geometria, Álgebra, entre outras, influenciam o jovem estudante de engenharia marcando-lhe o início de uma caminhada. Cabe ao professor de engenharia mostrar a importância de se dominar os conteúdos matemáticos que irão ajudar a resolver os problemas de engenharia. Fruto do intelecto humano, a Matemática é a maior evidência dos conhecimentos "das idéias" como caracterizado por Milton Vargas (VARGAS, 1985). Mas matemática é mais uma ferramenta poderosa do engenheiro. Engenharia se faz com a força da matemática, mas a solução de engenharia não segue nenhum postulado matemático. Para as engenharias, as equações matemáticas traduzem leis físicas que determinam os parâmetros de, por exemplo, um circuito elétrico dentro de um projeto elétrico. Este último sim, uma solução de engenharia.

### 3.4. Engenharia não é (só) Criatividade.

A reunião dos componentes anteriores, convergindo para um problema de engenharia em soluções matematicamente correta, cientificamente legais, tecnologicamente apropriadas e, **diferentes entre si**, implica que há uma considerável “**porção humana**” na engenharia. O que realmente caracteriza o **engenheiro** é esse componente que nos leva à condição de sermos diferentes e expressarmos nosso potencial **criativo** em cada obra ou em cada produto. Como exemplo, entre tantos outros dessa situação de engenharia que expressa ao mesmo tempo ciência, matemática, tecnologia e arte, podemos citar as pontes que ligam a Ilha de Santa Catarina ao continente. Na chegada a Florianópolis estão, lado a lado, a novas pontes em concreto (Ponte Pedro Ivo Campos) e, em aço a ponte Hercílio Luz que, apesar de desativada, é reproduzida como cartão postal para todo o mundo. Ambas, novas e antiga, respeitam o rigor matemático e científico, caso contrário não estariam "em pé". Aço e concreto são exemplos justapostos da tecnologia de materiais que pode ser aplicada em uma solução para um problema de engenharia. Mas fundamentalmente as pontes se diferenciam na arte, na porção criativa dos engenheiros (PEREIRA & BAZZO, 1997).

Recobrando o item dois podemos sintetizar, correndo os riscos das simplificações, que engenharia é a área do conhecimento humano que, em se utilizando da matemática, de bases científicas e da tecnologia, elabora soluções criativas e práticas para atender as necessidades humanas.

## 4. OS OBJETIVOS DE UM PROJETO DE FINAL DE CURSO.

Filosofia da Engenharia à parte, o trabalho de final de curso pode ser caracterizado por alguns pontos muito nítidos. Em primeiro lugar pode-se citar o aspecto legal relacionado às Diretrizes Curriculares que determina que haja, *"no mínimo um, trabalho de síntese e integração dos conhecimentos adquiridos ao longo do curso"* (MEC, 2003).

Sob o plano de aplicação de conhecimentos adquiridos durante o curso de engenharia Edson Ferlin dirige o trabalho de final de curso para *"permitir que alunos de último ano tenham a oportunidade de usar, provar, e fortalecer os conhecimentos adquiridos ao longo do curso em um projeto interdisciplinar"* (FERLIN *et al.*, 2004). Sob a ótica de materializar um projeto que une teoria e prática, o projeto final coroa um processo e abre novas formas de visão para o campo complexo da engenharia.

### 4.1. Três dimensões de um projeto de final de curso de engenharia.

Ao propor um trabalho de final de curso, o aluno de engenharia deve ter em mente que não é qualquer situação que ele busque estudar que pode ser proposta. Seu projeto de final de curso deve satisfazer alguns pré-requisitos que validarão seu trabalho pelo conteúdo, junto aos seus pares e ao conceito de engenharia (ROADSTRUM, 1998). A seguir apresentam-se

alguns conceitos que o aluno de engenharia deve considerar quando da elaboração da proposta de trabalho de final de curso.

**O projeto de final de curso deve estar em consonância com o projeto pedagógico do curso.**

O projeto de final de curso de engenharia, como exposto, é obrigatório pelas Diretrizes Curriculares. Essa premissa, contrastada com a flexibilidade dada pelas próprias diretrizes curriculares, traz aos cursos de engenharia a necessidade de identificação de áreas de atuação. O conceito de trabalho de graduação deve constar do Projeto Pedagógico do Curso, e lá o aluno encontrará as indicações das áreas de interesse que não são exclusivamente as suas, mas, parte de um planejamento acadêmico. Nesse contexto, a proposta de trabalho deve estar imbricada e com as competências e habilidades<sup>2</sup> desejadas para a formação do acadêmico e que também devem estar explícitas no projeto pedagógico. Adotar-se uma orientação clara para os trabalhos de graduação, além de fortalecer os cursos de engenharia, equipes de pesquisa e projetos de extensão, traz recursos didáticos para o desenvolvimento do dia a dia universitário. De forma oposta, a abertura de propostas de trabalho em áreas não interessantes ao projeto pedagógico do curso, acarreta em um desperdício e em "facilidades" que podem ser "encontradas" para contornar um trabalho que representa o ápice de um esforço conjunto de professores e alunos.

**O trabalho de final de curso deve contemplar de forma consistente os conhecimentos afins da engenharia.**

Conforme exposto nos itens anteriores, da engenharia fazem parte a ciência, a matemática, a tecnologia e a criatividade. Sem um desses componentes, o problema de engenharia fica descaracterizado ou, no mínimo, comprometido. Contemplar um conjunto de ciência, matemática, tecnologia e criatividade é fundamental na realização de um trabalho de final de curso. A harmonia necessária nesse conjunto é uma parte da solução do problema proposto.

**O trabalho de final de curso deve corresponder aos conhecimentos e interações entre orientador e orientado.**

O conjunto orientador-orientado, caracterizado por Milton Vargas como uma evolução da célula mestre-aprendiz nas técnicas da Idade Média sobrevive até hoje dada a sua importância. Para o desenvolvimento de um trabalho de final de curso profícuo é importante que orientador e orientado(s) estejam em consonância de objetivos, tempo e quantidade de trabalho. O orientador não faz o trabalho, mas sem ele compromete-se de forma vital o processo. O orientador indica o caminho, aumenta a eficiência do processo, agrega a equipe, indica os resultados esperados e mostra o que realmente é **ser engenheiro** (VARGAS, 1985).

## **5. OS PROBLEMAS ENCONTRADOS.**

Durante a prática acadêmica, quando os alunos buscam orientação sobre como elaborar o trabalho de final de curso, aparecem três situações:

- a) os alunos que já trabalham, geralmente aqueles em contato com a indústria, apresentam propostas de trabalho de graduação que estão muito próximas daquelas situações que são parte de seu dia a dia. Tentando facilitar uma situação acadêmica

---

<sup>2</sup> Ao contrário do foco em conteúdos das legislações anteriores, pelas novas Diretrizes os cursos de engenharia devem proporcionar oportunidades para que os estudantes desenvolvam competências e habilidades pertinentes à atribuição de engenheiro.

fundindo-a com sua vida profissional, os alunos se aproximam de um perigoso ponto que é transformar uma atividade de pesquisa e desenvolvimento em outra que já conta com uma solução profissional, geralmente dada por uma empresa de engenharia. Alunos e suas propostas valorizam a tecnologia e uma "criativa solução de engenharia" por estarem em estreito contato com novas aplicações. Então, pecam por não apresentarem a base científica e matemática que, como visto anteriormente, são elementos fundamentais da solução de um problema de engenharia.

b) Em outro sentido, aparecem os alunos que estão fortemente ligados aos laboratórios e programas de iniciação científica. Bem estruturadas na parte científica e matemática, essas propostas pecam em sua finalidade e real aplicação prática. Essa classe de trabalhos tende a ocupar espaço nas prateleiras das bibliotecas. Esses alunos apresentam propostas de projeto ou trabalhos de engenharia carentes de uma aplicação ou de práticas contextualizadas.

c) Finalmente, aparecem os trabalhos que carecem de consistência e, apesar de permear vários tópicos pertinentes, deixam de representar o ambiente de engenharia por não terem realmente definido um **problema-de-engenharia**. Nesse caso, fica evidente o desconhecimento dos alunos do que é um conjunto de condições para que se caracterize um problema-solução de engenharia.

## 6. COMO DEFINIR UM PROBLEMA DE ENGENHARIA?

Na prática acadêmica, definir um problema de engenharia é uma situação que colocada para estudantes que têm, ao longo do curso, um contato segmentado com a matemática, a ciência e a tecnologia. Também lhes falta a criatividade e a interdisciplinaridade, ainda pouco exercitadas nos cursos. Sem a interconexão desses elementos, a identificação e resolução de um problema de engenharia se tornam uma tarefa complexa.

Edson Ferlin indica que esta situação representa para o estudante *"uma etapa em que o aluno deve sintetizar conhecimento, pesquisa e senso crítico, interpretando o conjunto como fundamental na formação do espírito de engenheiro(a)"*(FERLIN *et al.*, 2004).

Identificar um problema de engenharia requer, então, uma metodologia. Com a finalidade de orientar os alunos na identificação positiva de uma proposta de trabalho, apresenta-se a seguir algumas perguntas.

- 1) Há uma situação prática que será melhorada após o estudo e proposta de solução?
- 2) Para solucionar o problema de engenharia serão utilizados conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos?
- 3) Estes elementos estarão bem definidos no desenvolvimento do trabalho?
- 4) A solução do problema dependerá da criatividade? Ou seja, será necessário engenho?
- 5) O trabalho está relacionado com as indicações do projeto pedagógico do curso?
- 6) A situação-problema une orientador e orientado para que o trabalho seja interessante para ambos?
- 7) A resposta ao problema será definida e de aplicação viável?
- 8) O problema não encontra uma solução trivial em empresas de engenharia que atuam no mercado?

## 7. CONCLUSÃO

Um trabalho de graduação de engenharia nasce e se consolida em um conjunto de conhecimentos, experiências e observações pertencentes à vida acadêmica e social do

estudante de engenharia. A proposta deve estar embasada no **ambiente da engenharia** para que possa ser aceita como tal.

A situação comum de o acadêmico trazer como proposta de trabalho de graduação uma situação de laboratório ou da empresa onde estagia ou trabalha deve ser condicionada à real validade de ser um **trabalho de engenharia**. Essa validação é um processo importante que, de maneira geral, é desconsiderada pelos alunos. Quando bem discutida, essa fase conduz a um trabalho de sucesso no caráter acadêmico. Caso contrário, o aluno corre o risco de reprovação quando da defesa de seu trabalho, por não encontrar subsídios para convencer a banca de avaliação.

Em outro nível, cabe aos gerentes do processo acadêmico, coordenadores, professores e professores-orientadores, determinar os interesses do curso em relação ao projeto de graduação. Ao mesmo tempo, definir os focos de trabalho para que os alunos se sintam seguros em propor determinado tema e não percam tempo estruturando defesas de propostas que não encontrarão campo para o desenvolvimento.

Ainda, cabe ao acadêmico conhecer o processo de determinação de uma proposta e saber que esta não nasce da imaginação pura e simples, mas sim, que faz parte de um sistema articulado, com regras claras e com objetivos definidos em área apaixonante chamada: ENGENHARIA.

## 8. REFERÊNCIAS

BAZZO, Walter A.; PEREIRA, Luis T. do Vale; LINSINGEN, Irlan von. **Educação Tecnológica: enfoques para o ensino de engenharia**. Florianópolis: UFSC, 2000.

COBENGE 2003. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. 2003, Rio de Janeiro.

FERLIN, Edson Pedro; PILLA Jr., Valfredo; CUNHA, José Carlos. The graduation Thesis in the Computer Engineering at UnicenP. FIE 2004 – Frontiers in Education Conference – Novembro, 2003.

ENGENHAR. In **Dicionário Aurélio**. Curitiba : Gráfica Positivo, 2004.

ENGENHARIA. In **Dicionário Aurélio**. Curitiba : Gráfica Positivo, 2004.

Ministério da Educação, “Padrões de qualidade para cursos de graduação em engenharia”, Disponível em <<http://www.mec.gov.br/sesu/cursos/default.shtm#padroes>> Acesso em: 21 de maio de 2005.

PEREIRA, Luis Teixeira do Vale. BAZZO, Walter Antônio. **Ensino de Engenharia: na busca do seu aprimoramento**. Florianópolis : UFSC, 1997.

ROADSTRUM, Willian H. **Being Successful As An Engineer**. New York : Engineering Press, 1998.

VARGAS, Milton. **Metodologia da Pesquisa Tecnológica**. Rio de Janeiro : Editora Globo, 1985.

WRIGHT, Paul H. **Introdution to Engineering**. New York : John Wiley & Sons, 2002. p.111-134.

## **GRADUATION THESIS: IDENTIFYING AN ENGINEERING PROBLEM AND ITS SOLUTION.**

**Abstract:** *According to the Programatic Guidelines, all Engineering Programs in Brazil must demand from the students, obligatorily, a Graduation Thesis. For this reason, the subject must be guided by the Engineering Program Pedagogical Guidelines. This situation makes clear the absence of ability from the students on identifying, proposing and solving a real Engineering problem. This difficulty leads directly to projects that hardly present significant contribution to Engineering development. This paper tries to guide the students to recognize Engineering related subjects and, using well fundamented assumptions, define and propose solutions for an Engineering problem.*

**Key-words:** *Graduation Thesis, Engineering Course.*