



O PENSAMENTO MATEMÁTICO DOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA: UM ESTUDO DE CASO DO PROJETO DE FINAL DE CURSO

Gisela Hernandes **Gomes**
Universidade Presbiteriana Mackenzie
Brasil
gisela.gomes@mackenzie.br

Janete Bolite **Frant**
Universidade Bandeirantes
Brasil
janetebf@gmail.com

Arthur B. **Powell**
Rutgers University
Estados Unidos da América
powellab@andromeda.rutgers.edu

Resumo

A preocupação com o ensino da Matemática em cursos de Engenharia tem sido objeto de atenção desde a criação da *International Commission on Mathematical Instruction* (ICMI), em 1908. E continua em recentes estudos que apontam a dificuldade encontrada pelos alunos de Engenharia em compreender os conceitos matemáticos e aplicá-los em problemas de suas áreas de atuação. O foco desta pesquisa é investigar a Matemática utilizada em Trabalhos de Conclusão de Curso de Engenharia, e que elementos matemáticos aplicam a seus TCCs. O embasamento teórico-metodológico adotado foi constituído dos aspectos do pensamento matemático e da *Grounded Theory*. Os resultados revelam diferenças entre a cultura do engenheiro e a da sala de aula de Engenharia, como o rigor matemático e a aproximação de resultados, além de apontarem aspectos do pensamento matemático nos TCCs que podem ser explorados nas aulas nos cursos de Engenharia através da modelagem e do uso de softwares.

Palavras chave: ensino de engenharia, aspectos do pensamento matemático, trabalho de conclusão de curso, *grounded theory*.

Introdução

A importância da Matemática e sua aplicação a diversos domínios científicos e tecnológicos, tanto na indústria quanto no setor terciário, são evidentes em diversas áreas, como Administração, Economia, Computação e Engenharia, entre outros campos das Ciências Exatas.

Na Engenharia, a interpretação e a resolução de problemas requerem modelos em que as soluções são alcançadas por aplicação direta da Matemática. Para a compreensão e análise desses modelos matemáticos, muitas das vezes é necessária a utilização de elementos de estatística, álgebra linear e cálculo diferencial e integral.

Cardella (2007) aponta que ao ensinarmos Matemática para estudantes de Engenharia deveríamos considerar não apenas o conteúdo matemático, mas também as estratégias de resolução de problemas, os métodos para utilizar os recursos (processos metacognitivos) e as crenças e influências, além de uma gama de fontes físicas e sociais que os estudantes poderão aprender a usar.

No entanto, não é de hoje que a preocupação com a Matemática ensinada nos cursos de Engenharia tem tido destaque em debates e estudos. Howson, Kahane, Lauginie e Turckheim (1988) apontam que o assunto tem sido objeto de atenção desde a criação da International Commission on Mathematical Instruction (ICMI), em 1908.

Slaughter (1908), ao escrever sobre o encontro de matemáticos e engenheiros realizado no Chicago Symposium on Mathematics for Engineering Students ocorrido em dezembro de 1907 na Universidade de Chicago, levantou o seguinte tópico da discussão sobre o ensino de Matemática a estudantes de Engenharia: Que Matemática é necessário ensinar aos estudantes de Engenharia? Esse tópico teve desdobramentos, que permitiram discussões sob três pontos de vista: o da prática do engenheiro, o do professor de Engenharia e o do professor de Matemática na escola de Engenharia — temas esses que têm constado na pauta de congressos e pesquisas há mais de um século.

Dentre os trabalhos apresentados em 1912 no V International Congress of Mathematicians (ICM), em Cambridge, o de Henry Seely White discute o papel da Matemática na prática da Engenharia. Embora reconhecendo que a Matemática tem indubitavelmente uma grande importância para os engenheiros, White (1912) aponta que há uma distinção entre os profissionais desses dois ramos de conhecimento: por um lado, os matemáticos olham para a Engenharia de um ponto de vista científico, construindo teorias e regras úteis para a prática desta; por sua vez, os engenheiros, quando dotados de bons conhecimentos matemáticos, preocupam-se primeiramente com o design e com a construção de obras duráveis e eficazes, sendo uma de suas preocupações a de garantir a melhor associação entre eficiência e economia (o que nos dias de hoje se denomina alcançar a melhor relação custo-benefício). Ainda de acordo com White, a colaboração entre essas duas classes de profissionais produz excelentes resultados.

No contexto brasileiro, instituições como a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), e a Associação Brasileira de Ensino de Engenharia (Abenge) vêm propiciando projetos e debates acerca do ensino de Engenharia. Um dos projetos de grande repercussão foi o Programa de Desenvolvimento das Engenharias (Prodenge), lançado em setembro de 1995 com parceria da Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES), da Secretaria de Educação Superior (SESu) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). O objetivo do Prodenge era

apoiar universidades nas áreas de Engenharia e das disciplinas básicas, como Física, Química, Informática e Matemática, promovendo a estruturação e modernização do ensino e pesquisa em Engenharia (Longo, Rocha, & Loureiro, 1996).

O Prodenge durou pouco mais de seis anos, mas para Longo (2004) os resultados desse programa:

[...] não devem ser medidos somente pelos seus inúmeros resultados palpáveis, traduzidos por produtos gerados, laboratórios montados, material didático disponibilizado, artigos publicados, etc., mas sim pelas suas importantes conseqüências intangíveis, estruturantes e duradouras, sobre a formação dos engenheiros brasileiros e sobre a otimização dos recursos existentes para pesquisas em engenharia no País. (p. 433)

O Trabalho de Conclusão de Curso

O governo brasileiro tem publicado algumas ações para o aprimoramento do Ensino da Engenharia no país. Segundo o Diário Oficial da União (2001), o parecer do Conselho Nacional de Educação – Câmara de Educação Superior (CNE-CES 1362/2001) das Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia fica estabelecido que o trabalho final de curso seja obrigatório como atividade de síntese e integração de conhecimento. Nesse sentido, essa atividade consiste em uma investigação acadêmica, sendo que o tema a ser trabalhado deva ser definido dentro das áreas do conhecimento tratado pelos currículos dos cursos de Engenharia. Ainda de acordo com esse documento,

o novo engenheiro deve ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, ele deve ter a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, em sua inserção numa cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões. Não se adequar a esse cenário procurando formar profissionais com tal perfil significa atraso no processo de desenvolvimento. (CNE-CES 1362/2001)

Em 2002, o Ministério da Educação publicou um documento que é uma referência para a elaboração dos planos pedagógicos dos cursos de Engenharia no Brasil. De acordo com o Diário Oficial da União (2002), a Resolução do Conselho Nacional de Educação – Câmara de Educação Superior 11 (CNE-CES 11) institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, das quais destacamos:

A formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

I - aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à Engenharia;

II - projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;

III - identificar, formular e resolver problemas de engenharia.

Embasadas nessas diretrizes as Escolas de Engenharia no Brasil têm proposto algumas maneiras de realizar os trabalhos de conclusão de curso. Shiga e Pegollo (2008) propõem que os alunos de graduação de Engenharia Elétrica da Universidade São Judas Tadeu, ênfase em eletrotécnica, desenvolvam um estudo multidisciplinar levando em conta o empreendedorismo sobre um tema escolhido pelo grupo e que, além disso, tenha um viés social.

Outra proposta interessante realizada pelo Instituto Tecnológico da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, que além de atender a legislação brasileira, propõe um modelo chamado “Trabalhos acadêmicos integradores”. Segundo Esteves e Paula (2006) esses trabalhos devem preferencialmente ser desenvolvidos por um grupo de alunos e ministrados por um grupo de dois a quatro professores, propiciando dessa forma “uma diversidade de visões e abrangência da abordagem desejável ao tema”. Esses trabalhos também devem ser propostos por esses professores a partir do primeiro período do curso de Engenharia, e de acordo com os autores devem ser concebidos e desenvolvidos, de forma que seus objetivos sejam sempre mantidos como foco, ficando a busca da aprendizagem dos conteúdos, desenvolvidos nas demais disciplinas, como consequência.

De acordo com os projetos pedagógicos dos cursos de Engenharia Mecânica e de Engenharia de Produção pesquisados na universidade que serviu de pano de fundo para nossa pesquisa, o aluno deve desenvolver a partir da 8.^a etapa um TCC que integre os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos nas etapas anteriores. No 8.^o período letivo, o conteúdo programático da disciplina ‘Metodologia científica aplicada ao TCC’ põe o estudante em contato com noções conceituais sobre pesquisa científica, aplicação de técnicas de coleta de dados, levantamento e fichamento de referências e elaboração do projeto de pesquisa.

As disciplinas ‘Trabalho de Conclusão de Curso I’, ‘II’ e ‘III’ pertencem à área de formação geral complementar, sendo cursadas respectivamente na 8.^a, 9.^a e 10.^a etapas. O TCC apresenta-se como elo de interação entre o conhecimento especializado e as diversas áreas do saber. Na primeira fase desse trabalho (‘TCC I’), o aluno deve preparar um anteprojeto de pesquisa, com base em levantamento e análise bibliográfica, pesquisa em campo e orientação individual. A segunda fase (‘TCC II’) requer revisão da literatura, desenvolvimento dos ensaios, levantamento de dados ou estudo de caso, análise e discussão dos resultados e, por fim, conclusões. A terceira fase (‘TCC III’) envolve a entrega definitiva e a apresentação do trabalho perante banca examinadora.

Referencial Teórico

Alguns trabalhos nos remetem a uma maior reflexão sobre a Matemática ensinada nos cursos de Engenharia. O projeto desenvolvido por Phillip Kent em parceria com Richard Noss, no período de fevereiro a dezembro de 2001, financiado pelo ESRC, foi *The mathematical components of engineering expertise (MCEE)*, pelo qual tivemos especial interesse, examinou como as idéias e técnicas matemáticas são usadas na prática de Engenharia, com a observação detalhada de engenheiros civis que trabalhavam na elaboração de projetos em uma grande empresa de Engenharia Civil. De acordo com os autores, entender os elementos matemáticos na prática de Engenharia permite avaliar que tipo de conhecimento matemático é empregado e como esse conhecimento permeia as decisões que são tomadas no ambiente de trabalho de Engenharia.

O projeto foi dividido em quatro fases: (1) análise documental sobre a Matemática visível, ou seja, elementos matemáticos, idéias e habilidades na prática de Engenharia; (2) entrevistas realizadas com um pequeno grupo de engenheiros civis de uma empresa de Engenharia; (3) observação etnográfica dos encontros com os engenheiros; (4) análise dos dados das entrevistas.

Kent e Noss (2002) identificaram com esse estudo três classificações para o trabalho desempenhado por engenheiros estruturais: criação, análise e revisão. A distinção que os engenheiros fizeram entre criação e análise foi onipresente e notável: “Quando estou analisando,

não estou criando; estou fazendo os cálculos que justificam minha criação”. Por outro lado, em engenheiros em início de carreira, as habilidades de criação são desenvolvidas simultaneamente à execução de tarefas rotineiras relacionadas à análise.

Outro ponto observado pelos autores é que a maioria dos engenheiros estruturais não usa uma Matemática sofisticada em sua vida profissional. Nas entrevistas, um dos engenheiros relatou que depois que o aluno deixa a universidade a coisa mais complexa que o profissional de Engenharia virá a fazer é um “quadrado” ou um “cubo”. Além disso, o entrevistado informou que, para a maioria dos engenheiros da empresa, é ensinado um enorme repertório de Matemática, mas que nem sempre essa Matemática vem novamente à tona. Segundo os autores, com o passar do tempo o perfil matemático das atividades às quais um indivíduo se dedica tende a se tornar menos explícito e mais tácito.

No modelo de ensino que ainda presenciamos em muitas aulas de Matemática, referido por Powell e Bairral (2006) como de “cuspe e giz”, poucas são as situações propiciadas em que os alunos vivenciam a oportunidade de refletir sobre a Matemática que lhes é ensinada e mesmo sobre o que pensam dessa área de conhecimento e sobre as relações que eles próprios têm com essa disciplina. Tal prática, que os autores mencionam como ocorrente no ensino fundamental, não é muito diferente da que se verifica também no ensino superior.

Na visão de Lampert (1990), essa Matemática (escolar) é comumente associada com o conhecimento de conteúdos e a capacidade de dar respostas corretas de forma rápida. Para a autora, essas concepções são formadas durante a experiência escolar, durante a qual fazer Matemática significa seguir as regras trazidas pelo professor, conhecer Matemática significa lembrar e aplicar corretamente as regras quando o professor indaga e determinar a verdade matemática é realizado quando o professor confirma a resposta oferecida.

No Brasil, essa forma de abordar a Matemática também é apontada em cursos de graduação por Bringham (1993) e Barufi (1999). Tal abordagem, embora criticada na década de 1990, ainda persiste e parece enfatizar técnicas e procedimentos em detrimento da compreensão de conceitos (Barufi, 2002; Silva, 2004; Dall’Anese, 2006; Mometti, 2007; Doorman & Maanen, 2008).

Na visão de Schoenfeld (1992), considerar o conhecimento matemático como o domínio de um corpo de fatos e procedimentos que lidam com quantidades, magnitudes e formas e também com as relações entre elas é uma perspectiva empobrecida da Matemática. Do ponto de vista desse autor, a Matemática é uma atividade intrinsecamente social, na qual uma comunidade de cientistas matemáticos dedica-se a determinar a natureza ou os princípios de padrões em sistemas definidos axiomática ou teoricamente ou ainda através de modelos de sistemas abstraídos de objetos do mundo real. Entretanto, dispor de treinamento no uso de ferramentas matemáticas como abstração, representação simbólica e manipulação simbólica não significa necessariamente pensar de forma matemática. Aprender a pensar matematicamente, de acordo com Schoenfeld, significa:

- a) desenvolver um ponto de vista matemático, avaliando os processos de matematização e de abstração e, de preferência, aplicando-os; e
- b) desenvolver competência para usar as ferramentas matemáticas com o objetivo de compreender a estrutura matemática.

Para Schoenfeld (1992), a forma de ensinar Matemática deve focalizar a busca de soluções

de problemas e não apenas a memorização de procedimentos; a exploração de padrões e não apenas na memorização de fórmulas; a formulação de conjecturas e não apenas a realização de exercícios.

No caso da formação de engenheiros, Cardella (2006, 2008) discute, com base em Schoenfeld (1992), a necessidade de que os matemáticos disponham de uma compreensão mais ampla sobre a Matemática e sobre o pensamento matemático necessários à prática de Engenharia: não apenas tomar conhecimento dos conteúdos matemáticos necessários a essa prática, mas considerar as estratégias de resolução de problemas, os meios e o uso desses meios, as crenças matemáticas, a prática matemática e o ambiente no qual esse ensino se processa. De acordo com a autora, há ainda muito trabalho a ser feito para se compreender como direcionar esses aspectos do pensamento matemático à educação dos estudantes de Engenharia. Alguns aspectos do pensamento matemático citados por Cardella (2006) estão reunidos na Tabela 2.1. Destinam-se eles a construir o corpo de análise da presente pesquisa, de modo a permitir que se avance na discussão da educação em Engenharia.

Tabela 1

Alguns aspectos do pensamento matemático focado no ensino da Engenharia.

Aspectos do pensamento matemático	Definição
Base de conhecimento	Meio cognitivo: conhecimento do conteúdo matemático.
Estratégia de resolução de problemas	Estratégias globais ou locais aprendidas nas disciplinas matemáticas.
Uso de meios	Meio social: observação. Meios materiais: livro textos, computadores. Uso de meios: processos metacognitivos tais como planejamento e monitoramento.
Crenças e sentimentos	Crenças sobre matemática e habilidade matemática, sentimentos da Matemática, emoções ou sentimentos experimentados.
Prática matemática	Atividades ou ações em que engenheiros ou matemáticos se empenham ou atividades que envolvem Matemática.

Esses aspectos, apresentados por Schoenfeld (1992) e discutidos por Cardella (2006), proporcionam à presente pesquisa pontos relevantes para a investigação do pensamento matemático de estudantes de Engenharia. Cardella (2007), considerando que nós, professores e educadores, devemos assegurar que os estudantes de Engenharia tenham uma sólida compreensão dos conteúdos matemáticos, expõe:

Esses cinco aspectos do pensamento matemático fornecem uma oportunidade para esclarecer as bases do conhecimento matemático dos estudantes de Engenharia adicionados às estratégias de resolução de problemas que eles aprenderam em suas disciplinas matemáticas, os meios pelo qual eles aprenderam para usar em suas disciplinas matemáticas, a maneira como os estudantes de Engenharia aprendem a monitorar o uso de meios matemáticos (isto é, processos metacognitivos tais como planejamento, monitoramento e reflexão), crenças e influências que os estudantes de Engenharia têm

desenvolvido sobre matemática e os tipos de práticas matemáticas que esses estudantes empregam (por exemplo, usando estimativa, sendo preciso, usando números para justificar um projeto). (p. 2)

O primeiro ponto destacado por Cardella (2006) sobre o pensamento matemático é a base de conhecimentos matemáticos. Dentre os tipos de conhecimento que podem proporcionar um bom desempenho na resolução de problemas, a autora inclui: conhecimento informal e intuitivo a respeito de certo domínio matemático; fatos e definições; procedimentos algorítmicos; procedimentos de rotina; competências relevantes; e conhecimentos sobre as regras do discurso em um determinado domínio. Cardella faz uma ressalva sobre a importância desses tipos de conhecimento, apontando que o professor deve avaliar cuidadosamente certos equívocos cometidos pelos estudantes no processo de aprendizagem para que estes consigam aprender com entendimento do que está sendo ensinado.

Cardella (2006) acrescenta que os estudantes de Engenharia devem examinar a resolução de um problema e suas estratégias tanto no campo da Matemática como em outros domínios, tais como o da Física e o da própria Engenharia.

Na perspectiva de Sternberg (1996), uma boa maneira de compreender o pensamento matemático consiste em recorrer a um conjunto de prototípicos, embora não exista um prototípico único para o pensamento matemático. Dessa maneira, para entendermos amplamente um ou mais modelos, provavelmente teríamos de combinar múltiplas relações para a compreensão do pensamento matemático. Algumas relações são abordadas por Sternberg, como a computacional, a antropológica, a pedagógica e a matemática.

Ao discutir essas múltiplas relações, Sternberg (1996) destaca o trabalho de Mayer e Hegarty (1996) sobre a relação computacional. Esses autores sugerem dois processamentos de informação do pensamento matemático: raciocínio quantitativo e raciocínio qualitativo. O primeiro se refere a uma estratégia direta de resolução de problemas, recurso esse que pode se apresentar muito rápido, imediato, mas que pode levar a erros se mal elaborado. Esse tipo de estratégia é chamada por Mayer e Hegarty de “calcule primeiro e pense depois”. No raciocínio qualitativo, por sua vez, o indivíduo constrói uma compreensão qualitativa do problema, elabora uma representação interna e só então calcula uma solução para o problema.

Para Sternberg (1996), a “habilidade matemática, nessa visão, não envolve apenas desenvolver o processo de raciocínio para resolução de problemas, mas desenvolver processos de pressuposição ou por outro lado gerar premissas corretas para servir de base para a resolução de problemas” (p. 307).

Um importante aspecto a ser levado em conta no ensino matemático para estudantes de Engenharia, segundo Fadali, Velásquez-Bryant e Robinson (2004), é a metacognição, ou seja, “a análise de como os estudantes pensam e aplicam as estratégias para esse propósito” (p. 20). Para esses autores:

As habilidades metacognitivas permitem aos estudantes se tornarem melhores solucionadores de problemas porque:

1. Elas ajudam o estudante a codificar e formar um modelo mental de um problema.
2. Elas ajudam na seleção de estratégias de soluções.
3. Elas permitem confrontar e remover obstáculos das soluções. (p. 20)

Na visão de Flavell (1979), o conhecimento metacognitivo consiste primeiramente em conhecimentos ou crenças sobre fatores ou variáveis que interagem de modo a afetar o curso e os resultados das iniciativas cognitivas. Para o autor, há três grandes categorias desses fatores ou variáveis: pessoa, tarefa e estratégia. Essa perspectiva complementa o que Schoenfeld (1992) descreve sobre as crenças e sentimentos que os alunos têm com relação à Matemática e sobre o modo como esses aspectos influenciam o uso da Matemática. De acordo com Schoenfeld (1994), alguns estudantes, incluindo os de Engenharia, acreditam que:

- os problemas de Matemática têm apenas uma resposta certa;
- existe um único modo correto de resolver qualquer problema matemático — geralmente a regra que o professor acabou de demonstrar;
- de praxe, os estudantes não esperam compreender a Matemática, mas esperam simplesmente memorizá-la e aplicar mecanicamente e sem compreensão aquilo que aprenderam;
- a Matemática é uma atividade solitária, feita por indivíduos em isolamento;
- os estudantes que entendem a Matemática que estudam serão capazes de resolver em cinco minutos ou menos qualquer problema que lhes seja apresentado;
- a Matemática aprendida na escola tem muito pouco ou nada a ver com o mundo real;
- a demonstração formal é irrelevante para o processo de descoberta ou invenção. (p. 57)

Essas crenças relatadas por Schoenfeld estão entre as que percebemos nas falas de alunos de Engenharia em nossa prática em sala de aula, principalmente no caso de alunos ingressantes. Tais crenças são muitas vezes reforçadas quando as disciplinas básicas de Matemática (por exemplo, ‘Cálculo diferencial e integral’) são ministradas com ênfase nas técnicas, como expõe Biembengut (1997).

O último aspecto do pensamento matemático abordado por Schoenfeld (1992) denomina-se prática (ou experiência) matemática. Cardella (2006), baseando-se em Schoenfeld, descreve que essa prática:

[...] compara dois tipos de ambientes de aprendizagem: um no qual os estudantes adotam a “matemática escolar” e no qual os estudantes são aculturados para aprender “matemática real” e a prática da matemática real com que os matemáticos especialistas estão envolvidos. Quando um professor ensina Matemática como uma “aculturação”, o professor faz um esforço para dar ao aluno uma visão de mundo com uma “perspectiva matemática”, como um matemático especialista. (pp. 26-27)

A pesquisa realizada

Os participantes escolhidos para esta pesquisa são dois professores e dois alunos (orientandos desses professores), de uma Escola de Engenharia em uma universidade particular da cidade de São Paulo, Brasil. A professora (designada por nós como P1) tem graduação em Matemática, mestrado em Engenharia e Tecnologias Espaciais e doutorado em Engenharia Mecânica. O professor (designado por nós como P2) tem graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado na área de Engenharia Mecânica. A orientanda de P1 (aluna A1) cursava Engenharia de Produção; o orientando de P2 (aluno A2) cursava Engenharia Mecânica. A1 defendeu seu

TCC em 2007; A2, em 2006. Nesse artigo relatamos os resultados obtidos nas entrevistas com os professores.

Os dados desta pesquisa foram sendo construídos à medida que íamos avançando em sua análise. A primeira entrevista, realizada com os dois professores, teve como objetivo levantar pontos gerais da orientação dos TCCs de alunos de graduação da escola pesquisada. Essa primeira entrevista, além de levantar pontos não previstos nas questões, mas que se mostraram pertinentes para nossa análise, nos permitiu refinar as questões para a segunda entrevista e selecionar dois trabalhos de graduação, cada um deles orientado por um dos professores.

Após a análise dessas duas entrevistas, realizamos uma investigação mais detalhada da grade curricular dos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção para compreender o universo em que professores e alunos estavam engajados.

Charmaz (2006) destaca que na metodologia da Grounded Theory a construção de dados e a análise ocorrem simultaneamente, permitindo que outras questões sejam formuladas à medida que a análise vai se desenvolvendo, o que exige retornar aos dados.

A primeira entrevista foi realizada no dia 24 de junho de 2008 às 16:00 às 17:00 e contou com a participação dos professores P1 e P2 e de dois técnicos que se encarregaram da filmagem. O clima da entrevista foi informal, sem necessidade de readequação do estúdio com uso de cenários ou painéis de fundo, o que deixou os participantes à vontade para responderem em tom de conversa aos questionamentos da mediadora. O uso de duas câmeras possibilitou não só o enquadramento simultâneo dos professores e mediadora, mas também de gestos e expressões dos professores, imagens essas captadas de outros ângulos.

Para conduzir a primeira entrevista, esboçamos um questionário que visou esclarecer como se dá a orientação nos TCCs e levantar alguns aspectos do pensamento matemático abordados por Schoenfeld (1992) que emergem no discurso dos professores durante sua atividade de orientação e que de algum modo podem influenciar os estudantes de Engenharia na maneira como utilizam a Matemática ao elaborarem seus TCCs. Durante a entrevista, a mediadora Janete, de acordo com a evolução das exposições e discussões, formulou perguntas que não constavam do roteiro inicial.

Os tópicos inicialmente propostos para a entrevista e abordados durante seu desenrolar foram:

- formação (acadêmica e profissional) de cada um dos professores;
- orientação dos TCCs (como se processou tal orientação);
- utilização nos TCCs dos conteúdos estudados ao longo do curso de Engenharia;
- dificuldades que os professores entrevistados percebiam nos alunos ao elaborarem e produzirem seus TCCs;
- meios propostos pelos professores e utilizados pelos alunos nos TCCs.

A segunda entrevista, com os professores P1 e P2, foi gravada em áudio e filmada no dia 12 de agosto de 2008 das 17:30 às 18:00 nos estúdios da universidade. Considerando a entrevista anterior, pediu-se a cada um dos professores que escolhesse um trabalho de TCC que houvesse orientado para que, auxiliada por sua leitura, a pesquisadora pudesse definir a estrutura da entrevista 2.

A professora P1 escolheu o trabalho de uma aluna de Engenharia de Produção que teve por objetivo desenvolver um sistema baseado em redes neurais para a análise e previsão de índices da Bolsa de Valores de São Paulo. O professor P2 escolheu o trabalho de um aluno de Engenharia Mecânica que visou analisar quatro tipos de peças com diferentes geometrias agravantes de tensão, utilizando fórmulas da literatura especializada e comparando-as com os resultados obtidos a partir dos cálculos feitos com auxílio de simulação computacional.

Considerações finais

Nosso objetivo foi investigar a Matemática utilizada pelos alunos de graduação de Engenharia ao elaborarem seus TCCs, uma vez que as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia estabelecem que o trabalho de encerramento de curso deva ser uma atividade de síntese e integração de conhecimentos.

Identificamos nas falas dos professores a questão do rigor matemático versus aproximação. Enquanto, de um lado, se exige que o aluno saiba, ou ao menos acompanhe as demonstrações de fórmulas com todo o rigor que é próprio da Matemática (aquilo que nós matemáticos chamamos de prática matemática da sala de aula), de outro lado, na prática matemática da Engenharia, os procedimentos para a resolução de problemas levam a assumir certas hipóteses que permitem simplificar os cálculos de modo que os resultados atendam às necessidades de trabalho dessa profissão. Os resultados assim obtidos são vistos pelos próprios engenheiros como próximos daqueles esperados segundo a literatura e como satisfatórios

Parece-nos que essas diferenças entre a cultura do engenheiro e a da sala de aula de um curso de Engenharia levam os alunos a vivenciar dificuldades quando se deparam com um problema real de Engenharia, já ao desenvolverem um trabalho acadêmico mais extenso e complexo como é o TCC, que envolve mais do que simplesmente aplicar conceitos ou fórmulas.

Há, portanto, a nosso ver, uma lacuna entre essas culturas que ainda está por ser preenchida. Ocorre-nos, quanto a isso, que aos professores de Matemática que lecionam em cursos de Engenharia, quer em disciplinas básicas ou profissionalizantes, caberia manter-se em diálogo para que venha a ser possível privilegiar os aspectos do pensamento matemático em toda a sua extensão, criando oportunidades e situações da aplicação da Matemática a problemas de Engenharia.

Um questionamento que deixamos em aberto é se, além de uma mudança na dinâmica entre as disciplinas advindas da discussão entre os professores de um curso de Engenharia, haveria necessidade de reestruturar a grade curricular de cada curso de modo a atender suas especificidades e propiciar situações que promovam os aspectos do pensamento matemático.

Acreditamos que os vários aspectos do pensamento matemático podem ser alcançados com os conteúdos ministrados a estudantes de Engenharia, ao se recorrer, por exemplo, à modelagem e ao uso de softwares, além de outros meios e estratégias de resolução aplicáveis a problemas típicos da área de Engenharia.

Acreditamos que para poder alcançar em sala de aula oportunidades integrativas como estas, necessitaríamos de maior multidisciplinaridade, possivelmente na forma de projetos que envolvam disciplinas tanto do núcleo básico como as do núcleo profissionalizante. Tais oportunidades permitiriam que a distância identificada nesta pesquisa entre o enfoque puramente matemático e o caráter utilitário esperado desse ramo do conhecimento pelos estudantes de Engenharia pudesse ser minimizada.

Referências Bibliográficas

- Barufi, M. C. B. (1999). *A construção/negociação de significados no curso universitário inicial de cálculo diferencial e integral*. [Tese de doutorado]. Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Barufi, M. C. B. (2002). O cálculo no curso de licenciatura em Matemática. *Educação Matemática em Revista*, 9, 69-72.
- Biembengut, M. S. (1997). *Qualidade no ensino de matemática na engenharia: uma proposta metodológica e curricular*. [Tese de doutorado]. Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis.
- Bringhenti, I. (1993). *O ensino na Escola Politécnica da USP: fundamentos para o ensino de Engenharia*. São Paulo: EDUSP.
- Cardella, M. (2006). *Engineering Mathematics: an Investigation of students' mathematical thinking from a cognitive engineering perspective*. [Tese de doutorado]. University of Washington: Seattle, WA.
- Cardella, M. (2007). Mathematical modeling in engineering design projects: insights from an undergraduate capstone design project and a year-long graduate course. *Proceedings of the Thirteenth International Conference on the Teaching of Mathematical Modeling and Applications*. Recuperado em 2 fevereiro, 2009, de <http://site.educ.indiana.edu/Portals/161/Public/Cardella.pdf>
- Cardella, M. (2008). Which mathematics should we teach engineering students? An empirically grounded case for a broad notion of mathematical thinking. *Teaching mathematics and its applications* 27(3), 150-159.
- Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory: a practical guide through qualitative analysis*. Thousand Oaks, CA, USA: Sage.
- Dall'Anese, C. (2006). *Argumentos e metáforas conceituais para a taxa de variação*. [Tese de doutorado]. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Diário Oficial da União*. (12 de dezembro, 2001). Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Recuperado em 23 julho, 2007, de <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>.
- Diário Oficial da União*. (11 de março, 2002). Resolução do Conselho Nacional de Educação - Câmara de Educação Superior 11. Recuperado em 18 julho, 2007, de <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>
- Doorman, M., & Maanen, J. V. (2008). A historical perspective on teaching and learning Calculus. *Australian Senior Mathematics Journal*, 22(2), 4-14.
- Esteve, O. A. Paula, M. I. L. Trabalhos acadêmicos integradores: uma proposta de transdisciplinaridade para o curso de Engenharia de Energia da PUC Minas. *Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. São Paulo, SP, Brasil. CD-ROM
- Fadali, M. S., Velásquez-Bryant, N., & Robinson, M. (2004). Work in progress – Is attitude toward mathematics a major obstacle to engineering education? *Proceedings of the 34th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Savannah, GA, USA, F1F19-F1F-24.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognition monitoring: a new area developmental inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Howson, A. G., Kahane, J. P., Lauginie, P., & Turckheim, E. (Eds). (1988). *Mathematics as a service subject*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kent, P. and Noss, R. (2002) The mathematical components of engineering expertise: the relationship between doing and understanding mathematics. *Institute of Electrical Engineers*

- Second Annual Symposium on Engineering Education: Professional Engineering Scenarios* (Vol. 2, pp. 39-46). London, UK.
- Lampert, M. (1990). When the problem is not the question and the solution is not the answer: mathematical knowing and teaching. *American Educational Research Journal*, 27(1), 29-63.
- Longo, W. P. (2004). O programa de desenvolvimento de engenharias. *Revista Brasileira de Inovação*, 3(2), 417-447.
- Mayer, R. E., & Hegarty, M. (1996). The process of understanding mathematical problems. In R. J. Sternberg, & T. B. Zeev (Eds.), *The nature of mathematical thinking* (pp. 29-53). Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mometti, A. L. (2007). *Reflexão sobre a prática: argumentos e metáforas no discurso de um grupo de professores de cálculo*. [Tese de doutorado]. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Powell, A. B., & Bairral, M. A. (2006). *A escrita e o pensamento matemático: interações e potencialidades*. Campinas: Papirus.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook for research on mathematics teaching and learning* (pp. 334-370). New York: MacMillan.
- Schoenfeld, A. H. (1994). Reflections on doing and teaching mathematics. In A. H. Schoenfeld (Ed.), *Mathematical thinking and problem solving* (pp. 53-70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Shiga, A. A. Pegollo, C. A. G. (2008). Enfocando o empreendedorismo nos trabalhos de conclusão de curso (tcc) – um estudo de caso. *Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. São Paulo, SP, Brasil. CD-ROM.
- Silva, C. A. (2004). *A noção de integral em livros didáticos e os registros de representação semiótica*. [Dissertação de Mestrado]. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Slaught, H. E. (1908). Joint meetings of mathematicians and engineers at the University of Chicago. *Bulletin of the American Mathematical Society*, 14(6), 269-282.
- Sternberg, R. J. (1996). What is mathematical thinking? In R. J. Sternberg, & T. B. Zeev (Eds.), *The nature of mathematical thinking* (pp. 303-318). Mahwah, NJ, USA: Lawrence Erlbaum.
- White, H. W. (1912) The fifth International Congress of Mathematicians. *Bulletin of the American Mathematical Society*. 19(3), 124-129.