



AVALIAÇÃO PEDAGÓGICA DA DISCIPLINA “MÉTODOS EXPERIMENTAIS EM ENGENHARIA” DA UFABC POR UM OBSERVADOR PARTICIPANTE

Antonio F. Gentil Ferreira Jr – agentil@ipt.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Laboratório de Equipamentos Elétricos e Ópticos

Av. Prof. Almeida Prado, 532,

05508-900 - São Paulo - SP

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Laboratório de Engenharia Biomédica

Av. Prof. Luciano Gualberto - Travessa 3, 158

05508-010 - São Paulo - SP

Júlio Carlos Teixeira – juliocharlos.teixeira@ufabc.edu.br

Universidade Federal do ABC

Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas

Av. dos Estados, 5001, Santa Terezinha

CEP09210-580 – Santo André – SP

Resumo: *Este trabalho apresenta os resultados de avaliação da disciplina “Métodos Experimentais em Engenharia” da UFABC utilizando um observador participante com experiência em metrologia na condição de um estudante de graduação. São avaliados os objetivos, planejamento pedagógico, sistema de avaliação e bibliografia. Os resultados encontrados mostraram que a estrutura da disciplina é efetiva para o atendimento dos objetivos propostos e identificam algumas oportunidades de melhoria para a estrutura avaliada.*

Palavras-chave: *Avaliação, Projeto pedagógico, Metrologia*

1 INTRODUÇÃO

A Universidade Federal do ABC – UFABC teve sua fundação em 2005 com o início de operação no ano seguinte. A atual estrutura da universidade abriga cursos nas áreas de ciências humanas e ciências exatas. Dentro da área de engenharia são 8 diferentes modalidades que não mais são relacionadas à compartimentalização clássica das engenharias (elétrica, mecânica, química, etc.), mas sim, a temas interdisciplinares com Engenharia de Energia, Engenharia de Materiais, Engenharia Biomédica, entre outras (LEITE *et al.*, 2011).

A possibilidade de criação da universidade no atual cenário educacional permite a adoção e implantação das melhores práticas de ensino sem a barreira de um sistema já pré-existente. Neste aspecto destaca-se o sistema quadrimestral de ensino com disciplinas ministradas no período de 12 semanas que dá mais dinamismo às atividades de ensino. Por outro lado, o caráter jovial da universidade traz grandes desafios na implantação/construção

Organização



Promoção





da estrutura física do campus, estabelecimento da estrutura laboratorial e das regulamentações internas.

Um exemplo do caráter desafiador apresentado ao quadro de colaboradores (docentes, administrativos e técnicos) da UFABC é o fato que no período de 11 anos de atividades, a instituição passou por 3 revisões no projeto pedagógico dos cursos de engenharia (UFABC, 2017) com readequação, exclusão e inclusão de disciplinas. Na última revisão do projeto pedagógico, ocorreram algumas mudanças na estrutura das disciplinas consideradas como núcleo da formação em engenharia, sendo que ao menos uma das modalidades retirou um grupo de créditos aula de disciplinas comum para inclusão de disciplinas específicas. Analisando por exemplo a grade de disciplinas do curso de Engenharia de Energia, por um lado foram retiradas disciplinas como Métodos Experimentais em Engenharia e Engenharia Unificada II, sendo a primeira relacionada a conceitos de metrologia e experimentação (CONSONNI & TEIXEIRA, 2015) e a segunda relacionada à vivência do desenvolvimento de projeto em engenharia; e por outro lado foram incluídas disciplinas obrigatórias de laboratório de máquinas térmicas, laboratório de trocadores de calor (UFABC, 2017).

Neste contexto de constante reflexão, reavaliação e dinamismo, o objetivo deste trabalho é realizar uma reflexão pedagógica da disciplina: Métodos Experimentais em Engenharia; considerando seus objetivos, planejamento pedagógico e uma visão das habilidades de competências adquiridas pelos alunos. Para isso, as aulas do curso no primeiro quadrimestre de 2016 foram acompanhadas por um estudante de pós-graduação como um aluno regular da graduação.

Ressalta-se que dentro do novo projeto pedagógico para engenharia da UFABC a disciplina Métodos Experimentais em Engenharia já passou por alteração, sendo que passa da atual estrutura com 3 créditos aulas para 4, com início no segundo quadrimestre de 2017.

1.1 Tamanho do trabalho

A disciplina de Métodos Experimentais em Engenharia foi descrita em detalhes (CONSONNI & TEIXEIRA, 2015), mas para auxiliar no desenvolvimento deste trabalho a descrição das características principais são feitas nesta seção. A disciplina faz uma apresentação da necessidade humana de medir incluindo sua evolução histórica até o estabelecimento de um sistema internacional de unidades (SI). Neste contexto a disciplina coloca ao aluno a questão da incerteza da medição, seus métodos de cálculo e de avaliação, buscando trazer a reflexão sobre os parâmetros que podem impactar um processo de medição, desenvolvendo o estímulo ao espírito crítico e organizando estratégias para o estabelecimento de uma sistemática de análise da metodologia experimental. Todo este processo é permeado pelo registro dos experimentos e seus resultados na forma de um relatório técnico adequado para projetos de engenharia, dentro de um conjunto de experimentos e projetos experimentais a serem desenvolvidos.

Dados este panorama é possível introduzir o objetivo da disciplina de Métodos Experimentais em Engenharia retirado do planejamento pedagógico da disciplina no 1º quadrimestre de 2017 (CONSONNI & TEIXEIRA, 2017):

“Apresentar os princípios de metrologia para determinação de grandezas fundamentais da Engenharia (mecânicas, térmicas, químicas, elétricas, ópticas). Análise de incertezas e análise estatística de dados experimentais na estimativa da precisão de medidas em Engenharia. Projetos de experimentos e elaboração de Relatórios Técnicos.



O aluno deverá tomar consciência das incertezas associadas a medidas realizadas através de equipamentos e aparelhos. Aprenderá os procedimentos básicos de análise estatística de dados experimentais e realizará ajustes de curvas a partir de medidas práticas de grandezas fundamentais da Engenharia. Deverá aprender a projetar experimentos para realização de medidas e elaborar relatórios técnicos objetivos e concisos.” (CONSONNI & TEIXEIRA, 2017)

Por ser uma disciplina experimental, seu planejamento é feito utilizando o conjunto de experimentos desenvolvidos. Isto confere à disciplina um caráter muito próximo do formato de ensino ativo (BONWELL & EISON, 1991) principalmente nos projetos de experimentos que a disciplina coloca ao estudante, mas dado o curto período de aulas (12 semanas) e a curta duração de 3 horas, existe o trabalho de conteúdo em aulas expositivas além dos roteiros dos experimentos pré-estabelecidos. A Tabela 1 apresenta os experimentos com os respectivos conceitos explorados.

Adicionalmente às atividades experimentais dentro do cronograma da disciplina, são realizadas aulas expositivas que na maior parte do programa antecedem uma aula experimental. Entretanto, existem 3 aulas exclusivamente expositivas: para apresentação da disciplina, para a avaliação entre os alunos de seus relatórios técnicos de experimento e para prova individual. A Tabela 2 apresenta o conceito abordado nas aulas expositivas e o tipo de aula aplicada.

2 METODOLOGIA

Para realização deste trabalho as aulas da disciplina de Métodos Experimentais em Engenharia no primeiro quadrimestre de 2016 foram acompanhadas por um estudante de pós-graduação na posição e com as mesmas obrigações de um estudante de graduação. Um aspecto interessante do estudante/observador é que, além da realização de pós em nível de doutoramento, possui mais de 20 anos de experiência atuando nas atividades de metrologia no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) no Laboratório de Equipamentos Elétricos e Ópticos. Após cada aula, ocorria breve reunião com a troca de informações entre o observador e o docente sobre as impressões das atividades realizadas.

Após o período de coleta de informações foram comparados os aspectos da execução da disciplina com o seu planejamento pedagógico, seguindo as recomendações de práticas pedagógicas de Masetto (MASETTO, 2012). O conteúdo abordado pela disciplina foi avaliado ponderando: as práticas metrológicas correntes na indústria e estabelecidas pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) dentro do âmbito da metrologia científica (INMETRO, 2017) e o contexto pedagógico do ensino de engenharia.



Tabela 1- Distribuição de atividades experimentais e seus conceitos explorados no quadrimestre. Adaptado de (CONSONNI & TEIXEIRA, 2017).

Atividade	Conceitos Explorados
Experimento 1- Dimensões e densidades de sólidos	Apresentação de mensurando e respectiva incerteza; Incertezas tipo A e tipo B; Medidas diretas e indiretas; Confecção de Relatório técnico.
Experimento 2- medidas de Constante elástica e Força	Gráficos e Ajuste de curvas: obtenção de parâmetros com respectivas incertezas; MMQ; Reprodutibilidade e Repetitividade do mensurando.
Projeto- Exp.2	Métodos e Normas para estimar tamanhos de grãos em imagens de micrografias.
Experimento 3- Coeficiente de restituição	Combinação e Propagação de incertezas; Comparação de resultados de uma grandeza, através de métodos diferentes; Erro normalizado; Rastreabilidade de medidas; linearização de funções.
Projeto- Exp.3	A importância dos sistemas de aquisição de dados na Engenharia: aquisição de sinais de áudio e imagem através de dispositivos móveis.
Experimento 4- Constantes de Tempo	Adequação da metodologia e do equipamento de medida de acordo com a ordem de grandeza do mensurando; modelos exponenciais; ajuste de curva exponencial e extração da constante de tempo.
Projeto- Exp.4	A importância das analogias e dos sistemas de primeira ordem em Engenharia; Obtenção da constante de tempo a partir da derivada da resposta no início da curva de resposta.
Experimento 5- Calibração de Termômetro	Conceitos de construção de escalas, calibração, certificado de calibração, aplicação de fator de correção, cálculo de incertezas envolvendo grandezas correlacionadas.

3 RESULTADOS

Para a realização da disciplina, a classe (30 alunos) deve ser subdividida em grupos menores adequados à execução dos experimentos e neste caso a classe foi dividida em grupos de até 4 alunos. O observador foi incluído em um grupo com o número inicial de 4 alunos. Entretanto, pelo projeto pedagógico da UFABC o aluno pode cancelar disciplinas no decorrer da primeira semana de atividade. Os grupos são estabelecidos por afinidade entre os estudantes e de forma a existirem preferências bem estabelecidas com base em atividades de disciplinas anteriores. Como existe a necessidade de elaboração de um pré-relatório para a experiência este documento é produzido em atividade extraclasse e para este grupo foi realizado pelo compartilhamento de arquivos e contatos com o uso da internet. O observador adotou uma postura passiva, seguindo as designações do grupo nas divisões de tarefa, e eventualmente atuava no esclarecimento de dúvidas que eram direcionadas, na maior parte ao docente, estimulando a interação do grupo com o professor.



Durante a realização da primeira experiência na segunda semana de atividades um dos integrantes do grupo não compareceu à aula. Foi realizado questionamento aos elementos do grupo sobre o motivo da ausência e a resposta obtida foi que o aluno havia cancelado a matrícula na disciplina. O motivo informado para o cancelamento é que o aluno considerou o nível de aula do professor muito elevado, o que dificultaria sua aprovação.

Tabela 2- Distribuição dos conceitos abordados nas aulas expositivas e a modalidade de aula usada em sua apresentação no quadrimestre. Adaptado de (CONSONNI & TEIXEIRA, 2017).

Modalidade de Aula	Conceitos da Aula Expositiva
Expositiva	Apresentação da disciplina e Conceitos Básicos sobre Medição e Relatórios Técnicos
Expositiva	Aula de avaliação do Relatório do Experimento 1
Expositiva/Experimental	Ajuste de dados e preparação de gráficos
Expositiva/Experimental	Comparações entre métodos de medidas e aplicação de normas
Expositiva/Experimental	Combinação e Propagação de incertezas;
Expositiva/Experimental	Sistemas de aquisição de dados
Expositiva/Experimental	Metodologia e ordem de grandeza do mensurando e Modelos exponenciais
Expositiva/Experimental	Analogias em Engenharia - Sistemas de primeira ordem
Expositiva/Experimental	Revisão geral sobre os conceitos fundamentais de medições.
Expositiva	Prova

3.1 Análise do objetivo alcançado

O acompanhamento da evolução do conhecimento dos alunos é um processo muito rico e ajuda de forma geral ao docente perceber a realidade do estudante dentro das novas mudanças sociais e educacionais desta geração de alunos. Os objetivos da disciplina foram sim alcançados dentro do grupo observado.

As partes do objetivo que foram plenamente atendidas pela análise do observador foram: os princípios de metrologia para grandezas mecânicas, térmicas e elétricas, a elaboração de relatórios técnicos objetivos e concisos, a consciência de incertezas associadas a medidas por meio de aparelhos, procedimentos básicos de análise estatística e ajuste de curvas a dados experimentais.

Dentre as partes do objeto que foram parcialmente atendidas pela análise do observador tem-se: a análise de incerteza e o projeto de experimentos para realização de medidas. Nestes dois requisitos foi identificada uma grande dificuldade na sua realização e utilização em atividades da disciplina.

Considerando a análise de incerteza a grande dificuldade encontrada foi na propagação da incerteza de variáveis de entrada (A , B , C) para um estimador desejado (Y). Alguns pontos podem ser destacados nas observações feitas: os alunos tinham uma dificuldade da visão



macro do conceito de incerteza representado pelas equações (ver Equação 1) com sua associação às incertezas dos equipamentos e na obtenção do coeficiente de sensibilidade de cada componente de incerteza. No cálculo de coeficiente sensibilidade a maior dificuldade não foi a derivada da função matemática do estimador (Y), mas a aplicação do conceito de derivada dentro de uma equação para obter resultados. O que aparenta é que o aluno sabe derivar uma função, mas tem dificuldades em se apropriar do conceito para solução de problemas que vão além do resultado da derivada.

$$\sigma_Y^2 = \sigma_A^2 \left(\frac{\partial Y}{\partial A} \right)^2 + \sigma_B^2 \left(\frac{\partial Y}{\partial B} \right)^2 + \sigma_C^2 \left(\frac{\partial Y}{\partial C} \right)^2 \quad (1)$$

Quanto ao projeto de experimentos, os alunos apresentaram uma compreensão das partes de um projeto de experimentos (objetivos, metodologia, análise e considerações), porém existia uma dificuldade para escolha da metodologia que atendesse os requisitos de incerteza estabelecidos no projeto. O auxílio do docente nestes processos foi significativo para o progresso do grupo no projeto do experimento, porém acabou por um lado inibindo a segurança do aluno de realizar o processo de forma independente e autônoma.

Um ponto do objeto que merece uma reavaliação são princípios de metrologia para grandezas químicas e ópticas. Estas grandezas foram tratadas em aula expositiva transmitindo algum conteúdo à turma, porém pelo caráter experimental da disciplina elas não são abordadas nos roteiros experimentais e nem vivenciadas no laboratório pelos alunos. Neste ponto existe a possibilidade de abordagem de experimentos com complexidade equivalente aos demais da disciplina e que permitam trabalhar conteúdos como a calibração de medidor de pH e a determinação da intensidade luminosa de uma fonte com o uso de um fotodetector.

3.2 O planejamento

Na análise do plano da disciplina considerando os requisitos indicados por Masetto (MASETTO, 2012) foi observado que a ampla maioria dos itens apresentados como partes de um plano de disciplina estão presentes no planejamento da disciplina (CONSONNI & TEIXEIRA, 2017). O planejamento apresentado possui ainda requisitos adicionais que são relevantes para consideração na construção deste tipo de documento, principalmente para uma disciplina que possui 10 turmas, ministradas por 9 professores e em um mesmo período letivo. Os itens complementares relevantes são: a relação das turmas, horários, salas, docentes responsáveis, e-mails de contato, a listagem de sites e softwares de apoio com descrição de seu uso.

Alguns pontos do planejamento que poderiam ser aprimorados para auxiliar a equipe docente de forma mais efetiva são: a indicação da bibliografia aula-a-aula para orientar a equipe docente na preparação/revisão das aulas e a inclusão de elementos de avaliação aula-a-aula que possam ser utilizados para realimentação do processo de ensino pelo professor. Em relação ao último tópico do planejamento, para avaliação aula-a-aula o docente acompanhado realizou uma modificação em suas aulas inserindo um pequeno conjunto de perguntas no início de cada aula. As perguntas abordavam temas da aula anterior e da preparação dos roteiros experimentais da aula do dia e tinham uma duração entre 10 a 15 minutos. Esta ação do docente teve um efeito significativo nos alunos para a manutenção em dia das atividades da disciplina. Esta atividade de avaliação apesar de não constar no planejamento avaliado já foi descrita como um elemento da disciplina (CONSONNI & TEIXEIRA, 2015).

Dentre as atividades de avaliação da disciplina apresentadas em (CONSONNI & TEIXEIRA, 2017), o planejamento analisado possui um ponto de avaliação cruzada entre os



alunos que recebem o relatório experimental de outro grupo e, seguindo critérios de avaliação expostos pelo docente, realizam a leitura e correção dos relatórios. Esta avaliação cruzada auxiliou muito os alunos na compreensão dos pontos críticos dos relatórios e permitiu a estes observarem seus erros por meio do erro dos colegas. Esta mesma técnica, se aplicada à avaliação do cálculo e propagação de incerteza poderia em muito ajudar aos alunos a reconhecer suas dificuldades na análise de incerteza e sua propagação criando um ambiente de discussão sobre resultados práticos, no qual a participação do docente pode se dar numa posição de mediação, dando oportunidade aos próprios alunos de discutirem e consolidarem o conhecimento tratado em aula.

A avaliação da disciplina tem com base as notas dos relatórios, os testes individuais e uma prova individual, por se tratar de uma disciplina experimental existem dois pontos observados em sala que poderiam ser considerados no processo de avaliação. O primeiro ponto seria a implantação de um fator de participação na elaboração dos relatórios, permitindo que os próprios alunos pudessem definir ou indicar alteração no resultado da nota dos relatórios para o caso em que algum dos elementos do grupo não tenha colaborado na construção do relatório. Este fator vem da observação de que nem sempre é possível criar um grupo de alunos que tenham o comprometimento como força motriz e a existência deste fator seria um ponto para evitar/reduzir a falta de participação ou desinteresse na elaboração dos relatórios. O segundo ponto seria uma forma alternativa de avaliação que substituísse a prova escrita. Por ser uma disciplina experimental, uma avaliação como uma entrevista sobre o(s) experimento(s) projetado(s) abordando as questões de incerteza e de projetos de experimentos daria mais elementos para verificação da evolução do aluno que uma prova e adicionalmente contribuiria para o processo de formação de habilidade e competência de comunicação oral dos futuros engenheiros.

A análise da bibliografia da disciplina traz alguns elementos que podem auxiliar o planejamento da disciplina, tanto na compreensão do Sistema Internacional de Unidade (SI), quanto na aplicação do cálculo de incerteza pelo aluno. O guia brasileiro para o cálculo da incerteza (INMETRO, 2012) é um documento denso para um aluno iniciante no cálculo de incerteza, a possibilidade de utilização e a indicação na bibliografia (mesmo que na complementar) de outros documentos que possuem roteiros claros para o cálculo de incerteza e instruções quanto à forma de declaração de incerteza como a norma NIT-DICLA-021 (INMETRO, 2013) podem auxiliar o estudante. Outra publicação que pode auxiliar os alunos na compreensão do SI e na apresentação das unidades de medidas é a o documento do INMETRO que apresenta as grandezas do SI e a forma adequada para sua utilização em documentos técnicos (INMETRO, 2012b).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A disciplina observada apresenta uma estruturação e planejamento que se mostraram efetivos no atendimento dos objetivos propostos. Alguns pontos para consideração em uma revisão da disciplina de Métodos Experimentais em Engenharia da UFABC foram indicados de forma que possam contribuir para o constante aprimoramento do trabalho de docência e para a excelência do ensino na instituição.



Agradecimentos

A oportunidade da congregação de pessoas para construção de um bem comum como a tranquilidade de ouvir, refletir, argumentar, ponderar e atuar é algo que se deve agradecer.

Ao estímulo dos professores José Aquiles Baesso Grimoni e Osvaldo Shiguero Nakao no contexto da disciplina PEA-5900 da POLI-USP para reavaliação da ação docente.

As orientações, considerações e informações da professora Denise Consonni da UFABC sem as quais este trabalho não seria possível.

Ao Governo do Estado de São Paulo pelo suporte financeiro ao projeto do IPT 5000.56.A e a FIPT pelo suporte financeiro para apresentação deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONWELL, Charles; EISON, James. Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. ASHE-ERIC Higher Education Report n. 1. Washington, D.C: The George Washington University, 1991. 121p, il.

CONSONNI, D.; TEIXEIRA, J.C. Métodos experimentais: interpretando medições, projetando experimentos e elaborando relatórios técnicos em engenharia. Anais: XLIII – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. São Bernardo do Campo: UFABC, 2015.

CONSONNI, D.; TEIXEIRA, J.C. **Planejamento pedagógico da disciplina de Métodos Experimentais em Engenharia** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <antonio.gentil@gmail.com> em 28 mar. 2017.

INMETRO. Avaliação de dados de medição: Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008. Duque de Caxias: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012 141 p. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/gum_final.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2017.

INMETRO. **Apresenta a metrologia científica no Brasil e sua estrutura**. Disponível em: <<http://ftp.inmetro.gov.br/metcientifica/index.asp>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

INMETRO, Sistema Internacional de Unidades: SI. 1. Ed. INMETRO/CICMA/SEPIN: Duque de Caxias, 2012. 94 p. il. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017

LEITE, Patrícia Teixeira; SANTOS, Ricardo Caneloi dos; WALDMAN, Hélio; CARAJILESCOV, Pedro. Inovação no Ensino da Engenharia. In: UFABC 5 anos: um novo projeto universitário para o Brasil. Santo André, UFABC, 2011. p.112-124.

MASETTO, Marcos Tarciso. Competência Pedagógica do Professor Universitário. 2 ed. Summus Editorial: São Paulo, 2012. 206 p, il.

UFABC. **Projeto Pedagógico das Engenharias 2017**. Disponível em: <<http://antigo.ufabc.edu.br/images/stories/pdfs/administracao/ConsEP/anexo1-resolucao-212-aprova-a-revisao-do-projeto-pedagogico-das-engenharias.pdf>> Acesso em: 01 jun. 2017.



PEDAGOGICAL EVALUATION OF UNDERGRADUATE COURSE: “EXPERIMENTAL METHODS IN ENGINEERING” AT UFABC PERFORMED BY AN ENROLLED OBSERVER

***Abstract:** This work presents the pedagogical evaluation of the undergraduate course “Experimental Methods in Engineering”, at UFABC performed by an observer with expertise in metrology, enrolled as a regular student. The evaluation topics are the objectives, pedagogical plan, student evaluation and bibliography. The results showed that the course structure is capable to achieve its proposed objectives and some opportunities for improvement are indicated.*

***Key-words:** evaluation, pedagogical plan, metrology*

Organização



Promoção

