

---

---

# ENSINO CONSTRUTIVISTA DE ENGENHARIA TÉRMICA E FLUIDOS

---

---

**Dirceu da Silva\***

**Norton de Almeida\*\***

**Caio G. Sanchez \*\*\***

**Jomar Barros Filho\*\*\*\***

## **Resumo**

As demandas atuais para a formação do engenheiro implicam a necessidade de rever os cursos, de forma a incluir disciplinas com metodologias fundamentadas em ações diferenciadas. O curso de engenharia, num passado não muito distante, buscava transmitir informações acabadas, pois as exigências do mercado de trabalho eram tais que havia a necessidade de um profissional com formação mais estanque. Nesse sentido, as disciplinas experimentais, isto é, os laboratórios, primavam pelo ensino de experiências repetitivas, previamente planejadas de forma muitas vezes burocráticas. Hoje, no entanto, vivemos em uma sociedade que exige um novo tipo de profissional que esteja sempre aprendendo e que desenvolva outras habilidades além de ter conhecimentos sólidos. Nesse sentido, diante de nossas indagações, buscamos desen-

---

\* Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: dirceu@unicamp.br

\*\* Faculdade de Engenharia da Universidade Metodista de Piracicaba  
E-mail: norton Almeida@uol.com.br

\*\*\* Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: caio@fem.unicamp.br

\*\*\*\* Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas  
E-mail: jomar@unicamp.br

volver atividades diferentes, à luz de outro paradigma, buscando a formação de um engenheiro mais crítico e mais habilitado a enfrentar novos desafios. Neste trabalho, apresenta-se uma atividade da disciplina de Térmica e Fluidos do Curso de Engenharia Mecânica, para o ensino de processos térmicos de um aquecedor a gás, tecendo-se considerações a seu respeito.

### **Abstract**

The new demands for the engineer formation requires a curriculum review, including new methodologies based on different actions. In the past, the graduate engineer course was based on the transmission of bureaucratic structured proceeding as the repetition of rules and experiences. However, nowadays society claims for a new professional, with new skills and continuous learning practice, more than specific technical knowledge. In this paper, it is presented an experiment required from graduate students in Mechanical Engineering course on Thermal and Fluids subject to solve a problem with a common gas shower.

# 1 INTRODUÇÃO

Diversos autores nacionais e internacionais (ROMPELMAN<sup>1</sup>, SEAT; LORD<sup>2</sup>, LINSINGEN<sup>3</sup>, BUCCIARELLI<sup>4</sup>, GOMES<sup>5</sup>, BRANDÃO; LEITE<sup>6</sup>, RIBAS; VIEIRA<sup>7</sup>, dentre outros) têm apresentado a necessidade da busca de um modelo pedagógico diferente da tradicional transmissão-recepção de informações, para que os nossos alunos possam estar preparados para os novos desafios que as mudanças tecnológicas têm demandado.

Documentos oficiais, tais como as *Diretrizes Curriculares do Ministério de Educação e Desporto*<sup>8</sup> e do Fórum do Pró-reitores de Graduação das Universidades Brasileiras<sup>9</sup>, têm apresentado a mesma preocupação. Mais especificamente, o projeto pedagógico da graduação deve estar sintonizado com a nova visão de mundo expressa no atual paradigma de sociedade e de educação, garantindo a formação global e crítica para os envolvidos no processo, como forma de capacitá-los para o exercício da cidadania, bem como a fim de torná-los sujeitos de transformação da realidade, com respostas para os grandes problemas contemporâneos. Assim, o projeto pedagógico, como instrumento de ação política, deve propiciar condições para que o cidadão, ao desenvolver suas atividades acadêmicas e profissionais, pautar-se na competência e na habilidade, na democracia, na cooperação, tendo a perspectiva da educação/formação em contínuo processo como estratégia essencial para o desempenho de suas atividades”<sup>9</sup>.

Ou, ainda, quando as *Diretrizes Curriculares*<sup>8</sup> falam das habilidades e competências que devemos buscar para formar os futuros engenheiros (os itens foram numerados para facilidade de citação):

Art. 2º. Os Currículos dos Cursos de Engenharia deverão dar condições a seus egressos para adquirir competências e habilidades para:

1. Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
2. Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
3. Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
4. Planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
5. Identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
6. Desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
7. Supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
8. Avaliar criticamente ordens de grandeza e significância de resultados numéricos;
9. Comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;

10. Atuar em equipes multidisciplinares;
11. Compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
12. Avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
13. Avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia.

Entretanto, constatamos que o ensino das disciplinas tecnológicas e técnicas, sobretudo as experimentais, tem sido tratado, em muitos casos, de forma semelhante àquelas científicas ou, ainda, em outros como uma “Física ou Química do cotidiano” ou uma “Física ou Química aplicada”. Assim, equipamentos e dispositivos diferentes daqueles usados em laboratórios didáticos de ciências naturais são tratados, nas aulas experimentais, com a mesma metodologia de ensino<sup>10</sup>.

Tal situação nos leva a questionar como agir e desenvolver uma disciplina de modo que atenda as necessidades e demandas necessárias, sem perder de vista as dificuldades que representam a materialização dessas competências e habilidades citadas no documento<sup>8</sup>.

Nesse sentido, buscando atender as demandas hoje impostas, parte-se aqui para a busca de propostas coerentes com as necessidades sugeridas, na tentativa de superar o modelo de ensino tradicional e de construir um conjunto de atividades diferenciadas que primem pela aproximação das práticas de laboratório, como no caso em questão, diante das demandas das organizações.

Assim, neste trabalho, será apresentada uma dessas atividades como exemplo e as bases usadas para sua construção. Ao final, serão mostrados os resultados obtidos quando da sua aplicação na disciplina Laboratório de Processos Térmicos e Fluidos da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da Unicamp.

---

## 2 BASES PARA A CONSTRUÇÃO DA ATIVIDADE

A importância e o papel das atividades têm sido reconhecidos por diversos autores<sup>11</sup> como fundamentais para a produção de uma aprendizagem conseqüente que permita desencadear um programa de investigação pelos alunos<sup>12</sup>, isto é, que seja a “porta de entrada” de um trabalho construtivista<sup>13</sup>, de modo que os estudantes desenvolvam e construam o conhecimento de forma ativa, sem ficar apenas na repetição de conteúdos memorizados. Busca-se não só o necessário diálogo com os programas propostos na atualidade (além dos já citados<sup>14, 15, 16</sup>) mas também estratégias de ensino que almejem um “crescimento” técnico-conceitual.

A dificuldade de construção de uma atividade acontece pelo fato de serem muito amplas as possibilidades de formulação e de caracterização de uma pergunta, problema ou questão, além de a decisão sobre o que perguntar aos alunos passar a configurar uma dúvida significativa e de o necessário senso criativo não ser diretamente desenvolvido por caminhos lógicos nem pelo conhecimento e domínio conceitual de uma teoria.

De fato, como aponta Coll<sup>17</sup>, a decisão sobre o tipo de atividade a realizar, a forma de sua apresentação e a seqüência a ser adotada são os pontos mais problemáticos e espinhosos no processo de elaboração de ensino, pois não são pequenas as possibilidades. Além do mais, não é simples justificá-las dentro dos vários princípios teóricos em que se acredita e que se adotam, uma vez que a habilidade específica de “criar” uma atividade passa, evidentemente, por uma sólida concepção teórica do conhecimento que se tenta ensinar e por um saber sobre como o aluno pensa e aprende<sup>18</sup>.

A fim de estruturar a atividade como um todo, portanto, entendeu-se que o problema não encerra (em si mesmo) os desejos de provocar aprendizagem adequada sem um ambiente que componha um “espaço construtivista”. Buscou-se, para tanto, fundamentação em alguns autores atuais que apresentam sugestões e propostas interessantes a respeito do que venha a ser a idéia de um ensino pautado em elementos construtivistas.

Para esclarecer o que se entende por construtivismo, afirma-se que é uma postura teórico-metodológica diante do conhecimento que permite reler os processos de ensino, bem como as concepções que se tem sobre o objeto deste.

Comprendemos que o conhecimento é edificado, por um indivíduo ou por um grupo, como um processo continuado, mas não-linear, e que a verdade, diferentemente de como acreditavam os pensadores positivistas, não pode ser apropriada, e sim perseguida. Dessa maneira, as noções sobre um objeto variam de pessoa para pessoa, sofrendo modificações quanto ao entendimento em sujeitos diferentes, além de alterar-se com o passar do tempo<sup>19</sup>. O aluno, nessa perspectiva, não é visto como um recipiente passivo de conhecimentos, mas como ser dialético, em constante transformação<sup>20</sup>.

Deve-se, dentro dessa filosofia, rechaçar a figura de professores como meros transmissores de conhecimentos e atribuir-lhes uma tarefa importante no processo de ensino e aprendizagem. A nova postura, revestida de uma prática dialética, deve ser capaz de estabelecer conexões entre o conhecimento objetivamente ensinado e as condições endógenas (internas ao sujeito) pelas quais o aluno vai construir sua aprendizagem.

Nesse sentido, cabe uma explicitação sobre a questão da construção do conhecimento, que pode ser resumida nos três princípios abaixo:

“1 – aprender é construir significados; não se lê a realidade como ela se apresenta; 2 – compreender algo significa construir significados, pois os fragmentos isolados são esquecidos rapidamente; e 3 – tudo que se aprende depende dos conhecimentos que já se tinha antes” (RESNICK citado por DRIVER<sup>20</sup> e GIL PEREZ<sup>12</sup>).

Caminhando sala de aula adentro, Gil Perez<sup>12</sup> propõe que o professor, no processo de ensino construtivista, seja um “diretor de pesquisas”, um orientador que participa do grupo-classe colocando novos problemas diante das descobertas que vão sendo construídas, buscando sistematizar as idéias dos alunos e guiando o processo de aprendizagem com vistas à sua não-dispersão. No contexto do ensino construtivista, os alunos são encarados como pesquisadores novatos que participam de programas de investigação. Dessa maneira, o *currículum* deve ser concebido como um programa de atividades que permita aos alunos, sob orientação do professor, investigar, sistematizar e testar seus conhecimentos, cumprindo, no contexto de sala de aula, os passos mais próximos aos da investigação científica.

Buscando não estender demasiadamente essas propostas, Wheatley<sup>21</sup> propõe uma estratégia de ensino muito coerente com o que estamos sugerindo aqui. Basicamente, a questão central da aquisição de aprendizagem pode ser resumida em: (1) tarefas a serem desenvolvidas com diferentes estratégias, mas enfocando o centro do conceito e mediante um processo rico, acessível ao aluno, incentivando-o à discussão; (2) trabalho em grupos cooperativos, para que os alunos, em pequenas equipes, busquem soluções conjuntas, criando um clima de constantes desafios no próprio grupo ou no grupo-classe; e (3) compartilhamento de idéias, permitir que os estudantes troquem com a classe seus métodos, suas sínteses e suas conclusões, sem que professor faça julgamentos, mas buscando um clima de negociação no sentido de um consenso.

Explicitadas essas premissas de ensino e aprendizagem, em linhas gerais, a seguir apresenta-se a descrição da atividade.

---

### 3 APRESENTAÇÃO DA ATIVIDADE

De início, mostra-se uma atividade sob a forma de um problema próximo da realidade:

*Situação-problema:* Você é um engenheiro consultor contratado por uma academia de ginástica. O objetivo é auxiliar a decidir entre chuveiros elétricos e aquecedores a gás de passagem nos banheiros da academia.

*Dados do problema:*

Vazão de água para um banho: 0,05 l/s

Temperatura da água de um banho; 36 °C.

Duração média de um banho: 20 min.

Eficiência do chuveiro elétrico: 98%

Preço do gás: R\$ 1,54 / kg.

Preço da energia elétrica: R\$ 0,22 / kWh.

*Observação:*

No chuveiro elétrico, toda a água é consumida por um só cliente.

No chuveiro a gás, pode-se misturar a água quente com água fria e, além disso, pode-se fornecer água para dois banhos simultaneamente. O banheiro tem vinte chuveiros.

Havia uma bancada com aquecedores a gás disponível para os alunos realizarem testes e ensaios, mas a fim de que o processo não fosse muito direto nem implicasse a eliminação de atitudes que consideramos limitantes para a formação de profissionais de engenharia, adulteramos vários medidores do equipamento, sobretudo aqueles relacionados com o consumo de combustível.

Também preparamos uma tabela com dados típicos de um aquecedor para que fosse possível obter informações pertinentes ao processo, além de disponibilizar manuais técnicos típicos, semelhantes àqueles encontrados em organizações, tentando, assim, aproximar o trabalho em sala de aula ao do dia-a-dia de um engenheiro.

Mais especificamente sobre a metodologia de sala de aula, o papel do professor era fomentar a busca de soluções ou instigar a discussão e o debate, para que os alunos desenvolvessem a “experiência” de forma colaborativa e usando os próprios métodos; formulassem hipóteses e engendrassem ações para testá-las; identificassem, com isso, possíveis causas, pois o problema era do tipo aberto permitindo diversas elaborações possíveis.

Para que a seqüência da atividade seja mais bem compreendida, foi elaborada em forma de quadro (Quadro 1), usado uma seqüência temporal, em que se relacionam, na coluna 1, as ações do professor e dos alunos, na coluna 2 os objetivos de cada ação e na coluna 3 o instrumento de avaliação e de acompanhamento dos alunos.

Esclarecendo mais, a idéia era acompanhar os alunos de forma a não incentivar a produção de relatórios estanques. Assim, na maioria das etapas, os alunos apresentaram produções escritas e partes de suas elaborações, em uma perspectiva de avaliação mais contínua e coerente com os preceitos consensuais apresentados por muitos pesquisadores<sup>22</sup>.

QUADRO 1

Estruturação da atividade proposta sobre o funcionamento e operação de aquecedores a gás, para o curso de laboratório de Térmica e Flúidos para Engenharia Mecânica

Ações na aula de laboratório	Objetivos	Avaliação
Professor propõe a situação-problema para ser resolvida individualmente.	Fazer com que os alunos explicitem suas idéias prévias de como resolver o problema.	Professor recolhe as folhas individuais.
Professor solicita que os alunos de cada grupo de trabalho dêem uma solução ao problema. Os alunos se reúnem em grupo para discutir e tentar solucionar o problema. Fazem um <i>Plano de Trabalho</i> .	Troca de idéias entre os alunos. Buscar solução comum.	Professor recolhe o Plano de Trabalho do grupo.
O professor solicita que o grupo opere o aquecedor, testando as suas hipóteses conforme o Plano de Trabalho. Solicita que o grupo apresente uma primeira solução com as medidas feitas.	Testar a solução proposta e recolher dados.	Professor recolhe uma cópia da folha de dados obtidos e uma primeira solução do grupo para o problema.
Professor avalia rapidamente o resultado apresentado pelo grupo, a fim de dar-lhe um <i>feed-back</i> . Os alunos debatem com o professor.	Verificar a necessidade de redirecionar o trabalho dos grupos.	*****
Professor solicita que o grupo faça um memorial de cálculo para entregar.	Fazer com que o aluno desenvolva a habilidade de apresentar uma resposta para o problema em linguagem técnica de engenheiro.	Professor recolhe o material.
Professor solicita que o grupo refaça o experimento e que compare os novos resultados com os anteriores.	Minimizar a possibilidade de erros.	Professor recolhe um novo memorial comparativo.
Professor solicita que os alunos discutam a solução no grupo apresentando-a por escrito.	Encontrar uma solução final para o grupo.	Professor recolhe a solução.
Professor solicita a elaboração de uma carta ao dono da academia, informando a viabilidade ou não da solução via aquecedor a gás.	Desenvolver no aluno a habilidade de apresentar soluções técnicas numa linguagem não-técnica.	Professor recolhe a carta.



### 3.1 Aplicação da atividade

A atividade em questão foi aplicada a uma turma de 9º semestre da disciplina Laboratório de Processos Térmicos e Fluidos do curso regular de Engenharia Mecânica da FEM Unicamp. Participaram da atividade oito alunos, caracterizando a aplicação com um teste “piloto” e teve a duração de oito horas/aula, ou seja, dois encontros regulares de quatro horas cada um.

Os passos seguidos, apresentados no Quadro 1, foram acompanhados pelo professor responsável pela turma e por um monitor (aluno do programa de pós-graduação).

### 3.2 Resultados obtidos e sua análise

Foram empregados em diversos momentos tipos diferentes de instrumentos de avaliação (Quadro 1, terceira coluna) para acompanhar o desenvolvimento dos alunos durante as aulas-piloto.

Para analisar as produções dos alunos, a proposta de Coll<sup>17</sup> foi a base, a qual sugere que se deve estabelecer o currículo em três eixos principais, sendo eles: a) conhecimentos (conceitos, princípios, leis e teorias); b) procedimentos (habilidades); c) valores, normas e atitudes. Os cursos tradicionais têm dado atenção apenas ao ensino de conceitos. O autor defende que associados aos conceitos existem diversos procedimentos, valores, normas e atitudes que devem ser ensinados aos alunos.

Assim, os critérios de avaliação seguiram os três eixos apresentados, com a ressalva de que o processo de avaliação deve ser considerado com certa dose de subjetividade, pois seria muito pretensioso acreditar ser possível conferir julgamentos sem qualquer preconceção a respeito do processo.

A Tabela 1, a seguir, apresenta os resultados das produções dos alunos.

TABELA 1

Síntese das avaliações dos três tipos de ações dos alunos ao longo do desenvolvimento da atividade do aquecedor a gás

Aluno	Conhecimentos				Habilidades				Atitudes			
	1ª. Aula		2ª. Aula		1ª. Aula		2ª. Aula		1ª. Aula		2ª. Aula	
	Código	Avaliação	Código	Avaliação	Código	Avaliação	Código	Avaliação	Código	Avaliação	Código	Avaliação
A1	1	S	5	N	1	S	5	N	1	S	5	I
A2	1	S	5	S	1	S	5	M	1	S	5	S
A3	1	S	5	S	1	I	5	I	1	S	5	S
A4	1	S	5	S	1	S	5	I	1	S	5	S
A5	1	N	5	S	1	N	5	S	1	I	5	S
A6	1	I	5	S	1	I	5	S	1	S	5	S
A7	1	S	5	S	1	I	5	I	1	I	5	S
A8	1	S	5	S	1	S	5	S	1	S	5	S
Grupo I (1,2,3 e 4)	2	S			2	S	4	M	2	S	4	M
	3	N	4B	S	3	S			3	M		
	4A	S										
Grupo II (5,6, 7,e 8)	2	S			2	S	4	I	2	S	4	M
	3	S	4B	S	3	S			3	S		
	4A	N										

*Legenda 1 (conhecimentos):*

S = Suficiente: tem conhecimento prévio da teoria envolvida na atividade (Termodinâmica, Transferência de Calor, Mecânica dos Fluidos e Sistemas Térmicos)

M = Mais que suficiente: Tem conhecimento prévio superior das disciplinas básicas citadas acima

I = Insuficiente: Tem conhecimento prévio inferior das disciplinas básicas citadas acima (p. ex., não sabe fazer um balanço de energia)

N = Não fez / não temos informação

1 – Roteiro Individual                    4A – Pré-memorial de cálculo

2 – Roteiro em grupo                    4B – Memorial de cálculo

3 – Experimento                         5 – Carta Individual

*Índices:*

1 – Alunos que não tiveram a teoria a respeito.

2 – Houve influência do professor (explanção teórica sobre o evento).

*Legenda 2 (habilidades):*

S = Suficiente: Tem facilidade em leitura da instrumentação; redação adequada; desenvoltura na exposição de suas idéias; conhecimentos básicos da metodologia da propagação de erros experimentais.

M = Mais que suficiente: Além das habilidades acima, tem conhecimento e prática de utilização nas atividades de informática; tem conhecimento de automação e controle.

I = Insuficiente: Não conhece instrumentação, não conhece propagação de erros, tem dificuldade com redação e/ou expressão verbal.

N = Não fez / não podemos avaliar

*Índices*

1 – Partiu de uma hipótese errada, mas o planejamento foi suficiente.

2 – Não sabemos se a elaboração do memorial de cálculo foi em grupo ou individual

3 – Nem todos os alunos tiveram esta teoria. Portanto os critérios (suficiente) foram dados ao aluno que ficou no “limite superior” da insuficiência

4 – Apresenta uma metodologia diferente, que não foi seguida, mas que poderia levar a resultados interessantes.

*Legenda 3 (atitudes):*

S = Suficiente: Mostrou motivação e interesse pela atividade, procurou trabalhar em grupo e respeitou a opinião dos colegas.

M = Mais que suficiente: Além das atitudes acima mencionadas, motivou os colegas, procurou apresentar novas possibilidades de desenvolvimento da atividade.

I = Insuficiente: Mostrou-se desmotivado, não participativo, não trabalha em equipe. Autoritário ou apático.

E = Entregou a tarefa.

N = Não fez / não podemos avaliar

1 – Roteiro Individual                      4 – Memorial de cálculo

2 – Roteiro em grupo                      5 – Carta Individual

3 – Experimento

*Índices:*

1 – Houve imposição por parte de um aluno.

2 – Elaborou o memorial de cálculo sozinho. Não houve participação dos demais.

---

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Havíamos proposto apresentar uma atividade de sistemas térmicos, mais especificamente de análise e de avaliação do uso de aquecedores. Tal atividade foi muito bem recebida pelos alunos, pois houve um envolvimento bastante significativo deles, mostrando que conseguimos aproximar a situação proposta do trabalho de investigação, apesar de haver certo clima de estranhamento quando da apresentação do *modus operandi* do processo.

Notamos que, mesmo estando próximos dos alunos e controlando o processo, ainda houve estudantes que mantiveram uma postura inadequada e que não conseguiram desenvolver os procedimentos de forma conseqüente. Por exemplo, o aluno A1 mostrou produção insatisfatória no que dizia respeito a conhecimento e habilidade na redação da carta-resposta solicitada. Mesmo assim, é muito importante que a atividade tenha desvelado essa possível deficiência do aluno. Como educadores, a partir dessa constatação é possível tomar posição e indicar caminhos para o aluno sanar essa deficiência.

Isso mostra a realidade do processo, pois os alunos avaliaram o ensino como positivo. Houve várias manifestações favoráveis à metodologia empregada e manifestações espontâneas sobre a qualidade do aprendizado. Um aluno chegou a demonstrar o desejo de ter tido um curso inteiro com essa metodologia para poder ter aprendido de fato.

Notamos também que, durante o processo, o professor e o monitor tiveram de parar as atividades para conversar com os alunos para que percebessem que procedimentos usados em cursos tradicionais não deveriam ser utilizados nessa atividade. Caso contrário, o processo não seria completado.

Esse tipo de resistência é muito comum em situações nas quais se busca introduzir inovações, pois os alunos estão muito acostumados a cursos tradicionais e sentem-se receosos de expressar-se de forma direta e de participar dos processos. Cuidados especiais devem ser tomados por qualquer professor que deseja introduzir inovações em suas disciplinas.

Além do mais, se voltarmos a olhar as habilidades e as competências propostas nas *Diretrizes Curriculares para os cursos de Engenharia*<sup>8</sup>, acreditamos que conseguimos cumprir boa parte delas, como, por exemplo:

Habilidades 1, 5, 6 e 8 (aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia, identificar, formular e resolver problemas de engenharia, desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas e avaliar criticamente ordens de grandeza e significância de resultados numéricos), quando os alunos necessitam operar os equipamentos da bancada e testar hipótese. Habilidade 3 (conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos), quando os alunos necessitam avaliar os dispositivos. Ainda as habilidades 4 e 5 (planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia e identificar, formular e resolver problemas de engenharia), quando solicitamos que buscassem avaliar os equipamentos para encontrar a melhor solução. Por fim, a habilidade 11 (comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica), quando necessitaram apresentar os resultados para profissionais não-técnicos.

Finalizando, acredita-se que o modelo de ensino apresentado pode ser uma boa alternativa para inspirar professores universitários a fazer mudanças em seus cursos, pois a atividade aqui demonstrada não foi uma inovação mirabolante, mas sim a releitura de uma experiência já existente na Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp. Foi feita sua contextualização, transformando uma experiência fechada com etapas predeterminadas em uma atividade aberta, o que possibilitou o desenvolvimento dos conteúdos mínimos da disciplina em questão e de outros conhecimentos e habilidades, além de posturas profissionais necessárias ao futuro engenheiro.

---

## REFERÊNCIAS

1. ROMPELMAN, O. Assessment of student learning: evolution of objectives in engineering education and the consequences for assessment. *European Journal of Engineering Education*, v. 25, n. 4, p. 339-350, 2000.
2. SEAT E.; LORD S. M. Enabling effective engineering teams: a program for teaching interaction skills. *Journal of Engineering Education*, v. 88, n. 4, p. 385-390, 1999.

3. LINSINGEN I. V.; PEREIRA L. T. V.; BAZZO W. A. *Formação do engenheiro*. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999.
4. BUCCIARELLI L. L.; EINSTEIN H. H.; TERENCEZINI P. T.; WALSER A. D. ECSEL/MIT Engineering education workshop'99: A report with recommendations. *Journal of Engineering Education*, v. 89, n. 2, p.141-150, 2000.
5. GOMES, J. R. P. O bom professor: aulas motivantes. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), XXVI. *Anais*. ANENGE, 1998.
6. BRANDÃO, L. P. M.; LEITE, L. S. Revendo papéis no processo educativo. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), XXIV. *Anais*. ANENGE, 1996.
7. RIBAS, P. A. V.; VIEIRA, J. E. S. Um espaço para reflexão sobre o processo de ensino aprendizagem. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE), XXIV. *Anais*. ANENGE, 1999.
8. BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. *Diretrizes Curriculares para os Cursos de Engenharia*. 1999. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/Sesu/planograd.shtm>>. Acesso em: 25 abr. 2002.
9. ForGRAD – FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE GRADUAÇÃO DAS UNIVERSIDADES BRASILEIRAS. *Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação*. 2000. Disponível em: <<http://www.prg.unicamp.br/forgrad/index.html>>. Acesso em: 24 abr. 2002.
10. SILVA, D.; SANCHES, C. G.; ALMEIDA, N.; BARROS FILHO, J. Ensino de engenharia e ensino de ciências das disciplinas experimentais: proposta de ações pedagógicas. XV Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica (COBEM), XV, 1999. *Anais*. Águas de Lindóia: ABCM e Unicamp, p. 1-6, 1999.
11. CARVALHO, A. M. P.; GIL PEREZ, D. *Formação de professores de ciências*. São Paulo: Cortez, 1993.
12. GIL PEREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.
13. STAVY, R. Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 4, p. 305-313, 1991.
14. DUSCHL, R. A.; GITOMER, D. H. Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 9, p. 839-858, 1991.
15. ASTOLFI, J. P.; PETERFALVI, B. Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n. 16, p. 103-142, 1993.
16. McDERMOTT, L. C. Como ensinamos y como aprendem los estudiantes: un desastre? – 2ª parte. *Revista Enseñanza de la Física*, v. 6, n. 2, p. 19-28, 1993.

17. COLL, C. *Psicología y currículum*. 2ª Impr. Barcelona: Paidós, 1992.
18. SILVA, D. *Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura*. 1995. Tese (Doutorado) – São Paulo, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1995.
19. NOVAK, J. D. Construtivismo humano: Un consenso emergente. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n. 3, p. 213-223, 1988.
20. DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñaza de las Ciencias*, v. 4, n. 1, p. 3-15, 1986.
21. WHEATLEY, G. H. Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, v. 75, n. 1, p. 9-21, 1991.
22. BARROS FILHO, J.; SILVA, D. Algumas reflexões sobre a avaliação dos Estudantes no Ensino de Ciências. *Ciência & Ensino*. n. 9, p. 14-17, 2001.