

# Opinião

## O CONTROLO DE QUALIDADE NA FORMAÇÃO INTEGRAL

*Formação integral significa colocar o trabalho do aprendiz num contexto técnico e social global e exigir resultados úteis e sua divulgação. O controle de qualidade é expressão da interacção constante instrutor-aprendiz que guia as actividades e garante os resultados. A filosofia de aprendizagem descrita independe do tempo e da especialização.*

### Introdução

Faltam poucos anos para terminar o século. É natural pensar no que será o perfil da profissão de engenheiro no século vindouro. A sociedade exigirá uma actuação diferente? O próprio profissional se fixará novos desafios? Os educadores procuram antecipar as respostas para adaptarem seus métodos formativos. A experiência do passado mostra que sempre existe uma desfasagem entre as novas tecnologias e informações disponíveis e a adequação dos métodos de formação dos recursos humanos. Essa situação decorre do contexto social do momento: a sociedade em que vivemos não cogita a educação como meio de superação humana.

O educador dedicado defronta-se com o desafio pessoal de formar engenheiros de qualidade num ambiente onde a mediocridade é premiada. O parque industrial que é a principal razão de ser das escolas de engenharia, no século actual ficou devendo a definição clara do engenheiro requerido. Os processos de selecção costumam trilhar caminhos desvinculados dos processos de formação. Acontecerá alguma mudança pelo simples motivo da passagem de século?

A previsão pragmática é que as imperfeições continuarão existindo e que o educador continuará lidando com grande quantidade de incertezas. Ao igual do passado, cada educador procurará sua própria rota para atender as expectativas mal definidas da sociedade em geral e do parque industrial em particular. Novos métodos de formação surgirão, como já surgiam no passado. Alguns serão originais, outros adaptados de versões anteriores.

Dentro desse contexto complicado, persegue-se aqui o objectivo de contribuir uma metodologia particular que propõe valorizar a aprendizagem. Ela representa a solução encontrada ao problema das muitas incógnitas do processo formativo. Ela foi desenvolvida a partir do conhecido método de aprendizagem dirigida, foi aperfeiçoada, testada e considerada operacional e eficiente para várias disciplinas do curso de Engenharia Química. Do lado estritamente técnico, insiste-se

na geração de conhecimentos não disponíveis ou inexistentes. Do lado da formação integral, obriga-se ao aprendiz a vulgarizar e defender esses conhecimentos por comunicação de qualidade padrão.

### Disseminar informação ou dirigir aprendizagem?

Muito cedo no desenvolvimento do seu método de formação, o educador precisa decidir como lidar com informações. De facto, o ingressante no curso de engenharia já dispõe dum banco de informações adquiridas na sua formação anterior, tanto por cursos quanto pela própria vida. À medida que progride na carreira, o engenheirando precisa de informações cada vez mais específicas. O problema que se põe é como obtê-las.

Um primeiro caminho seria: o instrutor absorve as informações da literatura e as transmite ao aprendiz. Esse as armazena na sua memória ou as transcreve para fichas ou cadernos e as recupera no momento de precisar delas. O inconveniente desse caminho é que o precioso período de contacto instrutor-aprendiz é totalmente ocupado com a transmissão de informações. Não sobra tempo para executar o trabalho útil onde as informações serão usadas, e o aprendiz as esquece. Para contornar o problema, o trabalho útil é transferido para lições de casa, sessões de problemas ou projectos de grupo. Essas actividades ocorrem sem contacto instrutor-aprendiz. A recuperação de informações vira a tarefa principal e logo é confundida com aprendizagem.

Um segundo caminho seria: o instrutor propõe ao aprendiz certas fontes de informação a serem exploradas fora do período de contacto. Dessa forma, o período de contacto é promovido de sessão de informações para sessão de trabalho útil.

O aprendiz é devidamente preparado e dispõe de tempo para discutir e raciocinar com o instrutor. Aprendizagem está ocorrendo. Há certa dificuldade em seleccionar as fontes de informações. Nem sempre existem fontes abundantes, e as que existem podem ser inadequadas para o objectivo visado. O método de aprendizagem dirigida é um terceiro caminho. Ele evita o problema pela subordenação total da informação ao trabalho útil exigido. A tarefa a ser cumprida é formulada em função das necessidades do momento ou dos objectivos da aprendizagem. No período de contacto o instrutor dirige o trabalho do aprendiz até atingir o resultado esperado. As informações são obtidas à medida que o progresso do trabalho as exige. Dessa forma facilita-se a selecção das fontes, consulta-se o que estiver pertinente e evita-se a transmissão

de bagagem teórica inútil e esquecível. A obrigação de cumprir a tarefa garante a aprendizagem, tanto para o aprendiz quanto para o instrutor.

### Visar uma formação integral

A multiplicação de conhecimentos e tecnologias nos diversos ramos da engenharia progride a um ritmo assustador. Se a transmissão de informações fosse critério de formação, a duração dos cursos de engenharia precisaria aumentar a cada ano. Como isso é inviável, outros critérios de qualidade se impõem. Devido ao factor tempo, todos eles levam à substituição de um tipo de conhecimento por outro. As tradicionais habilitações da engenharia estão sendo desdobradas para dar lugar ao estudo de temas mais específicos. Por exemplo: Engenharia energética, nuclear, petroleira, bioquímica, alimentícia e cibernética são alguns dos ramos oriundos da Engenharia química que hoje é um curso considerado geral. No decorrer do próximo século ele poderia virar curso básico. O que hoje é curso básico seria empurrado para o nível colegial e assim por diante. Qual é a consequência? A especialização dos indivíduos iniciar-se-á cada vez mais cedo e a cultura geral desaparecerá. Diante desse quadro, quais são as opções das escolas de engenharia? Já não é satisfatório que um formando saiba lembrar ou procurar informações necessárias à solução dos seus problemas. É mais eficiente saber gerar a maioria dessas informações de maneira espontânea. Raciocínio, criatividade, espírito crítico e talento de comunicação formam os requisitos para essa actividade. De certa forma, são essas qualidades que no futuro comporão a verdadeira especialização do engenheiro, apesar de não serem características exclusivas de nenhum dos ramos da profissão. Embora muitos professores do século actual tenham perseguido essa meta, poucos conseguiram alcançá-la. Até agora, chegar lá era considerado o objectivo distante desejado. No século vindouro, chegar lá será questão de sobrevivência das escolas.

A formação integral da pessoa, independentemente da sua especialização, será do nosso modesto e imperfeito ponto de vista uma das prioridades do futuro próximo. Nessa óptica, o instrutor admite sua própria imperfeição, participa do processo de aprendizagem e vira educador. A formação integral do engenheiro é um conceito dinâmico. Não existe definição fixa. Ela representa simplesmente o último degrau de perfeição que teoricamente pode ser atingido. Cada professor saberá quantificar sua margem de aproximação.

Em termos genéricos espera-se como resultado da aprendizagem: conhecimento dos métodos da engenharia, domínio qualitativo dos temas da especialização, seguridade nos cálculos, argumentação lógica e objectiva, capacidade de comunicação oral e escrita, responsabilidade para trabalho independente e capacidade de auto-avaliação. À primeira vista todas essas qualidades parecem bagagem básica caracterizante do engenheiro recém formado. No entanto, uma pesquisa crítica da situação na maioria das escolas revelará surpresas eloquentes. Foi precisamente a detecção diária dessas surpresas que nos levou a conceituar a metodologia particular descrita no próximo item. Damos apenas um exemplo típico para ilustrar: o formando domina a teoria da tecnologia e das reacções químicas pertencentes a determinada unidade de

processamento, conhece os princípios da termodinâmica e dos fenómenos de transporte e sabe dimensionar peças como torres de contacto e trocadores de calor. Mesmo assim, no trabalho de fim de curso entrega um balanço de energia da unidade que não fecha e mostra capacidade de comunicação oral insuficiente para defender os resultados perante seus pares. O candidato é produto dum sistema instrucional que não visa a formação integral. Ele assimila e leva para a vida conceitos de mediocridade tais como: um engenheiro não precisa de saber falar ou escrever correctamente, basta saber calcular, e 60% de resultados correctos no roteiro de cálculo garantem a qualidade do trabalho.

### Como opera a aprendizagem dirigida?

Vamos considerar o caso dum aprendiz que é avaliado mediante uma prova escrita limitada no espaço e no tempo. Um problema hipotético é posto para solução. O candidato não tem acesso ao banco de informações que levou o semestre inteiro a compor. O tempo limitado da prova permite apenas explorar uma única solução de rotina. 60% dos resultados desse roteiro de rotina são apresentados correctamente, o candidato é aprovado, a prova é arquivada durante um período estipulado e logo destruída. Esse é um método válido para avaliar aprendizagem?

Antes de opinar, vamos considerar uma alternativa para a mesma avaliação. Partimos do princípio de que a avaliação verdadeira da aprendizagem se dá na prática da profissão onde será medida a preparação do candidato para as tarefas de sua responsabilidade.

Os problemas não são mais hipotéticos, e a marca de 60% de acerto não é mais válida como medida de desempenho. Um resultado de cálculo ainda não garante a melhoria do processo produtivo. Ele precisa ser colocado em perspectiva, defendido, posto em prática e produzir resultados. Uma formação integral pode preparar o candidato para esse contexto competitivo.

O segundo exemplo de avaliação pretende responder às aspirações profissionais do candidato. Uma tarefa realista é definida. Ela faz parte dum projecto global e precisa respeitar as condições de contorno técnicas e os prazos desse projecto. Exige-se uma solução completa e funcional imediatamente aplicável no contexto industrial. O aprendiz é dirigido até sua meta por um controle de qualidade e um controle de tempo constantes. A aprendizagem dirigida não reproduz ou transmite conhecimentos. Ela forma qualidades tais como: pontualidade, responsabilidade, profundidade, curiosidade, capricho e eficiência. A solução normalmente não é conhecida no início de modo que o trabalho é original no seu género. Livros são usados em função da tarefa e portanto são submetidos a questionamento e crítica. O instrutor é forçado a aprender junto com o aprendiz, mas a um ritmo acelerado. Ele precisa antecipar as dúvidas do aprendiz. Como resultado, conhecimentos novos são gerados, apresentados e defendidos. O trabalho completo é integrado no arquivo dinâmico do projecto global para uso e referência posterior. Essa necessidade de permanecer à altura das críticas dos usuários é o ponto chave de todo o processo de motivação e desempenho do aprendiz. Não existe incentivo melhor para um trabalho de qualidade. No contexto desse sistema de trabalho



completo e responsável, muitos dos tradicionais conceitos académicos da avaliação, tais como registos de frequência ou nota mínima para aprovação, carecem de sentido. No seu lugar, o conceito de eficiência é a base da avaliação: quanto faltou para atingir perfeição?

Voltamos à pergunta da avaliação da aprendizagem. Ambos os casos descritos conseguem avaliar aprendizagem. O primeiro caso avalia a capacidade adquirida de analisar situações simples e de efectuar cálculos rotineiros com precisão e rapidez. O segundo caso mede o grau de formação integral atingido. Admitimos que o primeiro caso é mais simples e portanto mais comum. De facto, muitos anos de prática são necessários para a implantação bem sucedida do segundo caso. Ele é nossa proposta duma meta que vale a pena visar. Ao perseguir uma meta nobre e distante, o educador beira os limites da sua própria capacidade e transmite ao aprendiz a inquietude de procurar a perfeição.

### Como escolher o projecto global?

A tarefa realista cuja solução completa é exigida no método da aprendizagem dirigida precisa ser enquadrada num contexto prático existente ou passível de existir. O projecto global forma esse contexto. Uma fábrica, uma unidade de processamento, um equipamento específico, uma rede de encanamentos ou um simples sistema de controle podem ser usados como tema-base. Aprender é construir. A motivação do aprendiz provém da certeza de estar contribuindo à síntese duma obra e de sua contribuição ser importante. Quanto mais abrangente o projecto, melhor. Dessa forma, várias turmas sucessivas participarão da elaboração e a necessidade de deixar arquivado um trabalho completo e compreensível vira evidente. O projecto duma caldeira com turbogerador, por exemplo, é suficientemente diversificado para oferecer tarefas realistas a muitas disciplinas dos currículos de engenharia química, mecânica, eléctrica e civil. A extensão do projecto pode ser reduzida, ou condições de contorno podem ser admitidas de tal forma que a execução apenas por engenheiros químicos vira possível. No caso mais simples, já usamos como tema-base o aquecedor de água para o vestiário de uma fábrica. O sistema de instrumentação desenvolvido e testado por simulação garante água a temperatura constante em qualquer momento e a qualquer vazão. No caso mais abrangente, dirigimos o projecto básico e o detalhamento duma usina de álcool de cana que já está no seu quinto ano de execução e representa uma fonte inesgotável de aprendizagem. O controle de qualidade garante a continuidade do projecto. Cada turma parte do ponto onde a anterior terminou. Mesmo parcelas minúsculas do projecto, tais como uma válvula de controle num determinado trecho de encanamento, proporcionam ao interessado oportunidade de formação integral. Ele sabe que em caso de trabalho negligente ou incompleto, outra pessoa precisaria refazer tudo para garantir a continuidade do projecto. Pela retro-alimentação de formados de semestres passados que perguntam sobre o estágio actual do projecto, verificamos a existência de motivação. Embora originalmente conceituado para a disciplina «Projecto básico», o trabalho já transbordou essa limitação. Agora o tema-base supre tópicos de estudo para as disciplinas «Projecto de sistemas de instrumentação», «Planejamento

financeiro da indústria química» e «Balanços de massa e energia». Os exemplos hipotéticos de livros-texto dessas disciplinas são substituídos por trabalhos responsáveis que integram o projecto global.

### Exemplos ilustrativos do controle de qualidade

O que é controle de qualidade no contexto da aprendizagem dirigida? Ele é a garantia da formação integral. Como funciona? Itens chave são definidos para cada etapa do trabalho. Em caso de não serem satisfeitos, a etapa é devolvida para reelaboração. Os itens se referem a apresentação, redacção, nível técnico, cálculos e desenhos. No caso da apresentação, letra legível e formato de papel são factores limitantes. Na redacção, rejeição resulta de infracções gramaticais e de estilo. Para aceitação do nível técnico, todas as partes exigidas devem existir e o raciocínio deve estar correcto. Qualquer erro aritmético invalida a secção de cálculos. Os desenhos devem ser completos e reproduzíveis. Critérios adicionais podem ser considerados. Cumprimento de prazos é um item importante pois garante que uma solução seja alcançada no tempo disponível. Qualidade de apresentação oral poderia ser cultivada caso o tempo permitir. O esquema finalmente escolhido depende das aspirações e particularidades de cada caso.

Devido à definição inicial da tarefa e a responsabilidade individual do aprendiz, o período de contacto com o instrutor é quase totalmente liberado para discussão de pontos duvidosos do roteiro ou da apresentação. A interacção instrutor-aprendiz é intensa. Isso permite tratar detalhes que surgem do progresso de cada trabalho e que são imprevisíveis no início do semestre.

Um primeiro exemplo duma falha de raciocínio inesperada: para transferir água de processo do reservatório elevado até ao extractor, dispõe-se duma diferença de nível de 16,5 m. Inicialmente estima-se a velocidade de escoamento em 2,00 m/s. Isso permite a escolha do diâmetro do cano de 2 in. para a vazão de projecto. Por sua vez, isso permite calcular a perda de carga cujo valor encontrado é de 6,20 m c.a. O raciocínio apresentado no relatório é o seguinte: «A perda de carga é menor do que a diferença de pressão disponível. O cano é adequado e a vazão de projecto é garantida». Esse argumento é típico duma prova limitada no espaço e no tempo. Possivelmente não há erros aritméticos, o candidato atinge 60% dos pontos e é aprovado. Ele nunca saberá que sua solução é inviável. O que acontece no contexto da aprendizagem dirigida? A etapa é devolvida com a observação: «Por favor convença o leitor como garante a vazão de projecto apesar do excesso de pressão de 10,3 m c.a.» Na segunda versão do trabalho aparecem uma válvula de controle, duas válvulas de bloqueio, um medidor de vazão, um controlador de vazão, uma perda de carga corrigida e um raciocínio correcto. Na etapa seguinte a válvula de controle e o medidor de vazão são detalhados de maneira a absorverem exactamente a pressão excedente. Nesse momento o relatório é avaliado. Além de ter proporcionado aprendizagem, o trabalho é válido e útil ao projecto global. Ele é julgado digno de integração no arquivo dinâmico.

Um segundo exemplo de falhas identificadas e corrigidas pelo controle de qualidade: o uso de receitas feitas para

resolver problemas de rotina é advogado no sistema instrucional não integral. Casos clássicos são a famosa regra de três e a equação de Bernoulli. Quando encontradas em relatórios profissionais, essas receitas parecem fora de lugar. Para fins de análise da turbina que move o desfibrador é necessário conhecer a pressão do vapor que lá chega pelo tubulão. A pressão na saída da caldeira é conhecida: 2,058 MPa. A perda de carga no tubulão é calculada: 85,47 m c.v. (coluna de vapor). Eis o argumento apresentado no relatório para encontrar a pressão na turbina:

«Bernoulli:

$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{u_A^2}{2g} + z_A = \frac{P_B}{\rho} + \frac{u_B^2}{2g} + z_B + hf_{AB}$$

admitindo regime permanente e fluido incompressível, tem-se

$$u_A = u_B, z_A = 20 \text{ m}, z_B = 9 \text{ m (da vista isométrica),}$$

$$P_B = P_A + \rho \cdot (z_A - z_B - hf_{AB})$$

$$P_A = 2,058 \text{ MPa} = 2058823,529 \text{ Pa}$$

$$a = \frac{g}{v} = \frac{9,8 \text{ m/s}^2}{0,12195 \text{ m}^3/\text{kg}} = 80,36080361 \text{ kg/m}^2\text{s}^2$$

$$P_B = 2058823,529 + 80,36080361 \cdot (20 - 9 - 85,47)$$

$$P_B = 2052839,203 \text{ Pa}$$

Era essa a intenção do Sr. Bernoulli? O nosso sistema instrucional realmente produz engenheiros «precisos»? Lembremos apenas que o exemplo é citado aqui por ser uma ocorrência comum. Não é exceção! O controle de qualidade rejeita o cálculo. Incentiva-se o aprendiz a resolver o problema sem Bernoulli e a justificar a precisão do trabalho. A segunda versão vem desta forma:

$$\begin{aligned} \Delta P_{AB} &= 85,47 - 11,00 = 74,469 \text{ m c.v.} \cdot \frac{(1/0,12195) \text{ m c.a.}}{1000 \text{ m c.v.}} \cdot \\ &\cdot \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}}{1 \text{ m c.a.}} = 0,00598 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$P_B = 2,058 - 0,00598 = 2,052 \text{ MPa}$$

Essa versão é aceita, avaliada e incorporada no arquivo dinâmico. Novamente, o controle de qualidade proporcionou aprendizagem e formação integral.

Via de regra, todo trabalho realizado no contexto da aprendizagem dirigida fornece oportunidades de reflexão como as mostradas nos dois exemplos. Por razões imprevisíveis o aprendiz corre risco de desviar do caminho da solução. É função do controle de qualidade acompanhar o progresso do trabalho etapa por etapa e prontamente recolocar o candidato no caminho certo ao constatar um desvio. Inevitavelmente, após dois ou três desvios corrigidos dessa forma, o aprendiz passa a exercer seu próprio controle. É esse o objectivo do nosso método.

### Conclusão

A aprendizagem dirigida acrescida do controle de qualidade instantâneo é um método adequado para atingir formação integral no contexto de treinamento de engenheiros. Ele representa uma resposta viável ao problema de enfrentar as numerosas incógnitas do processo formativo, hoje e no futuro.

Manfred Fehr

Universidade Federal de Uberlândia

Caixa Postal 811 – 38400 Uberlândia MG – Brasil

## EUROPEAN INTENSIVE COURSE ON EXO BIOLOGY

O curso terá lugar de 16 a 23 de Dezembro de 1990 no Centre Paul Langevin, Aussois (Alpes Franceses), patrocinado pelo Conselho da Europa, Agência Espacial Europeia (ESA) e o Centro Nacional de Estudos Espaciais (CNES).

O objectivo do curso é permitir que alunos universitários, professores e investigadores actualizem o conhecimento em tópicos relacionados com a origem, evolução e distribuição de vida no Universo. Entre os assuntos a serem incluídos no programa destacam-se: Química Orgânica Extraterrestre, Evolução Inicial dos Produtos Químicos e Bioquímicos, Evolução Inicial Biológica, Inteligência Extraterrestre. Está disponível um limitado suporte financeiro para candidatos qualificados.

Organizadores: A. Brack (Orléans), F. Raulin (Paris) e A.W. Schwartz (Nijmegen)

Para mais informações contactar: Dr. A. Brack  
Centre de Biophysique Moléculaire  
1A, avenue de la Recherche Scientifique  
45071 Orléans cedex 2, França