

O CONTROLE DE QUALIDADE NA FORMAÇÃO INTEGRAL

*Manfred Fehr**

Resumo: 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 interação constante instrutor-aprendiz que guia as atividades 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 atuação 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 defasagem 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 atual ficou devendo a definição clara do engenheiro requerido. Os processos de seleção costumam trilhar caminhos desvinculados dos processos de formação. Acontecerá alguma mudança pelo simples motivo da passagem do século?

* Professor do Dep. de Engenharia Química da UFU.

A previsão pragmática é que as imperfeições continuarão existindo e que o educador continuará lidando com grande quantidade de incertezas. Como no 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 deste contexto complicado, persegue-se aqui o objetivo de contribuir com 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 o 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 fato, 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 engenheiro 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. Este as armazena na sua memória ou as transcreve para fichas ou cadernos e as recupera no momento em que precisar delas. O inconveniente desse caminho é que o precioso período de contato 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 projetos de grupo. Essas atividades ocorrem sem contato 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 contato. Dessa forma, o período de contato é promovido de sessão de transmissão 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 selecionar as fontes de informações. Nem sempre existem fontes abundantes, e as que existem podem ser inadequadas para o objetivo visado.

O método de aprendizagem dirigida é um terceiro caminho. Ele evita o problema pela subordinação total da informação ao trabalho útil exigido. A tarefa a ser cumprida é formulada em função das necessidades do momento ou dos objetivos da aprendizagem. No período de contato 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 seleção das fontes, consulta-se o que for 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 em 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 fator 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 conseqüência? 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 atividade. De certa forma, são essas qualidades que no futuro comporão a verdadeira especialização do engenheiro, apesar de não serem característica exclusiva de nenhum dos ramos da profissão. Embora muitos professores do século atual tenham perseguido essa meta, poucos conseguiram alcançá-la. Até agora, chegar lá era considerado o objetivo 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 ótica, 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, segurança nos cálculos, argumentação lógica e objetiva, 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 eloqüentes. 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 reações químicas pertencentes a determinada unidade de processamento, conhece os princípios da termodinâmica e dos fenômenos de transporte e sabe dimensionar peças como torres de contato 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 à formação integral. Ele assimila e leva para a vida conceitos de mediocridade tais como: um engenheiro não precisa saber falar ou escrever corretamente, basta saber calcular, e 60% de resultados corretos 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 corretamente, 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 do 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 projeto global e precisa respeitar as condições de contorno técnicas e os prazos desse projeto. 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 gênero. Livros são usados em função das necessidades 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 projeto 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 acadêmicos de avaliação, tais como registro 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 efetuar 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 fato, muitos anos de prática são necessários para a implantação bem sucedida do segundo caso. Ele é nossa proposta duma meta a 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 PROJETO 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 projeto 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 para a síntese duma obra e de sua contribuição ser importante. Quanto mais abrangente o projeto, melhor. Dessa forma, várias turmas sucessivas participarão da elaboração e a necessidade de deixar arquivado um trabalho completo e compreensível torna-se evidente. O projeto duma caldeira com turbogerador, por exemplo, é suficientemente diversificado para oferecer tarefas realistas a muitas disciplinas dos currículos de engenharia química, mecânica, elétrica e civil. A extensão do projeto pode ser reduzida, ou condições de contorno podem ser admitidas de tal forma que a execução apenas por engenheiros químicos se torne possível. No caso mais simples, já usamos como tema-base o aquecedor de água para o vestiário de uma fábrica. O sistema de instrumen-

tação desenvolvido e testado por simulação garante água a temperatura constante em qualquer momento e a qualquer vazão. No caso mais abrangente, dirigimos o projeto 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 projeto. Cada turma parte do ponto onde a anterior terminou. Mesmo parcelas minúsculas do projeto, 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 projeto. Pela retro-alimentação de formados de semestres passados que perguntam sobre o estágio atual do projeto, verificamos a existência da motivação. Embora originalmente conceituado para a disciplina "Projeto básico", o trabalho já transbordou essa limitação. Agora o tema-base supre tópicos de estudo para as disciplinas "Projeto 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 projeto 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 re-elaboração. Os itens se referem a apresentação, redação, nível técnico, cálculos e desenhos. No caso da apresentação, letra legível e formato de papel são fatores limitantes. Na redação, rejeição resulta de infrações gramaticais e de estilo. Para aceitação do nível técnico, todas as partes exigidas devem existir e o raciocínio deve estar correto. Qualquer erro aritmético invalida a seção 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 à responsabilidade individual do aprendiz, o período de contato com o instrutor é quase totalmente liberado para discussão de pontos duvidosos do roteiro ou da apresentação. A interação 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 o extrator, dispõe-se duma diferença de nível de 16,5 m. Inicialmente estima-se a velocidade de escoamento em 2,00 m/s. Isto permite a escolha do diâmetro do cano de 2 pol. para a vazão de projeto. Por sua vez, isto 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 projeto 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 projeto 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 correto. Na etapa seguinte a válvula de controle e o medidor de vazão são detalhados de maneira a absorverem exatamente a pressão excedente. Nesse momento o relatório é avaliado. Além de ter proporcionado aprendizagem, o trabalho é válido e útil ao projeto 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 análises 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

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

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

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

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

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

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

Era essa a intenção do Sr. Bernoulli? O nosso sistema instrucional realmente produz engenheiros "precisos"? Lembramos 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 resultado. A segunda versão vem desta forma:

$$" \quad \Delta P_{AB} = 85,47 - 11,00 = 74,469 \text{ m c.v.} \quad *$$

$$\frac{(1/0,12195) \text{ m c.a.}}{1000 \text{ m c.v.}} \quad * \quad \frac{9,8 \cdot 10^{-3} \text{ MPa}}{1 \text{ m c.a.}} = 0,00598 \text{ MPa}$$

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

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 se 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 objetivo 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.