

A IMAGINAÇÃO NO PROJETO DE ENGENHARIA

1 INTRODUÇÃO

A engenharia em suas múltiplas especialidades trata principalmente da elaboração de projetos, supervisão e análise, neste contexto o estudante de engenharia aprende a desenvolver seu trabalho que vai exigir planejamento, especificações e diversos outros processos na apresentação de sua proposta. Observa-se que para o engenheiro, ao colocar no papel ou computador um desenho ou especificações, isso deve ser precedido da imaginação do que está sendo feito a partir de conhecimentos prévios, esses processos envolvem a mentalização do que vai ser desenvolvido sendo aos poucos tornados realidade na forma de concepção de um projeto. Neste contexto busca-se demonstrar que ao utilizar a imaginação o engenheiro procura a melhor forma para seu projeto e também prever ou antecipar falhas que podem surgir na execução ou utilização do artefato que está sendo projetado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A questão da imaginação na engenharia é abordada no trabalho de Ferguson¹ (1994), procurando esclarecer o trabalho mental utilizado para esboçar um projeto e a interação de um processo mais complexo que envolva diversos projetistas. No trabalho o autor explica a importância para o engenheiro, elaborar mentalmente o projeto a ser desenvolvido elaborando aos poucos o trabalho em papel ou computador, a execução desta etapa de um projeto faz-se necessário o conhecimento real do que está sendo projetado, especialmente pontos críticos que podem apresentar falhas ou de difícil execução.

Quanto ao conhecimento do engenheiro, Ferguson não o considera ciência, mas que tem uma parte substancial derivada da ciência, numa perspectiva diferenciada de conhecimento de engenharia e de conhecimento científico. Para ele, a ciência da engenharia difere da ciência pura, mesmo que tenham uma mesma série de conceitos. Aqui, percebe-se a diferença entre o ideal matemático da ciência e o ideal para a engenharia em suas múltiplas variáveis e valores reais e não teóricos.

Ferguson considera o desenvolvimento de um projeto como uma invenção que deve ser esboçada mentalmente, e prevê o uso de elementos familiares numa nova combinação para um propósito particular. Este projeto particular deve atender a melhor alternativa para solucionar determinado problema, buscando a solução ideal ou uma solução razoável, possivelmente não a única para o problema, mas podemos aceitar a alternativa escolhida como a mais eficiente dentro das possibilidades de fabricação.

Ademais, Ferguson salienta que diferentes equipes de engenheiros podem desenvolver um artefato ou sistema diferentes e, mesmo assim, apresentarem as mesmas

¹ Neste ensaio perspicaz e incisivo, Eugene Ferguson demonstra que a boa engenharia é tanto uma questão de intuição e pensamento não-verbal como de equação e computação. Ele argumenta que um sistema de educação de engenharia que ignora o pensamento não-verbal produzirá engenheiros que são perigosamente ignorantes das muitas maneiras pelas quais o mundo real difere dos modelos matemáticos construídos nas mentes acadêmicas. (M. R. Montgomery. New York Times Book Review).



funções, eficiência e segurança. Engenheiros sabem o que necessitam, mas através de diferentes abordagens desenvolvem uma solução individual que não é a única para um mesmo artefato.

O objetivo das ciências de engenharia, no entanto, não é para estabelecer "leis da natureza", mas para definir relações entre propriedades mensuráveis - comprimento, peso, temperatura, velocidade, e afins – de forma a permitir que um sistema tecnológico possa ser analisado matematicamente. As ciências da engenharia também diferem de ciência pura, na forma que elas têm um conjunto de problemas abstratos diferentes a serem analisados. A ideia de um ciclo termodinâmico é um desses conceitos, num motor de combustão interna.² (Ferguson (1994), p. 10-11, tradução nossa)

Contudo, Ferguson vê que é necessidade de um engenheiro, para desenvolver projetos de alta complexidade (como elevadores), ter conhecimento das características destes equipamentos, além de um senso intuitivo de limites práticos de desempenho de máquinas e um bom conhecimento de adequação de materiais e processos de fabricação. O pesquisador entende que somente a experiência profissional habilita o engenheiro a desenvolver projetos de alta complexidade com segurança e eficiência.

Sobre a imaginação, Ferguson procura esclarecer que peças complexas são difíceis de serem desenhadas, mesmo que sejam fáceis de ser imaginadas. Observamos que a informação visual, geralmente em duas dimensões, somente com experiência adequada permitirá uma visão mental real do desenho apresentado. Podemos, por analogia, exemplificar o caso do médico que, ao observar uma radiografia, vê valiosas informações sobre órgãos internos do paciente.

Ferguson também analisa outras formas de apresentar um projeto, através da descrição com palavras de um mecanismo complexo (o que é quase impossível ou é muito trabalhoso). O uso de modelos é uma maneira de expor um projeto e, até os dias de hoje, apresenta-se como uma forma de representar as características reais de um equipamento sendo de fácil compreensão por outras pessoas. Com o advento das impressoras 3D, cada vez mais modelos se tornam uma opção, e estes modelos podem ser em escala ou tamanho real.

Ferguson considera que, apesar do baixo status do pensamento visual na escola de engenharia, a imaginação é uma parte inseparável da engenharia. Ao longo da história, muitos engenheiros criativos revelaram como desenvolveram seus projetos através do pensamento visual. Cita que o engenheiro francês Marc Isambard Brunel³, antes de 1800, desenvolveu as primeiras máquinas semiautomáticas e considerava as técnicas de

² Texto original: "The purpose of the engineering sciences, however, is not to record "laws of nature" but to state relations among measurable properties - length, weight, temperature, velocity, and the like - to permit a technological system to be analyzed mathematically. The engineering sciences also differ from pure science in that they have an array of abstract problems can be analyzed. The idea of a thermodynamic cycle is one such concepts. In an internal-combustion engine." (Ferguson (1994), p. 10-11).

³ Marc Isambard Brunel, 1769-1849, engenheiro e inventor. Nascido na França, foi para os Estados Unidos em 1793 como refugiado monarquista. Ele se tornou engenheiro-chefe de Nova York, mas em 1799 foi para a Inglaterra, onde patenteou máquinas para fabricação de blocos de navios e depois inventou muitos outros dispositivos relacionados ao trabalho mecânico. (*The New Enciclopædia Britannica*, (1986), vol. 2, p. 576).



desenho como o verdadeiro alfabeto do engenheiro. Enfatiza Ferguson que, além do uso de modelos, existe a necessidade de simulação, com protótipos, em ensaios para garantir a qualidade e eficiência de um novo projeto. Observa que um engenheiro, ao ter um problema, examina primeiro o equipamento real para depois examinar desenhos e cálculos.

Em relação à arte e a engenharia, Ferguson salienta que a maioria dos engenheiros considera a arte sem o rigor científico e a objetividade da engenharia, e entende que tanto o artista quanto o engenheiro criam mentalmente a sua meta. Ambos partem geralmente de uma folha em branco, apenas seguindo algumas regras, uma época em particular ou estilo. Explica que o engenheiro, apesar do auxílio computacional, necessita tomar inúmeras decisões no desenvolvimento de um projeto, e o artista provavelmente tenha que tomar um número igual de decisões no desenvolvimento de uma obra.

Finalmente Ferguson salienta que o homem, ao pisar na lua, gerou um feito que foi saudado como uma grande conquista científica e não como um trabalho de engenharia bastante hábil, e acredita que no futuro talvez o título de engenheiro vá recuperar seu justo reconhecimento.

3 DISCUSSÃO

A questão da habilidade de imaginar o que está sendo projetado, revela para o engenheiro a situação real de componentes e estruturas, permitindo antecipar problemas ou desconformidades, e durante a elaboração cabe ao projetista ir prevendo problemas que podem surgir durante a execução já fazendo as alterações necessárias. Deve-se considerar que muitas vezes se observa um projeto bem elaborado e execução adequada, e eventualmente circunstâncias não previstas podem ocasionar o colapso do artefato, principalmente, que nos dias de hoje são muitas variáveis envolvidas em construções complexas.

Devemos ainda levar em consideração que muitos operários conhecem materiais e condições de execução dos diferentes tipos de obras enquanto os engenheiros muitas vezes não têm grande experiência e fazem seus projetos acreditando que estão fazendo o melhor. Observa-se algumas vezes em projetos de instalações elétricas que os eletricitistas que executam a obra preferem muitas vezes executar o trabalho a sua maneira, não seguindo o projeto, ou somente seguindo para atender as condições básicas, pois acreditam que conseguem fazer muito melhor do que foi projetado. Podemos entender que isto é errado, no entanto é comum especificação de condutores com cores específicas em projetos, esquecendo o projetista que para algumas bitolas de condutores não são fabricados condutores coloridos, sendo mais comum somente o preto, verde e azul claro.

Em obras de grande porte como prédios e obras-de-arte como pontes e túneis os cuidados devem ser redobrados e apesar de dependerem de um contexto inicial, o projeto deve estar fundamentado na necessidade, estudos geológicos, e cálculos, não havendo muitas vezes margem para modificações, mas devemos entender que muitas vezes, principalmente pontes, colapsam por falta de vistorias adequadas e falta de uma visão sobre o futuro e durabilidade da obra, pelo projetista, mas devemos levar em conta que nos dias atuais custo é uma das variáveis de um projeto, ao contrário de muitas obras antigas que simplesmente o exagero em materiais era a garantia de durabilidade.

Outra questão se relaciona aos projetos de artefatos modernos e complexos, onde a imaginação do idealizador para um projeto, que nada mais é que um protótipo, que após vários testes vai sendo aprimorado, muitas vezes tendo até depois de lançado comercialmente, necessário modificações, ajustes e melhorias, acontecendo até mesmo em aviões, este processo. Observando-se em alguns casos a interferência de setores

econômicos que procuram agilizar processos que deveriam ser melhor testados para serem considerados seguros e aptos a serem comercializados.

A evidência sobre as questões abordadas, pode ser analisada numa pesquisa sobre erros em medições de energia elétrica, quando analisados apenas na perspectiva matemática, revelam valores que raramente são comprovados por um estudo mais aprofundado que inclui todo entorno do problema. Nestas situações percebe-se que os técnicos das Concessionárias de energia apresentam correções, em relação a problemas de medição, baseados apenas em cálculos simples, exigindo que o consumidor solicite um laudo, elaborado por técnico experiente que esclareça a ocorrência, que na maioria dos casos mostra os erros envolvidos num cálculo meramente matemático.

Em relação a projetos que envolvem atividades mais simples como num projeto elétrico a disposição dos componentes, como interruptores e tomadas, provavelmente o trabalho é realizado de maneira metódica e obedecendo as especificações das Normas e algumas regras básicas, não necessitando grande esforço mental para estas fases do projeto, já especificação das proteções necessitam cálculos e conhecimento sobre características das cargas a serem utilizadas. Neste contexto podemos perceber que alguns trabalhos de engenheiros não requerem trabalhos mentais complexos, mas estes são minoria das atividades dos engenheiros, que geralmente se deparam com problemas bem mais complexos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisarmos as questões que envolvem o desenvolvimento de um projeto devemos entender e principalmente passar a ideia para os estudantes de engenharia, que no desenvolvimento de um projeto, os processos mentais de imaginação que realmente está sendo buscado, a partir de conhecimentos já adquiridos vai permitir a evolução do trabalho sempre buscando melhorias e uma sustentabilidade que garanta o êxito do trabalho que está sendo desenvolvido, sem riscos de colapsos que envolverão prejuízos e atrasos. Nestas circunstâncias é importante o engenheiro se conscientizar que imaginar as situações reais dos problemas de engenharia vão auxiliar no desenvolvimento de um trabalho de qualidade e confiável.

REFERÊNCIAS

FERGUSON, Eugene Shallcross. **Engineering and the mind's eye**. Cambridge, U.S.A., MIT Press, 1994.

THE IMAGINATION IN THE ENGINEERING PROJECT

Abstract: *It seeks to clarify the need for the use of imagination by the engineer in the development of his activities, elaborating his projects from a mentalization of his idea of how the work he is developing should be, gradually transferring the necessary documentation for the execution of a certain work. It should be noted that the engineering student must get used to mentally idealizing their projects, seeking to foresee the difficulties that may arise in the execution of what is being designed. In this context, it is important to know the reality of*

what is being designed, especially in relation to materials and use of components and even the necessary inputs, to guarantee the desired quality in the product or work to be carried out.

Keywords: *engineering design, imagination in engineering, engineering education.*

