

Mecânica dos Flúidos, sua finalidade e sua tarefa (*)

ENG. GEORGE BUGLIARELLO

Membro da Sociedade Americana de Engenharia Civil. Professor Assistente de Engenharia Civil do Instituto Carnegie de Tecnologia, Pittsburgh, Pensylvania, Estados Unidos.

A Engenharia Civil tem sido adequadamente definida como sendo a engenharia da nossa terra, da nossa água e do nosso ar. Se a profissão quiser preencher as grandiosas missões abrangidas por essa definição, que é a de criar o melhor ambiente possível para a vida humana e suas atividades, ela deve dedicar ao estudo dos flúidos, um esforço que corresponda ao seu papel nesse imenso ambiente.

Esse papel não é estático, porque ele se avoluma rápida e incessantemente com os grandes avanços que ocorrem em outros ramos colaterais e mais especializados da engenharia, tais como mecânica, química, engenharia naval, aeronáutica e engenharia nuclear, nos quais os flúidos desempenham uma ampla e quase sempre preponderante função.

O estudo das leis que governam o movimento dos flúidos e das forças que causam e se opõem a esse movimento, constitui a essência da Mecânica dos Flúidos. Como todas as matérias científicas, a Mecânica dos Flúidos é importante sob dois aspectos: ela proporciona uma visão do íntimo dos fenômenos naturais e possibilita o uso da natureza para a satisfação das nossas necessidades. Se bem que seja principalmente neste segundo aspecto, a aplicação dos conhecimentos científicos e da experiência para controlar o nosso ambiente flúido, que a Mecânica dos Flúidos se torna vital para o engenheiro civil, os dois aspectos são indissolúvelmente interconectados. Então, temos a nosso cargo, uma tríplice tarefa e um tríplice objeto, na pesquisa básica, no planejamento e no projeto.

PESQUISA BÁSICA, A PRIMEIRA TAREFA

Nossa primeira tarefa consiste em adquirir um conhecimento das leis básicas da natureza, que se referem aos flúidos, à ação dos flúidos e aos recursos dos flúidos. Felizmente, certas leis gerais são aplicáveis a todos os flúidos, sejam eles gases ou líquidos. Isso simplifica a tarefa, tornando possível, dentro de certos limites, estudar de maneira única, o ar e a água, bem como outras substâncias flúidas de características diferentes.

Uma vez que na natureza os corpos flúidos são sujeitos e são grandemente influenciados pelo calor e pelos campos elétricos e magnéticos, a termodinâmica e a eletricidade desempenham um importante papel no estudo dos escoamentos.

Esse papel é acrescido pela crescente apreciação do fato de que o movimento de um flúido é, em última análise, a resultante do movimento de um sistema de moléculas, átomos e ions, tanto em campos elétricos e magnéticos como sob a agitação térmica.

(*) Traduzido e adaptado da revista "Civil Engineering", volume 31, n.º 5, de maio de 1961, pelo Tenente-Coronel LEONINO JUNIOR, Professor e Chefe do Laboratório de Mecânica dos Flúidos e de Hidráulica do Instituto Militar de Engenharia.

Medidores de escoamentos e bombas eletromagnéticas, verificadores de velocidades com fios aquecidos e métodos de ressonância paramagnéticos, contam-se entre os significantes e novos desenvolvimentos em laboratórios, e no campo de utilização das inter-relações que existem entre fenômenos eletromagnéticos, térmicos e de escoamento.

Outras ciências relacionadas com o comportamento dos fluidos no nosso ambiente, que são essenciais ao engenheiro civil, são: meteorologia, climatologia, hidrologia, oceanologia e liminologia; tôdas elas se apoiam, profundamente, na Mecânica dos Fluidos.

No propósito de um melhor conhecimento dos fenômenos básicos dos escoamentos, os engenheiros civis tem pesquisado amplos domínios da ciência, investigando problemas tão diversos como escoamentos hidro-magnéticos, ruídos, vibrações de navios, mecânica básica da turbulência, escoamento do sangue e outros fluidos de constituição complexa, ondas explosivas, e aerodinâmica supersônica. Os resultados tem proporcionado informações essenciais para o nosso uso profissional e têm também sido de inestimável valor em outros campos das ciências e da engenharia, como atesta a enorme competição entre as indústrias, o governo e instituições acadêmicas, para empregar, nas mais diversas situações, engenheiros civis com um bom conhecimento de Mecânica dos Fluidos.

ESTRATÉGIA NO PLANEJAMENTO, EIS A SEGUNDA TAREFA.

Nossa segunda tarefa é a formulação de diretrizes gerais para a utilização dos recursos de fluidos no nosso ambiente.

Essa tarefa pode ser designada como estratégia de planejamento. Aqui, o conhecimento básico dos fenômenos fluidos é posto em ação, na utilização dos recursos do ambiente, dentro das limitações e necessidades impostas pelos outros fatores ambientes.

Em combinação com considerações de ordem econômica, política e tecnológicas diversas, são elaborados planos para a locação, características de projeto e operação de portos, aeroportos, condutos de água e estações de tratamento; também, para o desenvolvimento de bacias fluviais e para a proteção de cidades contra a poluição do ar.

Pôr bacterias para trabalhar em estações de tratamento de água, e providenciar condições de controle para a reprodução dos peixes nas águas interiores, são dois exemplos de processos para utilização efetiva de componentes biológicos do nosso ambiente.

É ainda aqui, na harmonização da Mecânica dos Fluidos com fatores biológicos, que a nossa profissão deve ser chamada como o primeiro ramo da engenharia dessa idade biotécnica, que Lewis Munford prediz ser a próxima fase do progresso da civilização.

O que tem sido adequadamente designado como poluição térmica, oferece um exemplo dos problemas encontrados no planejamento da utilização dos recursos fluidos.

Com o crescente uso de usinas térmicas, uma das necessidades fundamentais tornou-se a procura de grandes quantidades de água fria para emprêgo nos condensadores. Raramente pode um recurso hidráulico ser utilizado para uma finalidade única. Então, quando se trata de planejar com o objetivo limitado de obtenção de água fria barata e abundante, isso constitui apenas um requisito a satisfazer, dentro do conjunto de outros tantos que se interpõem.

Uma ilustração excelente do planejamento para utilização da água é citado por David Lillienthal, em uma análise da luta constante entre a Índia e o Paquistão, para o controle de água do rio Indus. Ele indica que uma ação coordenada poderia duplicar a atual utilização do rio, eliminando portanto os fundamentos da disputa.

TÁTICA NOS PROJETOS, EIS A TERCEIRA TAREFA.

Nossa terceira tarefa, que pode ser chamada de tática, consiste no estudo detalhado, no projeto e na execução de dispositivos destinados à solução das necessidades gerais de utilização dos recursos fluídos.

Aqui, a tarefa do Engenheiro Civil consiste em construir os dispositivos mais eficazes para armazenamento e retenção dos fluídos (tais como barragens e diques), para condução de fluídos ou materiais fluidificados (adutoras, canais, chaminés), para a travessia de meios fluídos ou para ajudar a atravessá-los (portos, aeroportos, pontes) para controlar meios fluídos (quebra-mares, vertedores, defletores de vento, tanques de sedimentação), para extrair energia de corpos fluídos (instalações hidro-elétricas, geradores a vento, geradores por gradiente térmico) e para utilização biológica (biofiltros, escadas para peixes, saneamento de pântanos).

Mesmo em estruturas que não concernem diretamente com a utilização do nosso ambiente fluído, a importância da Mecânica dos Fluídos para o engenheiro civil não pode ser completamente abandonada. Frequentemente, mesmo num alto grau de aproximação, o projeto estrutural de uma ponte é influenciado por considerações elementares, com relação à cargas de vento e com a interação entre a água e os pilares. Se o fracasso da ponte dos Estreitos Tacoma constitui uma dramática recordação, existem também muitos outros casos menos conhecidos, nos quais o desprezo de fatores relacionados com a Mecânica dos Fluídos resultou em soluções inadequadas, falhas ou superdimensionamento oneroso.

MUITAS OUTRAS TAREFAS AINDA

O que foi exposto de maneira tão abreviada, nada mais é do que uma pálida imagem das tarefas que nos esperam. Qualquer que seja a área que o engenheiro civil especializado em Mecânica dos Fluídos possa escolher para exercer suas atividades, ele se verá em face com tarefas tão atraentes como as que aparecem para cientistas e engenheiros que lidam em outros campos, e até mais importantes para os afazeres humanos.

Na pesquisa básica, um dos problemas mais difíceis e fundamentais, é aquele que lida com a transição entre um fenômeno de escoamento em escala molecular e em escala macroscópica. Existe uma região intermediária entre essas duas escalas, na qual, hoje, nem uma consideração de ordem molecular, nem uma de ordem macroscópica pode ser aplicada. Essa região, suspeitamos, tem uma importância fundamental na maioria dos processos fluídos. Necessitamos de uma teoria e de técnicas experimentais para estudar escoamentos em tal situação.

Mais diretamente relacionada com nossas necessidades imediatas, está uma pesquisa contínua sobre as causas dos fenômenos de descolamentos em torno de corpos imersos em um fluído (perda brusca de sustentação), de meios para redução da resistência ao avanço e na mecânica da difusão. Esses são problemas de enorme importância prática.

O controle do descolamento, poderá conduzir, por exemplo, à atenuação de vibrações motivadas pelas correntes, a um mais eficiente projeto de passagens para escoamentos, e à proteção contra fenômenos localizados de açoitamento e erosão em rios.

A redução da resistência ao avanço poderá proporcionar enormes economias na quantidade de energia dissipada no mundo todo na condução de fluídos através de toda sorte de condutos, e no deslocamento de corpos através de fluídos. A redução pode também ser benéfica para eliminação de uma das maiores causas de erosões produzidas por ventos e correntes de água, e para o decréscimo de acentuadas forças fluído-dinâmicas que atuam em estruturas altas.

O preenchimento de amplas falhas no nosso conhecimento de multi-facetados mecanismos de difusão, poderá tornar possível um mais amplo e efetivo controle

do transporte de matéria e calor pelos fluidos, da mistura de corpos fluidos, das características da turbulência e, conseqüentemente, dos fenômenos da perda de sustentação e da resistência ao avanço.

Entre muitos outros problemas que clamam pela nossa atenção, e que se tornam cada vez mais prementes, à proporção que a Engenharia Civil estende seu seu campo de ação, estão um melhor conhecimento das ondas e seu efeito em estruturas costeiras, tanto quanto o estudo das características de escoamentos sob pressões muito altas, tais como aquelas que são encontradas no fundo dos oceanos.

Finalmente, a previsão de novos fluidos tem merecido pouca atenção até agora. A proporção que o nosso conhecimento das relações entre a estrutura de um fluido e o seu comportamento se aprofunda, podemos pensar em criar um fluido destinado a uma certa configuração de forma, afim de serem obtidos resultados específicos, em vez de serem previstas as formas para as características de um corpo fluido. Este problema, de capital significado em muitas aplicações da Mecânica dos Fluidos, é paralelo àquele para o qual estão sendo dirigidos muitos esforços hoje em dia, na física dos sólidos.

Nas pesquisas básicas, muitos benefícios poderão ser aduzidos pela análise dos sistemas biológicos. Esses sistemas, fazem extenso uso de processos da Mecânica dos Fluidos e nos dão o encargo de encarar sua eficiência na combinação da alta condutibilidade do calor e da baixa resistência ao atrito, observadas nos fenômenos capilares, na regulação precisa e extremamente sensível dos escoamentos, no suprimento de líquido nutrientes às células, bem como em numerosas outras funções.

UTILIZAÇÃO PLANIFICADA DOS RECURSOS

Na área de planejamento, há necessidade de mais rigorosa aproximação científica nos problemas de uma melhor utilização global de todos os recursos fluidos. Uma compreensão mais clara das inter-relações entre todos os componentes do nosso ambiente fluido torna-se necessária, para a formulação de planos adequados, nos quais cada componente será utilizado da melhor maneira possível, sem interferências com outros. Avanços no conhecimento das leis básicas do ambiente fluido por um lado é a inter-ligação de fatores econômicos, políticos, sociológicos e geográficos por outro, nos suprirão com uma base racional crescente, para o planejamento.

Até agora, a finalidade do planejamento tem sido preliminarmente confinada aos recursos disponíveis em uma dada região. No futuro, no entanto, o desenvolvimento de técnicas mais poderosas, tais como explosões atômicas, poderá proporcionar meios para alternar ou controlar a distribuição de recursos fluidos em uma escala muito maior. Nós estamos agora aliviando deficiências pela transferência da água de grandes bacias para outras e estamos experimentando a criação artificial da chuva.

Entre as mais gigantescas e interessantes tarefas para as quais necessitamos nos voltar a seguir, estão o controle dos mares e das correntes aéreas. Derivando correntes marítimas, podemos alterar o clima de regiões; em menor escala, podemos reduzir o açoreamento que prejudica a eficiência de ancoradouros ou criar condições para a pesca.

Semelhantemente, controlando correntes aéreas, podemos influenciar os climas, a poluição do ar, e outros fatores ambientes de cidades, fazendas, aeroportos e até de áreas maiores.

As grandes regiões áridas, vistas nos mapas mundiais, indicam-nos uma missão de encontrar meios de transformá-las, para uma utilização produtiva. Aqui, a energia atômica poderá ajudar, na abertura de canais e reservatórios, em uma escala

imprevisível. Também, explosões atômicas poderão abrir novos portos e novas vias aquáticas.

O impacto dessas gigantescas e necessárias tarefas na economia, na geografia e na população mundiais, poderão sobrepujar tôdas as revoluções tecnológicas precedentes.

PROBLEMAS NO NÍVEL TÁTICO

Inúmeros problemas nos trazem encargos no nível tático. Como separar camadas mais frias em uma corrente natural, como controlar os meandros de um rio ou a fumaça transportada pelos ventos em uma área industrial; retirar sedimentos acumulados em um reservatório; reduzir o impacto de explosões nucleares em estruturas e desviar a onda de choque; acelerar a auto-purificação de um curso d'água; transportar grandes quantidades de sólidos e até pessoas, através de condutos fechados; utilizar melhor as grandes reservas de água do sub-solo; estabelecer a navegabilidade de rios; dissipar ou utilizar ondas; estabelecer técnicas para controle de grandes massas fluídas na natureza; conhecer os problemas do ambiente fluído em outros planetas que se tornem acessíveis pela exploração espacial — eis algumas das tarefas que se apresentam aos engenheiros.

Quanto à extensão segundo a qual podemos encarar essas três séries de encargos — no escritório, no canteiro de serviço, e na universidade — devemos ter em mente a responsabilidade e a austeridade que impõem nossas finalidades profissionais.

Nossa responsabilidade não está confinada ao projeto de um canal, uma barragem ou uma ponte. Isso são limitados e talvez transitórios aspectos da tarefa essencial de modelagem de nosso ambiente, nas malhas complexas da civilização — uma tarefa na qual a Mecânica dos Fluídos desempenha um papel básico.

Se falharmos nessa tarefa, tôdas as outras realizações da nossa era deixarão de ter significado, e nossa própria civilização acabará ruindo completamente.

RESUMO (*) DO DECRETO N.º 33.047, DE 4 DE JULHO DE 1958 — (S. PAULO)
PADRONIZA CONDIÇÕES DE POTABILIDADE DAS ÁGUAS DE ALIMENTAÇÃO

	Águas de fonte	Abastecimentos públicos sem tratamento e poços	Águas purificadas para abastecimento público, fabricação de refrigerantes etc.
1. — Aspecto	límpido	límpido	límpido
2. — Côr	até 5	até 30	até 10, tolerável até 20
3. — Odor	nenhum	nenhum	nenhum, ou leve
4. — Turbidez	até 5	até 10	de cloro, tolerável até 2,
5. — Resíduo sêco	até 500	até 500	até 5 até 500
6. — pH	entre 4 e 10	entre 5 e 10	—
ALCALINIDADE (em CaCO₃):			
7. ————— de hidróxidos	0	0	—
8. ————— de carbonatos	até 120	até 120	—
9. ————— de bicarbonatos	—	até 250	—
10. — Dureza total (em CaCO ₃)	até 300	até 100, tolerável até 200	—
11. — Oxig. consumido (em O)	até 2	até 3,5	até 2,5
NITROGÊNIO (em N):			
12. ————— amoniacal	até 0,05	até 0,08	—
13. ————— albuminóide	até 0,08	até 0,15	—
14. ————— nitroso	ausente **	ausente **	—
15. ————— nítrico	até 2,0, tolerável até 5,0	até 2,0, tolerável até 6,0**	até 10
16. — Ferro (em Fe)	até 0,3	até 0,3	até 0,3
17. — Cloretos (em Cl')	até 50	até 50	até 250
18. — Sulfatos (em SO ₄ '')	—	—	até 250
19. — Cloro residual	—	—	até 0,3
20. — Coliformes	ausentes em 100 ml amostra	não deverão existir em 5 x 10 ml	não deverão existir em 5 x 10 ml

* Organizado por José Capocchi.

** Eventual tolerância, em face de exames bacteriológicos satisfatórios.

NOTA — Os resultados dos itens 2, 5 e 7 a 19 são expressos em miligramas por litro (mg/l).