

# PREFÁCIO

---

*Sonho? Lute para realizá-lo, e agonize para fazê-lo, e defina fazendo-o.* (Caldwell I, Thomason D. O enigma do quatro. Zylberlicht L (trad.). São Paulo: Editora Planeta do Brasil, 2005.)

*Para minha mãe, Norma e meu pai Luiz (in memoriam)*

A Termodinâmica Química (TDQ) é uma ciência básica para o estudo da Engenharia Química. Estabelece os recursos para o enunciado dos modelos dos fenômenos de transporte, das operações unitárias e, juntamente com a Cinética Química, para o cálculo de reatores. Sem os conhecimentos adequados da TDQ, os quais envolvem vários conceitos, modelos de propriedades das substâncias, limites de uso das equações de estado etc., certas atividades, tais como o projeto, a modelagem e a simulação dos processos químicos, tornam-se apenas exercícios numéricos, muitas vezes sem significado prático. Este livro procura, justamente, apresentar esses conhecimentos de um modo que sejam facilmente aplicados, no aprendizado e na atuação profissional, tanto do estudante quanto do engenheiro já formado.

Comparando-se este texto com o de outras obras didáticas sobre TDQ, notam-se diferenças, tanto de forma quanto de conteúdo. Existem assuntos que, existindo em outros livros, aqui não constam. Por outro lado, nos livros sobre TDQ já existentes, certos tópicos não vêm sendo abordados com a profundidade necessária para os tempos atuais. Pela experiência que adquiri no ensino da TDQ aprendi que, mesmo que nos cursos uma certa obra seja adotada como livro-texto, o bom andamento do aprendizado deve apoiar-se em uma boa bibliografia auxiliar, pois nenhum livro, a meu ver, é suficientemente perfeito, no seu todo, para prover as bases termodinâmicas necessárias para que os alunos assimilem os outros tópicos constantes em um currículo de curso de Engenharia Química. Esta obra foi concebida para ser usada como livro-texto em disciplinas de Termodinâmica Química de cursos de Engenharia Química, mas deverá ser apoiada por outras obras irmãs, tais como as citadas no Capítulo 1.

A preparação do *Termodinâmica Química Aplicada* baseou-se na experiência e no material desenvolvido em cerca de vinte anos de docência e pesquisa no assunto: aulas ministradas em cursos de graduação e pós-graduação na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e resultado de trabalhos de Iniciação Científica, orientações de Mestrados e Doutorados e investigações próprias do autor.

A obra está dividida em três grandes partes englobando onze capítulos. A primeira parte (**As bases**) é formada pelos Capítulos 1 e 2.

No **Capítulo 1 (Introdução à Termodinâmica Química)**, é apresentada uma revisão dos conceitos básicos da Termodinâmica, que devem ter sido vistos pelos alunos em disciplinas introdutórias de Físico-Química. Deu-se mais ênfase às relações termodinâmicas fundamentais e ao modo de obter variações de propriedades termodinâmicas com o sumário condensado das relações termodinâmicas (Tabela de Bridgeman). Uma proposta de extensão do aprendizado baseada em sugestões de leituras de capítulos de outros livros e na proposição de questões, cujo conjunto foi elaborado com o intuito de ser um roteiro de estudo, é apresentada. Há exercícios resolvidos e propostos que auxiliarão o aluno a uniformizar seu conhecimento das bases termodinâmicas, necessárias para os assuntos futuros.

O **Capítulo 2 (Propriedades físicas e termodinâmicas das substâncias: fontes de dados, abordagens de obtenção e métodos estimativos)** contém material inédito, não constante em livros tradicionais de Termodinâmica Química. Procurou-se enfatizar a importância das propriedades das substâncias nas atividades do engenheiro químico e mostrar as possibilidades de obtenção dessas informações tanto em fontes impressas quanto eletrônicas: *softwares* e recursos *on-line*, acessados via Internet, já que esse meio tornou-se uma excelente possibilidade de aquisição de informações técnicas. Vários exercícios, resolvidos e propostos, auxiliarão o aluno a compreender a matéria deste capítulo.

A segunda parte (**As ferramentas**) é composta pelos Capítulos 3 a 5. No **Capítulo 3 (Gases e líquidos, estados, propriedades PVT e equações de estado)** desenvolve-se o conceito de estados das substâncias, são definidos os principais termos relacionados com esse conceito e é ressaltada a importância desse conjunto de informações. Dá-se uma visão geral do que são as propriedades PVT e do que é uma equação de estado. Apresenta-se, em primeiro lugar, qual o estado do conhecimento desse assunto. A seguir são apresentadas com detalhes as principais equações de estado. Este capítulo é fundamental para a compreensão do que virá depois. No **Capítulo 4 (Equações de estado para líquidos)** são apresentadas as equações para cálculo de propriedades volumétricas de líquidos, assunto quase sempre relegado em segundo plano em livros didáticos de TDQ. O **Capítulo 5 (Exercícios e outras práticas sobre as aplicações da Termodinâmica Química – 1ª parte)** apresenta exercícios resolvidos e propostos. Há, também, sugestões de temas para seminários e outros tipos de trabalhos didáticos. São abordadas as práticas sobre os assuntos dos Capítulos 3 e 4.

Na terceira parte (**As aplicações**) constam os Capítulos 6 a 11: **Capítulo 6 (Do ideal ao real I: propriedades termodinâmicas de sistemas não ideais)**; **Capítulo 7 (Do ideal ao real II: propriedades de misturas e soluções)**; **Capítulo 8 (Propriedades do equilíbrio líquido-vapor de substâncias puras)**; **Capítulo 9 (Propriedades do equilíbrio líquido-vapor de misturas de não eletrólitos)**; **Capítulo 10 (Algumas aplicações da Termodinâmica Química)**; **Capítulo 11 (Exercícios e outras práticas sobre as aplicações da Termodinâmica Química – 2ª parte)**. Esses capítulos foram desenvolvidos de modo a apresentar ao aluno uma visão prática dos assuntos nele contidos, principalmente o Capítulo 11, que apresenta vários exercícios, resolvidos e propostos.

Alguns assuntos incluídos nos vários capítulos são inéditos em livros de vocação didática. Podem ser citadas equações de estado para compostos complexos (substâncias polares, compostos que formam pontes de hidrogênio, soluções poliméricas etc.), classificação de van Konynenburg e Scott para os diagramas de fases de misturas binárias e diagrama de fases global. Outros assuntos estão ausentes, tais como equilíbrio líquido-líquido e outros equilíbrios (o de soluções eletrolíticas, por exemplo), ciclos, análise térmica etc. Tais assuntos (e outros, também) ficam para uma próxima edição ou, quem sabe, um segundo volume.

As duas partes finais do livro têm a missão de auxiliar as três partes iniciais, ou seja, na quarta parte (**Os acessórios – apêndices**) temos unidades, conversões de unidades, tabelas com dados e parâmetros de equações, informações adicionais sobre a teoria apresentada nos capítulos das outras partes. Visando auxiliar em todos os aspectos didáticos, introduziu-se a quinta parte (**Os auxiliares – conteúdo do CD-ROM**), na qual estão programas de computador e arquivos eletrônicos a serem usados pelo aluno e pelo professor para auxiliar nas atividades de ensino e aprendizado.

Em todas as partes, a literatura citada e a nomenclatura empregada no transcorrer do texto encontram-se no final de cada capítulo.

Evitou-se a inclusão de exercícios e exemplos resolvidos no texto, em que se discute a teoria para beneficiar a continuidade da exposição e das idéias apresentadas. Na primeira parte (Capítulos 1 e 2), os exercícios, resolvidos ou propostos, estão concentrados na sua parte final. Nas segunda e terceira partes, respectivamente Capítulos 3 a 5 e Capítulos 6 a 11, os exercícios estão concentrados em capítulos especiais (Capítulo 5, para práticas sobre a segunda parte, e Capítulo 11, para as da terceira parte).

Os exercícios dos Capítulos 5 e 11 são tratados como estudo de casos, ou seja, o tema abordado pelo exercício está disposto de forma clara de modo que o professor e o aluno podem eleger quais aspectos desejam trabalhar, de acordo com a teoria que eles (os exercícios) abordam. A seguir estão dois exemplos de como o material apresentado neste livro pode ser usado em cursos.

- **Cursos de graduação.** Uma disciplina de Termodinâmica Química, oferecida em um semestre (carga horária de 90h) a alunos de graduação de Engenharia Química, poderia ser ministrada usando os dois primeiros capítulos integralmente, do Capítulo 3, seriam considerados os itens 3.1 a 3.12 e dispensados os itens 3.12.2 a 3.12.4; algumas partes do item 3.14 poderiam ser adicionadas, a critério do professor, assim como alguns modelos do Capítulo 4 e uma seleção de exercícios resolvidos e propostos. Recomendo nos estudos a inclusão total do Capítulo 6 e partes do Capítulo 7 que tratam dos aspectos básicos (podem ser deixados para estudos futuros, por exemplo, detalhes dos modelos para coeficiente de atividade). Do Capítulo 8 sugiro que sejam abordados os aspectos físicos da mudança de fases, a entalpia de vaporização e a pressão de vapor; do Capítulo 9 deixe-se para abordagens avançadas os itens relacionados com o diagrama de fases global; do Capítulo 10, escolham-se os tópicos mais adequados aos propósitos do professor. Pode ser feita uma seleção de exercícios do Capítulo 11, a critério do professor e necessidade do aluno. O professor pode, se for necessário, complementar os tópicos citados com outros assuntos, como diagramas termodinâmicos, tabelas de pressão de vapor, ciclos e, para isso, pode lançar mão de literatura suplementar.
- **Cursos de pós-graduação.** Vamos idealizar os itens do livro a serem utilizados em um curso sobre equilíbrio de fases de 13 aulas com uma aula semanal de três horas. Pode-se iniciar por uma revisão usando resumos do conteúdo dos Capítulos 1 a 6. Seria considerada a totalidade dos Capítulos 7 a 9, partes do Capítulo 10 (psicrometria e destilação, por exemplo) e alguns exercícios do Capítulo 11. Para o estudo do equilíbrio líquido-líquido poderia ser usada uma literatura adicional.

Primeiramente, agradeço à Editora Manole pela oportunidade oferecida e pela confiança que teve em editar este trabalho; desejo agradecer especialmente a Sabrina Levensteinas pela precisa revisão do material. Agradeço à FAPESP e ao CNPq pelos recursos alocados a vários projetos de pesquisa por mim propostos, assim como pelas bolsas concedidas aos meus orientados (especialmente os Processos CNPq no 303838, 412466/88, 404113/90-7, 50.0779/91-0, 523410/94-8, 524168/96-2 e Processos FAPESP no 93/2190-6, 93/4877-9, 94/4283-4, 94/4284-0, 1995/5522-5). Parte deste texto foi baseada em resultados desses trabalhos. Agradeço, especialmente, aos alunos que participaram dos cursos que ministrei: suas dúvidas e questionamentos fizeram com que eu procurasse aprender mais sobre Termodinâmica. Um agradecimento também é para meus colegas do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pois, de um modo ou de outro e cada um a sua maneira, deram-me incentivo. Finalmente agradeço aos meus amigos, talvez um dos apoios mais importantes; são tantos que não vou citar nomes (eles sabem quem são). Estes, esteios fora do meio acadêmico, deram-me força nos momentos mais cruciais: com eles quero dividir a felicidade de ver esta obra tornada realidade.

*...nunca se entregue de maneira tão profunda a alguma coisa cujo fracasso possa lhe custar a felicidade.* (Caldwell I, Thomason D. O enigma do quatro. Zylberlicht L (trad.). São Paulo: Editora Planeta do Brasil, 2005.)

Luiz Roberto Terron

**Sobre o autor**

O Prof. Dr. Luiz Roberto Terron é Engenheiro Químico pela Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná. Obteve os graus de Mestre, Doutor e Livre-Docente pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Atualmente exerce, em tempo integral, o cargo de Professor Associado na EPUSP. Na Graduação, lecionou disciplinas de Termodinâmica Química, Fenômeno de Transporte, Operações Unitárias, Propriedades de Fluidos Derivados de Petróleo, Projeto de Processos e de Plantas Industriais. No curso de Pós-Graduação foi responsável por disciplinas de Agitação de Líquidos e Fluidodinâmica Computacional (CFD). Atualmente ministra aulas de Termodinâmica Química no curso de Pós-Graduação. Na pesquisa, suas áreas de interesse são Termodinâmica Química, CFD, Agitação de Líquidos e Aplicações da Informática na Engenharia. Seus trabalhos nessas áreas foram divulgados em periódicos e em reuniões científicas, nacionais e internacionais.

**ADVERTÊNCIA:** a maior parte das informações apresentadas nesta obra – conceitos, dados, figuras, gráficos, tabelas etc. - foi obtida na literatura, e as referências completas estão citadas na bibliografia de cada capítulo. As fontes selecionadas para a aquisição dessas informações (sobretudo livros e periódicos) são as tradicionalmente usadas para as finalidades de estudo e pesquisa na área da obra que ora se apresenta. São confiáveis, portanto. Por essa razão, o autor e a editora se eximem de qualquer erro proveniente dessas fontes originais. Estenda-se isso aos bancos de dados contidos no CD-ROM que acompanha o livro. Os *softwares* contidos no CD-ROM foram desenvolvidos como e para fins didáticos e a aquisição desta obra não garante ao usuário nenhum suporte por parte do autor, o qual também não oferece nenhuma garantia quanto ao uso profissional desses mesmos *softwares*.