



PLANO DE ENSINO – 2023/2

| IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA: | | | | |
|--|--|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| CÓDIGO | NOME DA DISCIPLINA | TURMA | Nº DE HORAS-AULA SEMANAIS | TOTAL DE HORAS-AULA SEMESTRAIS |
| EQA5342 | Termodinâmica para Engenharia Química II | 06216 | 04 | 72 |
| Horário: Terça e Quinta - 13:30 h às 15:10 h | | Local: Terça - EQA22 e Quinta - EQA21 | | |

| PROFESSOR(ES) MINISTRANTE(S) | CONTATOS |
|--|--|
| Marcelo Lanza | m.lanza@ufsc.br |
| Roseny Dinah Santos – Estagiária Docente | rosesantosmail@gmail.com |

| PRÉ-REQUISITO(S) | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| CÓDIGO | NOME DA DISCIPLINA |
| EQA5341 | Termodinâmica para Eng. Química I |

| EQUIVALENTES |
|---------------------|
| ENQ5342 |

| CURSO(S) PARA O(S) QUAL(IS) A DISCIPLINA É OFERECIDA |
|---|
| ENGENHARIA QUÍMICA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS |

| EMENTA |
|--|
| Propriedades termodinâmicas das misturas homogêneas. Propriedade molar parcial. Propriedade em excesso. Coeficiente de atividade. Equilíbrio de fase. Coeficientes de atividades obtidos experimentalmente. Equilíbrio químico. Equilíbrio multireacional. |

| OBJETIVOS |
|--|
| Desenvolver no aluno a capacidade de avaliar, equacionar e calcular propriedades termodinâmicas de substâncias puras e misturas e o equilíbrio de fases. Especificamente, objetiva-se: a) Colocar o equilíbrio de fases segundo os Postulados da termodinâmica, vistos na disciplina anterior; b) Descrever qualitativamente soluções, compreender os tipos de interações interpartículas e suas consequências no cálculo de propriedades termodinâmicas; c) Efetuar a modelagem da fase gasosa utilizando correlações e equações de estado; emprego da função geradora residual de Gibbs e sua função auxiliar associada (coeficiente de fugacidade); d) Efetuar a modelagem da fase líquida através da função geradora em excesso de Gibbs e sua função auxiliar associada (coeficiente de atividade); e) Cálculo do equilíbrio de fases usando as diversas notações de isofugacidade; Cálculo do equilíbrio químico. |

| CONTEÚDO PROGRAMÁTICO |
|---|
| 1. Equilíbrio de fases a) Colocação do problema segundo os Postulados da Termodinâmica b) Verificação das variáveis de Cálculo c) Dificuldades de avaliação do Equilíbrio através do Potencial Químico 2) Descrição Qualitativa de Soluções a) Interações Moleculares b) Soluções ideais como Casos Particulares de Soluções Reais 3) Propriedades Parciais Molares a) Definição de Propriedade Parcial Molar b) Cálculo de Propriedades Termodinâmicas em Soluções Reais e Ideais 4) Descrição e Modelagem da Fase Gasosa a) Comportamento da Fase Gasosa-Relações PVT. |

- b) Equações de Estado Semiempírica.
- c) Equação Virial.
- d) Correlação para o 2º Coeficiente do Virial.
- e) Teoria dos Estados Correspondentes.
- f) Correlação Generalizada.
- 5) Definição de Funções Auxiliares
 - a) Fugacidade e Coeficiente de Fugacidade.
 - b) Cálculo do Coeficiente de Fugacidade usando Equações de Estado e correlações generalizadas.
- 6) Descrição e Modelagem da Fase Líquida
 - a) Definição de Funções em Excesso como Funções Geradoras.
 - b) Atividade e Coeficiente de Atividade.
 - c) Estados Padrões
 - d) Modelos para o coeficiente de atividade.
 - e) Métodos de Contribuição de Grupos.
- 7) Cálculo do Equilíbrio de Fases.
 - a) Equilíbrio Líquido-Vapor à Baixas Pressões.
 - b) Avaliação da modelagem das Fases vapor e líquida na Predição do Equilíbrio e Comparação com dados Experimentais.
 - c) Estimação de Parâmetros de Equações de Estado e de Coeficientes de Atividade.
 - d) Equilíbrio Líquido-Líquido. Predição e Estimação de Parâmetros.
- 8) Equilíbrio Químico
 - a) Calor Padrão de Reação.
 - b) Coordenadas de Reação.
 - c) Cálculo do Equilíbrio Químico

CRONOGRAMA

| Data | Conteúdo |
|--------------|--|
| 08/08 | Apresentação da Disciplina |
| 10/08 | Aula 1 – Conceitos Básicos de Termodinâmica |
| 15/08 | Aula 2 – ELV: Introdução – Parte 1 |
| 17/08 | Aula 2 – ELV: Introdução – Parte 2 |
| 22/08 | Aula 3 – Lei de Raoult Tarefa 1: Gráficos_Lei de Raoult |
| 24/08 | Aula 4 – Lei de Henry e Raoult Modificada |
| 29/08 | Aula 5 – Resolução de Problemas (das Aulas 3 e 4) Tarefa 2: Leis de Raoult e Henry |
| 31/08 | Aula 6 – Coeficientes de Separação e Cálculo Flash |
| 05/09 | Aula 7 – Azeotropia Tarefa 3: Flash e Azeotropia |
| 07/09 | <i>Dia não letivo: Feriado – Independência</i> |
| 12/09 | Aula 8a – Dados Experimentais de ELV - Teoria |
| 14/09 | Aula 8b – Aula Prática: Dados Experimentais de ELV Tarefa 4: Dados ELV |
| 19/09 | Aula 9 – Propriedade Parcial Molar (PPM) |
| 21/09 | Aula 10a – Determinação Experimental de Volume Parcial Molar - Parte Teórica |
| 26/09 | Aula 10b – Determinação Experimental de Volume Parcial Molar - Parte Prática Tarefa 5: VPM |
| 28/09 | <i>Revisão do Conteúdo para Prova 1</i> |
| 03/10 | <i>SAEQA – Não haverá aula</i> |
| 05/10 | <i>SAEQA – Não haverá aula</i> |
| 10/10 | Prova 1 (Avaliação Escrita – AE1) |
| 12/10 | <i>Dia não letivo: Feriado – Nossa Senhora Aparecida</i> |
| 17/10 | Aula 11 – Programas para Cálculos de Equilíbrio - Parte 1 |
| 19/10 | Aula 11 – Programas para Cálculos de Equilíbrio - Parte 2 |
| 24/10 | Aula 12 – Fugacidade de Misturas – Parte 1 |
| 26/10 | Aula 12 – Fugacidade de Misturas – Parte 2 |

| | |
|--------------|---|
| 31/10 | Aula 13 – Fugacidade de Líquidos Lista de Exercícios: Fugacidade Apresentação do Problema Individual (PI) |
| 02/11 | <i>Dia não letivo: Feriado – Finados</i> |
| 07/11 | Aula 14 – Propriedades em Excesso e Coeficiente de Atividade – Parte 1 |
| 09/11 | Aula 14 – Propriedades em Excesso e Coeficiente de Atividade – Parte 2 Lista de Exercícios: Prop. Excesso e Gama |
| 14/11 | Aula 15 – Cálculo de Equilíbrio Líquido-Vapor (ELV) |
| 16/11 | Aula 16 – Cálculo de Equilíbrio Líquido-Líquido (ELL) |
| 21/11 | Aula 17 – Cálculo de Equilíbrio Sólido-Líquido (ESL) Entrega do Problema Individual (PI) |
| 23/11 | Aula 18 – Equilíbrio Químico, ELLV e Estabilidade de Fases <i>Revisão do Conteúdo para Prova 2</i> |
| 28/11 | Prova 2 (Avaliação Escrita – AE2) |
| 30/11 | Apresentação do Trabalho em Grupo (TG) |
| 05/12 | Apresentação do Trabalho em Grupo (TG) |
| 07/12 | Prova Substitutiva |
| 12/12 | Prova de Recuperação (REC) |

METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

- As atividades **Síncronas** se referem as aulas presenciais entre docente e discentes na sala de aula do PPGEAL na UFSC.
- As atividades **Assíncronas** se referem a tarefas, trabalhos e estudo de conteúdos realizados em períodos distintos da aula presencial e a critério do aluno. Todos estes materiais estarão disponíveis no Moodle.
- Alunos poderão realizar consultas ao professor de forma presencial ou virtual por meio de plataformas de videoconferência como Google Meet, Conferência Web RNP, Microsoft Teams, etc.;
- Será criado um grupo de Whatsapp (docente e discentes) para dúvidas dos conteúdos da disciplina;
- A frequência será observada nas aulas presenciais pelo registro na lista de chamada;
- Todo o material didático como aulas em PDF, aulas gravadas, materiais didáticos, listas de exercícios, programas gratuitos para cálculos de propriedades termodinâmicas e equilíbrio serão disponibilizados no Moodle da disciplina.

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

O desempenho dos estudantes será avaliado pelos seguintes itens:

1. Realização das Tarefas de Atividades Assíncronas (TAA);
2. Resolução de um Problema Individual (PI);
3. Realização de um Trabalho em Grupo (TG);
4. Avaliações escritas (Provas 1 e 2);
5. Comparecimento mínimo a 75% das aulas, conforme normas da UFSC (Resolução nº 017/CUn/1997)

a) Tarefas de Atividades Assíncronas (TAA)

As tarefas assíncronas referem-se a exercícios e atividades que deverão ser realizadas pelos alunos de acordo com o cronograma das aulas. As tarefas deverão ser anexadas no Moodle.

b) Resolução de um Problema Individual (PI)

Esta atividade consiste na resolução individual de um problema utilizando *softwares open source* para o cálculo de propriedades termodinâmicas e de equilíbrio de fases. As regras e tarefas são:

- ✓ Cada aluno receberá um problema para resolver e deverá fazê-lo no período definido no cronograma;
- ✓ Redigir um relatório discutindo os resultados;
- ✓ É terminantemente proibido a troca de informações bem como a cópia da resolução do problema entre colegas.

c) Trabalho em Grupo (TG)

Realização de trabalho em grupo (duplas) versando sobre a o cálculo do equilíbrio líquido-vapor de misturas binárias utilizando *softwares open source*. Os trabalhos deverão ser apresentados pelas duplas conforme cronograma e a definição das datas de cada grupo serão feitas por escolha e/ou sorteio.

- Critérios de execução:
 - Grupos: 2 alunos;
 - Artigos, substâncias e dados experimentais serão fornecidos pelo professor;
 - Utilizar *softwares* para os cálculos;
 - Elaborar apresentação visual (por ex.: *Power Point*) com visão crítica dos resultados;
- Critérios de avaliação:
 - Apresentação oral (desenvoltura/conhecimento/análise crítica);
 - Apresentação escrita (conteúdo, conceitos, resolução).

OBS: os arquivos devem ser anexados, obrigatoriamente, na área do Moodle específica para a tarefa. O nome dos arquivos a serem enviados devem obedecer a seguinte formatação:

Apresentação: `nomedoaluno1_nomedoaluno2.pdf` (ex.: Enzo_Raffaella.pdf)

Artigo: `sobrenome_do_autor_1 et al.pdf` (ex.: Lanza et al.pdf)

d) Provas – Avaliações Escritas (AE1 e AE2)

As provas versarão sobre os conteúdos trabalhados anteriormente as avaliações conforme o cronograma da disciplina.

e) Critérios de Avaliação:

O peso atribuído para cada item de avaliação seguirá a seguinte proporção:

- Tarefas das Atividades Assíncronas (TAA) = 10%
- Problema Individual (PI) = 20%
- Trabalho em Grupo (TG) = 20%
- Provas (Avaliações Escritas) = 50% (AE1 = 25% e AE2 = 25%)

A nota final será definida pelo seguinte cálculo:

Nota Média Final: $NMF = (0,10 \times TAA + 0,20 \times PI + 0,20 \times TG + 0,25 \times AE1 + 0,25 \times AE2)$

Se $NMF \geq 5,75 \rightarrow$ Aprovado sem REC.

Se $NMF < 5,75 \rightarrow$ REC (E)

Se $NMF < 3,00 \rightarrow$ Reprovado

REC (Prova de Recuperação)

Se $(NMF + E)/2 \geq 5,75 \rightarrow$ Aprovado

Se $(NMF + E)/2 < 5,75 \rightarrow$ Reprovado

NOVA AVALIAÇÃO

Para solicitar uma segunda avaliação ou revisão, o aluno deverá formalizar pedido na **Secretaria do Departamento**.

Conforme Resolução nº 017/CUn/1997, Art. 74, o aluno, que por motivo de força maior e, plenamente justificado, deixar de realizar avaliações previstas no plano de ensino, deverá pessoalmente ou por terceiros através de procuração pública, formalizar o pedido de segunda avaliação por meio de requerimento ao chefe de departamento, junto à Secretaria Integrada de Departamentos (SID) dentro do prazo de 3 dias úteis a contar da data da realização da avaliação. É necessário anexar ao pedido, a comprovação por documentos como, por exemplo: atestados médicos, de óbito, etc.

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

[1] SMITH, J. M.; VAN NESS, H. C.; ABBOTT, Michael M. Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química. 7. ed. Rio de Janeiro (RJ): LTC, 2007. Número de Chamada: 66.021-97 S651i 7.ed.

[2] SANDLER, Stanley I. Chemical and Engineering Thermodynamics. 3rd ed. New York: J. Wiley, 1999. Número de Chamada: 66.021 97 S217c

[3] MEIRELES, Maria Angela de Almeida; PEREIRA, Camila Gambini (Ed.). Fundamentos de Engenharia de Alimentos. São Paulo: Atheneu, 2013 xv, 815 p. (Coleção ciência, tecnologia, engenharia de alimentos e nutrição); v. 6. Número de chamada: 663/664 F981



- [4] REID, Robert C; PRAUSNITZ, J. M; POLING, Bruce E. The Properties of Gases and Liquids. 4th ed. New York: McGraw-Hill, c1987. *Número de Chamada: 533.1 R357p*
- [5] PRAUSNITZ, J. M. Molecular Thermodynamics of Fluid-phase Equilibria. *Número de Chamada: 536.75 P918m*
- [6] VAN WYLEN, Gordon John; SONNTAG, Richard Edwin; BORGNAKKE, Claus. Fundamentos da Termodinâmica. 8ª edição, São Paulo: E. Blucher, 2018. E-book: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=2125338>
- [7] VAN WYLEN, Gordon John; SONNTAG, Richard Edwin; BORGNAKKE, Claus. Fundamentos da Termodinâmica Clássica. 4ª edição, São Paulo: E. Blucher, 2017. E-book: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=2232658>
- [8] LEVENSPIEL, Octave. Termodinâmica Amistosa para Engenheiros. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. E-book: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=2202192>
- [9] KROSS, Kenneth A; POTTER, Merle C. Termodinâmica para Engenheiros. São Paulo: Cengage Learning, 2015. E-book: <https://resolver.vitalsource.com/9788522124060>

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- [1] YouThermo: <https://www.youtube.com/channel/UCYNDgYUJKT6JcSzAoMitTEA/videos>
- [2] David Vanden Bout: <https://www.youtube.com/user/utaustinchemistry/videos>
- [3] Chemical Engineering Guy https://www.youtube.com/channel/UCJam6x5jrbVwDT9qI9KJ_Ig
- [4] Calculadora das tabelas de vapor: <https://www.steamtablesonline.com/steam97web.aspx?lang=pt>
- [5] DAHM and VISCO: Fundamentals of Chemical Engineering Thermodynamics http://uomosul.edu.iq/public/files/datafolder_2896/20191116_015022_240.pdf
- [6] Phase Equilibria Concepts <https://www.aidc.org/academy/webinars/phase-equilibria-concepts>
- [7] Chemical Engineering Thermodynamics NPTEL <https://nptel.ac.in/courses/103/101/103101004/>
- [8] LearnChemE - Thermodynamics <http://www.learncheme.com/screencasts/thermodynamics>
- [9] CHEMICAL ENGINEERING THERMODYNAMICS Andrew Rosen https://sites.tufts.edu/andrewrosen/files/2018/10/thermo_review_v2-1.pdf

OBSERVAÇÕES

| |
|--|
| |
|--|

Assinatura do Professor

Assinatura do Chefe do
Departamento