



## Plano de Ensino para o Ano Letivo de 2020

IDENTIFICAÇÃO		
Disciplina: Instrumentação, Simulação e Controle de Processos		Código da Disciplina: EQM405
Course: Modeling and Process Control		
Materia: Modelado y Control de Procesos		
Periodicidade: Anual	Carga horária total: 80	Carga horária semanal: 00 - 02 - 00
Curso/Habilitação/Ênfase: Engenharia Química Engenharia Química	Série: 5 5	Período: Noturno Diurno
Professor Responsável: Ivan Carlos Franco	Titulação - Graduação Engenheiro Químico	Pós-Graduação Doutor
Professores: Ivan Carlos Franco	Titulação - Graduação Engenheiro Químico	Pós-Graduação Doutor
OBJETIVOS - Conhecimentos, Habilidades, e Atitudes		
<p>O objetivo dessa disciplina é fornecer ao aluno do curso Engenharia Química condições para modelar, simular e analisar as diversas unidades presentes em processos químicos industriais, operações unitárias e reatores químicos/bioquímicos, com base nos fundamentos de fenômenos físicos e químicos/bioquímicos, visando desenvolver a capacidade de operar, projetar e otimizar sistemas de automação industrial pela conceituação da instrumentação, dos modelos matemáticos e técnicas numéricas de resolução, do controle e otimização aplicados a processos químicos.</p> <p>Nesse contexto, considerando-se as partes teórica e prática da disciplina, faz-se uma associação dos principais objetivos com as categorias de aprendizagem, ou seja, os conhecimentos, as habilidades e as atitudes.</p> <p>(i) Conhecimentos</p> <p>C1 - Fundamentos e aplicações da instrumentação utilizada em processos químicos industriais;</p> <p>C2 - Formulação de modelos matemáticos de unidades de processos químicos (operações unitárias e reatores químicos/bioquímicos) pela aplicação dos princípios de conservação de massa (balanço de massa ou molar) e de energia (balanço de energia), além dos conceitos de estequiometria, fenômenos de transporte, termodinâmica e cinética;</p> <p>C3 - Aplicação de técnicas de resolução numérica de modelos matemáticos no intuito de simular e analisar o comportamento de processos químicos operados nos modos batelada, contínuo e semi-contínuo, em regime permanente e transiente;</p> <p>C4 - Projeto de sistemas de controle em unidades de processos químicos pela definição dos componentes necessários à malha de controle, da modelagem e</p>		



simulação dinâmica, da lei de controle e dos parâmetros do controlador (sintonia).

(ii) Habilidades

H1 - Identificar os componentes que compõem a instrumentação de processos químicos aplicada à automação industrial: sensores para a medição de variáveis de processo (pressão, nível, vazão, temperatura, pH, etc.), controladores em malha aberta e fechada com configurações convencionais e avançadas (PID, CLP, preditivo, adaptativo, etc.), elementos de manipulação de variáveis de processo (válvulas, bombas, etc.)

H2 - Compreender a aplicação da equação de conservação de massa (balanço de massa ou molar) e da equação de conservação de energia (balanço de energia), bem como das equações de estequiometria, fenômenos de transporte, termodinâmica e cinética na formulação de modelos matemáticos, discernindo sobre os termos que as compõem e as aplicações em modelagem e controle de processos químicos;

H3 - Analisar o comportamento de unidades de processos químicos (operações unitárias e reatores químicos/bioquímicos) em malha aberta e fechada (com controlador) por simulação pela resolução numérica dos balanços molar e de energia, relacionando o projeto dessas unidades (definição dos parâmetros dos equipamentos) como etapa da engenharia de processos (planta química).

(iii) Atitudes

A1 - Interpretar os aspectos fenomenológicos que originam o equacionamento matemático das unidades de processos químicos (operações unitárias e reatores químicos/bioquímicos) e sua posterior resolução numérica, relacionando a causa e efeito entre o dimensionamento dessas unidades, as variáveis de processo e os sistemas de controle.

### EMENTA

Motivação ao estudo da modelagem e controle de processos químicos. Fundamentos e aplicações da instrumentação da indústria química. Modelagem matemática e técnicas de resolução numérica aplicadas a processos químicos. Sistemas de controle de processos químicos convencionais e avançados. Análise e simulação aplicada à engenharia química.

### SYLLABUS

Motivation for the study of modeling and control of chemical processes. Fundamentals and applications of chemical processes instrumentation. Mathematical modeling and numerical techniques applied to chemical processes. Conventional and advanced control systems of chemical processes. Analysis and simulation applied to chemical engineering.



### TEMARIO

Motivação al estudio de modelado y control de procesos químicos. Fundamentos y aplicaciones de instrumentación química de procesos químicos. Los modelos matemáticos y técnicas numéricas aplicadas a los procesos químicos. Sistemas de control y avanzados procesos químicos convencionales. Análisis y simulación aplicada a la ingeniería química.

### ESTRATÉGIAS ATIVAS PARA APRENDIZAGEM - EAA

Aulas de Exercício - Não

### METODOLOGIA DIDÁTICA

Visando ao alcance dos objetivos determinados para a disciplina, as atividades propostas são as seguintes:

- (a) Parte teórica: aulas expositivas e de exercícios exemplos, utilizando a técnica pedagógica de aprendizagem ativa denominada "aula invertida";
- (b) Parte prática: aulas de exercícios e de projetos, utilizando a técnica pedagógica de aprendizagem ativa denominada "aprendizado baseado em projetos".

Vale ressaltar o destaque dado para a utilização da ferramenta computacional (Excel, MS Visio e em destaque o MATLAB/SIMULINK) ao longo do curso na resolução de exercícios e de trabalhos (atividades de laboratório e de projeto). Além disso, faz-se uso do Moodle como apoio ao ensino presencial.

Os referidos trabalhos (atividades de projeto) são avaliados por relatórios técnicos, elaborados conforme normas apresentadas no início do curso. As normas de elaboração dos relatórios são baseadas no padrão ABNT de elaboração de relatórios técnico-científicos.

### CONHECIMENTOS PRÉVIOS NECESSÁRIOS PARA O ACOMPANHAMENTO DA DISCIPLINA

Os conhecimentos prévios necessários para o aproveitamento da disciplina são divididos em tópicos relacionados às disciplinas já cursadas:

- (1) Matemática e física: conceitos de cálculo diferencial e integral, de Algarismos significativos e de medidas físicas experimentais;
- (2) Química: conceitos de físico-química (estequiometria, termodinâmica e cinética química) e de química orgânica, inorgânica e analítica;
- (3) Estatística: conceitos de erros, de ajuste de equações (regressões), de sensibilidade de variáveis de processo e de critérios estatísticos de validação de modelos matemáticos;
- (4) Computação: noções básicas de algoritmos e programação;
- (5) Fundamentos de engenharia de processos: fluxogramas básicos de engenharia, balanço material e de energia, sem e com reação química/bioquímica, conceitos de transferência de quantidade de movimento, calor e massa, conceitos dos principais equipamentos envolvidos com aspectos de transferência de quantidade de movimento (agitação e fluxo de líquidos/gases), de energia (trocadores de calor, evaporadores e secadores), de massa (destilação, absorção, adsorção, extração líquido-líquido e extração líquido-sólido) e de separações (envolvendo as fases gás-líquido-sólido);
- (6) Reatores químicos e bioquímicos: conceitos dos principais equipamentos



envolvidos com aspectos de transformações químicas e bioquímicas;

(7) Português: leitura e interpretação de textos (livros, listas de exercícios e enunciados de trabalhos), além da apresentação oral e escrita de relatórios resultantes das atividades de laboratório e de projeto (parte prática);

(8) Inglês: leitura básica e vocabulário técnico.

### CONTRIBUIÇÃO DA DISCIPLINA

A área de modelagem e controle de processos químicos é uma disciplina integradora relacionando a aplicação dos principais temas que constituem a Engenharia Química, como fenômenos de transporte, termodinâmica, reatores e operações unitárias, na formulação de modelos matemáticos visando à simulação com o objetivo de operar, projetar, otimizar e controlar essas unidades de processamento para a automação da planta química.

Neste contexto, é fundamental a capacitação deste profissional nos diversos tópicos considerados multi-disciplinares que formam o conteúdo desta área de conhecimento. Assim, tendo como objetivo a análise de processos químicos industriais, deve-se considerar a instrumentação industrial, com ênfase nos elementos sensores, comunicação, controladores em malhas abertas/fechadas com configurações convencionais/avançadas, elementos finais e controle lógico programável (CLP), os quais constituem os sistemas supervisórios de processos.

Na sequência, a modelagem matemática fenomenológica com base nos balanços material/energia, além de equações auxiliares (cinéticas, termodinâmicas e fenômenos de transporte), permite a simulação das unidades de processo (operações unitárias e reatores químicos/bioquímicos). Por fim, pode-se estudar o projeto de sistemas de controle, ou seja, a determinação dos parâmetros do controlador em problemas "servo" e "regulador" (sintonia) e a análise de desempenho nos diversos cenários de distúrbios.

Dessa forma, atinge-se o objetivo de fornecer condições para modelar, simular e controlar as diversas unidades de processos químicos industriais no intuito de viabilizar a automação industrial.

Além disso, as técnicas pedagógicas utilizadas na disciplina propiciam as oportunidades necessárias para o desenvolvimento da capacidade de organização (realização de tarefas individuais e em grupo), de criação (as tarefas são formatadas para permitir a execução de forma flexível), de comunicação (apresentação das tarefas realizadas nas formas oral e escrita), e de arguição (discussão das avaliações das tarefas).

**BIBLIOGRAFIA****Bibliografia Básica:**

BEGA, Egídio Alberto (Org.) et al. INSTRUMENTAÇÃO industrial. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Interciência, 2011. 694 p. ISBN 9788571932456.

LUYBEN, William L. Process modeling, simulation, and control for chemical engineers. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1990. 725 p. (Chemical Engineering Series).

SMITH, Carlos A; CORRIPIO, Armando B. Princípios e prática do controle automático de processo. [Título original: Principles and practice of automatic process control]. Trad. Maria Lúcia Godinho de Oliveira, rev. téc. Robson Mendes Matos. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2008. 505 p. ISBN 9788521615859.

**Bibliografia Complementar:**

AGUIRRE, Luis Antonio, ed. ENCICLOPÉDIA de automática: controle e automação. São Paulo, SP: Blucher, 2007. v. 1.

AGUIRRE, Luis Antonio, ed. ENCICLOPÉDIA de automática: controle e automação. São Paulo, SP: Blucher, 2007. v. 2. ISBN 9788521204091.

AGUIRRE, Luis Antonio, ed. ENCICLOPÉDIA de automática: controle e automação. São Paulo, SP: Blucher, 2007. v. 3. ISBN 9788521204107.

BEQUETTE, B. Wayne. Process dynamics: modeling, analysis, and simulation. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, c1998. 621 p. ISBN 0132068893.

CHAPRA, Steven C. Métodos numéricos aplicados com MATLAB para engenheiros e cientistas. 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 655 p. ISBN 9788580551761.

EDGAR, Thomas F; HIMMELBLAU, David Mautner. Optimization of chemical processes. New York: McGraw-Hill, 1989. 652 p. (Chemical Engineering Series).

KWONG, Wu Hong. Controle digital de processos químicos com MATLAB e SIMULINK. São Carlos, SP: EdUFSCar, 2007. 164 p. (Série Apontamentos). ISBN 9788576000891.

KWONG, Wu Hong. Introdução ao controle de processos químicos com MATLAB. São Carlos, SP: EdUFSCar, 2010. v. 2. 215 p. ISBN 9788585173937.

SEBORG, Dale E. Process dynamics and control. New York: John Wiley, 1989. 717 p. (Wiley Series in Chemical Engineering).



STEPHANOPOULOS, George. Chemical process control: an introduction to theory and practice. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 696 p. (Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences). ISBN 0131286293.

### AVALIAÇÃO (conforme Resolução RN CEPE 16/2014)

Disciplina anual, com trabalhos e provas (quatro e duas substitutivas).

Pesos dos trabalhos:

$k_1: 1,0$     $k_2: 1,0$     $k_3: 1,0$     $k_4: 1,0$

Peso de MP( $k_p$ ): 0,6

Peso de MT( $k_T$ ): 0,4

### INFORMAÇÕES SOBRE PROVAS E TRABALHOS

Baseada em: Disciplina anual, com trabalhos e quatro provas

Pesos dos trabalhos:

$k_t: 0,4$

Pesos das provas:

$k_p: 0,6$

A avaliação é feita por meio de trabalhos, os quais possuem pesos iguais no cálculo da média final e quatro provas (uma por bimestre).

As notas dos trabalhos são formadas a partir de atividades relacionadas ao desenvolvimento dos trabalhos propostos, pela correção do relatório escrito. Eventualmente, a avaliação individual poderá ser realizada em função de necessidades específicas detectadas ao longo do curso.

A programação da disciplina se dará da seguinte forma:

- [1] As provas serão na data prevista em calendário ao término do semestre;
- [2] Serão propostos n trabalho por bimestre (a ser definido conforme andamento da disciplina), envolvendo os seguintes temas:
  - [2.1] Primeiro bimestre:
    - Instrumentação de processos químicos
  - [2.2] Segundo bimestre:
    - Modelagem e Simulação de processos químicos
  - [2.3] Terceiro bimestre:
    - Modelagem e Simulação/Controle de processos
  - [2.4] Quarto bimestre:
    - Controle de processos
- [3] Os trabalhos serão desenvolvidos em sala de aula podendo ser



necessário mais de uma aula para a realização;

[4] A nota do trabalho está vinculada com a presença no dia de sua realização (faltas acarretaram em ganho parcial da nota. Ex: Se o trabalho for realizado em dois dias de aula e o aluno faltar em uma, terá 50% da nota);

[5] Para bimestre onde o número de trabalhos for maior que 1 será descartada a menor nota de trabalho, sendo assim, não haverá reposição de trabalho;

[6] Em bimestre onde o número de trabalhos for maior que 1 a nota do bimestre será a média aritmética dos trabalhos realizados no bimestre;

[7] A Média Final (MF) será feita de acordo com o formulário RN CEPE 16/2014;

[8] Os Trabalhos serão realizados em grupos de no máximo 4 alunos;

Estima-se que sejam necessárias 6 horas semanais de dedicação por aluno para o cumprimento de cada atividade. O cronograma de realização das atividades bimestrais será apresentado no plano de aula contendo o conteúdo programático detalhado.

Os trabalhos são corrigidos e discutidos no intuito de utilizá-los para a melhoria do aprendizado pela análise dos diversos itens que o constituem, a saber: objetivos propostos, fundamentos teóricos aplicados, metodologias utilizadas, resultados obtidos, análise das interpretações, e conclusões.

Não há aproveitamento de notas de trabalho de ano.

**OUTRAS INFORMAÇÕES**

A disciplina é ministrada pelo professor:

Ivan Carlos Franco

A disciplina é anual (categoria A2/2007), com avaliação baseada em trabalhos e quatro provas.

A programação da disciplina é a seguinte:

1º bimestre: Instrumentação;

2º bimestre: Modelagem e simulação de processos químicos;

3º bimestre: Modelagem, simulação e controle de processos químicos;

4º bimestre: controle de processos químicos.

[1] Instrumentação de processos químicos - apresentar os conceitos básicos de instrumentação focando em um estudo mais detalhado nos instrumentos comumente utilizados na indústria. Desenvolvimentos de diagramas de Engenharia (P&ID) utilizando a norma ISA 5.1S. Apresentar os fundamentos e as aplicações da instrumentação referentes aos sensores (pressão, nível, vazão, temperatura, etc.), elementos de comunicação, controladores em malhas aberta/fechada com configurações convencional/avançada, elementos finais de controle (válvulas, bombas, motores, etc.) e controles lógico programável(CLP).

[2] Modelagem e simulação de processos químicos - realizar metodologias fenomenológicas de análise, desenvolvendo modelos matemáticos e realizando causas e efeitos, resolvendo as equações obtidas por técnicas numéricas com o auxílio de computador (MATLAB/SIMULINK), interpretando e discutindo os resultados, enfatizando os principais processos da Engenharia Química. E aplicação de otimização em processos.

[3] Controle de processos químicos - analisar e projetar sistemas de controle aplicados a plantas químicas, os quais são responsáveis pela monitoração contínua da operação e de intervenção externa (controle) no intuito de satisfazer a vários requisitos impostos pelos projetistas e por condições técnicas, econômicas e sociais (especificação quantitativa/qualitativa da produção, exigências ambientais, requisitos operacionais e fatores econômicos) na presença de influências externas variáveis (distúrbios), considerando o processo químico como um arranjo integrado de unidades de processamento (reatores, trocadores de calor, bombas, colunas de destilação, absorvedores, evaporadores, tanques, etc.) com o objetivo de converter matérias primas em produtos e usando fontes de energia.

As necessidades de recursos materiais e humanos são as seguintes:

(a) Parte teórica: lousa/giz e projetor;

(b) Parte prática: laboratório de informática (microcomputadores).





## SOFTWARES NECESSÁRIOS PARA A DISCIPLINA

MS VISIO

MATLAB/SIMULINK

EXCEL



## APROVAÇÕES

Prof.(a) Ivan Carlos Franco  
Responsável pela Disciplina

Prof.(a) Luciano Gonçalves Ribeiro  
Coordenador(a) do Curso de Engenharia Química

Data de Aprovação:



## PROGRAMA DA DISCIPLINA

Nº da semana	Conteúdo
1 E	Apresentação do conteúdo e das regras da disciplina. Instrumentação de processos químicos - fundamentos e aplicações.
2 E	Instrumentação de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
3 E	Instrumentação de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
4 E	Instrumentação de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
5 E	Instrumentação de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
6 E	Instrumentação de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
7 E	Instrumentação de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
11 E	Introdução ao MATLAB/SIMULINK (AULA 1)
12 E	Introdução ao MATLAB/SIMULINK (AULA 2)
13 E	Modelagem e simulação de processos químicos - Fundamentos e aplicações
14 E	Modelagem e simulação de processos químicos - Estudo de Casos
15 E	Modelagem e simulação de processos químicos - Estudo de Casos
16 E	Modelagem e simulação de processos químicos - Estudo de Casos
21 E	Modelagem e simulação de processos químicos - Estudo de Casos
22 E	Modelagem e simulação de processos químicos - Fundamentos e aplicações
23 E	Modelagem e simulação de processos químicos - Estudo de Casos
24 E	Modelagem e simulação de processos químicos - Estudo de Casos
25 E	controle de processos químicos - fundamentos e aplicações.
26 E	controle de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
31 E	controle de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
32 E	controle de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
33 E	controle de processos químicos - fundamentos e aplicações
34 E	controle de processos químicos - fundamentos e aplicações (exercícios)
35 E	controle de processos químicos - Projeto de Controladore
36 E	controle de processos químicos - Projeto de Controladores
37 E	controle de processos químicos - Projeto de Controladores
Legenda: T = Teoria, E = Exercício, L = Laboratório	